



**JCA**

JUNTA DE CALIDAD AMBIENTAL

**2016**

**Informe  
Ambiental**



GOBIERNO DE PUERTO RICO

## Créditos

La Junta de Gobierno y el  
Área de Evaluación y Planificación Estratégica  
de la Junta de Calidad Ambiental  
agradecen a las siguientes 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



PO Box 11488 ♦ Santurce PR 00910

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

Teléfono: (787) 767-8181 ♦ Fax: (787) 767-4861

[www.jca.pr.gov](http://www.jca.pr.gov)

# Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN .....	1
ENERGÍA .....	2
<b>ASUNTO: CONSUMO ENERGÉTICO Y PRODUCTO INTERNO BRUTO</b> .....	2
Indicador: Intensidad Energética .....	2
Descripción del Indicador .....	2
Consideraciones Técnicas .....	4
Conclusiones y Recomendaciones.....	4
Indicador: Consumo Energético por Sector .....	5
Descripción del Indicador .....	5
Consideraciones Técnicas .....	7
Limitaciones del Indicador.....	7
Benchmark .....	7
Conclusiones y Recomendaciones.....	10
<b>ASUNTO: FUENTES ENERGÉTICAS</b> .....	10
Indicador: Uso de Fuentes Energéticas.....	10
Descripción del Indicador .....	10
Consideraciones Técnicas .....	11
Limitaciones del Indicador.....	11
Benchmark .....	11
Conclusiones y Recomendaciones.....	12
AGUA .....	13
<b>ASUNTO: DISPONIBILIDAD DE AGUA</b> .....	13
Indicador: Kilómetros de Ríos Designados.....	13
Descripción del Indicador .....	13
Resultados del Indicador .....	15
Limitaciones del Indicador.....	17
Conclusiones y Recomendaciones.....	17
Indicador: Niveles de los Acuíferos del Sur .....	17
Descripción del Indicador .....	17
Consideraciones Técnicas .....	17
Método de Análisis y Cobertura.....	18
Análisis .....	18
Limitaciones del Indicador.....	20

Benchmark .....	20
Conclusiones y Recomendaciones.....	20
Indicador: Nivel de Sedimentación de los Embalses.....	21
Descripción del Indicador .....	21
Consideraciones Técnicas .....	21
Análisis .....	24
Alternativas para el Manejo de la Sedimentación.....	25
Limitaciones del Indicador.....	26
Benchmark .....	26
Conclusiones y Recomendaciones.....	26
Indicador: Tendencia a Sequía en Cuencas.....	27
Descripción del Indicador .....	27
Limitaciones del Indicador.....	29
Conclusiones y Recomendaciones.....	29
<b>ASUNTO: DEMANDA Y USO DE AGUA.....</b>	<b>30</b>
Indicador: Millas de Playas Aptas para Actividades Recreativas de Contacto Directo .....	30
Descripción del Indicador .....	30
Consideraciones Técnicas .....	30
Método de Análisis y Cobertura.....	33
Limitaciones del Indicador.....	33
Conclusiones y Recomendaciones.....	34
<b>AIRE .....</b>	<b>35</b>
<b>ASUNTO: CALIDAD DE AIRE .....</b>	<b>35</b>
Indicador: Índice de Calidad de Aire .....	35
Descripción del Indicador .....	35
Consideraciones Técnicas .....	35
Método de Análisis y Cobertura.....	36
Indicador: Concentración de Contaminantes Criterios.....	37
Descripción del Indicador .....	37
Consideraciones Técnicas .....	39
Método de Análisis y Cobertura.....	39
<u>    Bióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>).....</u>	39
<u>    Ozono (O<sub>3</sub>).....</u>	40
Benchmark .....	41
<u>    Materia Particulada.....</u>	42
Materia Particulada PM <sub>10</sub> .....	42

Benchmark .....	44
<b>Materia Particulada PM<sub>2.5</sub></b> .....	<b>44</b>
Benchmark .....	45
<u>Monóxido de Carbono (CO)</u> .....	47
Benchmark .....	48
<u>Bióxidos de Azufre (SO<sub>2</sub>)</u> .....	48
Benchmark .....	49
<u>Plomo (Pb)</u> .....	49
Benchmark .....	50
Conclusiones y Recomendaciones.....	50
<b>SISTEMAS NATURALES</b> .....	<b>51</b>
<b>ASUNTO: TERRENOS PROTEGIDOS</b> .....	<b>51</b>
Indicador: Por ciento del Territorio Bajo Áreas de Valor Natural Protegidas .....	51
Descripción del Indicador .....	51
Consideraciones Técnicas .....	51
Método de Análisis y Cobertura.....	52
Limitaciones del Indicador.....	54
Benchmark .....	54
Conclusiones y Recomendaciones.....	55
Indicador: Cantidad de Cuerdas de Ecosistemas Terrestres Adquiridas.....	55
Descripción del Indicador .....	55
Consideraciones Técnicas .....	56
Método de Análisis y Cobertura.....	57
Limitaciones del Indicador.....	58
Benchmark .....	58
Conclusiones y Recomendaciones.....	58
<b>ASUNTO: MANEJO DE VIDA SILVESTRE</b> .....	<b>59</b>
Indicador: Número de Especies en Peligro de Extinción o Vulnerables.....	59
Descripción del Indicador .....	59
Consideraciones Técnicas .....	59
Método de Análisis y Cobertura.....	60
Limitaciones del Indicador.....	63
Benchmark .....	63
Conclusiones y Recomendaciones.....	64
<b>ASUNTO: MANEJO DE RECURSOS PESQUEROS</b> .....	<b>64</b>
Indicador: Disponibilidad de Algunos Recursos Pesqueros Comerciales de Alta Demanda .....	64

Descripción del Indicador .....	64
Consideraciones Técnicas .....	64
Método de Análisis y Cobertura .....	64
<u>Recursos pesqueros constituidos por peces</u> .....	65
<u>Recursos pesqueros constituidos por crustáceos (langosta) y moluscos (carrucho)</u> .....	70
<b>Langosta</b> .....	70
<b>Carrucho</b> .....	73
<u>Trasfondo general</u> .....	73
<u>Métodos</u> .....	76
<b>Censos visuales:</b> .....	76
<u>Análisis de los datos</u> .....	77
<u>Resultados y discusión</u> .....	77
<u>Análisis</u> .....	79
<b>Benchmark</b> .....	80
<b>Limitaciones del Indicador</b> .....	81
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	81
Indicador: Intensidad de Explotación de Recursos Pesqueros en la Pesca Deportiva y Recreativa .....	81
Descripción del Indicador .....	81
Consideraciones Técnicas .....	81
Método de Análisis y Cobertura .....	82
Análisis .....	84
Benchmark .....	85
Limitaciones del Indicador .....	85
Conclusiones y Recomendaciones .....	86
<b>SUELOS</b> .....	87
<b>DESPERDICIOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS</b> .....	87
Indicador: Generación de Desperdicios Sólidos No Peligrosos .....	87
Descripción del Indicador .....	87
Consideraciones Técnicas .....	88
Conclusiones y Recomendaciones .....	88
Indicador: Desvío de Desperdicios Sólidos No Peligrosos .....	88
Descripción del Indicador .....	88
Consideraciones Técnicas .....	90
Limitaciones del Indicador .....	90
Conclusiones y Recomendaciones .....	90
Indicador: Disposición de Desperdicios Sólidos No Peligrosos .....	91

Descripción del Indicador .....	91
Consideraciones Técnicas .....	93
Limitaciones del Indicador .....	93
Conclusiones y Recomendaciones.....	93
<b>DESPERDICIOS SÓLIDOS PELIGROSOS .....</b>	<b>94</b>
Indicador: Generación de Desperdicios Peligrosos.....	94
Descripción del Indicador .....	94
Consideraciones Técnicas .....	95
Benchmark .....	95
Limitaciones del Indicador .....	95
Conclusiones y Recomendaciones.....	96
Indicador: Disposición de Desperdicios Peligrosos .....	96
Descripción del Indicador .....	96
Consideraciones Técnicas .....	97
Benchmark .....	98
Limitaciones del Indicador .....	98
Conclusiones y Recomendaciones.....	98
Indicador: Reclamación de Desperdicios Peligrosos .....	99
Descripción del Indicador .....	99
Consideraciones Técnicas .....	99
Benchmark .....	100
Limitaciones del Indicador .....	100
Conclusiones y Recomendaciones.....	101
<b>EMERGENCIAS AMBIENTALES .....</b>	<b>101</b>
Indicador: Cantidad de Emergencias Ambientales .....	101
Descripción del Indicador .....	101
Consideraciones Técnicas .....	101
Limitaciones del Indicador .....	103
Benchmark .....	103
Conclusiones y Recomendaciones.....	103
<b>USO DE SUELO .....</b>	<b>104</b>
Indicador: Distribución de los Usos de Suelo.....	104
Descripción del Indicador .....	104
Consideraciones Técnicas .....	104
Clasificación del Territorio.....	105
Análisis del suelo clasificado .....	107

<u>Riesgos Naturales</u> .....	108
<b>Suelos con riesgos de inundaciones</b> .....	108
Suelos con riesgos por incremento en el nivel del mar .....	110
Suelos con vulnerabilidad a tsunamis .....	112
Suelos con riesgos de deslizamiento.....	113
Vulnerabilidad de riesgos por incendio forestal .....	116
<b>Análisis de riesgos naturales</b> .....	117
<u>Suelo con Valor Agrícola</u> .....	118
Análisis de suelo con valor agrícola.....	121
<u>Sistemas Naturales</u> .....	121
<b>Suelos con valor natural</b> .....	122
Área de Planificación Especial del Carso (APEC) .....	123
Reserva Natural del Corredor Ecológico del Noreste (RNCEN) y Áreas Adyacentes a la Reserva Natural del Corredor Ecológico del Norte (AARNCEN).....	125
Análisis de suelo con valor natural.....	128
<b>Benchmark</b> .....	129
<b>Limitaciones del Indicador</b> .....	129
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	129

## Lista de Gráficas

Gráfica 1: Intensidad Energética – 1996-2006.....	2
Gráfica 2: Consumo de Energía Eléctrica por Sector (mkWh) – Año Fiscal 2016.....	3
Gráfica 3: Consumo Promedio Clientes Residenciales.....	6
Gráfica 4: Consumo Promedio Clientes Comerciales.....	6
Gráfica 5: Consumo Promedio Clientes Industriales .....	6
Gráfica 6: Por ciento de generación por tipo de combustible.....	10
Gráfica 7: Nivel en el Piezómetro NC-5, Acuífero Interior de la Costa Norte .....	18
Gráfica 8: Nivel en el Pozo Alomar 1, Acuífero de Santa Isabel.....	19
Gráfica 9: Nivel en el Piezómetro HW 5B, Acuífero de Salinas.....	19
Gráfica 10: Patrón de avance del delta hacia la Represa Dos Bocas y la descarga de sedimentos finos por las corrientes de turbiedad (Perfiles de informes del USGS) .....	23
Gráfica 11: Pérdida de Capacidad de Almacenamiento para los Embalses en Puerto Rico .....	24
Gráfica 12: Comportamiento Histórico del Volumen del Embalse Loíza .....	24
Gráfica 13: Evaluación Uso Recreación Primaria, Año 2014.....	33
Gráfica 14: Por ciento de Días Reportados por Escala de Calidad de Aire por Área de Puerto Rico, 2016 .....	36
Gráfica 15: Distribución Valores Máximos, Índice de Calidad de Aire por Área, 2016 .....	36
Gráfica 16: Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> - San Juan .....	37
Gráfica 17: AQI PM <sub>2.5</sub> , 2016, San Juan - Cataño.....	37
Gráfica 18: Percentil 98 de Concentraciones Máximas de 1-Hora - Bióxido de Nitrógeno, 2014-2016 (ppb).....	40
Gráfica 19: Cuarta Concentración Máxima Promedio de 8-Horas - Ozono, 2014-2016 (ppm) .....	41
Gráfica 20: Promedio Aritmético Máximas 24-Horas - PM <sub>10</sub> , 2014-2016.....	43
Gráfica 21: Promedios Max, 24 Horas PM <sub>10</sub> , 10 Años (ug/m <sup>3</sup> ) .....	43
Gráfica 22: Percentil 98 de max. 24 horas PM <sub>2.5</sub> – 10 años (ug/m <sup>3</sup> ).....	46
Gráfica 23: Cambio en Área Total de Superficie Dentro de Puerto Rico Bajo Áreas Naturales Protegidas 2005-2016.....	54
Gráfica 24: Cuerdaje de Ecosistemas Terrestres Adquiridos por el Estado y las ONG* .....	57
Gráfica 25: Composición de Especie en Término de Número de los Grupos de Peces Capturados Durante el Periodo de Monitoria de Enero a Diciembre de 2016 en las Costas Este y Oeste. ....	68
Gráfica 26: Composición de Especie de la Captura por Categoría de Mercado de las Especies Capturadas Durante el Periodo de Monitoria de Enero a Diciembre de 2016. ....	68
Gráfica 27: Distribución de Tallas Obtenida para las Cabrillas Capturadas en las Costa Oeste y Este de la Isla Durante el 2016 .....	69
Gráfica 28: Distribución de Tallas Obtenida para las Mantequillas Capturadas en las Costas Este y Oeste de la Isla Durante el 2016 .....	69
Gráfica 29: Langostas Juveniles en Habitáculos Artificiales en el Área Oeste de la Isla Durante el 2008 y en el 2015 .....	72

Gráfica 30: Larvas de Langostas en Colectores de Larvas Artificiales en el Área Oeste de la Isla Durante el 2008 y en el 2015 .....	73
Gráfica 31: Datos de Captura para la Pesca Comercial de Carrucho en Puerto Rico. Los datos provienen del Laboratorio de Investigaciones Pesqueras y son ajustados para reflejar capturas no reportadas. Los factores de corrección variaron entre 45-59% basado por año. ....	76
Gráfica 32: Frecuencia de Tamaños para todas las Categorías de Clases de Edad en el Censo Visual del Carrucho de 2013. J-juveniles, NMA-Adultos Recién Maduros, A-Adulto, OA-Adulto Viejo, VOA- Adulto muy Viejo.....	78
Gráfica 33: Distribución de Frecuencia de Tallas de Adultos y Juveniles dentro de la EEZ (>9NM) en el Occidente de Puerto Rico en 1997 y 2006/2013 Unidos para Aumentar el Número de (N=9 para 1997 y N=11 para 2006/2013).....	79
Gráfica 34: Distribución de Frecuencia de Tallas para Adultos y Juveniles en Aguas Llanas (0-9NM) en 1997 y 2006/2013 Unidos Consistente con la Figura 5 (N=58 para 1997 and N=81 para 2006/2013). ....	79
Gráfica 35: Estructura Clase-edad de Carruchos Adultos Observados en Aguas Llanas (0-9NM) y el EEZ (>9NM) en la Costa Oeste de Puerto Rico para 1997 y 2013.....	79
Gráfica 36: Gráfica e Histograma de la Intensidad de Pesca Recreativa 2000-2016 .....	82
Gráfica 37: Total de Toneladas de Materiales Desviados de los Rellenos Sanitarios (2003-2013).....	89
Gráfica 38: Tasas de Reciclaje y Desvío en Puerto Rico (2003-2013) .....	89
Gráfica 39: Toneladas de Desperdicios Sólidos Dispuestos en Rellenos Sanitarios (2003-2015) .....	92
Gráfica 40: Desperdicios Peligrosos Generados .....	94
Gráfica 41: Desperdicios Generados vs Desperdicios Dispuestos y/o Manejados .....	97
Gráfica 42: Reclamación de Desperdicios Peligrosos.....	99
Gráfica 43: Respuesta a Emergencias Ambientales por Región de la Junta de Calidad Ambiental.....	102
Gráfica 44: Tipo de Incidentes .....	103
Gráfica 45: Clasificación de Suelo (2015).....	105
Gráfica 46: Subcategorías SREP (2015).....	106
Gráfica 47: Suelos con Riesgos de Inundaciones (2009).....	109
Gráfica 48: Incremento en el Nivel del Mar.....	111
Gráfica 49: Nivel de Inundabilidad por Tsunamis en Pueblos Costeros .....	113
Gráfica 50: Nivel de Susceptibilidad a Deslizamiento .....	115
Gráfica 51: Suelos con Producción Agrícola (2012) .....	119
Gráfica 52: Por Ciento Distritos Sobrepuestos del APEC .....	124
Gráfica 53: Por Ciento de Calificación del Suelo en RNCEN.....	126
Gráfica 54: Por Ciento de Calificación del Suelo en AARNCEN .....	127

## Lista de Tablas

Tabla 1: Consumo de Energía Eléctrica Total y Producto Interno Bruto (Años Fiscales 1996-2016).....	3
Tabla 2: Referencia para el Cálculo de los BM – Consumo Residencial por Cliente .....	8
Tabla 3: Referencia para el Cálculo de los BM – Consumo Comercial por Cliente .....	9
Tabla 4: Referencia para el Cálculo de los BM – Consumo Industrial por Cliente .....	9
Tabla 5: Información sobre los Ríos que Nacen en las Áreas Protegidas Designados .....	16
Tabla 6: Condición de Sedimentación de Embalses Principales en Puerto Rico .....	22
Tabla 7: Playas del PMPNP y estaciones de monitoria, Website de la JCA.....	32
Tabla 8: Ozono .....	41
Tabla 9: Promedios 24-Horas Máximos por Estación - Materia Particulada PM <sub>10</sub> , Norma Nacional (150 µg/m <sup>3</sup> ) .....	42
Tabla 10: Promedios Anual Aritméticos por Estación - Materia Particulada PM <sub>2.5</sub> .....	45
Tabla 11: Monóxido de Carbono - Concentraciones Máximas 2015-2016 .....	47
Tabla 12: Percentil 99 de Concentraciones Máximas de 1-Hora - Bióxido de Azufre, 2014-2016 (ppb) .....	48
Tabla 13: Promedio de Tres Meses de Concentraciones Máximas de 24-Horas - Plomo, 2014-2016 (µg/m <sup>3</sup> ) .....	49
Tabla 14: Desglose de Áreas Naturales Protegidas Terrestres para el Año 2016 .....	53
Tabla 15: Clasificación de Manejo de Áreas Marinas .....	53
Tabla 16: Cuerdaje Adquirido por el DRNA, la CPN y el FCPR Entre los Años 2005 y 2016 .....	57
Tabla 17: Especies Terrestres .....	60
Tabla 18: Especies Acuáticas.....	60
Tabla 19: Número de Especies.....	61
Tabla 20: Resumen de Especies de Peces de Arrecife Capturados Durante el Periodo de Muestreo Desde Febrero de 2016 hasta Septiembre de 2016 en las Costas Oeste y Este de Puerto Rico .....	65
Tabla 21: Resumen de Familias de Peces Capturadas en la Monitoría de Peces de Arrecife Durante el Periodo de Enero a Diciembre de 2016.....	67
Tabla 22: Resumen Capturas por Categorías de Especies de Peces Capturados Durante el Periodo de Enero a Diciembre de 2016.....	68
Tabla 23: Resumen de Capturas de Juveniles de Langosta Monitoreadas Desde Diciembre 8, 2014 a Diciembre 23, 2015 en la Costa Oeste de Puerto Rico.....	70
Tabla 24: Resumen por Mes Cantidad de Langostas Juveniles en Cada una de las Estaciones Colocadas en la Costa Occidental de Puerto Rico Diciembre 2014 – Diciembre de 2015 .....	71
Tabla 25: Resumen Captura de Larvas de Langosta Periodo Abril 10, 2015 a Marzo 4, 2016 Costa Occidental de Puerto Rico .....	72
Tabla 26: Resumen Langostas Etapa Larval por Mes costa Occidental Puerto Rico de Abril 2015 a Marzo 2016 .....	72
Tabla 27: Intensidad de Pesca Recreativa/Deportiva por Año .....	82
Tabla 28: Participación en Torneos de Pesca Por Año.....	83
Tabla 29: Total de Libras por Especies de Importancia para la Pesca Recreativa en Torneos de Pesca (2003-2016) .....	83
Tabla 30: Distribución de Materiales Desviados (2011-2013) .....	90

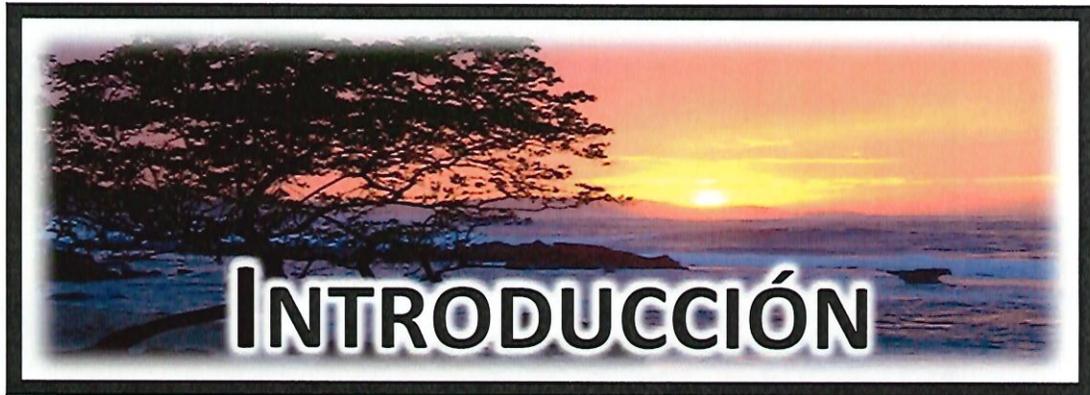
Tabla 31: Cantidad de Desperdicios Sólidos No-Peligrosos por Generación y Disposición (2010).....	91
Tabla 32: Informe Estadístico de Incidentes y Emergencias Ambientales – 1 de enero al 31 de diciembre de 2016 .....	102
Tabla 33: Suelos Clasificados (2015) .....	105
Tabla 34: Subcategorías Suelo Rústico Especialmente Protegidos.....	106
Tabla 35: Estimado de Suelos con Riesgos de Inundaciones (2009).....	109
Tabla 36: Suelos con Riesgos de Deslizamiento.....	115
Tabla 37: Factores Causantes de Incendios Forestales.....	116
Tabla 38: Fincas y Terrenos con Producción Agrícola, Censo Agrícola 1993 a 2012.....	118
Tabla 39: Reservas Agrícolas Aprobadas y en Proceso (2014).....	120
Tabla 40: Suelos con Valor Natural .....	123
Tabla 41: Área de Planificación Especial del Carso (2014).....	124
Tabla 42: Calificación del Suelo en RNCEN .....	126
Tabla 43: Calificación del Suelo en AARNCEN.....	127

## Lista de Mapas

Mapa 1: Embalses y Lagunas en Puerto Rico.....	21
Mapa 2: Estaciones de Aforo y Cuencas Asociadas .....	27
Mapa 3: Resultados de la herramienta para los periodos de 1, 3, 6, 9 y 12 meses evaluado para marzo de 2017 .....	28
Mapa 4: Resultados de la Herramienta para los Periodos de 1, 3, 6, 9 y 12 Meses Evaluado para Marzo de 1994 .....	28
Mapa 5: Red de Aguas Costaneras, JCA.....	31
Mapa 6: Mapa del Programa de Monitoria de Playas, Website de la JCA.....	32
Mapa 7: Red de Muestreo de Aire de Puerto Rico, 2016 .....	39
Mapa 8: Sistema Integrado de Áreas Naturales Protegidas .....	52
Mapa 9: Posición Relativa de Abrir La Sierra a la Plataforma Insular Occidental de Puerto Rico. (Citado de García – Sais et al. 2012) .....	75
Mapa 10: Localización de Sitios de Muestreo Obtenidos al Azar para el Censo Visual de Carruchos del 2013 Relativos a la Costa de Puerto Rico. ....	76
Mapa 11: Generación Diaria de Residuos Sólidos por Municipio .....	87
Mapa 12: Generación Anual de Residuos Sólidos por Municipio .....	88
Mapa 13: Disposición Diaria de Residuos Sólidos por Municipio .....	92
Mapa 14: Disposición Anual de Residuos Sólidos por Municipio .....	92
Mapa 15: Clasificación del Suelo .....	107
Mapa 16: Suelos con Riesgo de Inundaciones .....	110
Mapa 17: Suelos con Riesgos por Incremento en el Nivel del Mar .....	111
Mapa 18: Suelos con Vulnerabilidad a Tsunamis.....	113
Mapa 19: Suelos con Riesgos de Deslizamiento .....	115
Mapa 20: Suelos con Riesgos por Incendio Forestal.....	116
Mapa 21: Suelos con Valor Agrícola (2015) .....	119
Mapa 22: Sistemas Naturales .....	122
Mapa 23 Delimitación del Área de Planificación Especial del Carso (2014) .....	124
Mapa 24: Delimitación de la RNCEN y Mapa de Clasificación y Calificación de los Planes Sectoriales de la RNCEN y AACEN .....	128

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Fases para la Designación de los Ríos o Tramos de Ríos que no Cuentan con Ningún Tipo de Protección .....	14
Ilustración 2: Fases para la Designación de los Ríos o Tramos de Ríos que Nacen en los Bosques Protegidos por el DRNA.....	14
Ilustración 3: Fases para la Designación Tramos de los Ríos que Pasan por Bosques Protegidos por el DRNA u Otras Áreas Protegidas .....	15
Ilustración 4: Patrón Típico de Sedimentación .....	23
Ilustración 5: Alternativas para el Manejo de Sedimentos en Embalses (Morris, 2015) .....	25
Ilustración 6: Evolución de Tsunamis en Tres Fases .....	112



**E**l 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, que 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 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.

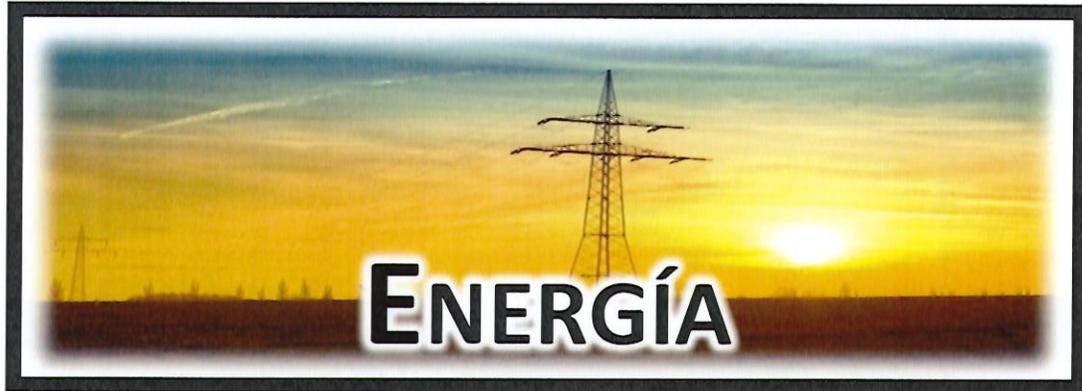
A estos fines, desde el año 2006, la JCA lleva desarrollando un sistema de medición basado en indicadores ambientales. Se entiende por indicador ambiental, cualquier variable medible la cual, de manera directa o indirecta, puede reflejar o dar a entender la condición (cuantitativa o cualitativa) de los 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 certera, nuestra realidad ambiental. A su vez, damos a conocer los resultados de estos trabajos mediante este documento, que se publica anualmente, y agrupa los indicadores en las siguientes áreas: agua, suelo, aire, energía y sistemas naturales.

A tales efectos, le place a la JCA presentar el Informe Ambiental correspondiente al año 2016. 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.

En tiempos de dificultades económicas como las que enfrenta el país es cuando más rigor y prudencia tiene que ejercerse en el manejo de nuestros recursos renovables y no renovables. 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.



## ASUNTO: CONSUMO ENERGÉTICO Y PRODUCTO INTERNO BRUTO

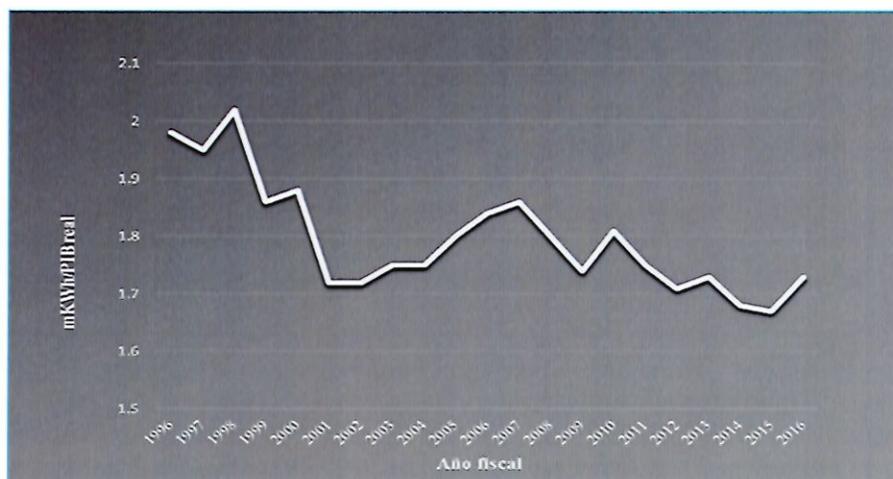
### Indicador: Intensidad Energética

#### Descripción del Indicador

El indicador de Intensidad Energética<sup>1</sup> busca medir la relación entre la energía consumida y el rendimiento económico en términos del Producto Interno Bruto (PIB). Por tanto, es un indicador clave para determinar el comportamiento y el grado de eficiencia energética de un país. Para mejorar la eficiencia energética, será necesario reducir la intensidad energética, lo cual representa poder lograr producir lo mismo con un consumo y uso de energía menor.

La evaluación de estas variables permite tener una idea general de cuan eficiente somos como sociedad, en términos del consumo energético, o cuan dependientes somos del consumo energético para sostener nuestras actividades productivas y el desarrollo socioeconómico del País.

Gráfica 1: Intensidad Energética – 1996-2006



<sup>1</sup> La intensidad energética es una medida de la eficiencia energética de la economía de una nación y corresponde a la razón entre su consumo energético y el PIB de la economía durante el mismo periodo de tiempo.



Tabla 1: Consumo de Energía Eléctrica Total y Producto Interno Bruto (Años Fiscales 1996-2016)

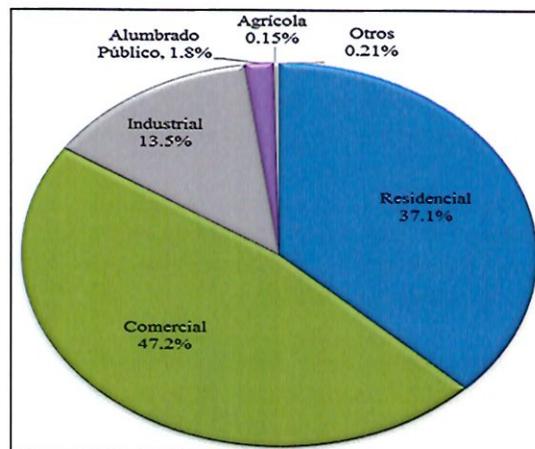
Año Fiscal	Consumo de Energía Eléctrica Total (mkW/h)	PIB (Millones de dólares precios constantes 1954)	Intensidad Energética (mkWh/PIB real)
1996	15,945.10	8,069.30	1.98
1997	16,118.40	8,256.00	1.95
1998	17,456.90	8,658.90	2.02
1999	16,989.20	9,137.80	1.86
2000	18,144.80	9,630.30	1.88
2001	18,723.30	10,887.00	1.72
2002	19,129.80	11,123.30	1.72
2003	19,887.30	11,383.70	1.75
2004	20,260.20	11,609.90	1.75
2005	20,507.50	11,379.20	1.80
2006	20,620.50	11,218.80	1.84
2007	20,671.60	11,088.40	1.86
2008	19,601.50	10,883.90	1.80
2009	18,515.80	10,671.40	1.74
2010	19,234.90	10,627.30	1.81
2011	18,501.40	10,589.20	1.75
2012	18,112.50	10,592.30	1.71
2013	18,221.20	10,559.80	1.73
2014	17,560.90	10,434.10 <i>r</i>	1.68
2015	17,280.10	10,318.00 <i>r</i>	1.67
2016	17,349.10	10,049.10	1.73
Total	388,832.00	217,167.70	-

r- revisado

Fuentes:

1. Apéndice Estadístico del Informe Económico al Gobernador 2016, Tabla 1–Series Seleccionadas de Ingreso y Producto, Total y Per Cápita: Años Fiscales- Junta de Planificación. (<http://www.jp.gobierno.pr/>).
2. Indicadores Económicos Mensuales Seleccionados Puerto Rico, Tabla: Consumo de Energía Eléctrica Total- Millones de Kilovatios/Hora)- Junta de Planificación. (<https://www.indicadores.pr/Business/Generaci-n-consumo-costo-ingresos-y-clientes-del-s/frck-ztpq>).

Gráfica 2: Consumo de Energía Eléctrica por Sector (mkWh) – Año Fiscal 2016



Fuente: <https://www.indicadores.pr/Business/Generaci-n-consumo-costo-ingresos-y-clientes-del-s/frck-ztpq>.



## Consideraciones Técnicas

La intensidad energética refleja la eficiencia energética de una economía. Este indicador se calcula como el coeficiente entre el consumo energético y el producto interno bruto. Es decir, muestra la relación entre la energía consumida y la producción de bienes. Por lo que concierne que la intensidad energética sea la menor posible.

Los datos de consumo energético presentados en este informe corresponden a Millones de Kilovatios hora (mkW/h) de todos los clientes de la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) para los años fiscales 1996 al 2016 y los datos del PIB, según calculados por la Junta de Planificación de Puerto Rico (en millones de dólares a precios constantes del año 1954) para el mismo periodo.

$$\text{Intensidad Energética} = \frac{\text{Consumo energético}}{\text{Producto Interno Bruto}}$$

Esta metodología ha sido utilizada tanto por la *U.S. Energy Information Administration* como por la Agencia Internacional de Energía y ha sido ampliamente aceptada, lo cual permite contar con información más confiable y comparable con otras jurisdicciones a nivel internacional. Además, dicha metodología ha sido aprobada y ordenada mediante la Resolución Núm. 2015-01 del Instituto de Estadísticas de Puerto Rico.

Por otra parte, el Indicador de Intensidad Energética presenta una serie de limitaciones, tales como las cifras de consumo energético, dado que no incorporan el consumo en combustible del sector de la transportación, el cual podría representar el renglón de mayor consumo en términos energéticos. Además, el indicador no muestra el consumo residencial, industrial o comercial de sistemas que no estén conectados a la red de la AEE. De igual forma, las cifras del PIB no miden la producción y alcance de la economía informal, la cual representa un sector importante en la generación de ingreso y empleo en el País.

## Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo con la Gráfica- *Intensidad Energética*, podemos destacar que la trayectoria de la intensidad energética en Puerto Rico ha presentado notables fluctuaciones durante los últimos años. El periodo con mayor intensidad energética presentado en este informe corresponde desde el 1996 al 2000, siendo el de mayor intensidad el 1998. Además, se puede observar que a partir del periodo que comprende los años: 2004 al 2007, se presentó un patrón de aumento, el cual fue interrumpido en el 2008 y 2009. Igualmente se reflejó un decrecimiento en los periodos de 2011 - 2012 y 2014 - 2015. Estas reducciones en el indicador representan una condición favorable en cuanto a la eficiencia energética del País. Sin embargo, en el último año fiscal presentado en este informe (2016), se reflejó un aumento en la intensidad energética correspondiente a 1.73 respecto al año anterior con 1.67 (2015).

En la Tabla- *Consumo de Energía Eléctrica Total y Producto Interno Bruto*, se puede observar que el consumo energético, presentó un patrón de crecimiento continuo desde el 2000 hasta el 2007. Sin embargo, durante el periodo de 2010 al 2016 se reflejaron algunos aumentos esporádicos en el consumo energético, cuyo promedio para dicho periodo fue de 18,037.16 (mkW/h).

Por otra parte, el PIB durante el 1996 al 2004, presenta un aumento continuo, mientras que a partir del 2005 se puede apreciar una reducción en el volumen de la actividad económica del País hasta alcanzar el 2016. Este patrón de reducción fue interrumpido por un leve aumento en el 2012.

En términos generales, la variable de consumo eléctrico muestra un descenso hasta el 2015, el cual podría asociarse con la reducción de los clientes de la AEE debido a la migración, la cual se ha intensificado en los últimos años en Puerto Rico. De igual forma, el escenario fiscal del País en los últimos años, refleja un descenso. No obstante, aunque el indicador ha mostrado una disminución en los últimos años, se debe lograr continuar un patrón de reducción en el consumo energético



a la vez que se consigue aumentar en mayor proporción los niveles de producción (PIB), para lograr mejorar la eficiencia energética en el País.

Por tanto, todos los esfuerzos encaminados a reducir el consumo energético y fortalecer la producción de energía de fuentes renovables son necesarios para ayudar a mejorar la situación energética en Puerto Rico y así poder aumentar su competitividad a nivel global. Como parte de los esfuerzos realizados por el gobierno de Puerto Rico, actualmente se ofrecen incentivos para proyectos de energía renovable a través del Programa del Fondo de Energía Verde los cuales son administrados por la Oficina Estatal de Política Pública Energética (OEPPE), agencia creada en virtud de la Ley Núm. 57 de 27 de mayo de 2014.

El Programa del Fondo de Energía Verde se presenta como una alternativa para estimular el desarrollo de proyectos de energía renovable de pequeña y mediana escala. Estas escalas corresponden a proyectos residenciales, comerciales e industriales con una capacidad hasta un (1) megavatio. El mismo ha impactado el sector privado y gubernamental, impulsando la generación distribuida mediante el uso de tecnología fotovoltaica y eólica como fuentes de energía renovable. Dado que los sectores de mayor consumo energético son el comercial y residencial, seguido por el sector industrial, según se presenta en la Gráfica- *Consumo de Energía Eléctrica por Sector*, este programa ofrece una gran alternativa para desarrollar proyectos que logren satisfacer la demanda de energía en estos sectores mediante fuentes de energía renovable.

Además, la OEPPE administra otros programas dirigidos al desarrollo de proyectos de eficiencia energética y energía renovable, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Programa federal de Climatización de Hogares (WAP, por sus siglas en inglés) y el Programa de Asistencia de Climatización con fondos del *Low Income Home Energy Assistance Program* (LIWAP) suministrados por la Administración del Desarrollo Socioeconómico de la Familia. El propósito de ambos programas es ayudar a familias de bajos ingresos a lograr una reducción en el consumo de energía doméstica a través de la instalación de equipos y medidas eficientes en sus hogares, asegurando a su vez, la salud y seguridad de estas familias.
- State Energy Program (SEP) – Programa federal dirigido a la educación y desarrollo de proyectos de energía renovable y eficiencia energética. Algunos de los proyectos desarrollados bajo este Programa han sido instalaciones de sistemas fotovoltaicos, instalaciones de estaciones de recarga para vehículos eléctricos, proyectos de “retrofit”, auditorías energéticas y brindar seminarios sobre eficiencia energética a entidades gubernamentales, entre otros.

Estas iniciativas, entre otras, propician el desarrollo económico de la Isla al fomentar la industria energética, la cual promueve la creación de empleos, contribuyen a reducir y estabilizar los costos energéticos y reduce la fuga de capital causada por la importación de combustibles derivados de fuentes fósiles. Además, se aporta al mejoramiento del medio ambiente y a lograr el uso eficiente de la energía mientras se promueve la actividad económica productiva para el desarrollo del País.

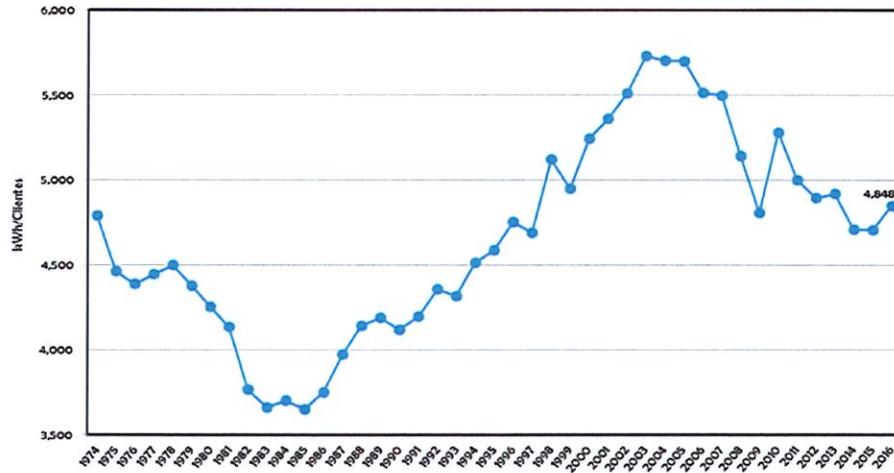
## Indicador: Consumo Energético por Sector

### Descripción del Indicador

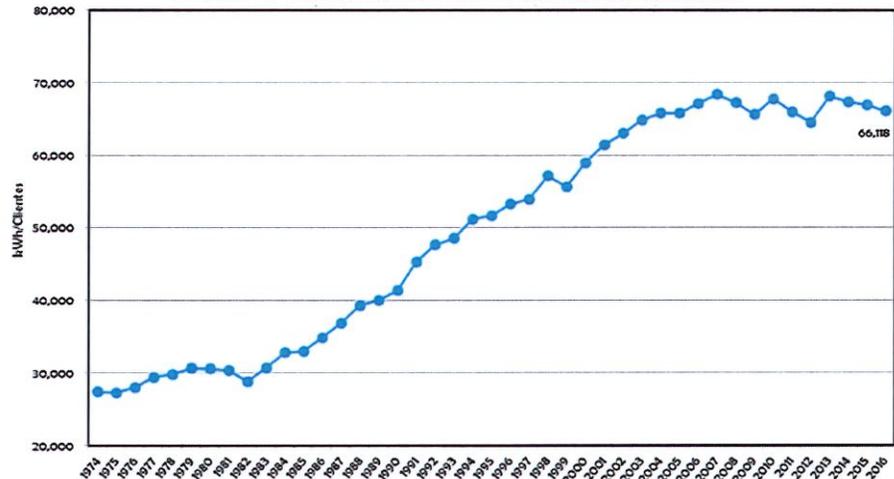
Este indicador muestra el comportamiento del consumo de energía de los clientes residenciales, comerciales e industriales de la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE). Es importante saber el nivel de consumo eléctrico de estos sectores para establecer estrategias de manejo y conservación de energía ajustadas a las características y necesidades de cada área en particular. Además, permite ponderar las necesidades actuales y futuras de estos sectores para planificar la infraestructura de generación, transmisión y distribución que el país demanda para sostener su desarrollo. Los gráficos los presentamos en términos de años fiscales, ya que para poder totalizar por año natural solo tenemos datos mensuales disponibles desde el 2000.



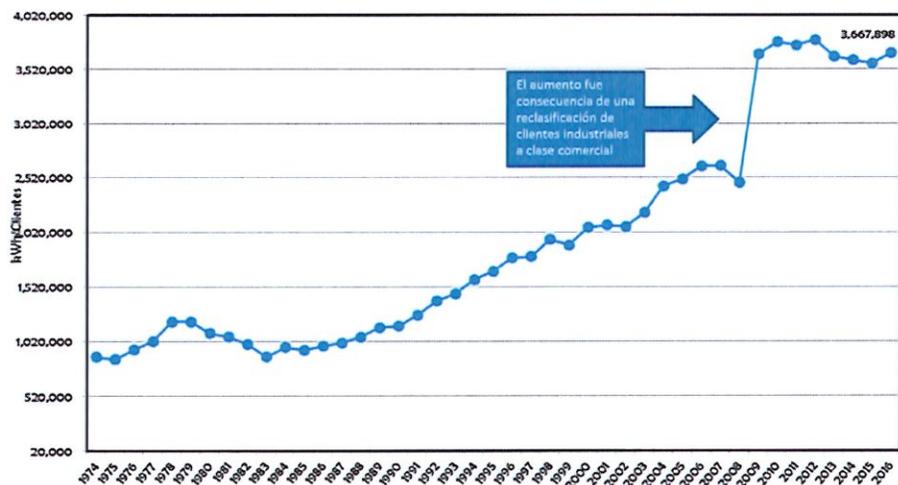
Gráfica 3: Consumo Promedio Clientes Residenciales



Gráfica 4: Consumo Promedio Clientes Comerciales



Gráfica 5: Consumo Promedio Clientes Industriales





### Consideraciones Técnicas

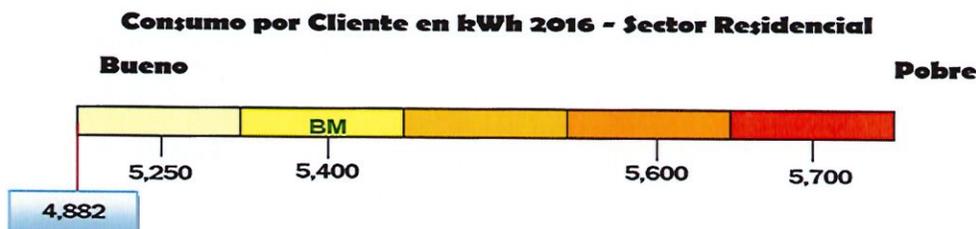
Sobre el comportamiento o tendencias en el consumo de los principales sectores de la AEE podemos destacar las siguientes observaciones:

- La generación bruta total en el año natural 2016 fue de 20,641.4 mkWh una reducción de 1.29% comparada con el 2015.
- La demanda máxima fue 3,087 MW ocurrió en agosto del 2016 estuvo 598 MW por debajo de a la demanda máxima histórica registrada en septiembre de 2005 (3,685MW).
- El consumo total de energía eléctrica totalizó 17,311.1 mkWh un incremento de 0.44% comparado con el año natural anterior.
- El consumo promedio anual por cliente mermó 0.07% al comparar con el año natural 2015.
- El costo del centavo kilovatio para todos los clientes en el año natural 2016 decreció 2.39 ¢/kWh o 11.78% comparado con el periodo anterior.
- El consumo promedio anual por cliente de la clase residencial alcanzó su nivel máximo en el año natural 2003 con 5,756 kWh/cliente. En el año natural 2016, el consumo promedio por cliente fue 4,882 kWh/cliente, el cual estuvo 2.72% por encima al 2015 pero 15.17% por debajo al histórico.
- El consumo promedio anual del sector comercial en el año natural 2016 fue 66,033 kWh/ cliente. Esto equivale a una disminución de 0.14% comparado con el 2015 y una disminución de 3.03% al comparar con el máximo histórico de los años naturales que tenemos disponibles. Esta merma fue ocasionada por la contracción que aún enfrenta la economía local. El consumo promedio anual pico se registró en el año natural 2007, coincidió el inicio de la recesión que afecta a Puerto Rico.
- El sector industrial en el año natural 2016 presentó el consumo promedio por cliente de 3,561,668 kWh/cliente, una reducción de 2.11% contra el 2015 y 5.71% al pico histórico registrado en el natural 2011 de 3,777,428 kWh.

### Limitaciones del Indicador

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

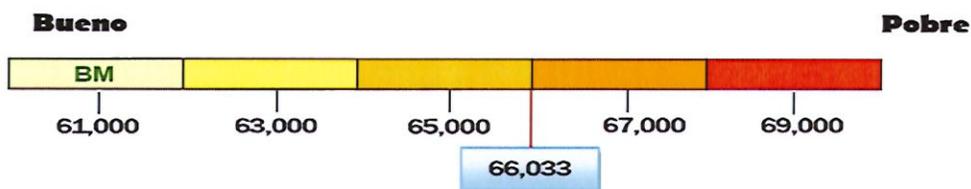
### Benchmark<sup>2</sup>



<sup>2</sup> La métrica utilizada 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 a partir del año fiscal 2000-01.



**Consumo por Cliente en kWh 2016 - Sector Comercial**



**Consumo por Cliente en kWh 2016 - Sector Industrial**

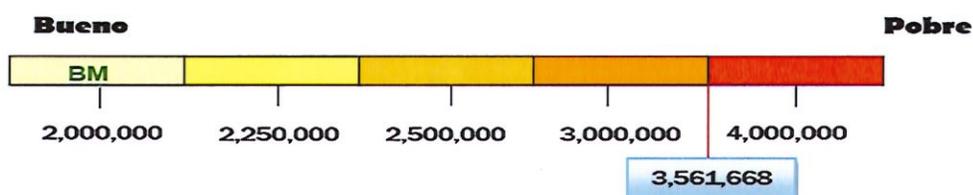


Tabla 2: Referencia para el Cálculo de los BM – Consumo Residencial por Cliente

Año Natural	Consumo (mkWh)	Clientes	Consumo x Cliente (mkWh)	Consumo x Cliente (kWh)
2000	6,482	1,227,539	0.005281	5,281
2001	6,742	1,245,568	0.005413	5,413
2002	7,120	1,262,393	0.005640	5,640
2003	7,359	1,278,580	0.005756	5,756
2004	7,298	1,295,718	0.005632	5,632
2005	7,460	1,311,546	0.005688	5,688
2006	7,215	1,318,402	0.005472	5,472
2007	7,058	1,314,180	0.005370	5,370
2008	6,473	1,318,498	0.004909	4,909
2009	6,673	1,330,507	0.005016	5,016
2010	6,975	1,339,703	0.005207	5,207
2011	6,587	1,341,708	0.004909	4,909
2012	6,771	1,349,750	0.005016	5,016
2013	6,320	1,340,989	0.004713	4,713
2014	6,218	1,328,546	0.004680	4,680
2015	6,306	1,326,631	0.004753	4,753
2016	6,504	1,332,152	0.004882	4,882


**Tabla 3: Referencia para el Cálculo de los BM – Consumo Comercial por Cliente**

Año Natural	Consumo (mkWh)	Clientes	Consumo x Cliente (mkWh)	Consumo x Cliente (kWh)
2000	7,498	122,741	0.061088	61,088
2001	7,632	124,165	0.061465	61,465
2002	8,017	125,295	0.063986	63,986
2003	8,343	126,725	0.065834	65,834
2004	8,371	128,569	0.065106	65,106
2005	8,693	129,573	0.067092	67,092
2006	8,808	130,372	0.067558	67,558
2007	8,866	130,200	0.068096	68,096
2008	8,660	129,840	0.066700	66,700
2009	8,568	129,085	0.066375	66,375
2010	8,677	129,494	0.067009	67,009
2011	8,473	129,226	0.065566	65,566
2012	8,390	127,273	0.065920	65,920
2013	8,621	126,881	0.067943	67,943
2014	8,395	125,182	0.067066	67,066
2015	8,199	123,992	0.066128	66,128
2016	8,176	123,822	0.066034	66,034

**Tabla 4: Referencia para el Cálculo de los BM – Consumo Industrial por Cliente**

Año Natural	Consumo (mkWh)	Clientes	Consumo x Cliente (mkWh)	Consumo x Cliente (kWh)
2000	4,101	1,956	2.096422	2,096,422
2001	3,934	1,906	2.064010	2,064,010
2002	3,931	1,841	2.135358	2,135,358
2003	4,005	1,734	2.309216	2,309,216
2004	4,104	1,672	2.455059	2,455,059
2005	4,258	1,648	2.583900	2,583,900
2006	4,213	1,593	2.644762	2,644,762
2007	3,938	1,552	2.537258	2,537,258
2008	3,544	1,225	2.892425	2,892,425
2009	3,094	828	3.738447	3,738,447
2010	2,968	790	3.756731	3,756,731
2011	2,832	750	3.777428	3,777,428
2012	2,683	721	3.720056	3,720,056
2013	2,504	694	3.610932	3,610,932
2014	2,376	662	3.588254	3,588,254
2015	2,355	647	3.638597	3,638,597
2016	2,250	632	3.561668	3,561,668



## Conclusiones y Recomendaciones

Al 31 de diciembre de 2016, la AEE proveyó servicio eléctrico a 1,463,342 de clientes. Para satisfacer la demanda energética de nuestros clientes, la AEE tiene una capacidad disponible de generación incluidos los proyectos de energía renovable de 5,820.2 megavatios (MW), excluida la capacidad de renovables. De la generación bruta en el natural 2016, el 65.42% fue producido por la AEE, el 33.04% por productoras independientes de fuentes fósiles y 1.54% de fuentes renovables.

Mediante la Ley 57 de 2014 se creó un ente regulador para la industria de energía eléctrica en Puerto Rico, Comisión de Energía. Como parte de los requisitos de esta Ley, la Autoridad sometió un plan integrado de recursos para la aprobación de la Comisión. Este plan contempló los proyectos prioritarios a desarrollarse en los próximos 20 años para suplir la demanda energética proyectada. En este plan se presentó la construcción de un terminal marítimo flotante, *Aguirre Offshore Gasport (AOGP)*, para producir a base de gas natural en la planta generatriz de la Central Aguirre. También se presentaron las bases para el retiro de plantas de combustibles fósiles de la flota de la AEE y la integración de fuentes renovables. La Comisión aprobó un plan modificado.

## ASUNTO: FUENTES ENERGÉTICAS

### Indicador: Uso de Fuentes Energéticas

#### Descripción del Indicador

Este indicador busca determinar cómo se distribuye porcentualmente el uso o consumo de fuentes energéticas renovables o no renovables en Puerto Rico. Es importante conocer esta distribución debido a que nos permite saber cuánto estamos dependiendo de fuentes no renovables, y cuan necesarios deben ser los esfuerzos de diversificación energética a fuentes más limpias. La ponderación de estos datos favorece la definición de estrategias para promover el ahorro y la eficiencia energética en todos los sectores del país, para de esta forma proteger el ambiente, promover la salud y fomentar la economía. Debido a la carencia de datos mensuales para determinar esta distribución por año natural, presentamos el gráfico en términos de año fiscal.

Gráfica 6: Por ciento de generación por tipo de combustible





### Consideraciones Técnicas

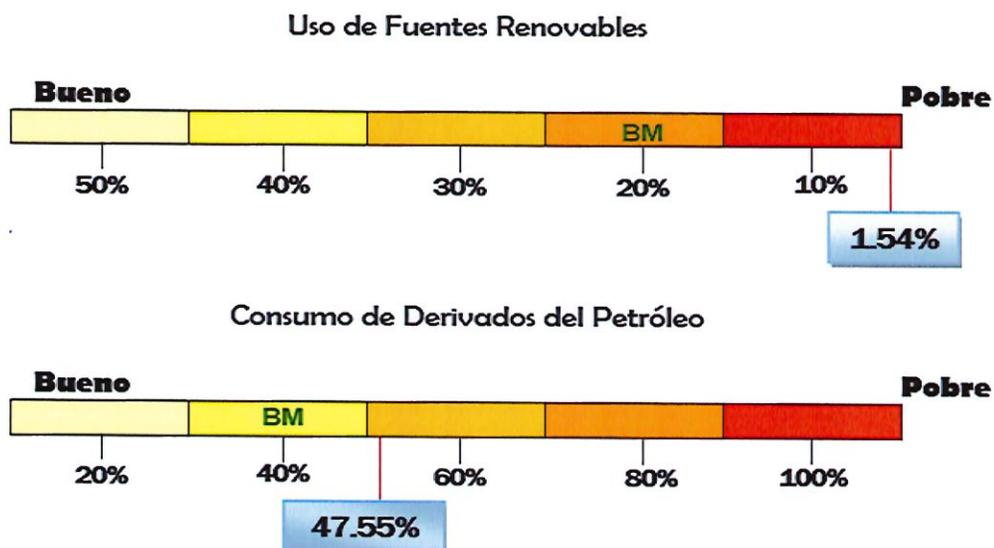
Este indicador es calculado considerando la distribución porcentual que cada fuente de generación aporta al sistema eléctrico del país. De acuerdo a nuestras de fuentes de información podemos destacar las siguientes observaciones para el año natural 2016:

- La producción de electricidad a base del petróleo es una parte sustancial de la generación de energía eléctrica en Puerto Rico. En el 2016, la producción de energía eléctrica con este combustible fue 47.55%, una disminución de 9.87% comparado con el año natural 2015.
- Los sistemas hidroeléctricos contribuyeron con 0.34% de la generación bruta total.
- La generación de energía eléctrica con gas natural en el año natural 2016 incluyendo las unidades de producción de la AEE en Costa Sur aportaron 33.72% de la generación bruta total. Esta cifra equivale a un crecimiento de 9.30% comparado con el año 2015.
- La generación de electricidad con el uso del carbón como fuente de combustible aportó 16.85% y fue 6.52% mayor a la del año natural anterior.
- La producción con fuentes renovables en Puerto Rico alcanzó la cifra de 1.54% de la generación bruta total en el 2016. Esta estuvo por debajo de la generada del año anterior, esto fue ocasionado por una merma de 19.27% de la generación eólica. La energía eólica fue la de mayor producción en el 2016 con 71.68% de la generación de renovables. La energía de fuentes renovables excluye los sistemas de medición neta o generación distribuida instalados a menor escala que no forman parte del sistema de transmisión de la AEE.

### Limitaciones del Indicador

La principal limitación para entender e interpretar este indicador es que el mismo no presenta datos o una relación de los costos monetarios asociados al uso de cada fuente energética. Además, no se puede determinar el uso de sistemas de energía renovable que no estén conectados a la red de la AEE.

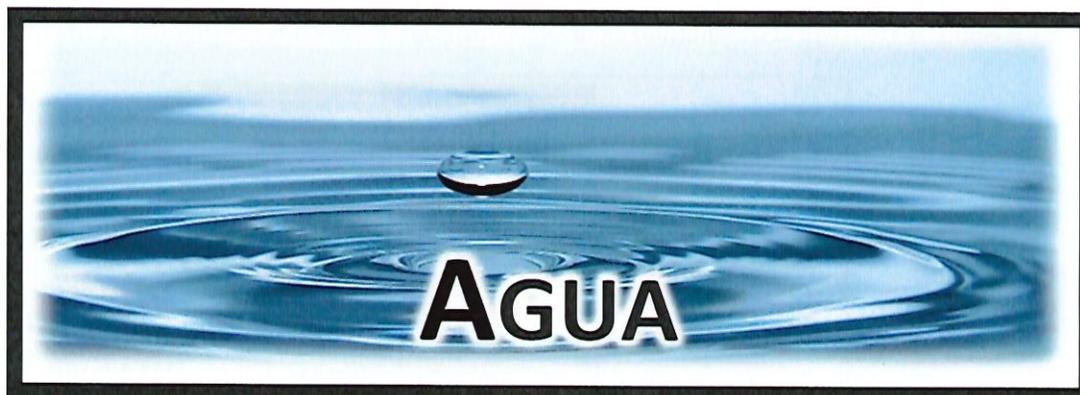
### Benchmark





## Conclusiones y Recomendaciones

Aunque progresivamente el país en los últimos años depende menos de los derivados del petróleo como fuente energética, no deja de ser menos cierto que la quema de combustibles fósiles (derivados del petróleo, carbón y gas natural) es su principal fuente de energía. Es por tal razón que la búsqueda de alternativas energéticas limpias para satisfacer el consumo actual y proyectado, tiene mayor relevancia y necesidad para el desarrollo del país. Ciertamente, la evaluación de estas alternativas debe basarse en principios de eficiencia energética, seguridad ambiental y viabilidad económica. Ante esta necesidad se recomienda el uso de fuentes energéticas alternas como el viento, el sol y las diferencias en temperatura en las profundidades del mar o la tierra sean explorados a fin de conseguir un curso de acción adecuado para cubrir nuestras demandas energéticas.



## ASUNTO: DISPONIBILIDAD DE AGUA

### Indicador: Kilómetros de Ríos Designados

#### Descripción del Indicador

Este indicador informa la longitud, en kilómetros, de los cauces de ríos designados como río patrimonial en Puerto Rico como mecanismo de protección de los recursos de agua de la isla conforme a la Ley Núm.180 – 2014. El Programa de Ríos Patrimoniales de Puerto Rico, que establece esta ley (Ley de Río Patrimoniales), ha establecido tres tipos de designación, según el grado de conservación de los ríos o tramos de éstos. El primer tipo obedece a los ríos, tramos de ríos y áreas circundantes que actualmente no cuentan con ningún tipo de protección, contienen características naturales y han sido poco intervenidos. El segundo tipo trabaja para la designación de los tramos de los ríos que nacen en los bosques protegidos por el DRNA (excluyendo los bosques costaneros) u otras áreas protegidas. El último y tercer tipo favorece la designación a los tramos de los ríos que pasan por alguna área protegida que no sea costanera.

Para determinar los kilómetros a ser designados, los ríos deben de pasar por un proceso de evaluación, con el fin de determinar la distancia del tramo amerita ser designado. En la Ilustración, se presenta el diagrama del proceso evaluación de acuerdo a cada tipo de designación:

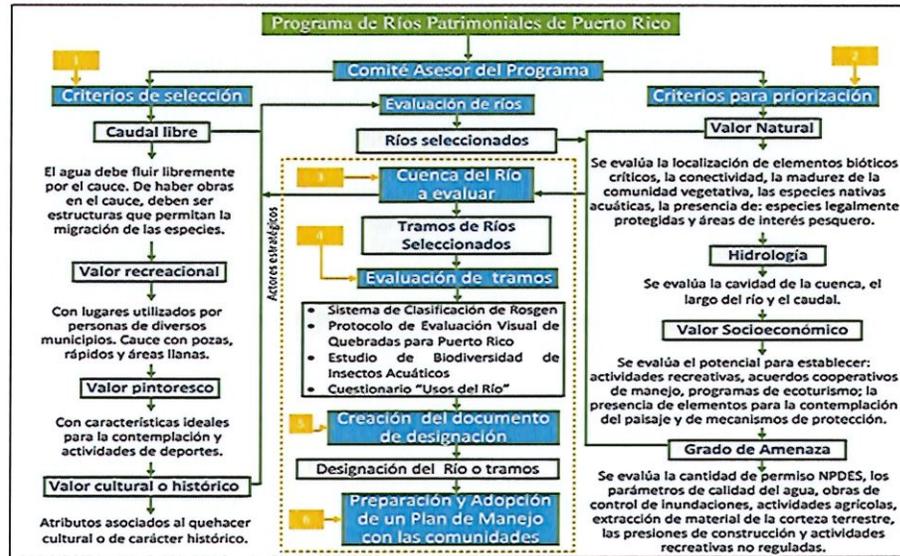
- Designación Tipo 1: Ríos o tramos de ríos que no cuentan con ningún tipo de protección:

En este tipo de designación, la primera fase es la selección a nivel de cuencas principales de los ríos que pueden ser estudiados para ser incluidos en la lista de ríos patrimoniales. La segunda fase incluye realizar una evaluación para priorizar el río o tramo candidato como Río Patrimonial mediante una matriz de criterios de priorización en las cuencas hidrográficas principales donde se encuentran los ríos a ser estudiados para designación. Esta matriz brinda una puntuación a una serie de criterios y elementos de priorización. En total se evalúan cuarenta (40) elementos dentro de cuatro (4) criterios generales: valor natural, hidrología, valor socioeconómico y grado de amenaza.

La tercera fase, contempla que una vez identificados los ríos prioritarios para designación a nivel de cuenca, se seleccionan los tramos de ríos para posterior evaluación, mediante los criterios de selección de la primera fase. Luego en la fase cuatro, los tramos seleccionados se evalúan con 4 tipos de metodologías que serán parte esencial del suplemento de información técnica para la designación. Por último, las fases cinco y seis se prepara el suplemento técnico y luego un documento de designación para la eventual designación como Río Patrimonial del río o tramo de río estudiado.



Ilustración 1: Fases para la Designación de los Ríos o Tramos de Ríos que no Cuentan con Ningún Tipo de Protección

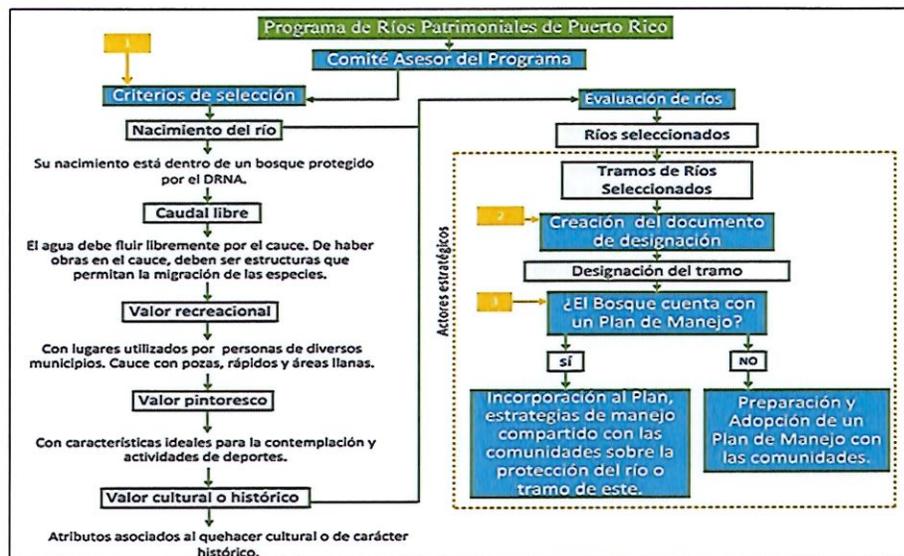


- Designación Tipo 2: Tramos de los ríos que nacen en los bosques protegidos por el DRNA u otras áreas protegidas:

El proceso para la designación de este tipo de ríos es más sencillo porque los tramos de ríos en áreas protegidas nacen bajo protección y se entiende que actualmente sus atributos naturales están lo más cercano a los de un cuerpo de agua en su mejor estado, cumpliendo con las características de un río patrimonial.

La primera fase es la selección de los tramos que pueden ser designados como ríos patrimoniales (Ver Ilustración 2). La segunda fase, contempla la creación de un documento de designación y lo que involucra el proceso administrativo de designación por el DRNA. De igual manera, en algunos casos en que su nacimiento sea fuera del área protegida, pero el tramo sea menor al que se protege y no estén en áreas con un impacto significativo de desarrollo, se incluirán en la designación el tramo que pasa por el área protegida.

Ilustración 2: Fases para la Designación de los Ríos o Tramos de Ríos que Nacen en los Bosques Protegidos por el DRNA

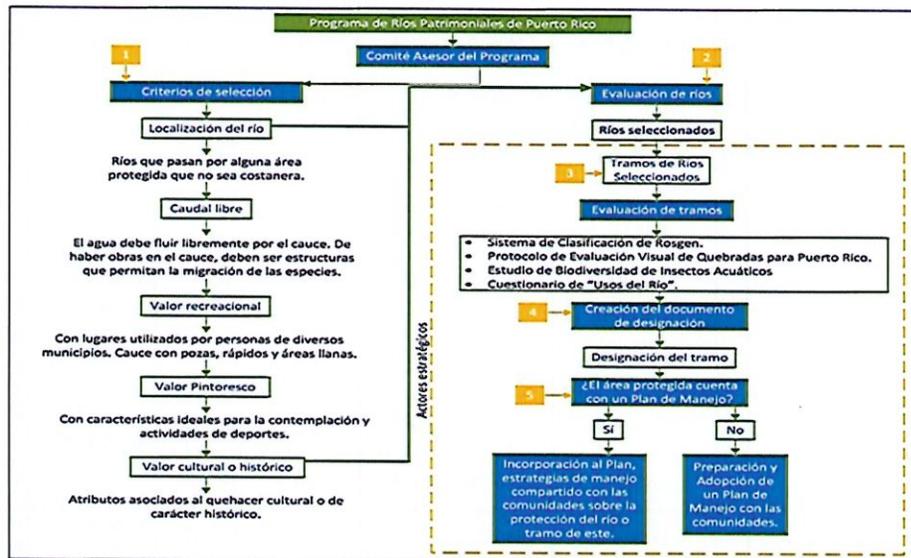




- Designación Tipo 3: Tramos de los ríos que pasan por bosques protegidos por el DRNA u otras áreas protegidas:

El proceso es similar a la Designación Tipo 2 en relación a la selección de los tramos que pueden ser designados como ríos patrimoniales (Ver Ilustración 3). La tercera fase, contempla la incorporación de investigaciones para la implementación de las metodologías que se utilizan como suplemento técnico para la Designación Tipo 1. La cuarta fase incluye la creación de un documento de designación, lo que involucra el proceso administrativo de designación por el DRNA. Por último, a largo plazo, como quinta etapa, la incorporación de estrategias puntuales para el manejo de los tramos designados en los bosques protegidos u otras áreas protegidas que cuenten con un Plan de Manejo.

**Ilustración 3: Fases para la Designación Tramos de los Ríos que Pasan por Bosques Protegidos por el DRNA u Otras Áreas Protegidas**



### Resultados del Indicador

Se realizaron las primeras designaciones en los ríos que nacen en áreas protegidas (Designación Tipo 1), el 13 de junio del 2016 por medio de la Orden Administrativa 2016-2017. Un total de 22 tramos de ríos que discurren por 5 áreas protegidas fueron designados. Entre estas están: el Bosque Estatal de Maricao (río Grande, río Cruces, río Cupeyes, río Caín, río Hoconuco, río Nueve Pasos, río Rosario, río Prieto, río Maricao, río Bonelli, río Postrero y río Flores), el Bosque Estatal de Guilarte (río Duey, río Prieto, río Yahuecas, río Guilarte), el Bosque Estatal los Tres Picachos (río Cialitos), el Bosque Estatal de Toro Negro (río Anón y río Inabón), y la Reserva Natural Cerro Las Planadas (río Lapa).

- Designación Tipo 1:

Kilómetros designados hasta la fecha ≈ 53.1 Km = 53,146.49 metros.



Tabla 5: Información sobre los Ríos que Nacen en las Áreas Protegidas Designados

Áreas protegidas	Ríos	Tramos designados		Longitud fuera del área protegida	Porcentaje dentro del área protegida	Tributario	Coordenadas		
		Longitud del tramo (m)	Longitud del tramo 2 (m)				río arriba	río abajo	
Bosque Estatal de Maricao	1	río Grande	3,641.11	N/A	9,518.25	27.67%	río Guanajibo	18°8'23.369" N 66°56'7.343" O	18°7'58.732" N 66°56'1.446" O
	2	río Cruces	5,427.48	N/A	6,131.82	46.95%	río Guanajibo	18°8'35.227" N 66°57'43.669" O	18°6'28.047" N 66°58'40.524" O
	3	río Cupeyes	4,154.27	N/A	6,330.71	39.62%	río Guanajibo	18°8'12.841" N 66°58'20.019" O	18°6'39.791" N 66°59'13.478" O
	4	río Caín	3,947.13	N/A	7,883.63	33.34%	río Guanajibo	18°8'39.212" N 66°59'0.887" O	18°7'22.163" N 67°59'50.464" O
	5	río Hoconuco	1,721.20	N/A	10,171.29	14.47%	río Duey	18°9'19.839" N 66°59'54.631" O	18°8'37.959" N 67°0'27.273" O
	6	río Nueve Pasos	2,554.09	N/A	6,699.06	27.60%	río Guanajibo	18°9'19.433" N 67°0'37.17" O	18°9'11.068" N 67°1'25.801" O
	7	río Rosario	3,079.15	N/A	21,53.4	12.53%	río Guanajibo	18°10'21.918" N 67°3'7.011" O	18°10'22.089" N 67°4'22.193" O
	8	río Prieto	2,774.18	N/A	2,845.01	49.37%	río Rosario	18°9'50.589" N 66°59'46.802" O	18°10'29.172" N 67°0'53.819" O
	9	río Maricao	2,849.12	N/A	10,002.61	22.17%	río Guanajibo	18°9'5.649" N 66°59'1.488" O	18°10'11.495" N 66°59'15.307" O
	10	río Bonelli	2,483.51	N/A	4,515.24	35.49%	río Guabá - río Grande de Añasco	18°8'31.634" N 66°58'14.574" O	18°9'34.626" N 66°58'15.488" O
	11	río Postrero	1,992.25	N/A	0.00	100%	río Lajas - río Grande de Añasco	18°8'53.356" N 66°57'36.979" O	18°9'48.14" N 66°57'18.419" O
	12	río Flores	696.51	316.92	7,124.55	12.45%	río Cruces - río Guanajibo	18°6'36.897" N 66°57'34.108" O	18°6'8.99" N 66°57'50.56" O
Bosque Estatal de Guilarte	1	río Duey	1,245.95	498.85	12,710.97	12.07%	río Yauco	18°7'19.319" N 66°48'4.168" O	18°7'0.33" N 66°49'22.004" O
	2	río Prieto	3,861.83	N/A	33,294.65	10.40%	río Grande de Añasco	18°8'25.386" N 66°47'21.334" O	18°8'33.338" N 66°48'45.754" O
	3	río Yahuecas	91.55	N/A	6,720.83	1.34%	río Limani	18°8'46.226" N 66°46'19.29" O	18°8'47.878" N 66°46'22.182" O
	4	río Guilarte	244.99	N/A	10,803.25	2.22%	río Blanco	18°8'39.246" N 66°46'5.543" O	18°9'5.781" N 66°45'59.775" O
Bosque Estatal Los Tres Picachos	1	río Cialitos	3,662.41	N/A	20,060.88	15.44%	río Grande de Manatí	18°14'2.19" N 66°32'39.798" O	18°14'21.427" N 66°31'28.412" O
Bosque Estatal Toro Negro	1	río Anón	1,407.69	N/A	3,519.66	28.57%	río Inabón	18°9'37.698" N 66°34'53.542" O	18°9'16.056" N 66°35'29.829" O
	2	río Inabón	2,828.03	N/A	29,019.89	8.88%	Desemboca al mar	18°9'57.041" N 66°34'29.221" O	18°8'37.443" N 66°34'44.316" O
Reserva Natural Cerro las Planadas	1	río Lapa	4,484.04	N/A	7,954.47	36.05%	río Nigua	18°5'4.533" N 66°11'57.675" O	18°4'17.408" N 66°13'58.85" O

- Designación Tipo 2:

Kilómetros designados hasta la fecha ≈ 0 Km

- Designación Tipo 3:

Kilómetros designados hasta la fecha ≈ 0 Km



## Limitaciones del Indicador

- Muchas de las cuencas hidrográficas no cumplen con los criterios del Programa para la designación Tipo 1 debido que en el cauce de los ríos principales, en la parte media de la cuenca, hay un embalse mayor. Por esta razón fueron excluidos como candidatos a designación, ya que no garantiza la conectividad del ecosistema.
- Los tramos de estudios para la designación Tipo 2 y Tipo 3 requieren estudios más complejos y participación de diferentes sectores por lo que toma más tiempo el proceso de designación.
- Existen muchas áreas de ríos candidatos a designación que no cuentan con suficiente información que documente su valor natural y recreacional, lo que limita la capacidad de poder designarlo a mayor brevedad.
- El Programa cuenta con poco personal para la implantación de éste, lo que dificulta y alarga el proceso para la designación Tipo 2 y Tipo 3.

## Conclusiones y Recomendaciones

- De los 22 tramos de ríos que discurren por 5 áreas protegidas fueron designados, se espera que en el futuro otros tramos que cumplan con este tipo de designación puedan ser incluidos, a medida que vayan protegiendo áreas en la Isla.
- El desarrollo e implantación de este programa, permitirá al gobierno contar con una herramienta para la protección efectiva del recurso hídrico.
- Desarrollar proyectos de restauración de aquellos ríos cuyos atributos estén degradados, y que, dado su potencial y valor, ameritan ser devueltos a su condición natural, así como minimizar el impacto a los ríos de forma que se garantice su integridad ecológica permitirá mejorar la calidad de las aguas dulces superficiales de la isla.

## Indicador: Niveles de los Acuíferos del Sur

### Descripción del Indicador

Los acuíferos representan la fuente de agua más económica en Puerto Rico, ya que pueden producir agua de calidad potable en las mismas áreas de demanda con simplemente hincar un pozo, activar una bomba y clorinar. Sin embargo, la explotación de los recursos subterráneos de manera no sostenible, ha resultado en problemas de intrusión salina (movimiento de agua subterránea del mar hacia tierra adentro) a consecuencia de la reducción en el volumen de agua dulce almacenada en estos. Este indicador mide el nivel de agua en varios puntos de los acuíferos de Puerto Rico. Este valor permite estimar la tendencia del acuífero en respuesta al ritmo de extracción a la cual está sujeto y a las recargas de agua (infiltraciones de agua hacia el acuífero).

### Consideraciones Técnicas

Existen estaciones de niveles en 86 lugares alrededor de la Isla y 16 estaciones en tiempo presente ("*real time*"). La información está disponible a través de la página de Internet del Servicio Geológico Federal (USGS, por sus siglas en inglés). Esto permite obtener los datos históricos de las estaciones y presenta los datos para los últimos siete días de forma instantánea.

Cuando a fines de la década de 1990 se hizo patente el declive avanzado de los acuíferos a consecuencia de la reducción en el nivel de agua dulce en el subsuelo, se amplió la red de pozos de monitoreo en la zona sur de la isla para vigilar mejor el comportamiento de éstos. El USGS, en conjunto con las agencias del gobierno de Puerto Rico, mantiene al presente una red de monitoreo de los niveles de los acuíferos mediante lectura de 83 pozos distribuidos alrededor de la isla. El



público en general puede observar el nivel de los acuíferos accediendo a la página de internet <https://groundwaterwatch.usgs.gov/statemap.asp?sc=72&sa=PR>.

### Método de Análisis y Cobertura

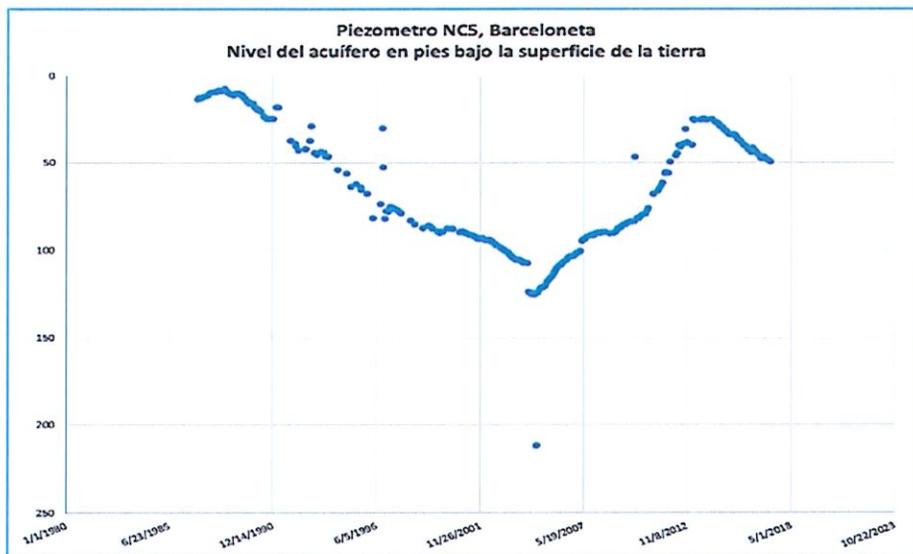
Existen 22 pozos en los que se obtiene la lectura de nivel de agua de forma instantánea. Los restantes 61 pozos se leen 4 veces al mes. Estos datos se presentan en referencia al nivel del mar. La data recopilada se almacena para formar parte de la serie histórica de datos de nivel de los pozos en referencia que puede ser obtenida en el enlace citado. La página web del USGS permite descargar la serie de datos en formato de tabla lo que facilita su análisis. A partir de la Declaración de Área Crítica de los Acuíferos del Sur en junio de 2016 se prepara un informe semanal sobre la condición de los acuíferos incluidos en la declaración (Ponce, Juana Díaz, Santa Isabel y Salinas). Esto informes permiten establecer, si es necesario, medidas más restrictivas para mejorar la calidad de las aguas subterráneas en estos municipios para evitar que ocurra una mayor penetración de las aguas de mar hacia el acuífero y sale las aguas dulces subterráneas.

### Análisis

- Acuífero de la Costa Norte:

Mediante la red de monitoreo de niveles de agua subterránea que opera el USGS, se pudo notar un descenso paulatino en el acuífero artesiano o inferior de la costa norte, especialmente en la zona de Barceloneta, a partir de la década de 1980. Este descenso se atribuyó a dos razones: las extracciones por parte de la industria farmacéutica y a roturas en las camisillas de varios pozos que extraían agua del acuífero inferior. Estas roturas en los pozos de extracción redundaron en filtraciones del acuífero inferior hacia el acuífero superior, o freático. Para fines del siglo pasado e inicio del presente siglo 21 se comenzaron a tomar medidas para corregir las roturas en varios de los pozos en la zona. Por esta razón, a partir del 2004 se comienza a observar una mejoría en los niveles de este acuífero. La mejoría observada se atribuyó a la reducción de extracciones debido al cierre de varias industrias en la zona y debido a la reparación de roturas significativas en las camisillas de varios pozos artesianos en la zona de Barceloneta – Arecibo. Esta tendencia positiva se mantuvo hasta mediados del 2014 cuando vuelve a manifestarse una tendencia negativa en los niveles del acuífero que se mantiene hasta el presente, según puede observarse en la Gráfica 7. Esta tendencia puede ser resultado de la reactivación de pozos para suplir agua potable en la zona a consecuencia de la sequía 2014-2016.

Gráfica 7: Nivel en el Piezómetro NC-5, Acuífero Interior de la Costa Norte



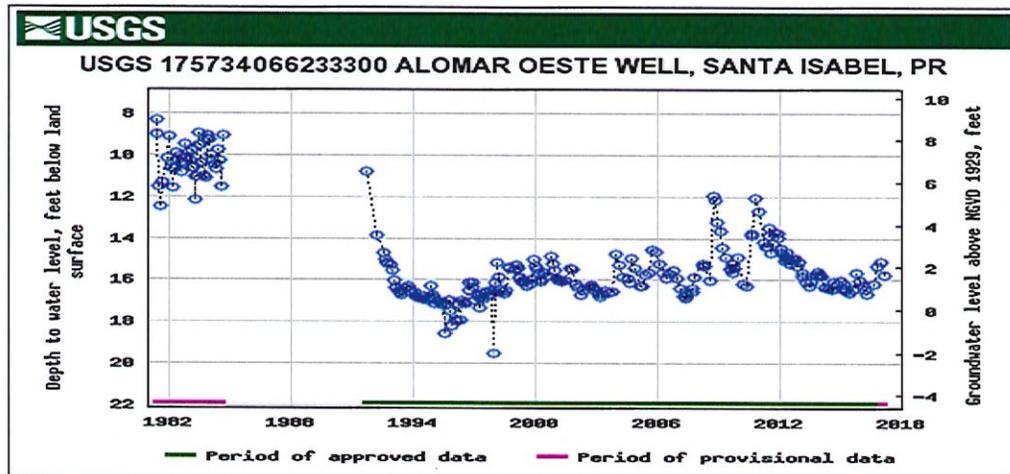


Algún grado de reducción en los niveles de los acuíferos es una consecuencia inevitable del proceso de desarrollar pozos de extracción. Sin embargo, existen herramientas de manejo que pueden maximizar el rendimiento de los acuíferos y evitar la extensión y las consecuencias de la reducción en los niveles potenciométricos de éstos. La explotación de los acuíferos debe ser igual o menor a la recarga de éstos para que la misma sea una sostenible.

- Acuíferos de la Costa Sur:

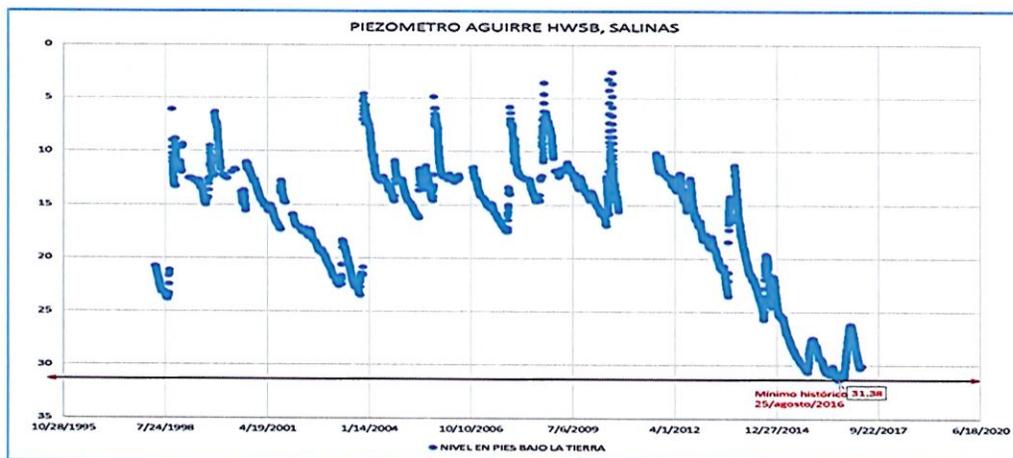
Los niveles en los acuíferos freáticos pueden subir significativamente (como efecto de la recarga de mucha lluvia) y bajar en años secos o por bombeo excesivo. Un ejemplo de las variaciones en los niveles del acuífero en el área de Santa Isabel y en el Salinas se presentan en las Gráficas 8 y 9 respectivamente, como resultado de la escasez de lluvia en el área, la eliminación del riego por inundación y como resultado de la explotación de los mismos.

Gráfica 8: Nivel en el Pozo Alomar 1, Acuífero de Santa Isabel



Fuente: Obtenido del portal del USGS, 27 de marzo de 2017

Gráfica 9: Nivel en el Piezómetro HW 5B, Acuífero de Salinas



Fuente: Obtenido del portal del USGS, 9 de abril de 2017



Históricamente los acuíferos en la Costa Sur recibían mucha recarga del agua entregada por los embalses Guayabal, Carite y Patillas, mediante la infiltración a través de los canales en tierra y la práctica de riego por inundación mediante el uso de surcos. Los cambios en riego a técnicas de poco uso de agua, el cambio en uso del agua de los embalses, de uso agrícola a uso doméstico, y la creciente utilización de pozos para abasto de agua potable han reducido la recarga y aumentado las extracciones, sustancialmente. El resultado ha sido una reducción en el nivel freático y un problema creciente de intrusión salina. Debido a la condición crítica en que se encuentran estos acuíferos, el DRNA los declaró en estado crítico en junio de 2016 mediante la Orden Administrativa OA-2016-18. Con esta declaración se mantiene la veda al hincado de pozos establecida desde finales de la década de los '90, se fomenta la sustitución de fuentes de abasto en los casos que sea posible así como el desarrollando de un proyecto de recarga artificial, entre otras cosas. El establecer como área crítica varios de los acuíferos del sur viabiliza la adopción de normas especiales para atender los problemas de sobre explotación, contaminación e intrusión salina que están ocurriendo en estos acuíferos. De no ser atendidos con premura estos asuntos y perpetuarse los problemas, éstos pueden provocar daños irreparables y permanentes a la fuente de agua principal y en algunos casos la única fuente de agua que tienen los municipios del sur. Estos acuíferos son de suma importancia pues son la fuente de agua potable, en algunos casos la única, para alrededor de 130,000 personas.

### Limitaciones del Indicador

El área de los acuíferos es muy amplia y no hay suficientes estaciones (pozos de monitoreo) para cubrirlos. Mantener una red de monitoreo robusta es costoso. La crisis fiscal que atraviesa el gobierno desde el 2016 ha tenido como resultado una reducción en la red de pozos de monitoreo de los acuíferos, tanto para nivel como para la red que mide la calidad de las aguas de los acuíferos. Esto coloca en precario la tenencia de datos confiables al momento de tomar decisiones con relación al manejo y administración de los recursos de agua subterránea del país.

### Benchmark

Un acuífero freático debe tener su nivel de agua por encima del nivel del mar para evitar la intrusión salina. Para lograr esto es necesario que la tasa de extracción sea menor que la tasa de recarga del acuífero. No obstante, en la costa puede ocurrir intrusión de agua salobre a un pozo cuando este provoca (por su ritmo de extracción) un abatimiento del agua por debajo del nivel del mar y, en ocasiones, por la profundidad a la que se está extrayendo el agua. Esto puede ocurrir aun cuando la extracción sea inferior a la recarga. Los niveles de agua óptimos podrían ser los niveles antes de desarrollo. Los niveles pobres pueden definirse como aquellos que se aproximan al nivel del mar. Niveles por debajo del nivel del mar, por lo general, provocan daño al acuífero.

### Conclusiones y Recomendaciones

Ampliar la red de estaciones de niveles de agua para que cubra una mayor área de los acuíferos del sur y mantener las estaciones de niveles vigentes para lograr obtener series de datos suficientemente largas que permitan un mejor análisis de éstos. Además, es necesario añadir a estas estaciones los aparatos necesarios para que midan la conductividad del agua de forma que se pueda detectar de inmediato la intrusión de agua salina en éstos. Para atender esta situación de sobre explotación, el DRNA debe mantener las restricciones a las extracciones existentes y no permitir extracciones adicionales que excedan la capacidad de recarga de los acuíferos.

Además, será necesario desarrollar e implantar proyectos que mejoren la salud de los acuíferos. El DRNA tiene programado iniciar un proyecto de recarga artificial en el municipio de Salinas en el 2017 y posteriormente otro en el municipio de Santa Isabel, los que ayudarán a aumentar los niveles freáticos y minimizar la intrusión salina en los acuíferos de la costa sur.



## Indicador: Nivel de Sedimentación de los Embalses

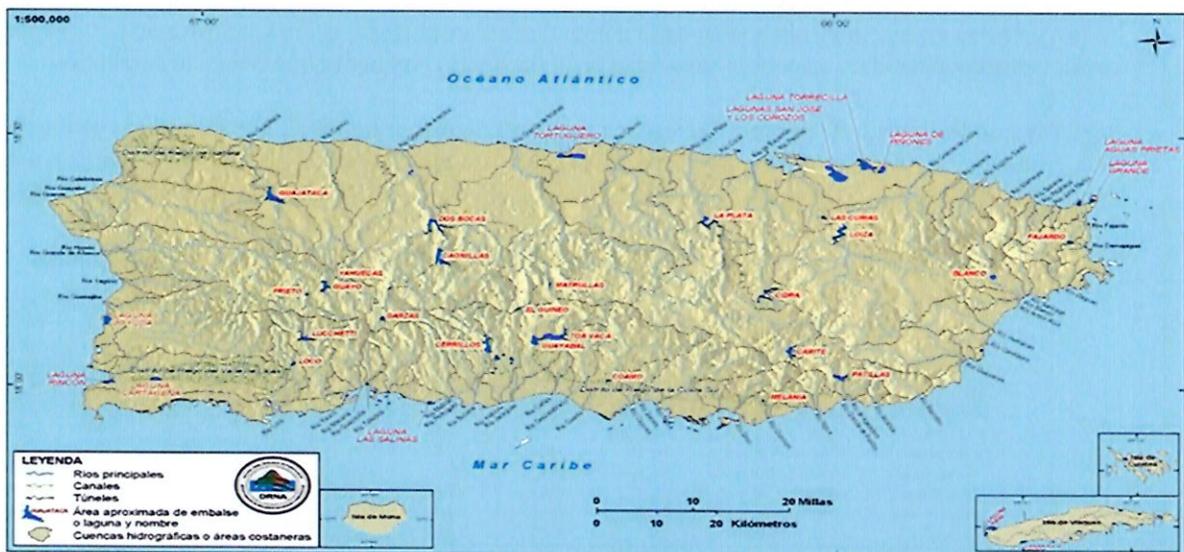
### Descripción del Indicador

Este indicador se utiliza para cuantificar problemas de sedimentación en los embalses y, por consiguiente, pérdida de capacidad de estos.

### Consideraciones Técnicas

La combinación de tipos de suelos, pendiente de los terrenos (terrenos empinados), eventos de lluvias fuertes y el uso del terreno, hacen que las tasas de erosión y sedimentación sean muy altas en Puerto Rico en comparación con otras partes del mundo. Los ríos transportan los sedimentos erosionados hacia los embalses donde la velocidad del flujo disminuye, se asientan y quedan atrapados. Los embalses representan trampas de sedimentos muy eficientes y como consecuencia, los embalses de la Isla están perdiendo su capacidad de almacenaje debido a este proceso. Sin embargo, existe mucha variación en las tasas de sedimentación de un embalse a otro. Excepto los embalses Fajardo y Blanco, todos los embalses mayores en Puerto Rico se han construido en la zona montañosa con el propósito de almacenar cantidades relativamente grandes de las escorrentías generadas por la abundante precipitación que ocurre en esta zona. En general, los embalses se han ubicado en cañones profundos con gargantas reducidas donde las represas requieren la menor inversión posible de fondos mientras almacenan la mayor cantidad de escorrentía en el menor espacio superficial posible. Esta característica de su diseño hace que los embalses sean profundos y sus orillas posean declives empinados. Otra característica que se ha tomado en cuenta es la estabilidad geológica de los lugares donde ubican, para garantizar su seguridad sísmica.

Mapa 1: Embalses y Lagunas en Puerto Rico



Fuente: PIRA - DRNA, 2016.

La sedimentación de los embalses es uno de los problemas más recurrentes y de gran relevancia a la hora de manejar los recursos de agua en Puerto Rico. La acumulación de sedimentos ha reducido la capacidad de almacenaje de agua en todos los embalses, alcanzando condiciones críticas en varios embalses importantes, incluyendo Loíza y Dos Bocas. La pérdida de capacidad de los embalses en la Isla se debe a varios factores, tanto naturales como antropogénicos. En todas las cuencas ocurre erosión de los suelos en menor o mayor grado, siendo estos sedimentos transportados hacia los cauces de las quebradas y los ríos. Sin embargo, estas tasas naturales de erosión y transporte de sedimentos aumentan o disminuyen en intensidad y en proporción a base de la cantidad e intensidad de la lluvia, las características de los suelos,



las pendientes de las cuencas y su cubierta forestal. Por el contrario, la deforestación y remoción de la corteza terrestre aceleran la erosión de los suelos y el transporte de sedimentos hacia los cuerpos de agua y eventualmente a los embalses. Un ejemplo de esto es la erosión natural de los suelos y la erosión inducida por actividades agrícolas y urbanas. Las actividades agrícolas y desarrollos urbanos aceleran la erosión de los suelos exponiéndolos a ser transportados hacia los ríos. Los estudios del USGS en la Isla demuestran que en cuencas menos desarrolladas, la tasa de generación de sedimentos es menor que en las desarrolladas.

Esto ha provocado que se revisen los diseños de las nuevas represas para evitar la acumulación excesiva de sedimentos. Los nuevos embalses Fajardo y Blanco incluyen diseños que reducen significativamente los problemas de sedimentación. Estos embalses se construyeron hondonadas naturales fuera del cauce del río que los abastece. Una toma en el río aguas arriba de la ubicación del embalse desvía el agua hacia la represa, la cual fluye por gravedad a través de una tubería soterrada. La capacidad hidráulica de la toma y su sistema de aducción es capaz de desviar los flujos bajos y moderados, con poca concentración de sedimentos, permitiendo que las crecidas con alta carga de sedimentos pasen aguas abajo de la toma sin entrar al embalse. De esta manera, se prolonga la vida media de estos embalses fuera de cauce hasta más de 1,000 años, en comparación con valores típicamente al orden de 100 años (o menos) para los embalses convencionales en Puerto Rico.

Por otro lado, las represas construidas en el cauce de los ríos para embalsar las aguas alteran todos los procesos hidrológicos y biológicos del río, afectando la vida acuática en el cauce así como en el estuario. De igual forma se altera y afecta la calidad del agua de la corriente superficial que empozan tras una represa.

La forma más precisa para medir sedimentación en los embalses es mediante estudios de batimetría. Se toman elevaciones del fondo del embalse para generar la topografía del fondo del mismo. De esta manera se determina el volumen disponible del embalse y se compara con el volumen de diseño del mismo. Con la información levantada de los estudios de batimetría se determina la capacidad existente del embalse y la tasa de pérdida de capacidad anual basada en una carga específica de sedimentos. La mayor parte de las veces, cuando abunda el agua en un embalse, abunda en todos, y no hay espacio para almacenar agua que pudiera transportarse de un embalse a otro. La variable apropiada para medir la disponibilidad de agua es la capacidad de almacenaje remanente que tienen los embalses.

Según se puede apreciar de la Tabla 6, entre los embalses de mayor tamaño y con problemas serios de sedimentación se encuentran las principales fuentes de abasto del AMSJ, los embalses Loíza y Dos Bocas. También están muy afectados cuatro de los embalses que suplen el Sistema de Riego del Valle de Lajas: Loco, Luchetti, Prieto y Yahuecas.

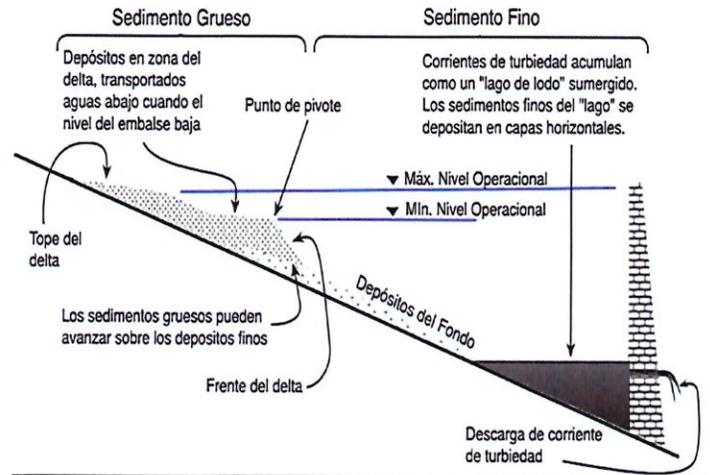
**Tabla 6: Condición de Sedimentación de Embalses Principales en Puerto Rico**

Nombre	Año Llenado	Dueño	Usos	Última Batimetría			Volumen año 2015			Pérdida de Volumen Anual, Mm <sup>3</sup> /año
				Volumen Total Original, Mm <sup>3</sup>	Volumen Total, Mm <sup>3</sup>	Año del Estudio de Campo	Volumen Original, Mm <sup>3</sup>	Volumen, %	Media Vida, años	
Blanco	2010	AAA	M	4.7	NA		4.7	99.8	1270	0.0019
Fajardo	2006	AAA	M, R	4.3	NA		4.3	99.6	1262	0.0017
Cerrillos	1991	DRNA	M, R	38	37.3	2008	36.9	97	420	0.05
La Plata	1974	AAA	M, R	49.2	31.3	2006	26.2	53	44	0.56
Toa Vaca	1972	AAA	M, R	68.9	64.1	2002	62	90	213	0.16
Guayo	1956	AEE	H, M, I, R	19.2	16.6	1997	15.4	80	150	0.06
Yahuecas	1956	AEE	H, M, I, R	1.8	0.3	1997	0	0	25	0.03
Prieto	1955	AEE	H, M, I, R	0.8	0.2	1997	0	0	30	0.01
Loíza	1953	AAA	M, R	26.8	16.4	2009	15.3	57	72	0.19
Luchetti	1952	AEE	H, M, I, R	20.4	11.9	2000	9.2	45	58	0.18
Loco	1951	ELA	H, M, I, R	2.4	0.9	2000	0.4	17	38	0.03
Caonillas	1948	AEE	H, M, R	55.7	39.55	2012	38.8	70	172	0.25
Cidra	1946	AAA	M, R	6.5	5.6	2007	5.5	84	219	0.01
Garzas	1943	AEE	H, R	5.8	5.1	2007	5	87	289	0.01
Dos Bocas	1942	AEE	H, M, R	37.5	16.74	2010	15.2	40	50	0.31
Matrullas	1934	AEE	H, R	3.7	3.1	2001	2.9	79	197	0.01
El Guineo	1931	AEE	H, R	2.3	1.9	2001	1.8	79	200	0.01
Guajataca	1928	AEE	I, M, R	48.5	42.3	1999	40.9	84	278	0.09
Patillas	1914	ELA	I, M, R	17.6	13.6	2007	13.2	75	202	0.04
Carite	1913	AEE	I, M, R	14	10.7	1999	10.1	73	187	0.04
Guayabal	1913	ELA	I, R	11.8	5.8	2006	5.2	44	92	0.06



El patrón típico de sedimentación en un embalse se presenta de forma esquemática en la Ilustración 4. Los sedimentos gruesos, arena y grava, se asientan rápidamente al entrar el embalse y se acumulan en la forma de un delta que gradualmente avanza hacia la represa. Los sedimentos más finos pueden ser transportados hacia zonas de mayor profundidad cercanas a la represa. En general, hay poca arena en los ríos de Puerto Rico por lo que los deltas en los embalses de Puerto Rico normalmente son muy pequeños. Esto se debe a que la roca predominante en el interior de la Isla es el basalto, una roca extrusiva (volcánica) con una estructura cristalina muy fina debido a su enfriamiento rápido. Por ende, carece de los cristales de sílice del tamaño de arena y no genera mucho sedimento en su proceso de meteorización. Además, desde 1950 ha habido mucha actividad de extracción de arena y grava de los cauces de los ríos por parte de la industria de construcción. Sin embargo, en la cuenca tributaria al embalse Dos Bocas hay áreas de granito, una roca intrusiva de enfriamiento lento, compuesto en 75% por sílice, lo cual genera mucha arena en su proceso de meteorización. Por tal razón, el embalse Dos Bocas cuenta con un delta arenoso que está acercándose a la represa (véase Gráfica 10).

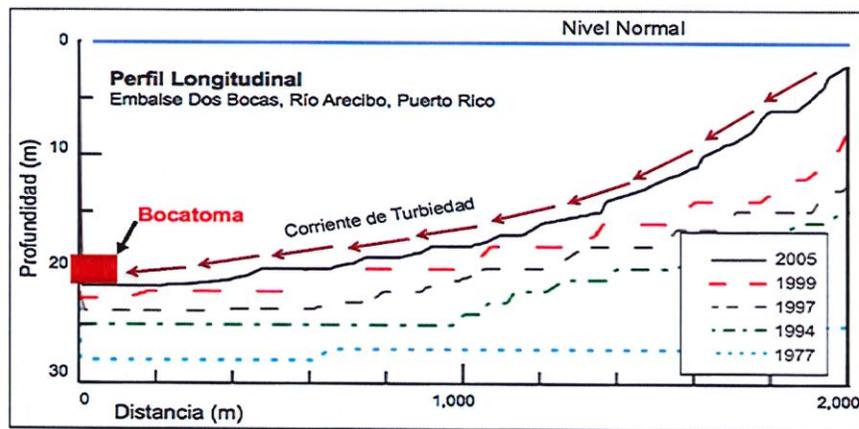
Ilustración 4: Patrón Típico de Sedimentación



Proceso de sedimentación típico dentro de un embalse donde se señalan la zona de sedimentos gruesos (áreas en la zona del delta) y la zona de depósitos de material fino aguas abajo del delta. Depósitos de corrientes de turbiedad no ocurren en todos los embalses. Fuente: PIRA – DRNA 2016

Los sedimentos son transportados principalmente durante las crecidas. Durante éstas, una fracción menor de los sedimentos finos pueden ser transportados aguas abajo del embalse, sin quedarse atrapados. En condiciones favorables, una parte significativa de los sedimentos finos se puede descargar como una corriente de turbiedad, según se muestra en la Gráfica 10.

Gráfica 10: Patrón de avance del delta hacia la Represa Dos Bocas y la descarga de sedimentos finos por las corrientes de turbiedad (Perfiles de informes del USGS)



Fuente: PIRA – DRNA 2016

Varios de los embalses pequeños que se han colmado por completo han sido objeto de procesos de limpieza con equipo mecánico, pero persisten los problemas de sedimentación. El pequeño embalse hidroeléctrico en río Icacos, ubicado en el Bosque Nacional El Yunque, se llenó totalmente de sedimentos generados por deslizamientos a consecuencia de las lluvias asociadas al paso de los huracanes David y Federico en el año 1979 y luego ha sido limpiado dos veces. Los

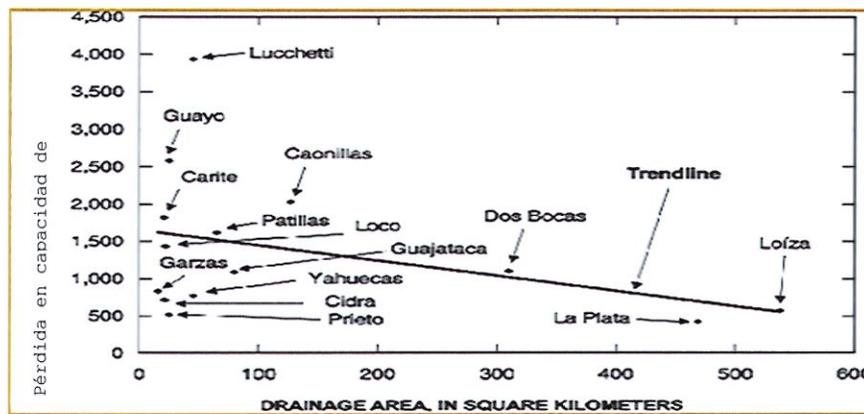


sedimentos de los embalses Yahuecas, Prieto e Icacos fueron removidos durante 1991-92 mediante un trabajo apoyado con fondos de FEMA a raíz del paso del huracán Hugo, re-estableciendo (temporalmente) la capacidad de almacenaje de éstos.

### Análisis

En el caso de los embalses, los datos del USGS demuestran que el problema no es falta de agua, sino de capacidad de almacenaje en los embalses existentes. Como ejemplo, la cuenca del río Grande de Loíza produce anualmente un promedio de 300,000 acres pies (un acre pie es equivalente a 325,000 galones). En el caso del Embalse La Plata la producción de la cuenca es un promedio de 190,000 acres-pies, mientras que la extracción en el embalse para la planta de filtración de La Plata es de menos del 40% de la producción o 78,000 acres-pies, mientras el balance fluye al mar. Lo mismo ocurre esencialmente en todos los embalses (excepto Toa Vaca en Villalba).

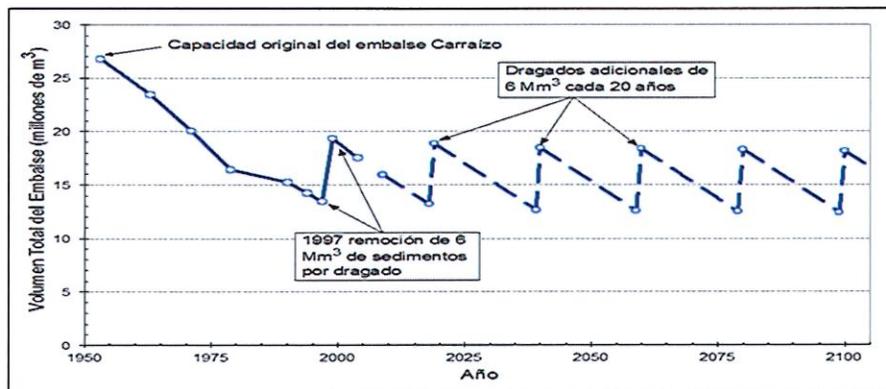
Gráfica 11: Pérdida de Capacidad de Almacenamiento para los Embalses en Puerto Rico



Fuente: G. Morris, 1998.

En la ilustración que sigue, se muestra el comportamiento histórico del volumen (capacidad) del embalse Loíza y los volúmenes de agua proyectados, tomando en consideración la tasa de sedimentación de Loíza y los futuros dragados que serían necesarios para recuperar parte del volumen de almacenaje de agua perdido por la sedimentación. Sin embargo, debido al almacenaje limitado del Embalse Loíza, se utilizan aproximadamente solo 120,000 acres pies en esa cuenca, fluyendo el balance hacia el mar.

Gráfica 12: Comportamiento Histórico del Volumen del Embalse Loíza



Fuente: PIRA - DRNA, 2016.



## Alternativas para el Manejo de la Sedimentación

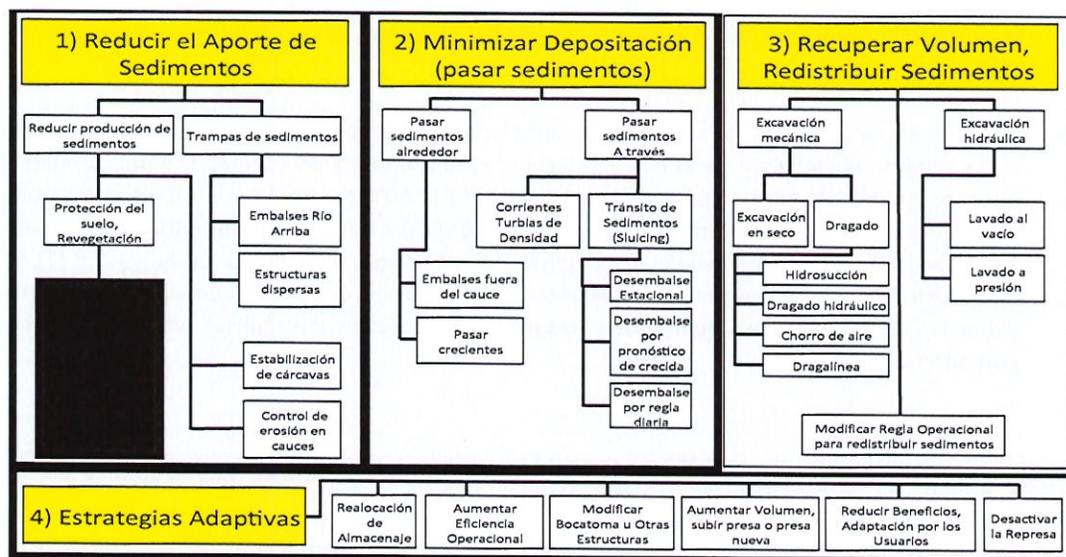
Hay muchas limitaciones para la construcción de embalses nuevos debido al costo elevado de construcción y la disponibilidad limitada de terrenos. Ante los costos económicos e impactos ambientales y sociales asociados con la construcción de embalses nuevos, junto con la infraestructura asociada (sistema de transmisión, planta de filtración, etc.), es esencial establecer técnicas que permitan combatir la sedimentación y mantener en servicio los embalses de mayor importancia del País.

Hay gran diversidad de técnicas para el manejo de la sedimentación en los embalses. La Ilustración 2 presenta un sistema de clasificación de estas alternativas. Las técnicas de manejo se pueden catalogar en cuatro estrategias básicas: (1) reducir el aporte de sedimentos hacia el embalse, (2) manejo hidráulico del embalse para minimizar el depósito de sedimentos, (3) remover los sedimentos una vez depositados, y (4) manejar las consecuencias de la pérdida de volumen sin manejar el proceso de sedimentación como tal. En un embalse se pueden utilizar más de una técnica en diferentes momentos según avance el proceso de sedimentación. No todas las técnicas son aptas para las condiciones de los embalses en Puerto Rico.

A continuación un resumen de estrategias para el manejo de sedimentos:

1. Reducir el aporte de sedimentos. Esto se puede lograr mediante trampas de sedimento, las que pueden ser tanto estructurales como no estructurales, dentro o fuera del río. Otra manera para reducir el aporte de sedimento es mediante controles de erosión.
2. Minimizar el asentamiento de sedimentos. Esta estrategia se fundamenta en el desvío de sedimentos. Esto se puede lograr mediante el desvío de corrientes de agua turbia o el desvío de crecidas, entre otras. Una estrategia para el desvío de sedimentos que se ha implantado en Puerto Rico es la construcción de embalses fuera del cauce.
3. Recuperar el volumen de almacenamiento y redistribuir los sedimentos. Una manera de lograr esto es mediante excavación, ya sea hidráulica o mecánica. Otra manera es mediante la redistribución de sedimentos. Esta última se puede lograr con modificaciones estructurales o subiendo el nivel operacional.
4. Estrategias adaptativas. Las estrategias de adaptación son aquellas que se dirigen a optimizar la utilización del recurso para así minimizar el impacto de la reducción en su volumen.

Ilustración 5: Alternativas para el Manejo de Sedimentos en Embalses (Morris, 2015)





## Limitaciones del Indicador

El volumen de sedimentos que se depositan en un embalse se puede calcular (de forma aproximada) a través de estaciones de muestreo de sedimentos. No hay estaciones de medición de sedimentos en las cuencas de los embalses que permitan conocer la cantidad de sedimentos que mueven los distintos tipos de eventos de lluvia en cada cuenca. Aunque se conoce que la condición natural de los cuerpos de agua superficial (suplen el 55% de los abastos de agua potable) arrastra muchos sedimentos, no se han implantado medidas eficientes para evitar que los sedimentos se depositen en los embalses. Además, los estudios de batimetría tienen altos costos, razón por la cual no se realizan con tanta frecuencia. Los estudios de batimetría más recientes (publicados en el 2016) son para el embalse La Plata y Luchetti, con datos del 2015 y 2014 respectivamente. Estos estudios pueden ser utilizados para comparar cambios en las tasas de sedimentación para estos embalses.

## Benchmark

- La pérdida anual de capacidad del embalse no debe superar el 0.2% de la capacidad original.
- Implantación de medidas para manejar los sedimentos así como estrategias de adaptación para optimizar el aprovechamiento del recurso.

## Conclusiones y Recomendaciones

Frente a los problemas de sedimentación, existen alternativas viables para mantener los abastos de agua. Las represas y embalses no son infraestructuras que van a funcionar siempre a la perfección. Por el contrario, estas requieren un buen manejo para adaptar su utilización a las condiciones nuevas, incluyendo la acumulación de sedimentos. A continuación se presenta un resumen de las recomendaciones para los embalses con mayor prioridad de acción en Puerto Rico.

- Loíza. En el caso del embalse Loíza, se debe implantar el sistema de tránsito de sedimentos. Este es el sistema más costo-efectivo y rápido de implantar. El dragado no se recomienda como alternativa principal para el manejo de sedimentos en Loíza debido a su costo y a las limitaciones en las áreas de depósito de sedimentos. La pérdida de capacidad en Loíza, con la reducción en su rendimiento seguro se puede compensar mediante un cambio operacional hacia la utilización conjunta del embalse con fuentes de agua subterránea. La AAA tomó las medidas necesarias para adaptar la operación de la presa Carraízo en el embalse Loíza – Sergio Cuevas a partir de la sequía de 2015 y ha mantenido la extracción de agua en el embalse dentro del rendimiento seguro de éste. La activación de pozos y otras medidas operacionales le han permitido optimizar el uso del agua del embalse manteniendo un servicio satisfactorio a la población que se sirve de la planta de filtración Sergio Cuevas. Este “benchmark” se cumplió para el embalse Loíza.
- SACN. El Superacueducto se suple de los embalses Dos Bocas, Caonillas y cuatro presas pequeñas que desvían agua de la zona de la cabecera de la cuenca hacia el embalse Caonillas (el embalse que provee la mayor proporción de almacenaje del sistema). Dos Bocas ya ha perdido el 60% de su volumen y los cuatro pequeños embalses en la cabecera de la cuenca (Adjuntas, Pellejas, Viví y Jordán) están completamente sedimentados y no pueden desviar agua hacia Caonillas, según su diseño original. En este sistema las dos prioridades son (1) desarrollo de estrategias de manejo de sedimentos para Dos Bocas y (2) modificar las estructuras de las cuatro represas en la cabecera para evitar la acumulación de sedimentos y desarrollar las medidas hidráulicas para facilitar el desvío de agua hacia el embalse Caonillas.

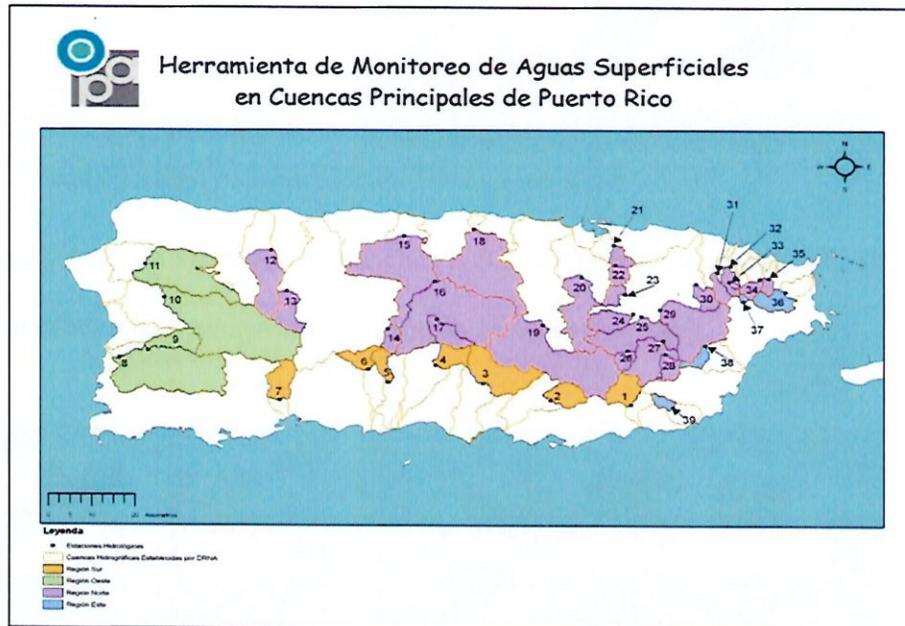


**Indicador: Tendencia a Sequía en Cuencas**

**Descripción del Indicador**

Este indicador, que es el resultado de una herramienta de monitoreo, mide el caudal de agua en los cauces de ríos de Puerto Rico y con esta información determina la condición de humedad o sequía de un cuerpo de agua. La Herramienta de Monitoreo de Aguas Superficiales utiliza 37 estaciones de aforo del Servicio Geológico Federal que tienen más de 20 años de datos, que ubican aguas arriba de los embalses y lejos de la influencia de tomas de extracción de agua de caudal significativo (Ver Mapa 2). Se utilizan los datos históricos del caudal diario para calcular el valor promedio para una fecha de interés. Se determina el valor percentil al que corresponde el valor promedio calculado y se compara con el valor de percentil establecidos por el Monitor de Sequía (“Drought Monitor”) para determinar la categoría hidrológica en la que se encuentran las cuencas evaluadas, de acuerdo a las categorías de sequía establecidas por el Monitor de Sequía: atípica, moderada, severa, extrema y excepcional, y dos categorías que se añaden: normal y húmedo. Se evalúan para los siguientes periodos: 1 mes, 3 meses, 6 meses, 9 meses y 12 meses. La falta de fondos para el mantenimiento de las estaciones de aforo compromete la eficacia y funcionamiento de la herramienta. Dos estaciones de aforo han sido eliminadas: la 250048770 en el río Piedras (número 22) y la 50063440 quebrada Sonadora (número 33).

**Mapa 2: Estaciones de Aforo y Cuencas Asociadas**

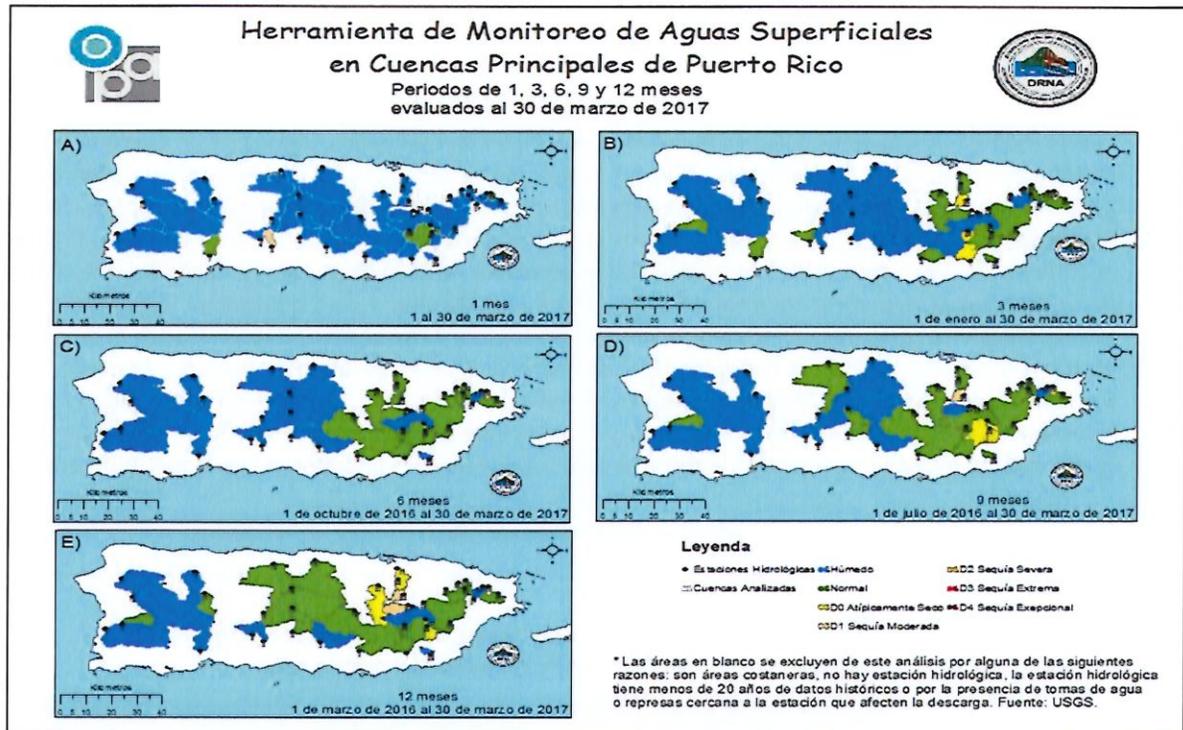


Fuente: Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, 2015.

En la Ilustración de Mapas 3 se observan los resultados de las categorías hidrológicas para las cuencas principales para todos los periodos de 1, 3, 6, 9 y 12 meses. Los resultados obtenidos se comparan con la sequía del 1994. En los diferentes periodos se aprecia que las áreas de la isla que están afectados por sequía son pocas. A corto plazo, 1 mes, casi toda la isla se mantiene con condiciones húmedas o normales (Mapa 3 A). La única cuenca bajo condición de sequía moderada es el río Matilde en Ponce. A mediano plazo, la mitad este se mantiene bajo condiciones normales y la mitad oeste bajo condiciones húmedas (Mapa 3 C). A largo plazo, los ríos Bayamón, Piedras, Cañas, Caguaitas y Humacao, presentan algún tipo de condición de sequía, ya sea atípica o moderada. Esto puede ser resultado del déficit de lluvia de sobre 20 pulgadas que esa zona experimentó entre el 2015-2016; por lo que se infiere, que no se han recuperado por completo de la sequía pasada. Los otros ríos al este se recuperaron de la sequía pasada y ya se encuentran entre condición húmeda y normal, un panorama muy diferente a lo observado durante el año de 1994 (Mapa 4).

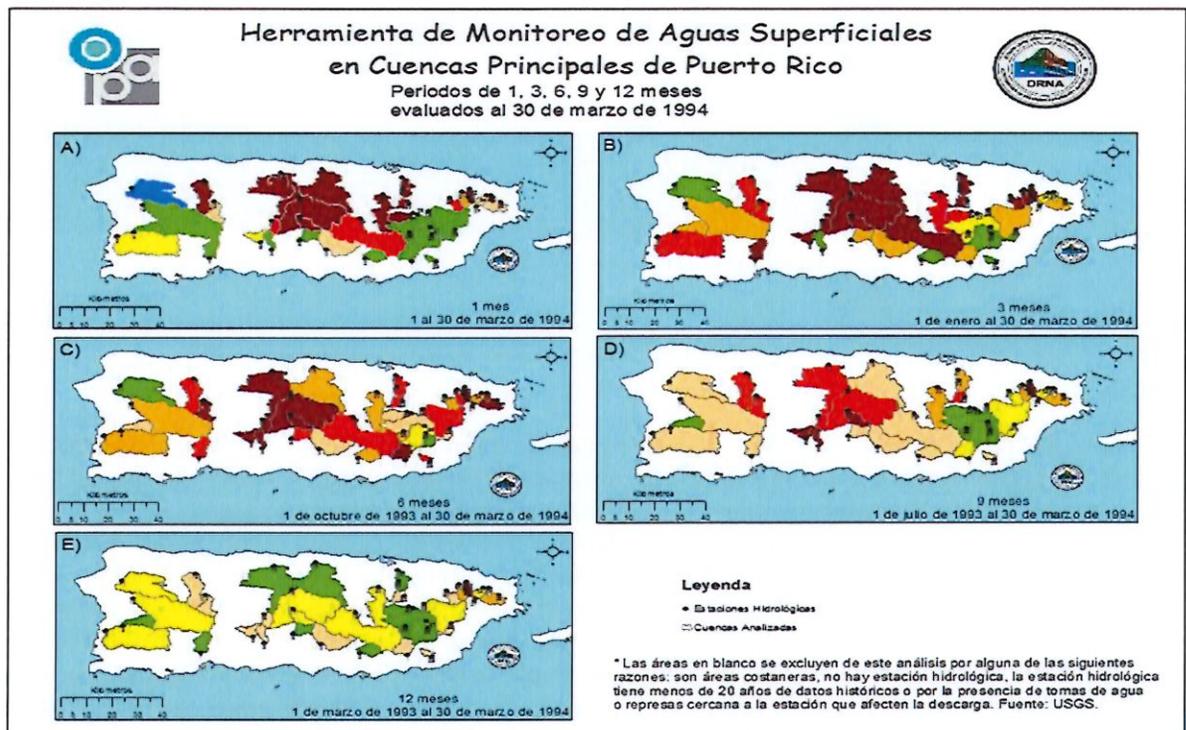


Mapa 3: Resultados de la herramienta para los periodos de 1, 3, 6, 9 y 12 meses evaluado para marzo de 2017

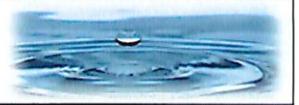


Fuente: Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, 2017

Mapa 4: Resultados de la Herramienta para los Periodos de 1, 3, 6, 9 y 12 Meses Evaluado para Marzo de 1994



Fuente: Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, 2017



La Ilustración de Mapas 4 presenta como se afectaron los ríos de Puerto Rico con la sequía del 1994. A la fecha de octubre de 1994, muchos ríos del norte de Puerto Rico se habían afectado. A largo plazo, (Mapa 4, E) a la fecha del 30 de marzo de 1994 eran pocos, es decir que la sequía era de intensidad baja, ya que muchos de los ríos lo que presentaban eran condiciones atípicas o moderadas.

### Limitaciones del Indicador

- Muchas estaciones del Servicio Geológico Federal no cumplen con los 20 años de récord necesarios para un análisis confiable.
- Las estaciones ubicadas aguas abajo de embalses o cerca de la influencia de tomas de extracción significativa de agua fueron excluidas del análisis, ya que el caudal que reportan no es reflejo de las condiciones de la cuenca en su forma más natural.
- Existen muchas áreas en las diferentes regiones de la isla que no cuentan con estaciones hidrológicas, lo que limita la capacidad que tiene la herramienta para conocer las variaciones de las condiciones hidrológicas a través de toda la isla.
- El análisis fue realizado utilizando la base de datos disponibles en formato electrónico de la página del USGS (<http://pr.water.usgs.gov/>). Los últimos años de datos registrados están sujetos a aprobación, lo que puede proporcionar un por ciento de error adicional al análisis.
- La falta de fondos para mantener en operación las estaciones hidrológicas puede comprometer la funcionalidad y aplicabilidad de la herramienta.
- La herramienta se aplica manualmente, bajando los datos por cada una de las estaciones y trabajando las hojas de cálculo por cuenca individual. Completar la corrida de los mapas puede demorar de 1-1.5 días.

### Conclusiones y Recomendaciones

- De las 88 estaciones de medición de flujo que actualmente opera el USGS, solo se pudieron utilizar 37. Se espera que en el futuro otras estaciones puedan ser incluidas, a medida que vayan cumpliendo la cantidad mínima de años de datos. Sin embargo, la falta de fondos puede resultar en la eliminación de estaciones. Se recomienda mantener el acuerdo interagencial que permite mantener en operación las estaciones de aforo al presente y aumentar el número de estaciones para cubrir cuencas de las que no hay datos de flujo al presente.
- Gracias al desarrollo e implantación de esta herramienta, se puede entender la dinámica de las condiciones hidrológicas como respuesta a la sequía para una cuenca en particular. Sin embargo, llenar los vacíos que actualmente existen en el análisis, debido a la falta de representación de algunas cuencas, proveerán de mayor información para una mejor toma de decisiones en cuanto al manejo de los recursos hídricos del País.
- Se recomienda realizar este análisis al menos cada 3 meses. Los resultados permiten establecer si existe un déficit en el caudal en las cuencas evaluadas a corto, mediano y largo plazo.
- La aplicación de esta herramienta consume mucho tiempo, por lo que se recomienda realizar la programación necesaria para que se pueda aplicar de forma automática.



## ASUNTO: DEMANDA Y USO DE AGUA

### Indicador: Millas de Playas Aptas para Actividades Recreativas de Contacto Directo

#### Descripción del Indicador

Este indicador aplica de forma directa a las zonas de bañistas (playas) y áreas costeras cuya calidad de agua permite actividades de contacto directo (cualquier actividad recreacional incluyendo natación u otros usos que requiera un contacto prolongado y directo del cuerpo humano con el agua). La importancia estriba en que el resultado mostrado por este indicador sea la herramienta para poder establecer estrategias y controles más estrictos para proteger el recurso y la salud pública.

#### Consideraciones Técnicas

El litoral costero de Puerto Rico, comprende un total de 546.63 millas, incluyendo las islas de Vieques, Culebra y Mona. Actualmente, un total de 419.01 millas son monitoreadas cada dos meses mediante la Red de Monitoria de Aguas Costaneras (RMAC), que incluye un total de 104 estaciones.

Las estaciones incluidas en la RMAC fueron redistribuidas de acuerdo a la segmentación del litoral costero que se comenzó a utilizar en el año 2010. La segmentación consiste de 64 unidades de evaluación (segmentos). Con esta segmentación, se determinó remover tres (3) segmentos en el área que comprende La Laguna del Condado e incluirlos como parte del Estuario de la Bahía de San Juan. Estos segmentos, aunque son evaluados como estuarios no están incluidos en el total de millas del litoral costero.

La evaluación de la calidad de las aguas costeras en Puerto Rico se determina tomando en consideración cinco (5) categorías de logros establecidas en las Guías para el Informe Integrado 305(b)/303(d) de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés). Las categorías utilizadas son las siguientes:

**Categoría 1:** Aguas que logran el estándar de calidad de agua. Estos segmentos incluyen aquellos cuerpos de agua donde el monitoreo y otros datos técnicos indican que no hay usos impactados.

**Categoría 2:** Aguas que logran algún uso designado pero no hay datos disponibles para hacer una determinación de logro para el resto de los usos. Monitoreo adicional será implementado para documentar la evaluación del resto de los usos.

**Categoría 3:** Aguas con información insuficiente para determinar si algunos de los usos designados son logrados. Estos segmentos son registrados como no evaluados.

**Categoría 4:** Aguas en las cuales los usos designados están impactados o amenazados, pero se espera que estos logren los estándares de calidad de agua para los próximos dos (2) años si se implementan las correspondientes medidas de control.

**Categoría 5:** Aguas en las cuales los estándares de calidad de aguas no son logrados. Estos segmentos de aguas han sido listados como aguas impactadas en la Lista 303(d), y el mecanismo de Carga Total Máxima Permitida (TMDL, por sus siglas en inglés) debe ser desarrollado.

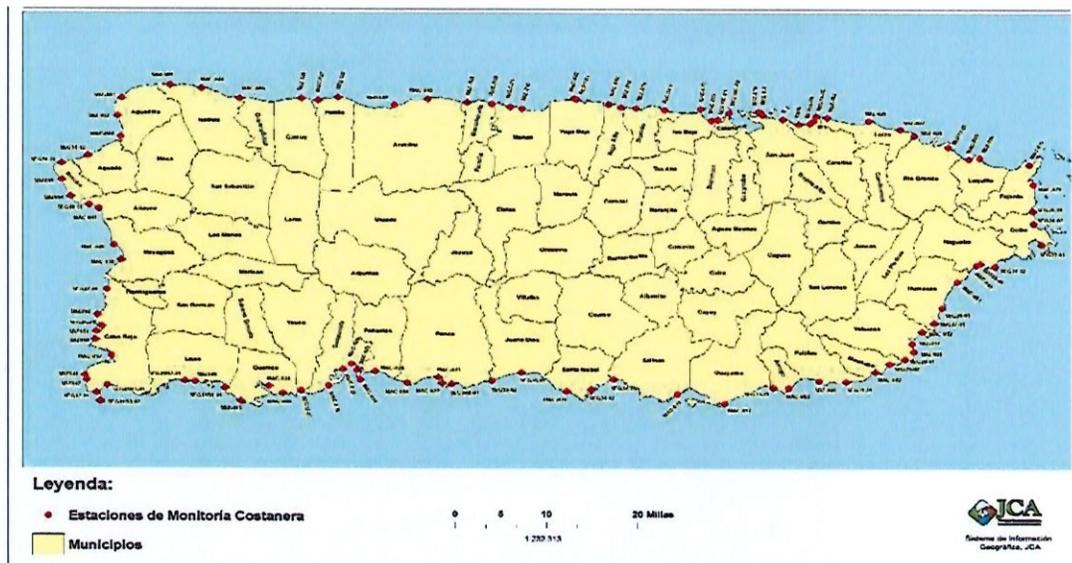
Las actividades de monitoria de la JCA incluyen muestreos rutinarios de calidad de agua de varias redes, estudios especiales y estudios sinópticos realizados en cuerpos de agua de interés. La JCA posee dos (2) redes permanentes de monitoreo que proveen datos de calidad de agua de parámetros físicos, químicos y biológicos.



1. **Red de Monitoria de Aguas Costaneras (RMAC):** esta red incluye 104 estaciones de monitoria ubicadas alrededor de las costas de Puerto Rico (ver Mapa 5) cuya frecuencia de monitoreo es cada dos (2) meses. Los parámetros monitoreados son los siguientes:

Coliformes Fecales	Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) como N
Enterococos	Aceite y Grasa
pH	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) + Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) como N
Temperatura	Oxígeno Disuelto (OD)
Turbidez	Salinidad

Mapa 5: Red de Aguas Costaneras, JCA



2. **El Programa de Monitoria de Playas y Notificación Pública (Programa de Playas)** fue creado por la "Beaches Environmental Assessment and Coastal Health Act of 2000", por la preocupación del gobierno federal por las enfermedades que padecían los bañistas por nadar en playas contaminadas. En el Programa de Playas la JCA monitorea 35 playas clasificadas como zonas de bañistas según el Inventario de Áreas de Bañistas del Departamento de Recursos Naturales del 2007. Este contiene y describe las áreas aptas para bañistas y que son clasificadas como playas públicas por el Reglamento Número 4 de la Junta de Planificación de Puerto Rico. En cada playa se realiza un muestreo bisemanal para el parámetro bacteriológico de enterococos. En octubre de 2015 se implantó el "Beach Action Value" de 70 col/100 mL como un límite de cumplimiento para Enterococos en las 35 playas incluidas en el Programa de Playas.

Si el resultado del muestreo en una playa excede el "Beach Action Value" se cataloga como no apta para bañistas. **Amarillo** es el color designado para las playas que **no cumplen** con límite establecido. La JCA continúa realizando muestreos en la playa semanalmente y una vez la playa refleje cumplimiento se cataloga que la playa está bajo Bandera Verde. El color **verde** refleja que la calidad del agua de la playa es óptima para el uso de recreación de contacto primario.

Como parte de la notificación pública del Programa de Playas, la JCA postea un Mapa (Mapa 6), con los colores de las banderas en la localización de cada playa, en la página cibernética de la JCA: [www.jca.pr.gov](http://www.jca.pr.gov). Se incluye en la página cibernética; una tabla de las playas del programa con las estaciones de muestreo (Tabla 7), los resultados



bacteriológicos, los comunicados de prensa, información descriptiva del Programa de Playas y los contactos del programa, entre otros. La JCA postea las notificaciones ambientales de las playas en la red social Twitter.

Hay playas adicionales a las incluidas en el Programa de Playas en las que la JCA analiza muestras mediante acuerdos colaborativos con los administradores, quienes toman las muestras. Estas son: Balneario de Sun Bay en Vieques, Playa Flamenco en Culebra y Playa Pelicano en la Reserva Natural Caja de Muertos. Estas playas se incluyen en la notificación pública del programa.

Los resultados de los muestreos de la RMAC y del Programa de Playas se utilizan para la evaluación del litoral costero en el Reporte Integrado requerido bajo la sección 305(b) y 303(d) de la Ley de Agua Limpia.

Mapa 6: Mapa del Programa de Monitoria de Playas, Website de la JCA

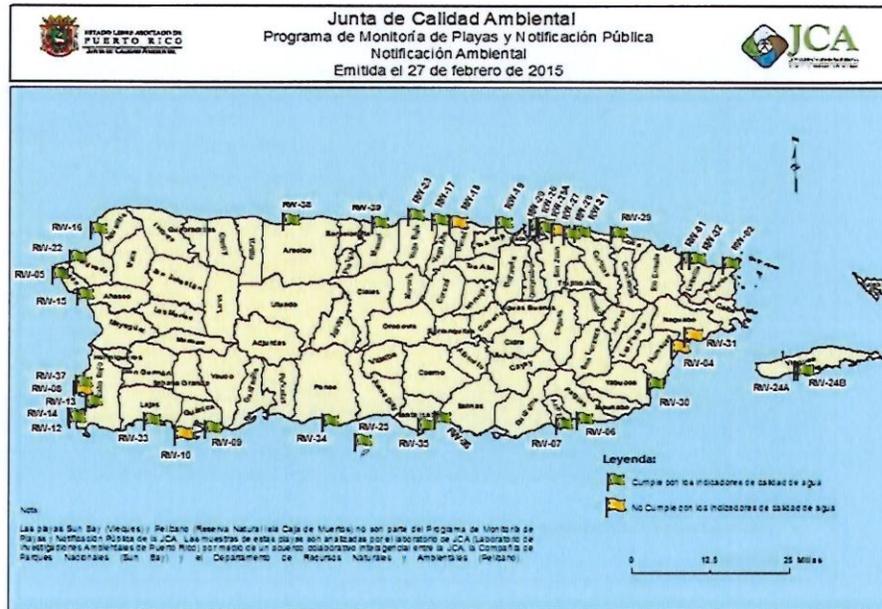


Tabla 7: Playas del PMPNP y estaciones de monitoria, Website de la JCA

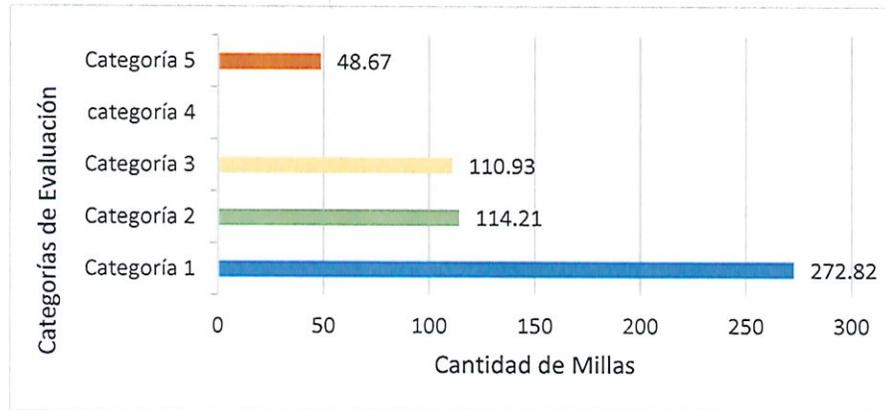
Identificaciones de las Playas	
RW-1 Balneario de Luquillo	RW-22 Balneario de Aguada
RW-2 Balneario Seven Seas, Fajardo	RW-23 Balneario Puerto Nuevo, Vega Baja
RW-4 Balneario Punta Santiago, Humacao	RW-24A Balneario Sun Bay, Vieques
RW-5 Balneario de Rincón	RW-24B Balneario Sun Bay, Vieques
RW-6 Balneario de Patillas	RW-25 Playa Pelicano, Caja de Muertos
RW-7 Balneario Punta Guilarte, Arroyo	RW-25A Playa Sixto Escobar, San Juan
RW-8 Playa Buyé, Cabo Rojo	RW-26 Playita del Condado, San Juan
RW-9 Balneario Caña Gorda, Guánica	RW-27 Playa Ocean Park, San Juan
RW-10 Playa Santa, Guánica	RW-28 Playa el Alambique, Carolina
RW-12 Playa Combate, Cabo Rojo	RW-29 Playa Vacía Talega, Loiza
RW-13 Balneario Boquerón, Cabo Rojo	RW-30 Playa Guayanés, Yabucoa
RW-14 Playa Mojacasabe, Cabo Rojo	RW-31 Tropical Beach, Naguabo
RW-15 Balneario de Añasco	RW-32 Playa Azul, Luquillo
RW-16 Playa Crash Boat, Aguadilla	RW-33 Playita Rosada, Lajas
RW-17 Balneario Cerro Gordo, Vega Alta	RW-34 Playa del Hilton, Ponce
RW-18 Balneario Sardinera, Dorado	RW-36 Balneario de Salinas
RW-19 Balneario Punta Salinas, Toa Baja	RW-37 Playa Villa Lamela, Cabo Rojo
RW-20 Balneario El Escambrón, San Juan	RW-38 Playa Muelle de Arecibo
RW-21C Balneario de Carolina	RW-39 Playa Mar Chiquita, Manatí



## Método de Análisis y Cobertura

En segmentos del Litoral Costero con estaciones de muestreo las aguas costeras fueron evaluadas para el uso de recreación de contacto directo (recreación de contacto primario). Para este indicador, los parámetros considerados son coliformes fecales y enterococos. Los resultados obtenidos para cada una de las estaciones de monitoria son comparados con el estándar de calidad de agua establecido en el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua. La siguiente gráfica presenta la evaluación de calidad de agua para el uso de recreación primaria del litoral costero para el ciclo de evaluación 2014. Este ciclo comprende dos años de datos evaluados. El próximo ciclo de evaluación será el 2016.

Gráfica 13: Evaluación Uso Recreación Primaria, Año 2014



De las 546.63 millas del litoral costero 110.93 son millas no monitoreadas y 419.01 son millas monitoreadas. Del total de millas monitoreadas para el ciclo de evaluación del año 2014, 48.67 millas no cumple con los estándares establecidos para Recreación Primaria (estándar de enterococos y coliformes fecales).

Durante el año 2015 se comenzó a usar el método de enterolert para el análisis de las muestras en el Programa de Playas. Con el método de análisis de membrana se obtenían resultados en 48 horas, mientras que con enterolert se obtienen en 24 horas. Esto es significativo ya que la divulgación de la calidad de agua en las playas se hace a más tardar los jueves en la mañana y la información puede ser recibida antes del fin de semana y los bañistas pueden hacer planes evitando ir a playas con avisos de contaminación.

El Programa de Playas es una herramienta que utilizan muchos bañistas antes de visitar una playa. La promoción del programa es calificada como favorable, lo que ha sido verificado en encuestas realizadas en las playas durante el verano de 2015; entre julio y agosto de 2015. La JCA llevó a cabo el estudio para evaluar la eficacia de la notificación pública y la percepción pública. Se encuestó a un total de 704 personas. El 76 % de los encuestados señaló que conocen el Programa de Playas. Esto es importante porque la ciudadanía está receptiva con la información divulgada por la JCA sobre de calidad de agua en las playas.

## Limitaciones del Indicador

Como factores limitantes se pueden mencionar los siguientes:

- La RMAC se hace solo cada dos meses por la falta de recursos económicos y personal.
- Se utiliza un método de análisis donde se realizan duplicados, a un 10% de las muestras, para atender el problema de falsos positivos y falsos negativos en los resultados.
- Actualmente el número de las Zonas Especiales de Bañistas es mayor de las que se pueden monitorear.



- El Programa de Playas, reporta resultados para 35 playas públicas, por la cantidad de fondos asignados no se ha expandido.
- Visitantes de playas han solicitado información de calidad de agua de playas no incluidas en el Programa de playas.
- El Programa de Playas utiliza obtener los resultados en 24 horas, no obstante hay métodos nuevos que los resultados se obtienen más rápido.

## Conclusiones y Recomendaciones

La **RMAC** ha sido un mecanismo utilizado para evaluar los usos designados establecidos en el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua. La RMAC fue establecida tomando en consideración las zonas que mayor uso les daban los ciudadanos a las playas y otras del litoral costanero. Con el tiempo las necesidades y usos dado a nuestras costas han cambiado debido al aumento poblacional lo que incrementa la demanda de los recursos marinos ya sea para para usos comerciales y/o turísticos, debido las estaciones de la RMAC fueron relocalizadas. La actual evaluación de la RMAC y la relocalización de las estaciones permitieron que la mayoría de los segmentos en el litoral costero de PR tengan al menos una estación de monitoria, lo cual nos ayuda a realizar una evaluación más completa de la calidad del agua. El propósito es actualizar las estrategias para la protección y conservación de nuestras costas y así mantener la protección y calidad necesaria para el disfrute de presentes y futuras generaciones.

El Programa de Playas es un mecanismo para la protección de la salud de los bañistas. El programa es conocido por la ciudadanía y sirve de guía para conocer la calidad de agua en nuestras playas.



## ASUNTO: CALIDAD DE AIRE

### Indicador: Índice de Calidad de Aire

#### Descripción del Indicador

El Índice de Calidad del Aire es un indicador diseñado para informar a la población sobre el estado de la calidad del aire, muestra que tan contaminado se encuentra el aire y cuáles podrían ser los efectos en la salud. Este se calcula para entender de una manera fácil y rápida como se puede afectar la salud por la calidad del aire. Con esta información podemos conocer los efectos nocivos de los diferentes contaminantes atmosféricos y como protegerse.



El Índice de Calidad de Aire utiliza los números del 0 al 500, y esta estandarizado para todos los contaminantes. Un valor índice de 100 representa un nivel satisfactorio de protección de salud asociado con la norma para cada contaminante y un valor índice mayor de 100 representa un daño significativo. Para facilitar el uso de este sistema, se asocia con colores y frases que se dividen en seis niveles, estos son: bueno, moderado, insalubre para grupo sensitivo, insalubre, muy insalubre y peligroso.

<b>VERDE</b> 0-50 Bueno	<b>AMARILLO</b> 51-100 Moderado	<b>ANARANJADO</b> 101-150 Insalubre para Grupo Sensitivo	<b>ROJO</b> 151-200 Insalubre	<b>MORADO</b> 201-300 Muy Insalubre	<b>MARRÓN</b> 300 o más Peligroso
-------------------------------	---------------------------------------	---	-------------------------------------	---	---

De acuerdo al nivel y al color asociado se indica qué tan saludable está el aire para ese día y periodo del cual se reporta. Los colores son verde, amarillo, anaranjado, rojo, morado y marrón; en un orden de incremento en la contaminación lo que indica que 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 recuadro.

#### Consideraciones Técnicas

Diariamente los monitores de calidad de aire recogen muestras del contaminante PM para convertirlo en un valor índice utilizando una formula estándar que la EPA desarrolló. El valor índice más alto de los monitores de un mismo contaminante localizados en la misma área es el informado como valor del día. Esta información y el estado de la calidad del aire es publicada de forma continua a la ciudadanía a través de la página electrónica de la JCA y de AirNow de la EPA con el objetivo principal de proteger la salud de los habitantes de Puerto Rico.

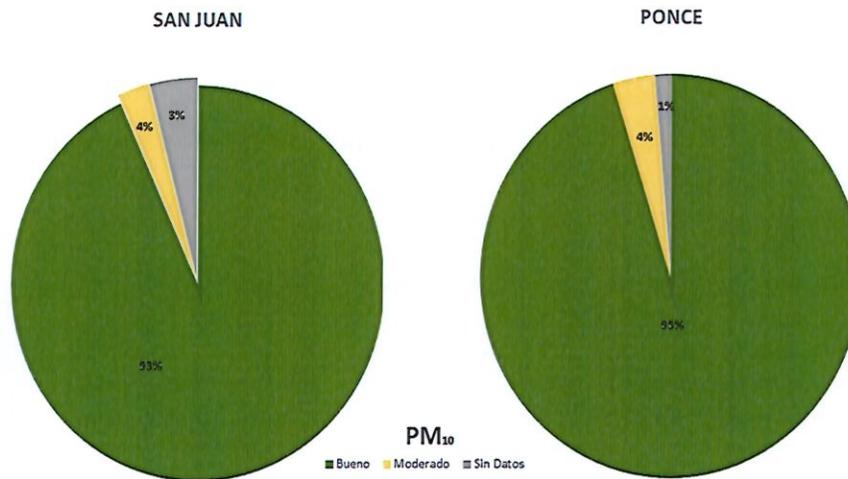


### Método de Análisis y Cobertura

El Índice de Calidad de Aire (AQI) debe incluir la zona, periodo, contaminante y el valor índice. Cuando el valor índice es mayor de 100, es muy importante ofrecer información del estado crítico en el cual se encuentra el ambiente en ese momento.

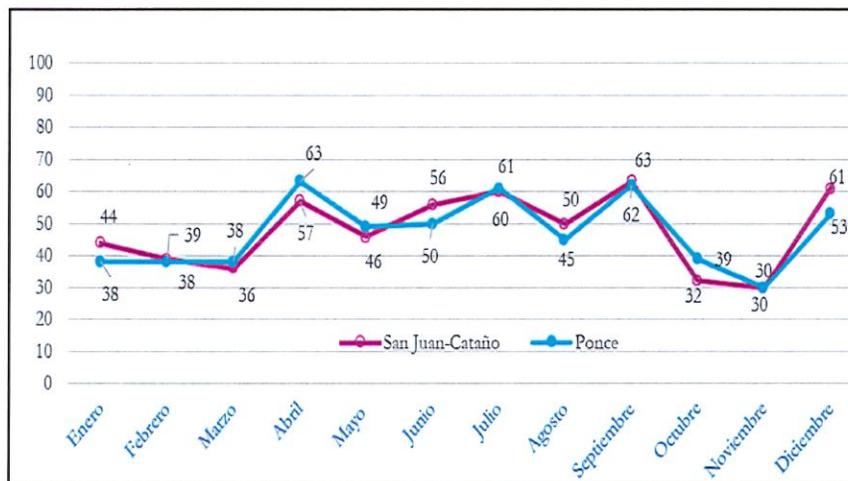
Si se observa el gráfico en el recuadro, el AQI para PM<sub>10</sub> del área de San Juan-Cataño de los días que la JCA reportó AQI, un 93% fueron de categoría buena y un 4% de categoría moderada. Mientras en el área de Ponce, un 95% fueron de categoría buena y un 4% de categoría moderada. Es importante señalar que en ambas áreas durante el 2016 los equipos presentaron problemas técnicos para reportar el AQI.

**Gráfica 14: Por ciento de Días Reportados por Escala de Calidad de Aire por Área de Puerto Rico, 2016**



En la gráfica a continuación se puede observar que durante el 2016 el Índice de Calidad de Aire (AQI) para PM<sub>10</sub> se mantuvo más o menos similar, con un leve aumento en los meses más calientes en PR (abril a octubre) donde se reportó AQI para PM<sub>10</sub>. Esto se debió al evento natural de Polvo del Sahara sobre Puerto Rico que la calidad del aire en Puerto Rico se afecta pero sin exceder las normas nacionales de calidad de aire.

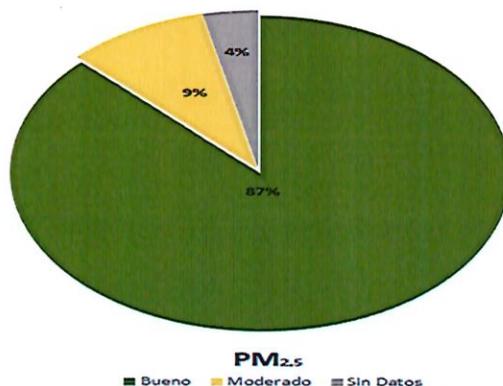
**Gráfica 15: Distribución Valores Máximos, Índice de Calidad de Aire por Área, 2016**





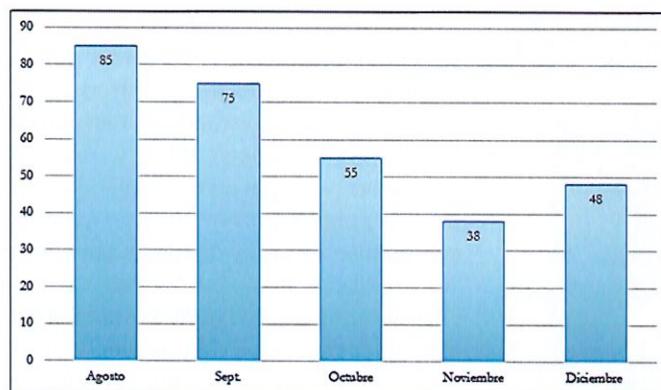
En junio de 2016 en el área de San Juan-Cataño se añadió equipo de muestreo para analizar las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> de manera continua. Uno de los propósitos de este equipo es reportar la calidad del aire para el contaminante a través de índice (AQI). El gráfico contiguo presenta los valores índices, donde un 87% de los días que se reportó el AQI fueron de calidad buena, un 9% moderado y un 4% no se reportó. Si comparamos los porcentajes del AQI para PM<sub>2.5</sub> vs los AQI de PM<sub>10</sub>, se puede constatar una leve diferencia con más días de AQI moderado en PM<sub>2.5</sub> que para PM<sub>10</sub>.

**Gráfica 16: Concentraciones de PM<sub>2.5</sub> - San Juan**



Si se analizan las concentraciones máximas de AQI para PM<sub>2.5</sub> por mes se puede notar que los valores fueron más altos que los AQI de PM<sub>10</sub>, incluso con excepción de noviembre fueron valores índices moderados.

**Gráfica 17: AQI PM<sub>2.5</sub>, 2016, San Juan - Cataño**



### Indicador: Concentración de Contaminantes Criterios

#### Descripción del Indicador

La Junta de Calidad Ambiental mantiene una red de monitoreo de aire como una manera de proteger la salud de la población y de maximizar las acciones de vigilancia, control y prevención, con el fin de minimizar los riesgos asociados a contaminación ambiental. La red tiene como objetivo principal determinar la concentración representativa de los principales contaminantes del aire, fundamentalmente en las zonas donde la densidad poblacional es mayor y donde existe mayor concentración de emisiones de contaminantes de acuerdo al desarrollo industrial y económico del país.



El monitoreo de los contaminantes del aire es una actividad técnica compleja que involucra el uso de equipo especializado, personal calificado para su operación y una infraestructura adecuada de soporte y comunicaciones. Además del monitoreo, es necesario asegurar que los datos generados describan de manera apropiada el estado de la calidad del aire, por ello, la operación del programa de monitoreo requiere también de metodologías y estándares para el muestreo, así como de un programa continuo de aseguramiento de la calidad.

Las características de una red de monitoreo son:

- 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 control de calidad.
- Los resultados son comparables a través de tiempo y área.
- El monitoreo de los contaminantes a estudiar, utiliza técnicas analíticas acorde con los niveles de concentración presentes, y de tiempo.
- Los resultados son reportados, analizados e informados periódicamente.

El proceso de evaluación de la calidad del aire consiste en el diagnóstico y reporte de las condiciones físicas, químicas y biológicas. Esta evaluación se sirve de la recolección de muestras en diferentes estaciones, y a frecuencias regulares de tiempo, con el objetivo de proporcionar datos validados que permiten determinar los patrones y tendencias de la contaminación ambiental utilizando técnicas o criterios específicos. Los procesos de muestreo, investigación y vigilancia se basan en la recolección de información de campo, de laboratorio, análisis y evaluación. Los datos se obtienen en lugares geográficos, caracterizados según su objetivo y escala de medida.



La evaluación de la calidad del aire en Puerto Rico por la Junta de Calidad Ambiental se realiza desde el 1974, a través de la red de estaciones para muestreo de aire. Actualmente, la red de muestreo de la JCA toma muestras para los siguientes contaminantes: Monóxido de Carbono (CO), Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>), Plomo (Pb), Particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) y Bióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Siempre con el objetivo principal de la protección de la población y vigilar que se cumpla con la política pública ambiental y con las normas nacionales de calidad de aire que se contemplan en la Ley de Aire Limpio del 1970. Al pasar el tiempo y por cambios en la regulación ambiental la red de muestreo de la JCA ha ido cambiando e incorporando nuevos equipos atemperados con el tiempo y la tecnología disponible. Estos cambios ocasionan establecer nuevas estaciones, relocalizaciones o cerrar otras, de acuerdo con la regulación ambiental de muestreo vigente.

La red de muestreo de aire posee equipos continuos e intermitentes, algunos con conexión remota, y otros con intervalos de frecuencia variada de acuerdo al parámetro y al equipo de muestreo. Para analizar SO<sub>2</sub>, CO, Ozono, NO<sub>2</sub> y PM destinado a AQI se utiliza muestreo continuo. Para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> se utiliza muestreo intermitente al igual que el muestreo para Sulfato y Plomo.

El muestreo continuo permite muestras las 24 horas del día, los 365 días del año, con valores cada 5 minutos. Mientras, las estaciones con muestreo intermitente son muestreos de 24 horas diarios, la frecuencia del muestreo depende del objetivo de la estación y el tipo de equipo utilizado. El mapa a continuación detalla la ubicación de las estaciones de muestreo de Puerto Rico.



Mapa 7: Red de Muestreo de Aire de Puerto Rico, 2016



### Consideraciones Técnicas

La Red de Muestreo de Aire de la Junta de Calidad Ambiental se compone de diferentes equipos sofisticados y cada uno de éstos realiza una medida para determinar la concentración de los contaminantes atmosféricos. Se han diseñado diversos métodos, definidos como métodos de referencia federal, para ser utilizados para determinar la concentración del contaminante en el ambiente. Los principios de operación de los equipos utilizados en una estación deben cumplir con los métodos de referencia o equivalentes establecidos en las Normas de Calidad de Aire. El método de referencia describe con claridad y exactitud las condiciones y los procedimientos necesarios para medir los valores de una o más propiedades y se ha demostrado que tienen una exactitud y una precisión apropiada.

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 *dataloggers* con una programación exclusiva para cada uno de los parámetros. Para acceder la información almacenada se puede realizar de dos maneras, por comunicación por remoto o ser transferidas manualmente a un dispositivo.

### 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 el Acta de Aire Limpio. Los elementos de una red de muestreo dependerán en gran parte de los objetivos del monitoreo de la calidad del aire. La elaboración de un buen programa de muestreo, así como la implementación de procedimientos para el manejo de muestras, son esenciales para asegurar la calidad y representatividad de los resultados. El período de muestreo es particularmente importante si los resultados se van a comparar con normas o criterios de la calidad del aire.

Estas normas se 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<sub>2</sub>)

El Bióxido de Nitrógeno junto a las partículas es el responsable que el cielo en algunas áreas urbanas se vea de un color rojizo marrón. Absorbe la luz visible, contribuye al cambio climático, participa en la capacidad oxidativa de la atmósfera para formar radicales y la formación de ozono. Este contaminante proviene de la quema de combustible a temperaturas



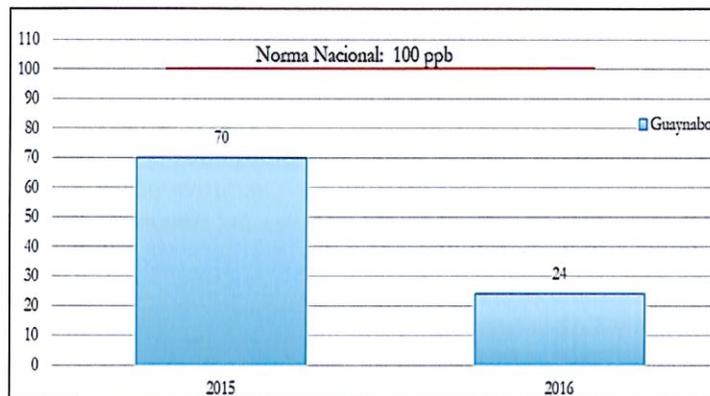
extremadamente altas por industrias o termoeléctricas, por otro lado las fuentes móviles contribuyen así como también los incendios.

Este contaminante irrita las vías respiratorias causando bronquitis y pulmonía, reduce la resistencia respiratoria. Las personas con condiciones asmáticas son los más vulnerables.

En el 2016, la Agencia cuenta con dos estaciones para el muestreo de éste contaminante una ubicada en Guaynabo y otra en Caguas. El equipo utilizado para medir bióxido de nitrógeno es un T200U (quimioluminiscencia en fase gaseosa, *Chemiluminescence Teledyne API*). La quimioluminiscencia es una técnica analítica basada en la medición de la cantidad de luz generada por una reacción química. La concentración de NOx se determina en dos etapas de muestreo. Cuando la muestra llega directamente a la celda de reacción sin pasar por el convertidor la concentración detectada corresponde a la concentración del NO existente y la lectura es guardada por el microprocesador. Cuando la muestra pasa por el convertidor y llega hasta la celda de reacción el NO<sub>2</sub> se convierte en NO y la concentración detectada se suma a la del NO de la etapa anterior y se reporta como NOx total. La concentración de NO<sub>2</sub> corresponde a la diferencia entre las lecturas registradas de NO y NOx.

La norma establecida para este contaminante es 100 ppb en promedio de 1 hora y 53 ppb 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. La estación ubicada en Guaynabo comenzó durante el 2015 y la estación ubicada en Caguas durante el 2016, por lo que no se cuenta con periodo de tres años reglamentario para determinar cumplimiento con la norma nacional de calidad del aire. Aun así, se presentan en la gráfica a continuación los valores máximos de 1-hr para los años 2015 y 2016 respectivamente de la estación de Guaynabo. Según los valores obtenidos el valor designado de esta estación para del 2016 fue 47.0 ppb el cual cumple con la Norma Nacional establecida de 100ppb.

**Gráfica 18: Percentil 98 de Concentraciones Máximas de 1-Hora - Bióxido de Nitrógeno, 2014-2016 (ppb)**



### Ozono (O<sub>3</sub>)

El Ozono se encuentra en la atmósfera y estratósfera como capa protectora contra los rayos ultravioleta. A nivel de superficie es un contaminante secundario ya que se forma a través de una reacción química entre el bióxido de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles catalizados 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 que irrita el sistema respiratorio. Puede reducir la función pulmonar y hacer difícil la respiración. Si la concentración es alta puede agravar el asma y enfermedades pulmonares crónicas y en los peores casos daño permanente al pulmón y hasta la muerte.

La Junta de Calidad Ambiental mantiene tres (3) estaciones de muestreo continuo para ozono. Una ubicada en Cataño, Bayamón y otra en Juncos. La colección de ozono se realiza mediante un analizador fotométrico. El principio de operación



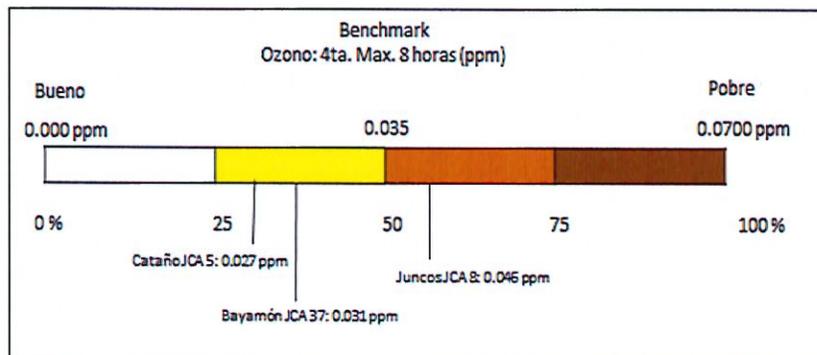
que utilizan los analizadores de ozono,  $O_3$ , se conoce como el método de fotometría UV y consiste en medir la cantidad de luz ultravioleta, a una longitud de onda de 254 nm, absorbida por el ozono presente en una muestra. El principio de operación se basa en la Ley de Beer-Lambert. Cuando la muestra pasa por el interior de las celdas, la molécula de ozono absorbe una cantidad de luz (I), la cual se compara con la cantidad de luz medida en la celda de referencia ( $I_0$ ) para calcular la concentración (C). La concentración obtenida se corrige a condiciones de temperatura y presión del interior de la celda de absorción, los cuales son medidos de manera independiente.

Tabla 8: Ozono

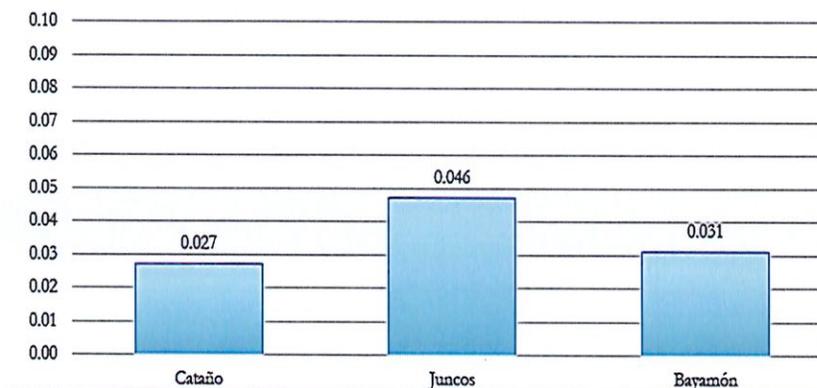
Periodo	Cataño 4ta. Max. 8 horas (ppm)	Juncos 4ta. Max. 8 horas(ppm)	Bayamón 4ta. Max. 8 horas (ppm)
2014	0.020	0.037	0.033
2015	0.029	0.041	0.029
2016	0.033	0.064	0.033
<b>Promedio 3 años</b>	<b>0.027</b>	<b>0.046</b>	<b>0.031</b>

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. Según los valores obtenidos se cumple con la norma nacional establecida de 0.070ppm.

**Benchmark**



Gráfica 19: Cuarta Concentración Máxima Promedio de 8-Horas - Ozono, 2014-2016 (ppm)





## Materia Particulada

El material particulado es una mezcla compleja líquida y sólida que se quedan suspendidas en la atmósfera y pueden 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 que puede ser entre 0.0002 y 500µm.

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<sub>2.5</sub> para la Norma Primaria Anual es de 12µg/m<sup>3</sup> y la secundaria es 15µg/m<sup>3</sup> y la Norma primaria y secundaria para el promedio de 24 horas es de 35µg/m<sup>3</sup> al calcular el promedio de tres años del Percentil 98.

Para el particulado PM<sub>10</sub> la Norma establecida para el promedio de 24 horas es de 150µg/m<sup>3</sup> que no debe exceder más de una vez al año en un promedio de tres años. Los estudios científicos han provisto evidencia de que el material particulado en el aire puede penetrar directamente el interior de los pulmones y causar efectos adversos a la salud.

### Materia Particulada PM<sub>10</sub>

El PM<sub>10</sub> 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 garganta y mucosas.

El instrumento utilizado para medir PM<sub>10</sub> 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 método de referencia para la determinación de la concentración de partículas en aire ambiente es el de muestreo de alto volumen, combinado con el método gravimétrico en laboratorio.

El muestreo de partículas es utilizado, en un principio, para la determinación de la concentración de partículas suspendidas totales en aire ambiente. Sin embargo, en muchas ocasiones el filtro con la muestra también es aprovechado para determinar la concentración de otros elementos como: metales pesados, nitratos, sulfatos, entre otros, por medio de análisis en laboratorio. El método consiste en hacer pasar aire ambiente a una tasa de flujo de aproximadamente 1 metro cúbico por minuto a través de un filtro de fibra de vidrio montado bajo una cubierta protectora que evita que se deposite material directamente sobre el filtro. El muestreo se lleva a cabo de manera continua durante 24 ±1 horas.

La JCA cuenta actualmente con 5 estaciones fijas de muestreo atmosférico intermitente de PM<sub>10</sub> las cuales se encuentran en los municipios de Ponce, Guayama, Fajardo y dos en Guaynabo. Las estaciones ubicadas en el área de Guaynabo, tienen como objetivo 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 aceptable. Los datos de Fajardo se utilizan como trasfondo y para determinar el impacto del polvo del Desierto del Sahara cada año; finalmente Ponce y Guayama por su acelerado desarrollo urbano e industrial.

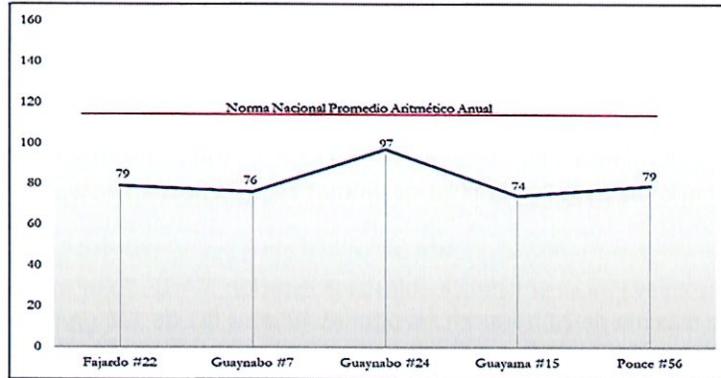
**Tabla 9: Promedios 24-Horas Máximos por Estación - Materia Particulada PM<sub>10</sub>, Norma Nacional (150 µg/m<sup>3</sup>)**

Estación	2014	2015	2016	Promedio (µg/m <sup>3</sup> )
Fajardo #22	79	83	76	79
Guaynabo #7	85	78	66	76
Guaynabo #24	109	104	79	97
Guayama #15	71	81	71	74
Ponce #56	73	84	79	79



A continuación se presenta el análisis de los últimos tres años (2014-2016) de los datos obtenidos de PM<sub>10</sub>, con el propósito del cumplimiento con la Norma Nacional.

**Gráfica 20: Promedio Aritmético Máximas 24-Horas - PM<sub>10</sub> , 2014-2016**



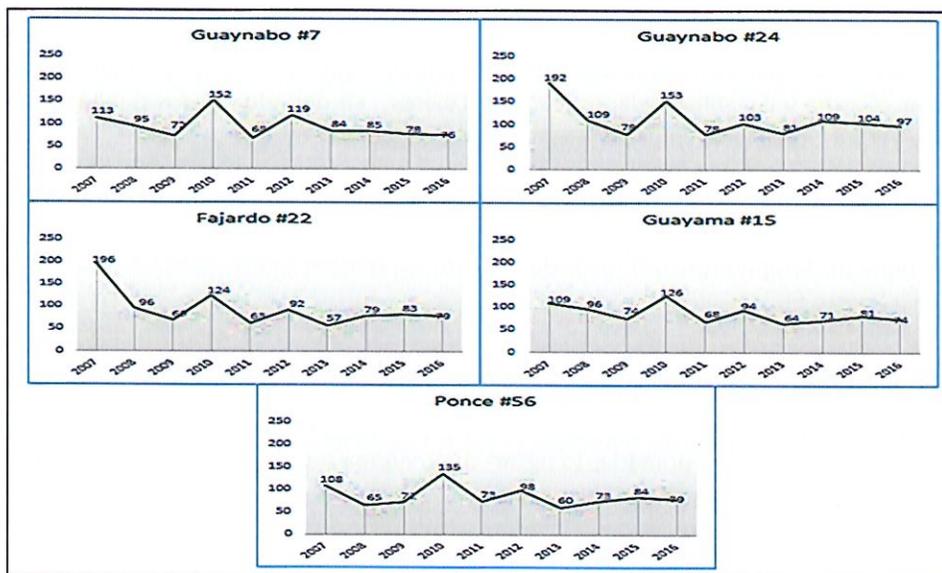
El promedio máximo anual de 24-hr para las diferentes regiones durante los últimos tres años es: Fajardo 79 µg/m<sup>3</sup>, Guayama 74 µg/m<sup>3</sup>, Guaynabo 97 µg/m<sup>3</sup>, Ponce 56 µg/m<sup>3</sup>, y Guaynabo 76 µg/m<sup>3</sup>. De acuerdo con los valores, se deduce que la calidad del aire de Puerto Rico se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma nacional de 150 µg/m<sup>3</sup>.



Como se puede observar en la gráfica, el municipio que registró las concentraciones más altas fue la de Guaynabo. Los valores utilizados fueron las primeras máximas de 24 horas para promediar.

La estación JCA 7 está localizada en las instalaciones del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, en inglés) en el municipio de Guaynabo. Durante el 2016 la frecuencia de muestreo de estación fue reducida a cada seis días. La concentración más alta de los últimos diez años que se registró para 24 horas fue de 152 µg/m<sup>3</sup> (año 2010). Este valor, aunque rebasó la norma de calidad de aire, es un dato clasificado como excepcional pues fue afectado por el evento de Polvo de Sahara. El valor designado de 24 horas de esta estación para el 2016 fue de 76 µg/m<sup>3</sup>.

**Gráfica 21: Promedios Max, 24 Horas PM<sub>10</sub>, 10 Años (ug/m<sup>3</sup>)**





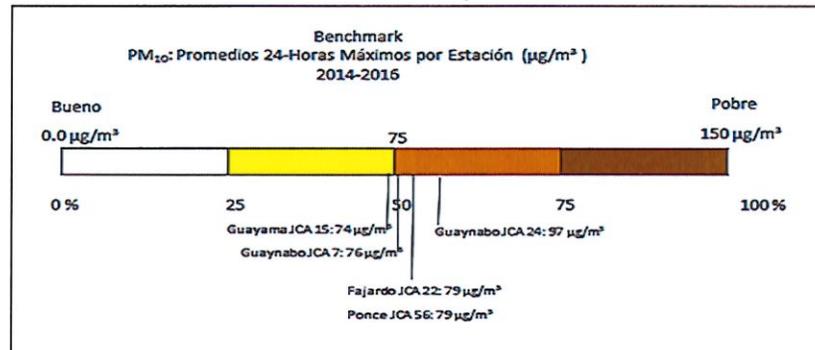
La estación JCA 24 está ubicada en la subestación de la Autoridad de Energía Eléctrica en Guaynabo y monitorea diariamente. La concentración máxima de los últimos diez años se registró en el 2007 con  $192 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este valor, aunque rebasó la norma de calidad de aire, es un dato clasificado como excepcional pues fue afectado por el evento de Polvo de Sahara. El valor designado de 24 horas de esta estación para el 2016 fue de  $97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La estación JCA 56 se encuentra en la Urb. San Antonio en la Defensa Civil de Ponce. La concentración más alta para los últimos diez años para 24 horas se registró en el 2010 y fue de  $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El valor designado de 24 horas para 2016 es de  $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La estación JCA 22 en Fajardo, ubicada en el Faro de Fajardo, toma muestras diariamente y su propósito es de trasfondo. Su concentración máxima para 24 horas en los últimos 10 años fue de  $196 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el 2007. El valor designado del 2016 es de  $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En el municipio de Guayama se encuentra ubicada la estación JCA 15. La misma se encuentra ubicada en el Barrio Jobos. Su concentración máxima de 24 horas en los últimos 10 años fue de  $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el 2010. El valor designado del 2016 es de  $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Benchmark



### Materia Particulada PM<sub>2.5</sub>

Las partículas con un tamaño igual o menor a  $2.5 \mu\text{m}$  pueden transportarse hasta penetrar en los pulmones. El efecto que pueda causar a la salud va a depender de su composición química. Puede producir irritación de las vías respiratorias, empeorar el asma y las enfermedades cardiovasculares. En periodos cortos puede causar deterioro en las funciones respiratorias y a largo plazo, enfermedades crónicas, cáncer y la muerte.

El método utilizado para este contaminante es similar al utilizado en el muestreo intermitente de PM<sub>10</sub> 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, éste se recoge y se conserva a una temperatura de menos de  $4^\circ\text{C}$  para realizarle el análisis químico de acuerdo al método correspondiente para el parámetro PM<sub>2.5</sub>.

En el 2015, la Agencia opera al presente ocho (8) estaciones de muestreo PM<sub>2.5</sub>. La ubicación de estas estaciones son Adjuntas, Bayamón, Fajardo, Guayama, Guayanilla, Guaynabo, Ponce y San Juan. Todas las estaciones de PM<sub>2.5</sub> muestrean cada tres días. Para el contaminante PM<sub>2.5</sub> hay establecidas normas nacionales, una es el promedio aritmético anual  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como norma primaria,  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como norma secundaria y el promedio máximo de 24 horas ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), como norma primaria y secundaria.

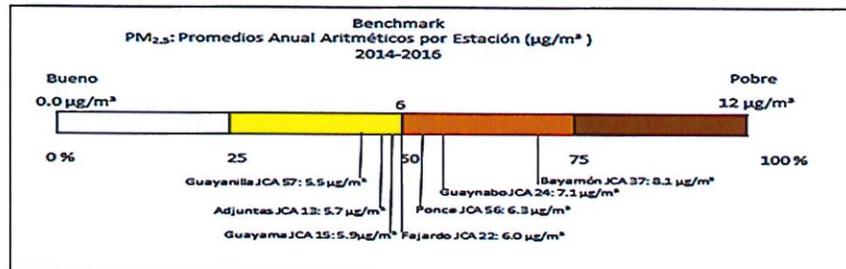

**Tabla 10: Promedios Anual Aritméticos por Estación - Materia Particulada PM<sub>2.5</sub>**

Estación	2014	2015	2016	Promedio (µg/m <sup>3</sup> )
Adjuntas #13	5.2	5.7	6.1	5.7
Bayamón #37	----	8.9	7.3	8.1
Fajardo #22	----	5.2	6.8	6.0
Guayama #15	5.2	6.0	6.4	5.9
Guayanilla #57	4.5	5.7	6.3	5.5
Guaynabo #24	6.4	6.8	8.2	7.1
Ponce #56	5.7	6.1	7.1	6.3

De acuerdo con los resultados el promedio aritmético anual más alto por estación durante los últimos tres años se registró en Bayamón con 8.1 µg/m<sup>3</sup>, Guaynabo con 7.1 µg/m<sup>3</sup>, Ponce con 6.3 µg/m<sup>3</sup>, Fajardo con 6.0 µg/m<sup>3</sup>, Guayama con 5.9 µg/m<sup>3</sup>, Adjuntas con 5.7 µg/m<sup>3</sup>, por último Guayanilla con 5.5 µg/m<sup>3</sup>; todas por debajo de la norma nacional que es 12.0 µg/m<sup>3</sup>. Se puede concluir que la calidad del aire de Puerto Rico se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma nacional primaria para PM<sub>2.5</sub>.

- La estación JCA #13 está localizada en el municipio de Adjuntas. El valor máximo de promedios de 24 horas de los últimos diez años fue 22.9 µg/m<sup>3</sup> y se registró en el 2008. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2016 fue de 5.7 µg/m<sup>3</sup>.
- La estación JCA #37 está localizada en el municipio de Bayamón. El promedio aritmético anual del 2016 fue de 8.1 µg/m<sup>3</sup>, y esta estación comenzó en el 2015.
- La estación JCA #22 está localizada en el municipio de Fajardo. El valor máximo de promedios de 24 horas de los últimos diez años fue 45.9 µg/m<sup>3</sup> y se registró en el 2016. Este valor fue afectado por el evento natural polvo de Sahara. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2016 fue de 6.0 µg/m<sup>3</sup>.
- La estación JCA #24 está localizada en el municipio de Guaynabo. El valor máximo de promedios de 24 horas de los últimos diez años fue 39.6 µg/m<sup>3</sup> y se registró en el 2007. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2016 fue de 7.1 µg/m<sup>3</sup>.
- La estación JCA #57 está localizada en el municipio de Guayanilla. El valor máximo de promedios de 24 horas de los últimos diez años fue 29.6 µg/m<sup>3</sup> y se registró en el 2008. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2016 fue de 5.5 µg/m<sup>3</sup>.
- La estación JCA #56 está localizada en el municipio de Ponce. El valor máximo de promedios de 24 horas de los últimos diez años fue 21.8 µg/m<sup>3</sup> y se registró en el 2006. El valor designado del promedio aritmético anual de esta estación para el 2016 fue de 6.3 µg/m<sup>3</sup>.

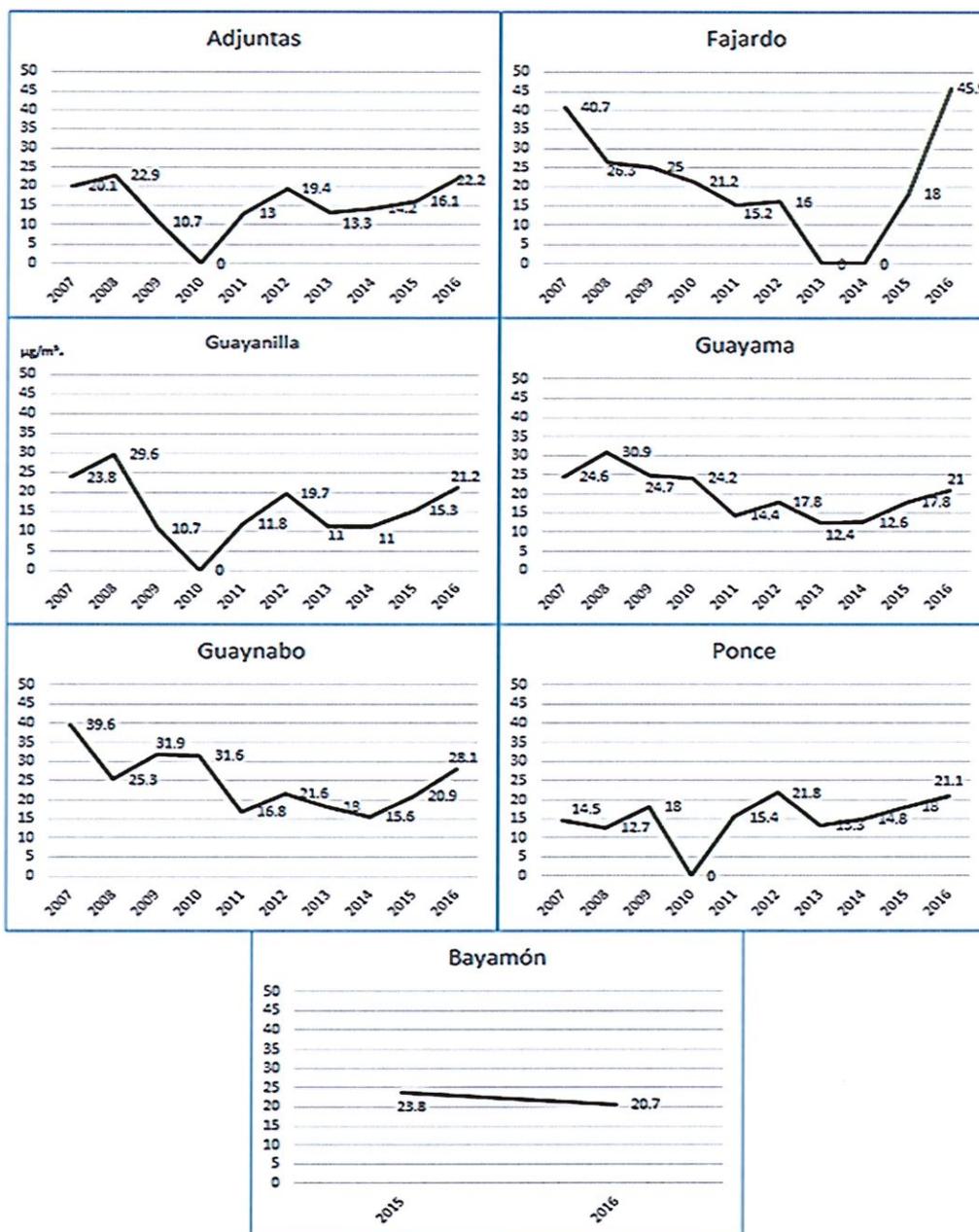
### Benchmark





Por otro lado, si se analizan los valores designados, pero basado en el percentil 98 de promedios de 24-horas por estación durante los últimos tres años, datos resumidos en la gráfica a continuación se observa que los valores más altos se registraron en Fajardo 45.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido por Guaynabo con 28.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , todas por debajo de la norma nacional que es 35.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  excepto Fajardo. La razón de este valor tan alto es que ese día en Puerto Rico se registró bruma causada por polvo del Sahara. En términos generales 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  $\text{PM}_{2.5}$ .

Gráfica 22: Percentil 98 de max. 24 horas  $\text{PM}_{2.5}$  – 10 años ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )





## Monóxido de Carbono (CO)

El Monóxido de Carbono es un gas inodoro, incoloro y sin sabor, es poco soluble en agua y su densidad es menor que el aire. Al inhalarse sus moléculas ingresan al torrente sanguíneo, donde inhiben la distribución del oxígeno. Los posibles efectos a la salud es que impide el transporte de oxígeno a las células, puede provocar mareos, dolor de cabeza y hasta la muerte. Puede producir hipoxia, daño neurológico, personas con padecimientos cardiovasculares o anémicos pueden experimentar efectos más severos a su salud.

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.

**Tabla 11: Monóxido de Carbono - Concentraciones Máximas 2015-2016**

Municipio	Año	Observaciones	Máx. 1 hora ppm	2 <sup>da</sup> Máx. 8 horas ppm
Bayamón	2015	5618	2.7	0.8
	2016	4025	6.9	6.2
Guaynabo	2015	5764	9.6	2.5
	2016	8652	7.1	0.9
Ponce	2015	8212	16.7	1.8
	2016	6119	19.4	1.7
San Juan	2015	7711	19.2	2.1
	2016	7597	20.0	3.2

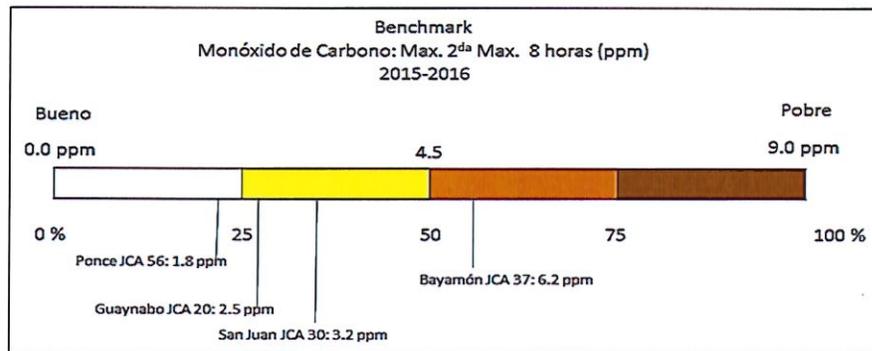
La Junta de Calidad Ambiental mantiene estaciones de muestreo en áreas como Bayamón, Ponce y San Juan. Para el muestreo de monóxido de carbono se utiliza el *Termo-Electron (TECO 48) Non Dispersive Infrared*, que utiliza la técnica de *Gas Filter Correlation Spectroscopy (GFC)*. Los analizadores de Monóxido de Carbono (CO) se sirven en el principio de operación que se basa en la capacidad que tiene este gas para absorber energía en determinadas longitudes de onda. En los equipos de muestreo que utilizan este principio se mide la absorción de luz infrarroja, llevada a cabo por las moléculas de CO en intervalos relativamente pequeños de longitudes de onda centradas sobre la región de máxima absorción del contaminante.

En este caso el haz de luz infrarroja pasa por un filtro rotatorio integrado por dos celdas, una de las cuales contiene CO en alta concentración y la otra NO<sub>2</sub> como blanco para crear el haz de referencia de modo tal que el detector mida la diferencia de energía entre la radiación absorbida en la celda de muestra y la señal modulada por la alternancia entre los filtros de gas. La señal del detector es procesada y acondicionada por microprocesadores para desplegarla como una lectura de concentración de CO.

Para determinar cumplimiento con la norma se calcula el valor designado; el cual es el valor máximo de las segundas máximas de los últimos dos años. De acuerdo con los resultados obtenidos durante los últimos dos años (2015-2016) para Bayamón el valor designado para 8 horas fue 6.2 ppm; para Ponce 1.8 ppm, para San Juan obtuvo 3.2 ppm y Guaynabo 2.5 ppm. La norma nacional para monóxido de carbono 9 ppm para promedio de 8 horas. Al comparar los resultados se cumple con las normas nacionales establecidas.



## Benchmark



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

El bióxido de azufre es un gas incoloro producido por la oxidación del azufre. 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 transformada en bióxido de azufre.

Este gas es irritante y tóxico, afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones lo que provoca ataques de tos. Puede causar bronco constricción, bronquitis y traqueítis, también bronco espasmos en personas asmáticas. 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.

El método de colección para bióxido de azufre es el Analizador de Pulsaciones Fluorescente para SO<sub>2</sub>. Los analizadores de Dióxido de Azufre emplean el principio de fluorescencia pulsante que se basa en el hecho de que las moléculas de SO<sub>2</sub> absorben radiación ultravioleta (UV) a una longitud de onda en el intervalo de 210-410 nm, entrando en un estado instantáneo de excitación para posteriormente decaer a un estado de energía inferior, emitiendo un pulso de luz fluorescente de una longitud de onda mayor en el intervalo de 240 a 410 nm. En esta región del espectro se suprime 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<sub>2</sub>.

En junio 2010 la Norma Nacional para bióxido de azufre fue revisada, para establecer 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. Durante el 2016, la JCA mantiene cuatro (4) estaciones de muestreo ubicadas en Cataño, Juncos, Salinas y Bayamón, aunque la estación de Bayamón estuvo temporariamente fuera de funcionamiento por problemas técnicos. A continuación los valores de percentil 99 obtenidos por las estaciones de muestreo de bióxido de azufre en unidades de ppb.

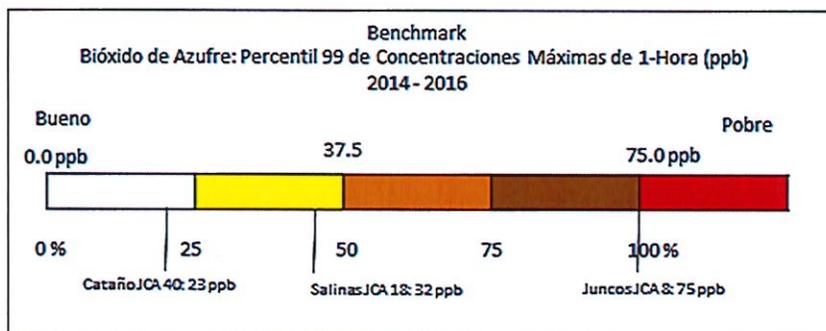
**Tabla 12: Percentil 99 de Concentraciones Máximas de 1-Hora - Bióxido de Azufre, 2014-2016 (ppb)**

Estación	2014	2015	2016	Valor Designado
Cataño #40	26	32	12	23
Juncos # 8	8	58	213	93
Salinas # 18	36	68	147	84



De acuerdo con los datos obtenidos durante el 2016 basados en las máximas de 1-hora, el valor más alto fue en Juncos de 75 ppb igualando la norma nacional, seguido por Salinas de 32ppb y Cataño de 23ppb.

### Benchmark



### Plomo (Pb)

El plomo es un metal blando que se ha utilizado en productos metálicos, baterías, cables y tuberías así como también en pinturas y pesticidas. Hoy en día es regulado y se ha retirado en su mayoría del mercado específicamente de pinturas y pesticidas, ya que este último es el enlace para que los alimentos lo contengan. 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 neuro-cognitivo y neuro-conductuales.

Con la nueva reglamentación para plomo se establecieron monitores en varias áreas de Puerto Rico con emisiones de este contaminante. La reglamentación propone ubicar estos monitores cerca de instalaciones potenciales a emitir este contaminante tan peligroso a la salud.

La JCA mantiene dos monitores en el pueblo de Arecibo, uno en Salinas y otro en Bayamón. Para este contaminante la norma primaria y secundaria establecida es  $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en promedio *rolling 3 month average*. A continuación los datos obtenidos:

**Tabla 13: Promedio de Tres Meses de Concentraciones Máximas de 24-Horas - Plomo, 2014-2016 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

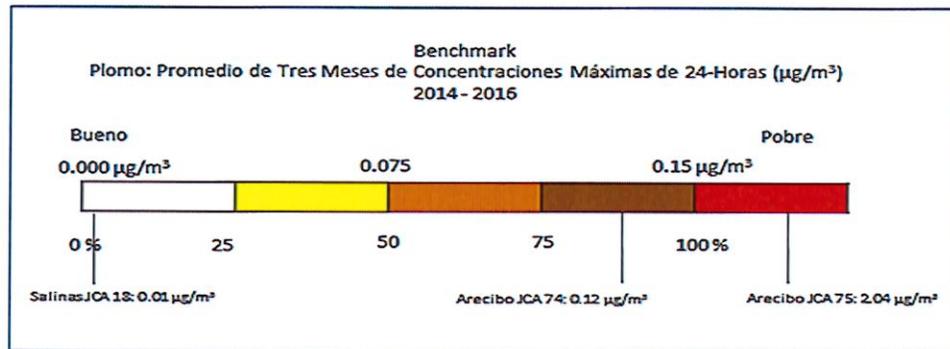
Estación	2014	2015	2016	Valor Designado
Arecibo <sup>1</sup>	0.12	0.01	0.00	<b>0.12</b>
Arecibo <sup>2</sup>	2.04	.41	0.07	<b>2.04</b>
Salinas	0.01	0.01	*	<b>0.01</b>

De acuerdo con los resultados para la estación de Arecibo<sup>1</sup> el valor designado es  $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para Arecibo<sup>2</sup> es  $2.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y para Salinas es  $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La estación que ubicaba en Bayamón fue cerrada pues no es requerida de acuerdo con la regulación federal para muestreo de aire.

Si analizamos los datos por valor designado, la estación de Arecibo sobrepasa la norma de calidad de aire. Pero si se observa el promedio de tres meses de las máximas de 24 horas por año se puede constatar que las concentraciones han disminuido desde el 2015 en adelante. La disminución de las concentraciones son como resultados de las medidas de mitigación impuestas por la JCA en el área de Arecibo para disminuir las concentraciones de manera se pueda cumplir con las normas nacionales de plomo.



## Benchmark



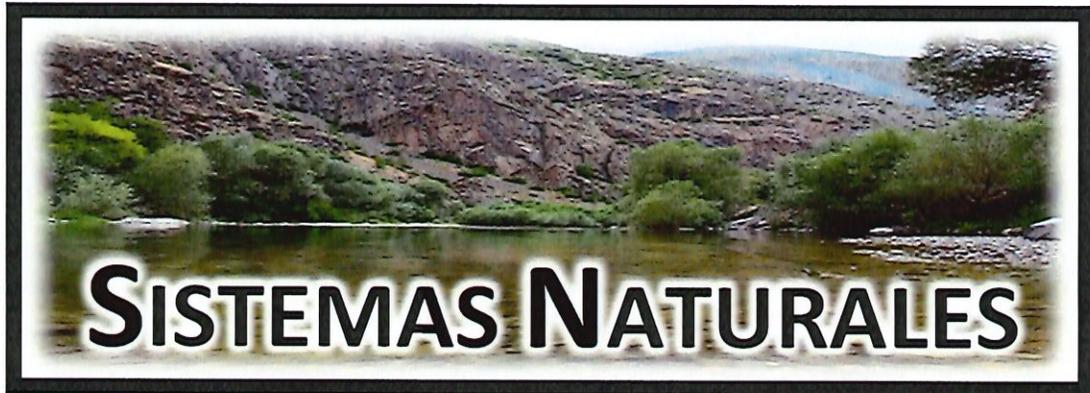
## Conclusiones y Recomendaciones

La JCA a través del Área de Calidad es la responsable de velar que la calidad del aire de Puerto Rico cumpla con los estándares dispuestos en la Ley Federal de Aire Limpio. La Junta, para hacer cumplir las normas y la calidad del aire utiliza varias herramientas que les permite crear controles y medidas mediante el Área de Calidad de Aire que entre sus funciones principales incluye los permisos de control atmosféricos, cumplimiento y (incluyendo los asbestos) de las regulaciones y condiciones de acuerdo con los permisos otorgados, la red de muestreo de aire, y el inventario de emisiones al aire.

Es por esto que anualmente, la JCA mediante su red de muestreo de aire presenta y prepara su reporte del estado de la calidad del aire en Puerto Rico. Los indicadores de estado de la calidad del aire que se presentan en este documento proporcionan un panorama del nivel de la contaminación del aire de Puerto Rico en los últimos tres años, con un mayor enfoque en el 2016. Mediante estos se hace un diagnóstico de la contaminación atmosférica basado en el muestreo de la calidad del aire lo que se ha convertido en nuestros días en uno de los ejes principales tanto de regulaciones ambientales como de conciencia ambiental.

De acuerdo a los datos colectados y presentados en este documento por la JCA se concluye que en Puerto Rico se cumple con las normas nacionales establecidas de los parámetros criterios muestreados en Puerto Rico. En el caso de Plomo aunque el reporte presenta que se excedió la norma, la realidad es que en el 2016 se obtuvieron valores por debajo de la norma.

Si las condiciones se mantienen similares, se espera que en los próximos años se mantenga la calidad del aire dentro de los límites establecidos. Con los reglamentos vigentes y la nueva reglamentación se continuará con la vigilancia y regulación a las industrias para mantener los niveles de la calidad de aire adecuados y evitar que el aire se deteriore o alcance valores por encima de las normas. Además, se continuará implantando todos los requisitos ambientales y la red de muestreo con equipos con las últimas tecnologías de vanguardia disponibles en el mercado como vigilancia y prevención de la contaminación ambiental.



## ASUNTO: TERRENOS PROTEGIDOS

### Indicador: Por ciento del Territorio Bajo Áreas de Valor Natural Protegidas

#### Descripción del Indicador

Este indicador se refiere a la extensión de terrenos legalmente protegidos en Puerto Rico con el fin de conservar sus recursos naturales. Esta protección se determina, en el ámbito estatal, por designación administrativa a través de la Junta de Planificación (JP); mediante designación o proclama del Ejecutivo (Proclama u Orden Ejecutiva); o por designación estatutaria a través legislación estatal convertida en ley. En el ámbito federal se establece mediante Órdenes del Congreso de los EE.UU., a través de distintas leyes congresionales enfocadas en la transferencia a agencias del Estado (estatal o federal) de terrenos de valor ecológico que solían estar bajo el control de agencias para la defensa y dejaron de ser útiles a dicho objetivo, o por acuerdos entre el gobierno estatal y la Administración Nacional Oceánica (NOAA). Los terrenos protegidos por acciones del gobierno estatal que forman parte del presente indicador pueden o no estar actualmente ocupados legalmente por agencias del Estado y, en los casos que no lo estén, su prospectiva adquisición constituye una responsabilidad a cumplirse a corto o mediano plazo. Este indicador incluye también los terrenos privados adquiridos principalmente por el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico (FCPR), también conocido como Para La Naturaleza (PLN), por compraventa o donación en pleno dominio y otras entidades privadas con la misión de proteger sus recursos naturales. Incluye también terrenos privados de valor ecológico cuyos dueños hayan voluntariamente optado por la formalización de una servidumbre de conservación a perpetuidad a favor del DRNA o del FCPR. El indicador es de gran utilidad en determinar la proporción del territorio bajo políticas institucionales de protección de sus recursos naturales y de utilidad para la preparación de planes de adquisición en ciertas instancias, y planes de manejo y protección.

#### Consideraciones Técnicas

El Sistema de Áreas Naturales Protegidas se compone de terrenos designados, proclamados, o protegidos bajo categorías particulares. Las distintas categorías se distinguen a base del enfoque de manejo y uso de los terrenos, regidos por las políticas distintivas de cada agencia del Estado implicada o el programa particular dentro de éstas, o por la filosofía de funcionamiento de la organización no gubernamental (ONG) encargada de su administración, en el caso de áreas protegidas privadas. Entre dichas categorías se encuentran: los bosques estatales del Gobierno de Puerto Rico, incluidos los bosques urbanos y los corredores ecológicos designados por ley y supuestos a adquirirse; incluye también el Bosque Nacional El Yunque (federal), las reservas naturales (estatal), las reservas marinas (estatal), la reserva nacional de investigación estuarina (designación federal con manejo y administración de la reserva por el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), los refugios de vida silvestre estatales, los refugios de vida silvestre federales, las



servidumbres de conservación (estatal), los parques nacionales (estatal), el área restringida del carso<sup>3</sup> y otros terrenos de tenencia privada o administrados por organizaciones no gubernamentales que pueden o no contar con designaciones formales de reserva natural por parte de la Junta de Planificación (JP). Las agencias implicadas en las categorías de protección mencionadas, según los casos, incluyen al DRNA y la Compañía de Parques Nacionales (CPN)<sup>4</sup> en la jurisdicción del Gobierno de Puerto Rico; bajo la jurisdicción federal (EE.UU.) incluye a: el Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre (SFPVS), y el Servicio Forestal Federal adscrito al Departamento de Agricultura Federal (USDA-FS por sus siglas en inglés). Por su parte, algunas de las ONG involucradas, además del FCPR, incluye a: Casa Pueblo de Adjuntas y a Ciudadanos del Karso Inc., a manera de ejemplos. Algunas de las áreas dentro del Sistema de Áreas Protegidas son manejadas mediante estrategias de comanejo entre una ONG y una agencia del Estado, o constituyen el resultado de acuerdos entre una ONG como administrador y el Estado (a través de una agencia) como entidad titular.

Por otra parte, el DRNA mantiene una base de datos de las áreas de valor natural protegidas mediante un Sistema de Información Geográfica. La información en esta base de datos se nutre de diversas fuentes: documentos de designación aprobados por la Junta de Planificación, proclamas, planos, escrituras, leyes; datos provistos por: el FCPR, el SFPVS, el USDA-FS, la NOAA, y la CPN; e información generada por las unidades adscritas al Negociado de Manejo de Áreas Naturales Protegidas y el Área de Planificación Integral del DRNA.

Se estima que aproximadamente el 16% de nuestros terrenos emergidos y el 27% de las aguas jurisdiccionales y terrenos sumergidos se encuentran protegidos mediante acciones administrativas o por legislación<sup>5</sup>. Estos lugares forman parte del Sistema de Áreas Naturales Protegidas.

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son lugares especialmente valiosos para la conservación y manejo de los recursos naturales, de importancia para el medioambiente, la investigación científica y la calidad de vida en general, siendo así una contribución positiva y significativa al desarrollo sustentable de la Isla. Las mismas pretenden conservar los principales ecosistemas: humedales, bosques (secos, húmedos, muy húmedos o lluviosos), cuevas y cavernas, aguas subterráneas, islotes y cayos de valor ecológico, y hábitats críticos de especies de fauna y flora.

### Método de Análisis y Cobertura

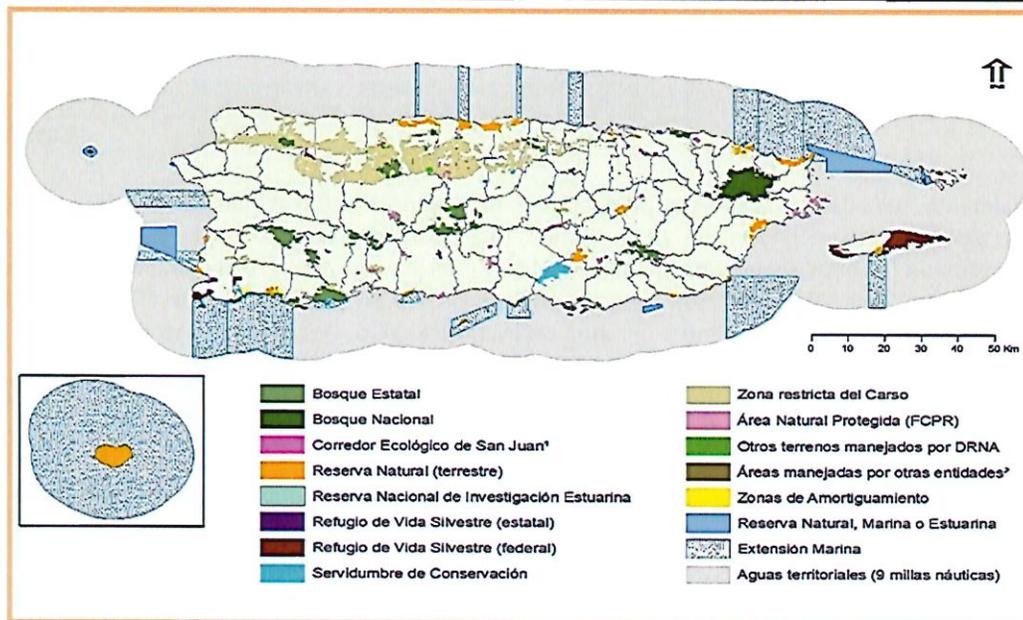
Tomando en cuenta las clasificaciones antes mencionadas, se calculó el cambio de cabida anual para cada una de ellas entre los años 2005 al 2016. La medida de área utilizada fue kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>) y su conversión a cuerdas, esto permite estandarizar la información de las diversas fuentes. La cobertura de este indicador comprende el territorio de Puerto Rico (incluyendo islas, cayos e islotes adyacentes), así como las aguas territoriales hasta 9 millas náuticas de la costa.

### Mapa 8: Sistema Integrado de Áreas Naturales Protegidas

<sup>3</sup> En atención a la Ley 292 del 21 de agosto de 1999, así como el Plan y Reglamento del Área de Planificación Especial del Carso (PRAPEC) del 2014. Para este análisis se tomó en consideración el área restringida del carso con calificación CR (Conservación de Recursos) y PR (Preservación de Recursos), que no estuviera previamente considerada en alguna de las otras categorías de Área Natural Protegida utilizadas por este indicador toda vez la delimitación del área restringida del carso incluyó en su interior a algunos de nuestros bosques estatales o reservas naturales.

<sup>4</sup> La CPN, creada en virtud de la Ley Núm. 10 de 8 de abril de 2001, tiene como misión operar, desarrollar y preservar todos los parques naturales, recreativos o históricos, declarados como parques nacionales, promoviendo la protección, conservación y usos recreativos de parques, playas, bosques, monumentos históricos y naturales para el disfrute de las presentes y futuras generaciones. A partir de la Ley Núm. 107 del 23 de julio de 2014 la CPN se convirtió en el Programa de Parques Nacionales del Departamento de Recreación y Deportes (DRD) mas mantiene la misma misión que le correspondía a la CPN.

<sup>5</sup> Datos del Grupo de Acción para la Conservación de Áreas Naturales Protegidas (PA-CAT) de la Cooperativa para la Conservación del Paisaje en el Caribe; CLCC, 2016.



Se realizó un análisis comparativo entre las diferentes clasificaciones de ANP en el cual se establecieron criterios de manejo, uso y recursos disponibles en estas áreas. A partir de este ejercicio se estableció la cabida total para 15 tipos de Áreas Naturales Protegidas (13 terrestres y 2 marinas), independientemente de los mecanismos de manejo establecidos en las mismas.

**Tabla 14: Desglose de Áreas Naturales Protegidas Terrestres para el Año 2016**

Clasificación de manejo en áreas terrestres	Cabida (km <sup>2</sup> )	Cuerdas
Área Restricta del Carso	646.83	164,572.49
Bosques Estatales	253.80	64,572.95
Bosque Nacional El Yunque	115.35	29,349.11
Corredor Ecológico de San Juan <sup>1</sup>	2.41	612.09
Refugios de Vida Silvestre Estatal	12.75	3,242.91
Refugios de Vida Silvestre Federal	91.89	23,379.89
Reservas Naturales terrestres (DRNA y FCPR)	180.56	45,938.47
Reserva Nacional de Investigación Estuarina	5.89	1,499.43
Servidumbres de Conservación (FCPR)	36.37	9,254.20
Otros terrenos del DRNA	15.84	4,029.68
Otros terrenos del Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico	66.26	16,859.40
Terrenos manejados por otras entidades <sup>2</sup>	7.83	1,992.86
Zonas de Amortiguamiento	31.09	7,909.09
<b>TOTAL</b>	<b>1,466.87</b>	<b>373,212.57</b>

<sup>1</sup>Se excluye la cabida del Bosque Urbano del Nuevo Milenio ya que el mismo está contabilizado en la categoría de Bosques Estatales.

<sup>2</sup>Áreas administradas por el Programa de Parques Nacionales con componentes de alto valor ecológico (Sistema de Cavernas de Camuy, Finca Seven Seas, Parque del Río Tanamá, etc.); áreas manejadas por organizaciones no gubernamentales como Ciudadanos del Karso y TropicVentures; fincas del Instituto de Dasonomía Tropical del Servicio Forestal de EE. UU.; Centro Ceremonial Caguana, administrado por el Instituto de Cultura Puertorriqueña.

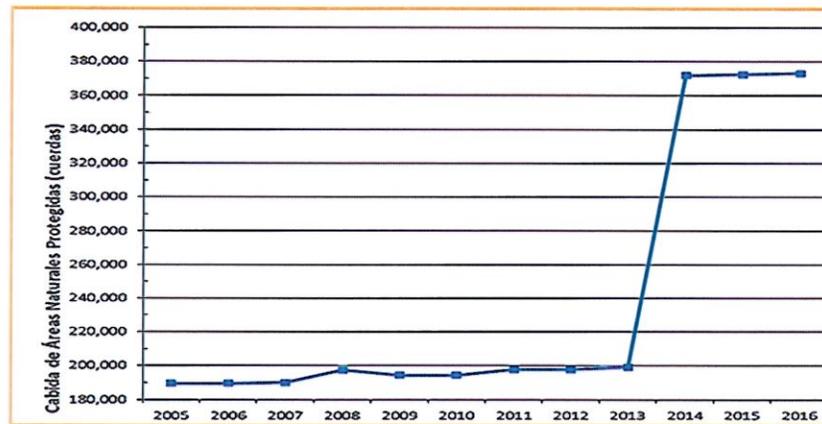
**Tabla 15: Clasificación de Manejo de Áreas Marinas**



Clasificación de manejo en áreas marinas	Cabida (km <sup>2</sup> )	Cuerdas
Reservas Naturales (Marinas y Estuarinas)	199.41	50,734.50
Extensiones Marinas de Reserva Natural	3,419.46	870,005.30
<b>TOTAL</b>	<b>3,618.87</b>	<b>920,739.80</b>

Finalmente, para cada una de estas categorías se determinó el establecimiento de nuevas áreas de protección entre los años 2005 y 2016. A finales del 2005 existían 191,063.78 cuerdas de terrenos emergidos protegidos; en el 2016 la extensión de terrenos protegidos fue de 373,212.57 cuerdas. Durante el 2014 se incluyó la nueva designación del Área e Planificación Especial del Carso, específicamente las zonas con calificación CR (conservación de recursos) y PR (preservación de recursos), dentro del área restricta del carso. Durante el 2016 se incluye la nueva designación de la Reserva Natural Playa Grande El Paraíso y su Extensión Marina en el Municipio de Dorado, además de varias Áreas Naturales Protegidas administradas por el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico a través de su unidad Para La Naturaleza.

Gráfica 23: Cambio en Área Total de Superficie Dentro de Puerto Rico Bajo Áreas Naturales Protegidas 2005-2016



### Limitaciones del Indicador

Como factores limitantes se pueden mencionar los siguientes:

- Este indicador no mide la condición de las Áreas Naturales Protegidas
- Parte de la información recopilada y digitalizada contiene errores
- No se cuenta con datos precisos de los límites de todas las áreas
- Alguna de la información puede no estar actualizada

### Benchmark

Cambio anual en el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas a partir del Inventario de Áreas con Prioridad para la Conservación durante los próximos 20 años.





El *benchmark* (BM) se determinó a base de la proyección del establecimiento prospectivo de áreas naturales protegidas en la totalidad del *Inventario de Áreas con Prioridad para la Conservación* (APC)<sup>6</sup> en un periodo de 20 años, de tal manera que anualmente se logre aumentar la cabida de áreas protegidas en al menos 5% del territorio incluido en el inventario. Durante el 2016 se reporta que se establecieron nuevas áreas naturales protegidas en un 0.11% de las APC. Esto a su vez, aumenta a 53.30% la cantidad de áreas protegidas en la totalidad del *Inventario de Áreas con Prioridad para la Conservación*.

### Conclusiones y Recomendaciones

Puerto Rico cuenta con áreas de gran valor ecológico que requieren de protección por parte del gobierno y la ciudadanía. En algunos casos la información disponible sobre estas áreas es insuficiente para establecer mecanismos de protección y planificación adecuados. Este tipo de indicador es necesario para la toma de decisiones que permita un desarrollo sustentable. El ritmo bajo el cual se ha ido incorporando las zonas del país ecológicamente valiosas al sistema de Áreas Naturales Protegidas es uno lento. Se recomienda, como medida alterna, que el proceso de ordenamiento del territorio a través de la participación de la JP en lo referente al Plan de Uso de Terrenos (PUT) y de los municipios a través de sus planes de ordenamiento territoriales se compense la realidad expuesta.

### Indicador: Cantidad de Cuerdas de Ecosistemas Terrestres Adquiridas

#### Descripción del Indicador

Este indicador mide la adquisición de los terrenos de valor ecológico, integrantes del *Inventario de Áreas con Prioridad para la Conservación* del Programa de Patrimonio Natural de Puerto Rico (Ley Núm. 150 de 4 de agosto de 1988)<sup>7</sup>, en un esfuerzo combinado entre agencias estatales y organizaciones no gubernamentales (ONGs). Particularmente, estos terrenos pueden estar sujetos a la apropiación privada o apropiación pública patrimonial para otros fines, por lo que su adquisición representa la condición para poder administrar y manejar los ecosistemas terrestres presentes, bajo políticas de uso compatibles con su conservación, preservación o restauración. La medida del indicador recoge tanto la intervención del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA)<sup>8</sup>; como de la anteriormente llamada Compañía de Parques Nacionales (CPN)<sup>9</sup> hoy Programa de Parques Nacionales del Departamento de Recreación y Deportes (PPNDRD); y del Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico (FCPR)<sup>10</sup> también conocido como Para La Naturaleza (PLN). Las áreas con parte de sus terrenos integrantes adquiridos pudieran ya haber sido designadas como reservas naturales o parques nacionales, o proclamadas o designadas mediante proclama u orden ejecutiva como bosques estatales o refugios de vida silvestre. También puede no haberse aún designado bajo estas categorías de protección legal y administrativa. En este último caso, el indicador puede incluir, como parte del cómputo, las cuerdas de terrenos adquiridas fuera de los actuales límites legales de áreas previamente designadas o proclamadas bajo las categorías ya dichas, con la intención de ampliar los límites de las áreas designadas o proclamadas previamente. De esa manera, se

<sup>6</sup> El *Inventario de Áreas de Prioridad con Prioridad para la Conservación* mencionado responde a la atención brindada por el DRNA al mandato recogido por la Sección 5 de la Ley Núm. 150 de 4 de agosto de 1988, conocida como Ley del Programa de Patrimonio Natural. Estas áreas constituyen todo el territorio del país con méritos ecológicos para el establecimiento de Área Naturales Protegidas.

<sup>7</sup> La creación y mantenimiento al día del *Inventario de Áreas con Prioridad para la Conservación* mencionado responde a la atención brindada por el DRNA al mandato recogido por la Sección 5 de la ley mencionada, conocida como Ley del Programa de Patrimonio Natural.

<sup>8</sup> El DRNA tiene la responsabilidad ministerial de asesorar al gobernante sobre asuntos referentes a la conservación, uso y desarrollo de los recursos naturales, ambientales y energéticos; a tono con esto, es responsable de implantar la política pública en torno a dichos recursos, conforme a la política pública ambiental que establece la Junta de Calidad Ambiental por virtud de la Ley 416 de 22 de septiembre de 2004.

<sup>9</sup> La CPN, creada en virtud de la Ley Núm. 10 de 8 de abril de 2001, tiene como misión operar, desarrollar y preservar todos los parques naturales, recreativos o históricos, declarados como parques nacionales, promoviendo la protección, conservación y usos recreativos de parques, playas, bosques, monumentos históricos y naturales para el disfrute de las presentes y futuras generaciones. A partir de la Ley Núm. 107 del 23 de julio de 2014 la CPN se convirtió en el Programa de Parques Nacionales del Departamento de Recreación y Deportes (DRD) mas mantiene la misma misión que le correspondía a la CPN.

<sup>10</sup> El FCPR o PLN es una institución privadas sin fines de lucro, de carácter no gubernamental, creada en 1970 por iniciativa de los gobiernos de Puerto Rico y los Estados Unidos de América con la misión de proteger y enaltecer los recursos y las bellezas naturales de Puerto Rico, mediante la adquisición y donación de terrenos y la constitución de servidumbres de conservación, entre otros mecanismos. Actualmente el FCPR tiene cerca de 30 áreas protegidas, que abarcan sobre 4400 cuerdas de terreno de valor ecológico e histórico. Varias propiedades bajo la titularidad del FCPR cuentan con designación como Reservas Naturales por vía administrativa.



ampliarían sus límites con el beneficio de poder ejecutar la administración y el manejo hasta el terreno adquirido que se integraría a la operación de protección del área protegida.

La importancia de este indicador estriba en que permite medir un aspecto fundamental del proceso inherente a la fase operacional de la política pública del Estado Libre Asociado de Puerto Rico contenida en la Sec. 19 del Art. VI de nuestra Constitución, esto es: la más eficaz conservación de los recursos naturales, así como el mayor desarrollo y aprovechamiento de los mismos para el beneficio general de la comunidad.

Para el estado poder poner en vigor programas para la sabia utilización y conservación de los recursos naturales de Puerto Rico a través de manejo directo, requiere la capacidad legal de poder ocupar en ley los terrenos en donde existen los recursos naturales disponibles, en este caso los ecosistemas terrestres.

### **Consideraciones Técnicas**

Los datos presentados abarcan el periodo a lo largo de los años 2005-2016. Las agencias estatales u organizaciones privadas implicadas en el cómputo de este indicador ambiental son aquellas a quienes compete, como parte de sus deberes ministeriales o de la misión de la organización, ejercer eficazmente la protección y conservación de los ecosistemas terrestres del país con méritos ecológicos para ello.

Los datos de adquisición de terrenos por parte de las tres entidades mencionadas, DRNA, el PPNDRD y el FCPR, provienen de aquellas unidades técnicas que coordinan las tareas de adquisición de terrenos por parte de cada agencia u organización. Estas entidades programan tareas o proyectos encaminados a la adquisición de propiedades que poseen representaciones de valiosos ecosistemas terrestres en Puerto Rico, como el mecanismo que con mayor efectividad permite al Estado o a la organización no gubernamental ejecutar la conservación de los recursos naturales a través del manejo directo. Los datos se computan en la Secretaría Auxiliar de Planificación Integral del DRNA, en atención a las encomiendas hechas a dicha agencia por parte de la Orden Ejecutiva OE-2005-71, Orden Ejecutiva del Gobernador del Estado Libre Asociado de Puerto Rico que asigna al DRNA el rol de agencia líder, coordinando la adquisición, conservación y protección de no menos de cien mil cuerdas de terreno de valor ecológico durante el periodo de diez años, periodo que finalizará el día 31 de diciembre de 2015. La orden ejecutiva involucra otras agencias, municipios y organizaciones no gubernamentales, de manera que aquellas adquisiciones de terrenos realizadas por éstos, y que estén enfocadas hacia el mismo objetivo, puedan contabilizarse como parte del proceso.

La adquisición se define como la obtención de control sobre terrenos identificados por su valor natural o utilidad, mediante cualquier modo legal en conformidad con nuestro ordenamiento jurídico. El propósito de la adquisición de terrenos en este caso responde a objetivos de protección de ecosistemas terrestres de manera que se logre ocupar y aplicar las estrategias de administración y manejo efectivo con las cuales lograr la conservación, preservación o restauración aplicable. Los terrenos a ser adquiridos se evalúan conforme a los criterios técnicos provenientes de los análisis y recomendaciones provistos de procesos profesionales formales de planificación en el país, y que involucra las opiniones de científicos, manejadores y planificadores. Los mecanismos de adquisición pueden implicar: compraventa, expropiación, arrendamiento, donación, legado, transferencia de título, transferencia de la administración del terreno, permuta, establecimiento de servidumbres de conservación, acuerdos de manejo o dedicación (mitigaciones).

Para este indicador, los parámetros considerados incluyen la agrupación de cuerdas de terrenos de valor ecológico adquiridas, por año, en toda la jurisdicción del Estado Libre Asociado de Puerto Rico por las agencias estatales y organizaciones no gubernamentales reportadas (DRNA, PPNDRD, FCPR).



Gráfica 24: Cuerdaje de Ecosistemas Terrestres Adquiridos por el Estado y las ONG\*



\*ONG – Organizaciones no Gubernamentales

Tabla 16: Cuerdaje Adquirido por el DRNA, la CPN y el FCPR Entre los Años 2005 y 2016

AÑO	DRNA (Cuerdaje Adquirido)	PPNDRD (Cuerdaje Adquirido)*	FCPR (Cuerdaje Adquirido)	CUERDAJE TOTAL POR AÑO
2005	343.3	0	1,225.1	1,568.4
2006	393.5	0	1,315.7	1,709.2
2007	497.2	300	444.5	1,241.7
2008	6,245.3	0	503.3	6,748.6
2009	616.3	24.1	51.61	692.0
2010	754.5	0	389.0	1,143.5
2011	141.2	0	528.9	670.1
2012	328.2	0	1,248.5	1,576.7
2013	168.4	0	1,586.6	1,737.1
2014	169.9	0	1,992.0	2,161.9
2015	531.8	0	1,659.5	2,191.3
2016	1,849.6	0	2,114.5	3,964.1
<b>Cuerdas totales por agencia u ONG</b>	<b>12,039.2</b>	<b>324.1</b>	<b>13,058.9</b>	<b>25,404.6</b>

\* Los datos de cuerdaje adquirido por parte de la PPNDRD corresponde a las adquiridas por la otrora CPN

### Método de Análisis y Cobertura

La tendencia observada refleja la adquisición de un total de 25,404.6 cuerdas de terrenos que poseen valiosos ecosistemas terrestres para ser manejados y protegidos a partir del periodo comprendido por los pasados once años. Se destaca un aumento de cuerdaje adquirido en el año 2016 con relación a diez de los once años anteriores. El 2011 continúa mostrando el menor cuerdaje total por año hasta el presente, con menos que en cualquier otro año del periodo reportado y el cuerdaje adquirido durante el 2016 es el segundo más alto desde el 2005. Es relevante, además, hacer constar que, tanto el DRNA como el FCPR y el PPNDRD, cuentan con otros proyectos de adquisición de terrenos en curso que poseen ecosistemas terrestres y que consisten en compraventas, acuerdos voluntarios de servidumbres de conservación, ofertas de donaciones de terrenos en pleno dominio a favor del DRNA o del FCPR y expropiaciones forzosas por parte del DRNA. El PPNDRD continuará labores de adquisición de terrenos para ser destinados a Parques Nacionales desde su nueva



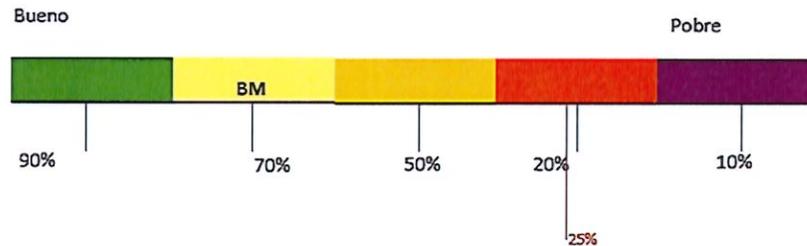
realidad operacional bajo el Departamento de Recreación y Deportes. En lo que respecta al DRNA, trámites en curso bajo dichas circunstancias involucran cerca de 1000 cuerdas de terrenos adicionales. La combinación entre el cuerdaje adquirido y el iniciado y aún en curso, para el periodo comprendido entre los años 2005 y 2016, es de aproximadamente 26,000 cuerdas. No obstante, a base de la encomienda establecida por la Orden Ejecutiva OE-2005-71, se reconoce que el escenario ideal de cumplimiento con dicha orden ejecutiva hubiese sido la adquisición del 100% del total de 100,000 cuerdas supuestas a estar adquiridas entre los años 2005 y 2015. Los datos presentados reflejan que hasta el 2016 se culminó la adquisición de un 25 % y no el 100% del cuerdaje total encomendado dentro del periodo de 10 años que sirven de marco temporal para la encomienda.

### Limitaciones del Indicador

El indicador no mide las adquisiciones logradas previas al 2005, de manera que pueda trazarse una perspectiva a través de un periodo de tiempo mayor. Esto sólo podría realizarse con datos exclusivamente del DRNA, pero no pudo ser posible por la carencia de datos homólogos por la PPNDRD y el FCPR. Tampoco mide logros homólogos por parte de agencias federales con jurisdicción en algunos de los terrenos incluidos en el *Inventario Áreas con Prioridad para la Conservación* del Programa de Patrimonio Natural de Puerto Rico como sería: el Servicio Forestal Federal, con respecto a los terrenos adyacentes al Bosque Nacional El Yunque, o el Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre, con respecto a terrenos adyacentes a los Refugios de Vida Silvestre (federales).

### Benchmark

Cantidad de cuerdas de Ecosistemas Terrestres Adquiridas durante el periodo comprendido entre el 2005 al 2016 por el Estado u ONG's para su manejo y protección en atención a la Orden Ejecutiva OE-2005-71.



### Conclusiones y Recomendaciones

El avance en la culminación de procesos de adquisición de terrenos que resultan en la capacidad de administrar y manejar los terrenos en donde ubican los ecológicamente valiosos ecosistemas terrestres de Puerto Rico, por parte del DRNA y demás entidades afines, requiere de estrategias que logren aumentar el cuerdaje bajo proyectos definidos de adquisición y acelerar el tiempo tomado para culminar dichos procesos. Lo que ha podido comprobarse con los presentes datos, refleja un progreso a lo largo de los recientes cinco años, empero, la meta establecida con la Orden Ejecutiva OE-2005-71 es una muy exigente, por lo tanto aún resulta necesario identificar estrategias complementarias a las aplicadas que permita tal objetivo. Al 2015 se debería haber completado el 100% de las 100,000 cuerdas encomendadas por dicha Orden Ejecutiva. Actualmente se han estructurado proyectos de adquisición aún en curso o se han obtenido donaciones en pleno dominio a favor del DRNA o del FCPR que involucran sólo cerca de 23,000 cuerdas, con cerca de otras 21,439 cuerdas ya culminados y bajo el control del DRNA dentro de Reservas Naturales y Bosques Estatales o Áreas Naturales Protegidas ocupadas por el DRNA o el FCPR o el PPNDRD. Aún queda lograr la adquisición de cerca de 78,561 cuerdas de terrenos de valor ecológico en un periodo fuera del marco temporal que estableció la Orden Ejecutiva, toda vez culminó el término provisto por ésta. Se proponen las siguientes alternativas, entre otras, para lograr acercar adecuadamente el indicador al *benchmark* establecido:



- Aprovechar posibles alianzas con otras organizaciones o entidades no gubernamentales destinadas a la adquisición de terrenos de valor ecológicos capaces de gestionar por sí solas distintas fuentes de financiamiento.
- Lograr aumentar la capacidad fiscal del DRNA para atender proyectos de adquisición de terrenos mediante propuestas o parte de las cantidades a ser generadas por el mecanismo de emisión de bonos por legislación estatal.
- Promover legislación encaminada a disponer de un mecanismo de transferencia de terrenos voluntaria a favor del Estado a cambio de la condonación de deudas por concepto de impuestos a la propiedad inmueble siempre que el valor monetario de la propiedad sea igual o mayor que la deuda acumulada al momento de la transacción. Propiedades privadas que ubiquen dentro de las Áreas con Prioridad Para la Conservación y que tengan acumuladas deudas de este tipo podrían optar por un mecanismo como el que se describe para recibir a cambio la exención de su deuda correspondiente a cambio de que ceda voluntariamente la propiedad al Estado para su conservación a perpetuidad.
- Promover la transferencia al DRNA de terrenos públicos patrimoniales bajo la titularidad de la Autoridad de Tierras y la Administración de Terrenos, incluidos en el *Inventario Áreas con Prioridad para la Conservación* del Programa de Patrimonio Natural de Puerto Rico, mediante Orden Ejecutiva, conforme al mecanismo recogido en la Sección 16 de la Ley de Patrimonio Natural, Ley Núm. 150 de 4 de agosto de 1988. Al presente se han identificado 9,414.2 cuerdas de la Administración de Terrenos y 40.338.22 cuerdas de la Autoridad de Tierras, bajo estas condiciones. El transferir al DRNA una proporción adecuada de estas propiedades que no se encuentren ya bajo el control del DRNA dentro de Reservas Naturales y Bosques Estatales, acercaría adecuadamente el indicador al *benchmark* establecido.



## ASUNTO: MANEJO DE VIDA SILVESTRE

### Indicador: Número de Especies en Peligro de Extinción o Vulnerables

#### Descripción del Indicador

Mediante este indicador se puede estimar la cantidad de especies nativas o endémicas en la jurisdicción de Puerto Rico cuyas poblaciones están consideradas en condiciones de riesgo de extinción en un tiempo crítico, o vulnerables a prontamente llegar a dicho riesgo y que, por consiguiente, requieren de la implantación de medidas específicas dirigidas a su protección y recuperación.

#### Consideraciones Técnicas

Las especies de plantas y animales designadas bajo las diferentes categorías de amenaza de extinción se encuentran detalladas en el Reglamento 6766 del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), *Reglamento para el Manejo de las Especies Vulnerables o en Peligro de Extinción*. Los diferentes aspectos técnicos y procesales de las designaciones se encuentran desglosados en dicho reglamento. Las categorías de amenaza de extinción incluidas en este desglose y establecidas por el DRNA son: especies en Peligro Crítico (CR), en Peligro (EN) y Vulnerable (VU). La jerarquía de las categorías presentadas se define según el nivel de amenaza, tanto al individuo como a su hábitat natural, siendo la primera la de mayor peligro de extinción. Todas las categorías en orden descendente de riesgo de extinción es el siguiente:

- En Peligro Crítico
- En Peligro
- Vulnerable
- Menor Riesgo



- Deficiente de Datos

Las dos categorías establecidas por el DRNA como: especie en Menor Riesgo (LR) y Deficiente de Datos, no fueron incluidas en el desglose reportado mediante este Indicador para el presente Informe Ambiental 2016.

### Método de Análisis y Cobertura

Información detallada sobre diferentes aspectos biológicos de muchas de las especies bajo estas categorías, y otros elementos críticos de la biodiversidad característica de Puerto Rico, están disponibles en unidades técnicas del DRNA, particularmente el Programa Patrimonio Natural, y los Negociados de Investigación y Conservación de Hábitats y Biodiversidad, y Manejo de Áreas Naturales Protegidas y Servicios Forestales. Paralelamente, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre Federal (USFWS, por sus siglas en inglés) y el Servicio Forestal Federal (USFS por sus siglas en inglés) cuentan con información técnica al respecto.

Mediante los datos de campo compilados en bases de datos, disponibles en estas unidades institucionales, se determina la designación legal más pertinente a cada caso de cada especie en estado crítico. El número de ubicaciones geográficas discretas conocidas para las especies, complementado por datos disponibles a las frecuencias poblacionales y el grado de amenaza reconocido, tanto a la especie como a su hábitat, dan base a la incorporación oficial de éstas a la categoría de protección aplicable conforme descritas en el Reglamento 6766 del DRNA. Presentamos el cuadro estadístico de especies designadas al momento presente, distinguiendo las especies de hábitats terrestres de aquéllas acuáticas. Puede observarse que durante el 2016 no se reflejan cambios con respecto al 2015.

Tabla 17: Especies Terrestres

Grupo	VU	EN	CR	Total
Mamíferos	2	-	-	2
Aves	2	3	6	11
Reptiles	3	3	3	9
Anfibios	4	-	5	9
Invertebrados	-	-	2	2
Plantas	3	16	30	49
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>45</b>	<b>81</b>

Tabla 18: Especies Acuáticas

Grupo	VU	EN	CR	Total
Mamíferos	1	1	-	2
Aves	3	2	1	6
Reptiles	-	3	-	3
Peces	1	1	2	4
Invertebrados	1	2	1	2
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>19</b>

Durante el 2016 se reconoce en el DRNA la necesidad de incorporar la enmienda correspondiente dentro del Reglamento 6766 del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), *Reglamento para el Manejo de las Especies Vulnerables o en Peligro de Extinción* ante la impugnación de la designación del Hábitat Natural Crítico Esencial para el coquí llanero (*Eleutherodactylus juanriveroi*) tal como confirmó el Tribunal Supremo de Puerto Rico. Dicha designación en la jurisdicción estatal, vigente a partir del 2007, fue realizada con el fin de brindar legalmente la protección a dicho hábitat, ubicado en el Municipio de Toa Baja y consistente de un humedal herbáceo de agua dulce en donde únicamente se ha detectado hasta el momento la especie de anfibio endémica implicada. El pleito que dio lugar a la decisión del más alto foro judicial de Puerto Rico fue articulado mediante recursos *certioraris* radicados en dicho Tribunal por la



Administración del Municipio de Toa Baja y por la empresa Sabana Seca Land Mangement<sup>11</sup> y están basados en alegatos de naturaleza procesal del método administrativo que caracterizó la designación efectuada; la designación de este hábitat crítico de 1,649.16 cuerdas requiere que se enmiende el Reglamento antes citado y se incluya dicha disposición en el mismo y éste enmendado se envíe al Departamento de Estado. El DRNA continúa con el proceso necesario para esta tarea.

Desde el 2013 el DRNA se encontraba analizando acoger la propuesta presentada por parte de la organización Ciudadanos del Karso (CDK) para la designación de varias especies de plantas endémicas del karso norteño de Puerto Rico como En Peligro (EN) y En Peligro Crítico (CR). Tomando como base la información científica más reciente disponible y luego de llevar a cabo una serie de estudios y revisiones sobre la condición en que se encuentran las especies propuestas, en diciembre de 2014 se radicó el documento para designar las especies: *Eugenia fajardensis*, *Bonellia pauciflora*, *Marsdenia woodburyana* y *Calyptanthes estremerae* como en peligro crítico de extinción para incluirse en el Reglamento 6766. Al mismo tiempo, se propuso designar como especies en peligro de extinción a *Chromolaena borinquensis*, *Calyptanthes acevedoi*, *Stenostomun sintenisii*, *Gaussia attenuata* y *Sabal causiarum* para su conservación, protección, propiciar su propagación y supervivencia.

Durante el 2015 culminaron los trabajos realizados en el DRNA desde el 2005 dirigidos a revisar la condición actual de las especies de vida silvestre en Puerto Rico<sup>12</sup>. Como parte de los esfuerzos realizados durante el 2015 se revisaron e incluyeron por primera vez especies de plantas<sup>13</sup>. Esta acción fue parte de la promulgación de una estrategia amplia para la conservación de la vida silvestre en el país requerida por el USFWS como condición para asignar fondos adicionales para la conservación de estas especies. En este esfuerzo se identificaron a las especies clasificadas como “deficiente de datos” (DD) como un grupo prioritario debido a que, por falta de información, no eran atendidas y bien pudieran estar en alto riesgo de extinción. Presentamos en la Tabla 1 el resultado de la evaluación, la cual aumentó el número de especies a ser listadas bajo el Reglamento 6766. La acción de enmendar dicho reglamento para incluirlos aún se encuentra en desarrollo. Sin embargo tales acciones representarían un aumento de 101 especies, entre estas 21 especies en la categoría de CR, 20 en EN y 22 bajo VU.

**Tabla 19: Número de Especies**

Taxón	CR	EN	VU	DD	LR	Total
Anfibios	4	1	4	6	0	15
Aves	5	6	16	45	9	81
Reptiles	3	5	4	8	0	20
Mamíferos Marinos	0	2	0	2	0	4
Mamíferos Terrestres	0	1	5	6	1	13
Peces de Río	0	0	0	9	6	16
Peces Marinos	1	1	5	57	0	64
Invertebrados	3	0	13	19	8	43
Plantas	32	26	3	0	0	61
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>42</b>	<b>50</b>	<b>152</b>	<b>24</b>	<b>317</b>

Presentados en el Plan Abarcador para la Conservación de Vida Silvestre en Puerto Rico (PRSWAP, por sus siglas en inglés).

Desde 2014, las tres agencias de manejo correspondiente (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales Puerto Rico, USFS, y el USFWS) reconocieron la importancia de desarrollar un acuerdo de conservación candidato (CCA, por sus

<sup>11</sup> Véase: Certiorari CC-2008-808 del Municipio de Toa Baja y Certiorari CC-2008-820 de Sabana Seca Land Management presentados de manera consolidada ante el Tribunal Supremo de Puerto Rico.

<sup>12</sup> Véase: Department of Natural and Environmental Resources 2005. Puerto Rico Comprehensive Wildlife Conservation Strategy. Report 164 p.

<sup>13</sup> Véase: Department of Natural and Environmental Resources 2015. Puerto Rico State Wildlife Action Plan. Report 187p.



siglas en inglés) para desarrollar y poner en práctica conservación, estudios administrativos y acciones de restauración que pueden beneficiar a las poblaciones de la reinita de bosque enano (*Setophaga angelae*) en Puerto Rico<sup>14</sup>. Los CCA son acuerdos voluntarios entre el USFWS y una o más partes públicas o privadas en concordancia con la Ley Federal de Especies en Peligro de 1973, según enmendada. El objetivo de este CCA es conservar, mantener, mejorar y eliminar las amenazas previamente identificadas para las poblaciones de esta especie y su hábitat en el Bosque Nacional El Yunque y en el Bosque Estatal de Maricao con el propósito de reducir la necesidad de proteger la especie por virtud de la Ley Federal de Especies en Peligro de 1973, según enmendada, y del Reglamento 6766. El equipo técnico de la reinita de bosque enano se reunió durante el 2015 para proveer coordinación y presentar un informe anual. Como resultado de estos esfuerzos que han tomado en consideración el actual panorama de la especie caracterizado por menos áreas de hábitat adecuado y una población decreciente, la reinita de bosque enano figura ahora como una especie amenazada (*threatened*) bajo la Ley Federal de Especies en Peligro de 1973, según enmendada, luego de que el USFWS procediera a incluirlo formalmente en dicha lista. Esta acción entró en vigor el 22 de julio de 2016, 30 días después de su publicación en el Registro Federal.

Por otro lado, como resultado de las mejoras en su población y condiciones de hábitat, y reducciones en amenazas directas, en enero de 2016, el USFWS anunció que se propone bajar de categoría la actual designación legal del manatí (*Trichechus manatus manatus*), particularmente de la categoría “en peligro de extinción” (endangered) a la categoría “amenazado” (*threatened*), bajo la Ley Federal de Especies en Peligro de 1973, según enmendada. El periodo para recibir comentarios a dicha iniciativa del USFWS ya culminó y resta que se emita la designación oficial (“*final rule*”). Actualmente el USFWS se encuentra bajo aviso de demanda por parte de la organización Pacific Legal Foundation si no adopta el propuesto cambio de clasificación de la especie a la categoría “amenazado”, de manera que se logre armonizar la categoría con los datos científicos actuales sobre la condición de la especie y de sus hábitats.

Entretanto, en enero del 2016, el USFWS anunció oficialmente la revisión de peticiones que buscan la protección de cerca de 500 especies del sureste de Estado Unidos bajo la Ley Federal de Especies en Peligro. Este es el primer paso en el proceso para determinar si las plantas o los animales identificados en una petición pueden requerir protección federal. Siete de estas especies se encuentran dentro del banco geográfico de Puerto Rico (“Greater Puerto Rico Region”). Sin embargo, sólo tres especies comparten la jurisdicción del DRNA: el eslizón o lucía de Mona (*Spondylurus monae*), el eslizón o lucía de Puerto Rico (*Spondylurus nitidus*) y el eslizón o lucía de Culebra (*Spondylurus culebrae*).

Por su parte, el USFWS anunció en marzo de 2016 los hallazgos, a los 90 días de haber recibido varias peticiones para designar, reclasificar o remover especies de la lista de especies en peligro o amenazadas conforme a la Ley Federal de Especies en Peligro de 1973, según enmendada. Una de las peticiones recibida implicaba la posible designación de la lucía de Monito (*Spondylurus monitae*). Sin embargo, la determinación de los biólogos del USFWS resultó a los efectos que dicha especie no requiere protección federal en este momento.

En agosto de 2016 el USFWS anunció la revisión de estatus de 5 años de 2 especies amenazadas y 12 especies en peligro de extinción que se encuentran en Puerto Rico o en las Islas Vírgenes Americanas. Se invitó al público a proveer información y comentarios sobre estas especies en o antes del 18 de octubre de 2016. Esta revisión asegura que la clasificación del estatus de las especies concernidas, bajo la Ley Federal de Especies en Peligro de 1973, según enmendada, sean las correctas. El proceso rendirá una revisión de la clasificación de estas especies y, además, presenta una oportunidad para seguir el progreso de los cursos de sus recuperaciones particulares y puede beneficiarlas proporcionando información valiosa para guiar futuros esfuerzos de conservación de cada especie revisada. Información recopilada durante este proceso puede ayudar en la toma de decisiones sobre fondos económicos a serle asignados para cada especie revisada, además de colaborar en la consideración de si se justifica o no reclasificar el estatus de la especie. La revisión, de igual manera, provee información de utilidad para la consulta de proyectos interagenciales y ayuda en la toma de decisiones relacionadas a la evaluación de solicitudes de permisos, y nos ayuda a determinar si es necesario actualizar planes de recuperación y otras acciones bajo la Ley Federal de Especies en Peligro de 1973, según enmendada. Esta revisión de estatus de cinco años por parte del USFWS incluye especies endémicas de Puerto Rico o en combinación con las Islas Vírgenes Americanas, actualmente designadas “en peligro de extinción” por esta agencia federal, particularmente 2 aves: la mariquita de Puerto Rico (*Agelaius xanthomus*) y la paloma sabanera (*Patagioenas inornata*

<sup>14</sup> Véase: [www.fws.gov/southeast/candidateconservation/PDF/CCA-EWWA\\_PR.pdf](http://www.fws.gov/southeast/candidateconservation/PDF/CCA-EWWA_PR.pdf)



wetmorei); 2 reptiles: la boa puertorriqueña (*Epicrates inornatus*) y la boa de Islas Vírgenes (*Epicrates monensis granti*); y 8 plantas entre floríferas y helechos: *Auerodendron pauciflorum*, *Catesbaea melanocarpa*, *Elaphoglossum serpens*, *Mitracarpus maxwelliae*, *Mitracarpus polycladus*, *Polystichum calderonense*, *Tectaria estremerana* y *Trichilia triacantha* (bariaco). Por último la revisión incluye 2 especies clasificadas como “amenazadas”: el coquí guajón (*Eleutherodactylus cooki*) y el cactus higo chumbo (*Harrisia portoricensis*).

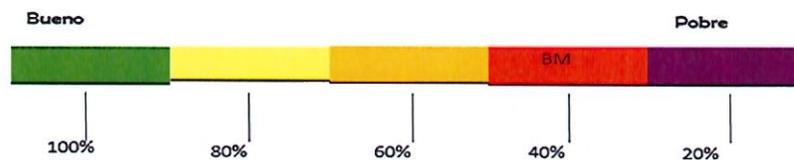
Se hace hincapié en que toda especie oficialmente incluida en la lista federal de especies en peligro de extinción pasa automáticamente a protegerse en virtud del Reglamento 6766<sup>15</sup> que provee, dentro de la jurisdicción del Gobierno de Puerto Rico, el mismo rigor de protección que la designación federal homóloga. En este contexto, la jurisdicción de Puerto Rico a través de la labor ministerial del DRNA puede hacer uso del rigor de la fuente reglamentaria mencionada para velar por la conservación de especies marinas en nuestras aguas territoriales. La designación del Hábitat Natural Crítico Esencial del coquí llanero (*Eleutherodactylus juanriveroi*) que entró en vigor en la jurisdicción estatal durante el 2007 fue impugnada a base de alegatos procesales por parte de entidades públicas y privadas en un pleito que culminó el 30 de mayo de 2012 en el Tribunal Supremo de Puerto Rico adjudicándose el mismo a que el DRNA debe incorporar la enmienda correspondiente al Reglamento 6766 del DRNA y enviarla al Departamento de Estado de Puerto Rico, tarea que durante el 2015 se continuó ejecutando. A tenor con esta tarea, el jueves 15 de septiembre del 2016 salió publicado en prensa de Puerto Rico el aviso público anunciando la enmienda al Reglamento, vista pública y llamado a comentarios. No obstante, el miércoles, 28 de septiembre de 2016, El Departamento anunció la posposición de la vista sobre el Reglamento pautado el 29 de septiembre de 2016, con el fin de atender las preocupaciones expresadas por grupos de interés, incluyendo a nuestros pescadores. El periodo para enviar los comentarios sobre este reglamento continuó, y se exhortó a que los remitieran a [revisiionreglamentos@drna.pr.gov](mailto:revisiionreglamentos@drna.pr.gov). Asimismo, se promovieron nuevas reuniones de trabajo con personal técnico de la agencia y grupos de interés.

### Limitaciones del Indicador

Este Indicador presenta solamente una apreciación basada en los resultados recogidos por los procesos de revisión institucional acontecidos hasta el presente en el DRNA para el Reglamento 6766 (*Reglamento para el Manejo de las Especies Vulnerables o en Peligro de Extinción en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico*). El indicador sólo utiliza, como criterio, la designación o cambio a la misma de especies dentro del periodo de 5 años de vigencia del Reglamento 6766, sin tomar en consideración los trabajos y esfuerzos que se llevan a cabo con las especies ya designadas. Actualmente, el DRNA cuenta con varios proyectos de manejo y recuperación para algunas de las especies en peligro de extinción. Estos involucran: la cotorra puertorriqueña (*Amazona vittata vittata*), la iguana de Mona (*Cyclura cornuta stejnegeri*), el sapo concho puertorriqueño (*Peltophryne lemur*), el ave mariquita de Puerto Rico (*Agelaius xanthomus*) y tortugas marinas de varias especies, entre otras, el carey (*Eretmochelys imbricata*) y el tinglar (*Dermodochelys coriacea*).

### Benchmark

Actualmente existen pocas especies críticas sometidas como candidatas a ser designadas en riesgo de extinción. Estas especies con esta designación deben ser procesadas durante el primer periodo de 5 años de vigencia del Reglamento 6766 del DRNA, periodo culminado ya. Se establece como Benchmark el 40% como el por ciento adecuado de especies a ser procesadas.



<sup>15</sup> Por virtud del Acuerdo Cooperativo del 21 de agosto de 1984 el Servicio de Pesca y Vida Silvestre Federal y el entonces Departamento de Recursos Naturales, hoy Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.



## Conclusiones y Recomendaciones

Se reporta la permanencia de las inclusiones de especies nativas o endémicas a Puerto Rico, a las diferentes categorías de protección aplicable conforme describe el Reglamento 6766 (*Reglamento para el Manejo de las Especies Vulnerables o en Peligro de Extinción en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico*). Por lo tanto, de las especies recomendadas por la comunidad científica, desde que entró en vigencia el mencionado Reglamento, han sido propuestas para designar 11 especies, incluyendo las designaciones homólogas ocurridas para plantas a través de los procedimientos administrativos asociados a la fuente de derecho federal (Ley Federal de Especies en Peligro de 1973, según enmendada) asegura la protección de la especie en la jurisdicción estatal vía el Acuerdo Cooperativo del 21 de agosto de 1984 entre el Servicio de Pesca y Vida Silvestre Federal y el entonces Departamento de Recursos Naturales, hoy Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.

Por otra parte, se recomienda culminar la revisión de las especies, iniciada durante el 2009, para así completar el procedimiento de revisión de rigor que establece dicho Reglamento cada 5 años desde la fecha de vigencia en el 2004. Las nueve especies de plantas raras presentes en la zona cársica de la Isla fueron analizadas como parte del proceso de posible designación de éstas como en peligro crítico y en peligro de extinción. Este esfuerzo contempla trabajar al menos un 40% (Benchmark) de las 17 especies sometidas o consideradas ante el DRNA como candidatas.

## ASUNTO: MANEJO DE RECURSOS PESQUEROS

### Indicador: Disponibilidad de Algunos Recursos Pesqueros Comerciales de Alta Demanda

#### Descripción del Indicador

Este indicador mide la distribución, abundancia y tendencias poblacionales de algunos recursos pesqueros de alta demanda en la Isla.

#### Consideraciones Técnicas

El Laboratorio de Investigaciones Pesqueras del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) hace estudios independientes de pesca sobre recursos pesqueros particulares tales como: el carrucho, la langosta, peces de arrecife de aguas someras y algunas especies específicas de interés comercial, tales como la colirrubia y el arrayao. Estos estudios van dirigidos a determinar anualmente distribución, abundancia y tendencias poblacionales de dichos recursos específicos por su utilidad y demanda como recursos pesqueros.

#### Método de Análisis y Cobertura

Se realizan viajes de pesca a estaciones identificadas en la plataforma insular de la costa oeste de Puerto Rico. Se utilizan diferentes métodos de captura con hilo y anzuelo. Se eliminaron las nasas como método de captura debido al bajo rendimiento de las mismas. Toda la captura se identifica por especies, se pesan, miden y se determina el sexo de todos los individuos. Además, se toman muestras de las gónadas para determinar el sexo y la época reproductiva mediante análisis de histología. Los datos se analizan junto con la información del esfuerzo pesquero para comparar los resultados con los datos provenientes de la pesquería. Otros análisis incluyen la composición de especies por arte de pesca utilizada, distribución de tallas y por ciento de individuos capturados bajo el tamaño de reproducción mínima. A partir del año 2009, el programa extendió la cobertura de muestreo a la costa este.

Para la langosta y el carrucho se llevan a cabo censos visuales buceando para determinar la abundancia de estas especies. En el caso del carrucho, se llevan a cabo los censos en las costas este, oeste y sur, con énfasis en las costas este y oeste. Se cuentan la cantidad de individuos encontrados en los transeptos y se determina el largo y la edad relativa.



Con referencia a la langosta, se monitorea el reclutamiento de etapas consideradas postlarvas y juveniles, en habitáculos artificiales localizados en varias áreas de la costa oeste. Posteriormente, se cuentan la cantidad de individuos en etapas postlarvas encontrados en los colectores y se determina la etapa específica de dicha postlarva. Por su parte, los juveniles son monitoreados en los habitáculos artificiales comúnmente llamados “casitas”, dispuestos para su reclutamiento. Se cuentan la cantidad de juveniles encontrados y se determina su tamaño. El nuevo censo de langosta comenzó en diciembre de 2014 luego de superar problemas logísticos con las embarcaciones del Laboratorio.

Se extendieron los muestreos de peces de arrecife a la costa este, además de la costa oeste a partir de 2009. Por otra parte, los censos visuales de carrucho se utilizan para los sondeos de disponibilidad del recurso, junto con la información obtenida de la pesca comercial (desembarcos pesqueros). Los datos referentes a la langosta son trabajados de forma similar.

### Recursos pesqueros constituidos por peces

Para las especies de peces de arrecife de mayor importancia se analizan las capturas realizadas, para así determinar su abundancia, la captura por unidad de esfuerzo y la distribución de tallas. Los resultados obtenidos se comparan con los datos dependientes de la pesca comercial o recreativa y se determina el estado de la población de esas especies. Además, se utilizan los resultados junto con otra información proveniente de la pesca para hacer sondeos de disponibilidad o “stock assessment” de dichas especies.

La Tabla 20 del presente indicador muestra las especies capturadas en las costas este y oeste de Puerto Rico durante el 2016 en el proyecto de peces de arrecife. Se puede observar que, aunque la distribución de especies capturadas es similar en ambas costas, existen diferencias estadísticamente significativas. Un total de 27 especies fueron capturadas en la costa oeste y 16 en la costa este. Los resultados de las capturas en ambas costas, tanto en el este como en el oeste, reflejan 8 de las 13 familias taxonómicas total representadas. Los meros, fue el grupo taxonómico claramente dominante de las capturas, en particular de la costa este. Tres especies de meros fueron dominantes en las capturas en ambas costas a saber: las mantequillas, las cabrillas y la cabra mora. Entre estas tres especies, la de mayor costo comercial es el mero cabrilla, *Epinephelus guttatus*.

En términos de valor comercial los pargos en general, superan a los meros. Los pargos constituyeron el segundo grupo de mayor captura en la costa este. Mientras que en la costa oeste los pargos fueron el tercer grupo de mayor captura. La colirrubia (*Ocyurus chrysurus*) dentro del grupo de los pargos fue la especie que dominó la captura en la costa este, contrario a la costa oeste en donde el arrayao (*Lutjanus synagris*) fue la especie más capturada. Ambas especies son consideradas de importancia comercial. Esto es idéntico a los resultados obtenidos en el 2015. Ambas especies son de importancia comercial y son representativas de las especies de aguas someras. En el presente censo los pargos fueron representados por cinco especies, aunque hubo diferencias entre ambas costas en las especies y géneros capturadas.

Es importante destacar que la distribución de especies obtenida es considerada representativa de las capturas de pesca comercial, a pesar de que en los desembarcos comerciales no se reportan especies tales como los gallos (*Holocentrus* spp.) y el jolocho (*Malacanthus plumieri*). Estas especies son consideradas de bajo valor comercial, no obstante, son parte integral de sus capturas y son impactadas de igual manera.

**Tabla 20: Resumen de Especies de Peces de Arrecife Capturados Durante el Periodo de Muestreo Desde Febrero de 2016 hasta Septiembre de 2016 en las Costas Oeste y Este de Puerto Rico**

	Costa Oeste	Costa Este
--	-------------	------------



Especies	# nd.	Peso	LH	LT	# Ind.	Peso	LH	LT
<i>Balistes vetula</i>	3	2.594	318.67	447.67				
<i>Calamus pennatula</i>	11	2.701	210.73	237.91	6	1.823	223.33	254.50
<i>Caranx bartholomaei</i>	1	1.399	415.00	480.00				
<i>Caranx crysos</i>	52	12.937	221.37	263.48	3	1.065	210.00	291.33
<i>Caranx latus</i>	3	3.133	387.67	444.33				
<i>Caranx ruber</i>	3	1.366	295.67	337.67				
<i>Cephalopholis cruentata</i>	13	1.632		201.46	11	1.858		215.73
<i>Cephalopholis fulva</i>	66	14.9702		232.98	76	11.026		206.13
<i>Diplectrum bivittatum</i>	1	0.03	129.00	140.00				
<i>Epinephelus guttatus</i>	19	13.878		340.63	47	21.059		293.34
<i>Epinephelus striatus</i>					1			298.00
<i>Haemulon aurolineatum</i>	3	0.262	161.00	183.67	12	0.973	159.25	180.67
<i>Haemulon plumieri</i>	6	1.16	206.67	229.33	17	4.626	228.82	256.29
<i>Halichoeres cyanocephalus</i>	1	0.221		238.00				
<i>Halichoeres radiatus</i>	3	1.739		324.00				
<i>Holocentrus adscensionis</i>	1	0.254	235.00	286.00	5	1.111	219.40	268.20
<i>Holocentrus rufus</i>	12	1.338	183.83	223.33	8	0.839	182.38	230.29
<i>Lactophrys trigonus</i>	2	2.114	392.00	406.00				
<i>Lutjanus analis</i>					1	0.767	346.00	380.00
<i>Lutjanus apodus</i>	1	0.157	203.00	210.00				
<i>Lutjanus synagris</i>	38	4.815	184.08	195.82	26	5.635	225.15	240.65
<i>Malacanthus plumieri</i>	25	5.713	335.09	381.18				
<i>Melichthys niger</i>	14	7.784	274.79	289.43	3	2.31	301.00	318.33
<i>Ocyurus chrysurus</i>	16	4.206	230.75	277.50	28	4.891	213.29	262.29
<i>Remora remora</i>	1	2.313	838.00	874.00				
<i>Rhomboplites aurorubens</i>					18	2.416	197.06	220.11
<i>Syacium micrurum</i>	1	0.048		170.00				
<i>Synodus foetens</i>	2	0.105	189.50	202.00				
<i>Synodus intermedius</i>					1	0.323	305.00	323.00
<i>Trachinocephalus myops</i>	1	0.131	213.00	234.00				
<b>Grand Total</b>	<b>299</b>	<b>87.000</b>	<b>237.648</b>	<b>264.26</b>	<b>263</b>	<b>60.722</b>	<b>212.92</b>	<b>241.31</b>

Para el período de muestreo de 19 al 30 de diciembre de 2016, un total de 18 estaciones fueron muestreadas por lo menos una vez en la costa oeste de Puerto Rico. Las capturas con línea y anzuelo rindieron 24 especies que representan a 13 familias pesando más de 87 kg de peces. Las categorías de los peces que predominan en la captura en número eran los meros, seguidos por los jureles y los pargos. El 33.11% fue constituido por cinco especies de meros, de los cuales, tres especies constituyeron el 32.78%. Cinco especies de jureles representan 19.73% del total. Los pargos, aunque estuvieron representados por tres especies, alcanzaron el 18.39% del total de la captura; entre ellos; dos especies constituyeron el 18.06% en términos de número. La mantequilla (*Cephalopholis fulva*) fue la especie más capturada representando 22.07% de la captura, seguida por la cojinúa (*Caranx crysos*, 17.39%), el arrayao (*Lutjanus synagris*, 12.71%), el jolocho (*Malacanthus plumieri*, 8.36%), el mero cabrilla (*Epinephelus guttatus*, 6.35%) y la japonesa (*Melichthys niger*, 4.68%) en términos de número. En términos de peso, la cojinúa fue la especie más capturado, con 17.87%, seguido por la mantequilla (17.21%), la cabrilla (15.95%), la japonesa (8.95%) y el jolocho (6.57%).

Para el período de muestreo de 2 de febrero de 2016 a 21 de diciembre de 2016, 8 estaciones fueron muestreadas por lo menos una vez en la costa este. Se colectaron 16 especies que representan siete familias pesando 60 kg de peces. Tres grupos de peces constituyen la mayoría de las capturas, los meros con 51.33%, los pargos 27.76% y las cachicatas 11.03% del total de la captura por número.



La mayor parte de la captura de la costa este en termino de número y peso, 57.41% y 60.89%, respectivamente, fue constituida por tres especies. La mantequilla (*C. fulva*, 28.90%) fue la especie más capturada en termino de número, seguido por la cabrilla (*E. guttatus*, 17.87%) y la colirrubia (*Ocyurus chrysurus*, 10.65%). Los pargos y meros considerados los grupos de mayor valor comercial, representaron 79.09% de la captura total.

La composición de especies por estaciones muestreadas varía según dos factores: el área y profundidad. La composición de especies de la costa oeste en términos de número estaba compuesta por meros (33.1%), seguidos por los jureles (19.7%), pargos (18.4%), plumas (3.7%), jolocho (8.4%), candiles (4.3%), pargos (6.23%), cachicatas (3.0%), peje puerco (1.85%) y la representación de 14 familias hicieron la categoría otros (1.9%). En términos de peso, la composición de especies, fue dominada por los meros (29.85%), seguidos por los jureles (22.07%), la pluma (12.60%), el jolocho (11.49%), peje puerco (5.55%), pargos (4.61%), Candiles (3.59%), las cachicatas (2.38%) y la categoría de otros peces 7.5%.

La composición de especies de la costa este estaba compuesta por meros (51.33%), seguidos de pargos (27.76%), jureles (1.14%), candiles (4.94%), cachicatas (11.03%), plumas (2.28%), jolochos (0.0%), pejes puerco (1.14%) y otros (0,2%) en términos de cantidad. En cuanto a peso, los meros (61.81%) fue el grupo dominante, seguido por los jureles (11.58%), pargos (10.86%), plumas (3.48%), candiles (3.63%), cachicatas (3.41%), pejes puerco (1.14%), jolochos (1.70%) y otros (0.4%).

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en las muestras de las estaciones en la costa oeste mostró un rango entre 0.0137 y 0.7687 kg/hora anzuelos, los resultados en términos de kg/viaje fueron entre 0.3280 y 18.6432. El CPUE de las estaciones de la costa este varió de 0.028 a 0.390 kg/ hora anzuelos, en términos de kg/viaje varió de 1.343 a 15.867.

La Tabla 21 muestra la composición por familias muestreadas en ambas costas. En la costa este el número de familias representadas (7) en la captura fue limitado comparado con la costa oeste (12). La costa oeste exhibe una gran variedad de familias de peces de arrecife, con cerca de 13. A pesar del número limitado de familias atrapadas en la costa este durante el 2016, datos a largo plazo revelan son las mismos que en la costa oeste. No hay diferencia en las familias.

**Tabla 21: Resumen de Familias de Peces Capturadas en la Monitoría de Peces de Arrecife Durante el Periodo de Enero a Diciembre de 2016**

Familia	Oeste				Este		
	#Ind.		Peso		#Ind.	Peso	
<b>Sparidae</b>	11	3.68%	2.701	3.10%	6	2.28%	1.823
<b>Serranidae</b>	99	33.11%	30.5102	35.07%	135	51.33%	33.943
<b>Lutjanidae</b>	55	18.39%	9.178	10.55%	73	27.76%	13.709
<b>Carangidae</b>	59	19.73%	18.835	21.65%	3	1.14%	1.065
<b>Haemulidae</b>	9	3.01%	1.422	1.63%	29	11.03%	5.599
<b>Malacanthidae</b>	25	8.36%	5.713	6.57%	0	0.00%	0
<b>Holocentridae</b>	13	4.35%	1.592	1.83%	13	4.94%	1.95
<b>Balistidae</b>	17	5.69%	10.378	11.93%	3	1.14%	2.31
<b>Ostraciidae</b>	2	0.67%	2.114	2.43%	0	0.00%	0
<b>Labridae</b>	4	1.34%	1.96	2.25%	0	0.00%	0
<b>Echeneidae</b>	1	0.33%	2.313	2.66%	0	0.00%	0
<b>Paralichthyida</b>	1	0.33%	0.048	0.06%	0	0.00%	0

En la Gráfica 25 se compara la composición de especies obtenidos por categorías de peces o grupos capturados en las costas oeste y este, tanto por número y como por peso. En la Tabla 22 se muestra la misma información. La composición fue idéntica, con los mismos grupos representados en ambas costas: meros, pargos, jureles, candiles, plumas, cachicatas y otros peces. El único grupo que no está representado en las capturas de la costa este fueron los jolochos. Los meros y



pargos fueron los dos grupos dominantes por número en la costa este, mientras que en la costa oeste los meros y los jureles dominaron la captura por número.

Gráfica 25: Composición de Especie en Término de Número de los Grupos de Peces Capturados Durante el Periodo de Monitoria de Enero a Diciembre de 2016 en las Costas Este y Oeste.

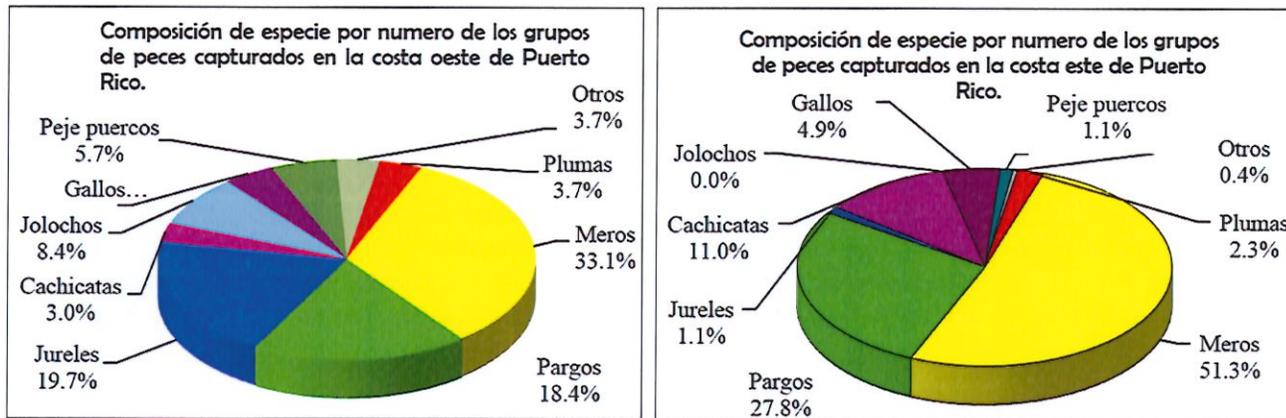


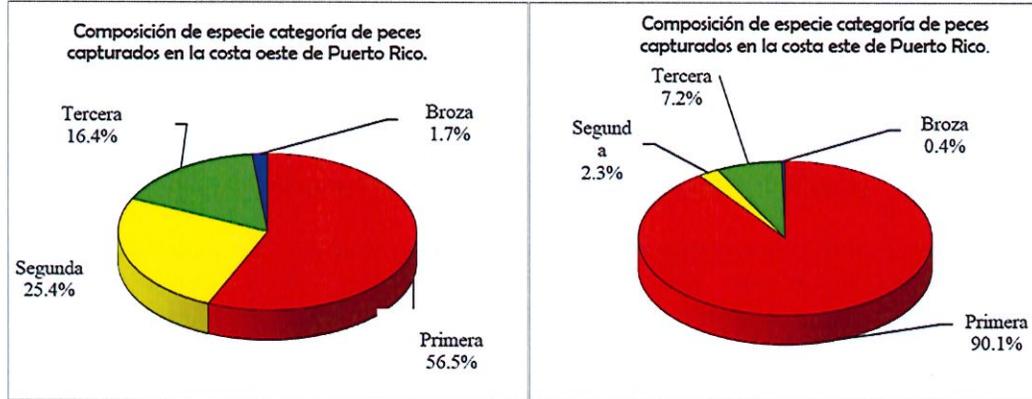
Tabla 22: Resumen Capturas por Categorías de Especies de Peces Capturados Durante el Periodo de Enero a Diciembre de 2016

	Oeste		Este	
	# Ind.	Peso	# Ind.	Peso
Plumas	3.68%	3.10%	2.28%	3.00%
Meros	33.11%	35.07%	51.33%	55.90%
Pargos	18.39%	10.55%	27.76%	22.58%
Jureles	19.73%	21.65%	1.14%	1.75%
Cachicatas	3.01%	1.63%	11.03%	9.22%
Jolochos	8.36%	6.57%	0.00%	0.00%
Gallos	4.35%	1.83%	4.94%	3.21%
Peje puercos	5.69%	11.93%	1.14%	3.80%
Otros	3.7%	8.5%	0.4%	0.0%

Alrededor de la isla se utilizan varias categorías de mercadeo (Matos y Sadovy, 1990)<sup>16</sup> de los grupos o familias de peces capturados. En la Gráfica 26 se presenta la composición de especies obtenida acorde a dichas categorías por costa. Se aprecia que la costa este obtuvo una captura de mayor calidad siendo dominada las capturas por especies de primera calidad. Mencionamos anteriormente que la categoría de primera está compuesta por los meros y pargos. Cabe mencionar que la categoría de broza ha ido disminuyendo con el pasar de los años, ya que especies que anteriormente no se mercadeaban ahora se venden como especies de tercera.

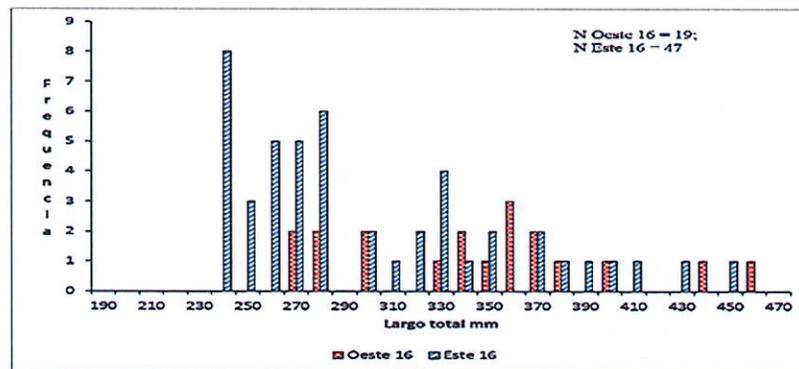
Gráfica 26: Composición de Especie de la Captura por Categoría de Mercado de las Especies Capturadas Durante el Periodo de Monitoria de Enero a Diciembre de 2016.

<sup>16</sup> Véase: Matos-Caraballo, D. & Y. Sadovy. 1990. Overview of Puerto Rico small-scale Fisheries Statistics 1988-89. Technical Report CODREMAR 1(4):1-17



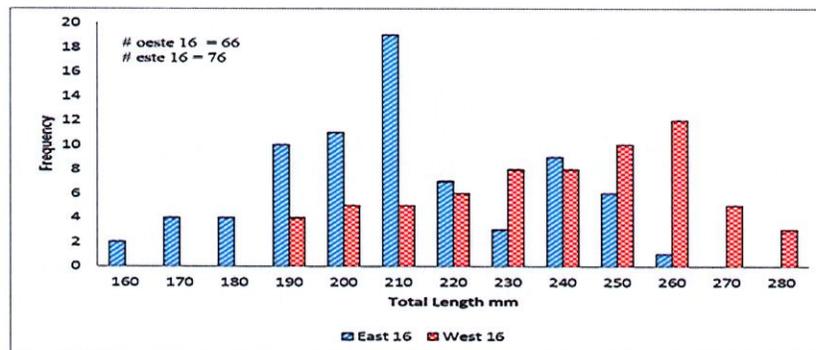
Las dos especies principales dentro del grupo de los meros fueron las cabrillas y las mantequillas. En la Gráfica 27 se ilustra la distribución de talla de las cabrillas obtenida de los censos de peces de arrecife durante el 2016 en las costas este y oeste. Las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas.

**Gráfica 27: Distribución de Tallas Obtenida para las Cabrillas Capturadas en las Costa Oeste y Este de la Isla Durante el 2016**



Por otra parte, la distribución de tallas obtenidas para las mantequillas capturadas en la costa este y oeste no muestran diferencias estadísticamente significativas (Gráfica 28).

**Gráfica 28: Distribución de Tallas Obtenida para las Mantequillas Capturadas en las Costas Este y Oeste de la Isla Durante el 2016**



Al comparar los resultados obtenidos en el censo realizado de los peces de aguas someras en el 2013 con los del 2009 y el 2011 se observan cambios en las especies dominantes. En el presente censo (2016) los meros dominan las capturas en



términos de número o de peso. Las cabrillas y las mantequillas son las especies dominantes en las capturas desde el 1988 hasta el 2009, dependiendo de cuál es la dominante a base de la profundidad y áreas muestreadas, además, de si se muestrea durante las agregaciones de reproducción de la cabrilla. No obstante, en el 2014 pasan a ser la cuarta y quinta especie más capturadas al igual que en el 2013. Esto es un reflejo de las áreas monitoreadas conjuntamente con el hecho de no haber podido monitorear las agregaciones de reproducción durante dicho año. Para el 2014 las capturas fueron dominadas por los pargos, siendo los arrayaos la especie más capturada en la costa oeste.

Cabe resaltar la necesidad de continuar monitoreando estos recursos en ambas costas, además de lo importante de incluir la costa sur en dichos estudios. Además, necesitamos que se lleve a cabo un “stock assessment” de estos recursos con los resultados obtenidos en este estudio ya que estos son los más recientes y nos darían el estatus más actual de los recursos.

### Recursos pesqueros constituidos por crustáceos (langosta) y moluscos (carrucho)

#### Langosta

Datos disponibles hasta el presente para censos de la langosta (*Panulirus argus*) correspondían a los llevados a cabo entre el 2008 y el 2010. Para este informe del indicador disponibilidad de algunos recursos pesqueros de alta demanda se presentan datos actualizados de este recurso. El nuevo censo para esta especie comenzó en diciembre de 2014, y culminó en marzo de 2016.

Para el censo de juveniles de langostas se desplegaron en seis estaciones en la costa oeste de Puerto Rico durante el año 2007, las cuales fueron visitadas para evaluar el estado de las mismas. En cada estación se despliegan 10 casitas, que soportaron el embate de los huracanes Sandy y Rita en el 2013 y 2014, respectivamente. La mayoría de las estructuras está en buenas condiciones para continuar el muestreo, aunque la mayoría están cubiertas de todo tipo de organismos sésiles tales como algas, moluscos, corales suaves y duros. Esto presenta un dilema, más específicamente los corales, ya que esto constituye hábitat esencial de peces por lo cual no se puede remover ningún organismo. El dilema consiste en si este sobrecrecimiento reduce la capacidad de la estructura de ofrecer suficiente espacio para el reclutamiento de juveniles de langostas. Debido al estado de varias de las estructuras se construyeron básicamente las 10 casitas de una sola estación, en Boquerón. En algunas otras estaciones al menos una de las casitas ha sido enterrada en la arena y se encuentra casi cementada en la parte inferior.

**Tabla 23: Resumen de Capturas de Juveniles de Langosta Monitoreadas Desde Diciembre 8, 2014 a Diciembre 23, 2015 en la Costa Oeste de Puerto Rico**

Site	0.25	0.5	0.75	1"	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	Total	Octopus	Morays
Bramadero	2	14	20	33	14	13	4	4	1	1		1	107	13	27
El Negro		4	27	28	16	33	5	14	3	2		2	134	17	26
El Ron	5	29	26	19	9	10	3	2					103	9	23
Fanduca	1	2	5	4	1	6	4	2				1	26	27	152
Pnt Aguila	8	23	26	20	2	1							80	18	4
El Combate		8	11	11	1	2							33	12	57
<b>Grand Total</b>	<b>16</b>	<b>80</b>	<b>115</b>	<b>115</b>	<b>43</b>	<b>65</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	<b>483</b>	<b>96</b>	<b>289</b>

El Comité de SEAMAP-C<sup>17</sup> evaluó las condiciones de las casitas y recomendó mantener control de las estructuras sin remover los organismos, puesto que ellos aún están reclutando langostas. En las estaciones donde las casitas han sido sepultadas por la arena y cementado a la parte inferior, casitas nuevas fueron desplegadas cerca de ellos. La monitoria fue retrasada debido muchos problemas de logística con la embarcación asignada para llevar a cabo la encuesta.

<sup>17</sup> Estas son las siglas para el Programa de Monitoreo y Evaluación del Área Sureste – Caribe, el cual constituye un programa cooperativo para la monitoria independiente de la pesca comercial y combina esfuerzos entre el Servicio Nacional de la Pesca Marina (National Marine Fisheries Service) y agencias estatales de pesca.



Las casitas están desplegadas en seis lugares de la costa oeste que incluyen Boquerón, Bramadero, El Negro, El Ron, Fanduca y Punta Águila. Finalmente, el monitoreo de casitas comenzó en diciembre de 2014 y se completó en diciembre de 2015.

La Tabla 24 resume los datos obtenidos por mes para langostas juveniles. El total de individuos muestreados ascendió a 483 con un largo de caparazón (LC) que va desde 0.25" a 3". La mayoría de los juveniles estudiados (95.9%) registraron un LC entre 0.5" a 2.5". El mayor número de juveniles capturados estaban en una gama de tamaños entre 0.75" y 1" de LC (tabla 1). El Ron registró la menor cantidad de juveniles con 26 individuos, seguidos por Punta Águila con 33 y Fanduca con 80. Bramadero reportó el número más alto de juveniles con 134, seguidos de El Combate con 107 y El Negro con 103. Sospechamos que ha acontecido algún nivel pesca en ciertas casitas. Algunas de ellas están desplegadas cerca a la orilla, en específico en El Combate; aunque todavía no tenemos evidencia de la cosecha.

Un total de 96 pulpos y 289 morenas fueron removidos de las casitas. Sobre el pulpo, 95 de los individuos pertenecen a la misma especie, *Octopus vulgaris*. Por su parte, las morenas muestreadas representan varias especies, incluyendo *Gymnothorax funebris* y *G. moringa*, entre otras.

Respecto a las langostas en etapa larval, durante el mes de diciembre de 2015 se registró el número más alto (90) y el más bajo durante junio con 13 individuos. El muestreo de las casitas cubrió un periodo de 13 meses hasta marzo de 2016. Los datos para el año 2016 en su totalidad se reportará durante el informe prospectivo del 2017 para el presente indicador ambiental.

**Tabla 24: Resumen por Mes Cantidad de Langostas Juveniles en Cada una de las Estaciones Colocadas en la Costa Occidental de Puerto Rico Diciembre 2014 – Diciembre de 2015**

Site	El Combate	Bramadero	El Negro	El Ron	Fanduca	Punta Aguila	Grand Total
Diciembre	0	0	11	7	6	4	28
Enero	2		12	6	9	2	31
Febrero	1	5	4	4	3	0	17
Marzo	2	6	3	5	2	1	19
Abril	3	3	2	8	1	1	18
Mayo	1	2	4	8	0	1	16
Junio	1	4	1	6	0	1	13
Julio	2	2	3	16	1	3	27
Agosto	3	9	16	0	0	3	31
Septiembre	0	29	3	13	2	24	71
Octubre	4	17	5	13	0	27	66
Noviembre	3	22	14	8	1	8	56
Diciembre	8	11	56	9	1	5	90
<b>Total</b>	<b>107</b>	<b>134</b>	<b>103</b>	<b>26</b>	<b>80</b>	<b>33</b>	<b>483</b>

El segundo censo de monitoria de las langostas corresponde a las etapas post-larvales por la cual atraviesa dicha especie antes de alcanzar la etapa de langosta juvenil utilizando colectores de larvas. Estos son construidos con PVC y láminas de filtro de aire acondicionado en los cuales se depositan las larvas buscando un sustrato favorable para culminar su etapa larval. Todos los colectores de larvas fueron desplegados en seis sitios cerca de las casitas (Tablas 25 y 26). En cada sitio, dos colectores se desplegaron a diferentes profundidades, a media agua identificada como poco profundas se identifican con la letra S y los ubicados cerca del fondo se identifican como profundo por la letra D. El muestreo se inició en abril de 2015 y culminó en marzo de 2016. El único mes en que no se pudo realizar muestreo corresponde a enero de 2016, debido a las condiciones meteorológicas prevalecientes. Las larvas se clasifican como transparente, transparente pigmentado, puerulos y juveniles. Las larvas se registraron en todos los sitios y colectores entre abril de 2015 y marzo de 2016 para un total 1,337 individuos muestreados. La mayor cantidad muestreados fueron los puerulos (661), seguido de larvas



transparentes (242), juveniles (202) y transparentes pigmentados (157). Se presenta en la Tabla 26 un resumen de larvas reportadas por mes; hasta junio fue el mes más productivo con 344 post-larvas, abril con 194, mayo con 175 y julio con 87. Octubre (40) fue el mes con el menor número registrado de larvas seguido por agosto (46) y septiembre (51).

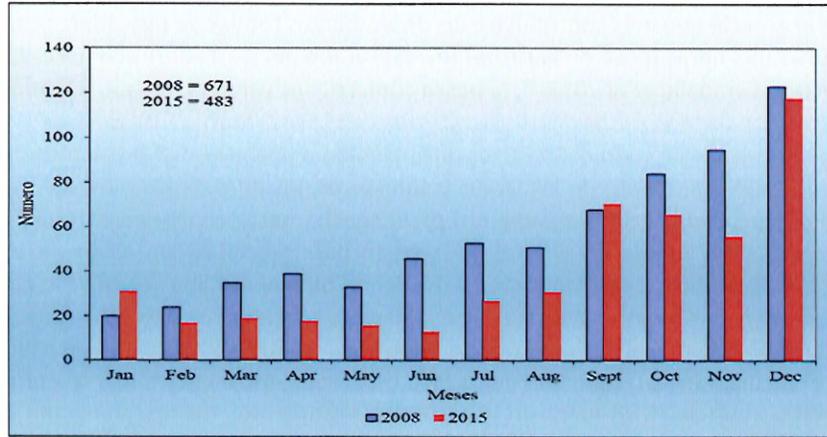
Tabla 25: Resumen Captura de Larvas de Langosta Periodo Abril 10, 2015 a Marzo 4, 2016 Costa Occidental de Puerto Rico

Collector ID	Transparent	Trans. Pigmented	Puerulos	Juveniles	Total
A1D	25	19	20	18	82
A1S	3	1	5	10	19
A2D	11	10	23	35	79
A2S	1	1	8	7	17
B1D	22	21	33	15	91
B1S	8		9	5	22
B2D	25	15	27	13	80
B2S	2	1	7	2	12
C1D	2	1	107	7	117
C1S	1	2	29	3	35
C2D	9	10	61	9	89
C2S	2	2	6	3	13
D1D	13	8	44	20	85
D1S		2	12	11	25
D2D	22	18	41	23	104
D2S	2	1	15	9	27
E1D	22	9	49	10	90
E1S	7	2	16	7	32
E2D	18	5	36	9	68
E2S	3	2	22	13	40
F1D	35	12	36	6	89
F1S	3	9	21	16	49
F2D	11		10	7	28
F2S	3	6	24	11	44
<b>Grand Total</b>	<b>250</b>	<b>157</b>	<b>661</b>	<b>269</b>	<b>1337</b>

Tabla 26: Resumen Langostas Etapa Larval por Mes costa Occidental Puerto Rico de Abril 2015 a Marzo 2016

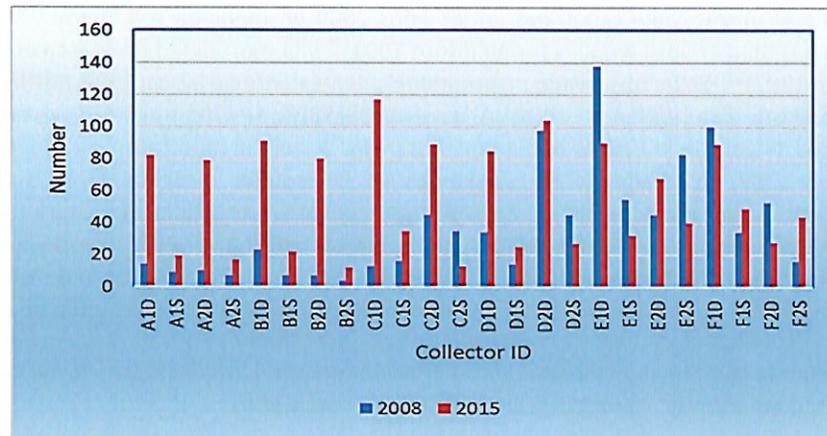
Dates	Transparent	Trans. Pigmented	Puerulos	Juveniles	Total
April	49	13	106	26	194
May	29	3	131	12	175
June	60	81	144	59	344
July	15	7	45	20	87
August	10	1	21	14	46
September	6	3	24	18	51
October	23	6	9	2	40
November	31	14	29	29	103
December	19	29	56	22	126
February	2		75	38	115
March	6		21	29	56
<b>Total</b>	<b>250</b>	<b>157</b>	<b>661</b>	<b>269</b>	<b>1337</b>

Gráfica 29: Langostas Juveniles en Habitáculos Artificiales en el Área Oeste de la Isla Durante el 2008 y en el 2015



Los datos disponibles permiten hacer comparaciones entre los años 2008 y 2015 a manera de reconocer si existe una tendencia de cambio en frecuencia de juveniles de la langosta en la costa oeste. Las diferencias observadas en las distribuciones de juveniles capturados en ambos años no son estadísticamente significativas, aun cuando la cantidad de individuos capturados en el 2008 fue mayor al reportado en el 2015. Al comparar el total de las capturas de larvas por colector del 2008 con las del 2015 resultaron en diferencias estadísticamente significativas. En el 2015 el número de larvas reportadas fue mayor que las obtenidas en el 2008.

Gráfica 30: Larvas de Langostas en Colectores de Larvas Artificiales en el Área Oeste de la Isla Durante el 2008 y en el 2015



### Carrucho

A continuación, se presentan los resultados actualizados de las poblaciones de carrucho en el área oeste obtenidos en el 2013 toda vez éste no se realizó durante el 2014. Para el verano de 2015 se llevó a cabo el censo de las poblaciones de la costa este, los cuales estarían disponibles en el 2017.

### Trasfondo general

El carrucho *Strombus gigas* (*Lobatus gigas*), es un recurso valioso tanto comercial y recreativo en la mayoría de las islas del Caribe y Puerto Rico no es una excepción. Los buzos dedicados a la captura del carrucho son los pescadores comerciales más exitosos en la isla (Matos-Caraballo et al 2012)<sup>18</sup>. Después de la langosta (aproximadamente 13%), el

<sup>18</sup> Véase: Matos-Caraballo D., H.Y. López, J. León, J. Rivera and L.T. Vargas. 2012. Puerto Rico's Small-scale Commercial Fisheries Statistics during 2007-2010. *Proceeding of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 64:533.



carrucho es la especie que más contribuye a los desembarcos totales de pescadores comerciales (cerca de 11%). En 2007, un total de 143.653 libras (peso de la carne) fue capturado por pescadores comerciales. A un precio promedio de \$3.78 por libra (Matos-Caraballo et al 2012)<sup>19</sup>, la pesca comercial es valorada en aproximadamente \$543,008.

El manejo de la especie en todo el Caribe es difícil debido a una variedad de factores, incluyendo, pero no limitado a, las incertidumbres sobre la fuente de las larvas y sumideros, las densidades mínimas necesarias para la reproducción, los cambios en el crecimiento (del alargamiento de la concha hasta engrosamiento del labio) y la facilidad de cosecha en aguas poco profundas donde los adultos se agregan para reproducirse. El haber incluido el carrucho en la Lista del Apéndice II del “Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna” (CITES) a partir de 1992 ha ayudado con respecto a acciones de evaluaciones de abastos y recopilación de datos como países exportadores necesitan certificarse a través de su autoridad científica local que la cosecha y exportación no afectan negativamente a la población. El recurso del carrucho en Puerto Rico está manejado conjuntamente por el gobierno federal y el estatal. De tierra a 9 millas náuticas (NM) fuera de la costa, los reglamentos de cosecha están impuestos por el gobierno estatal. Fuera de las 9 NM corresponde a la zona económica exclusiva donde el gobierno federal de los Estados Unidos de América supervisa y establece normas sobre los recursos marinos a través del Consejo de Administración Pesquera del Caribe. En 1997, la zona económica exclusiva de Estados Unidos cercanas a Puerto Rico, y la cercana a las Islas Vírgenes Estadounidenses, particularmente la de St. Thomas y St. John, fueron cerradas a la pesca del carrucho, y también en este momento se implementó una veda en aguas territoriales (desde 1 de julio al 31 de septiembre de cada año). En el 2004, regulaciones adicionales incluyeron una longitud mínima de concha de 9 pulgadas (22,86 cm) o 3/8 pulgada (9,5 mm) mínimo de grosor del labio y un límite de captura de 150/día por persona o 450/día por embarcación, respectivamente. En 2012, se modificó la veda en aguas puertorriqueñas al 1 de agosto al 31 de octubre.

La pesca de carrucho de Puerto Rico actualmente está sobreexplotada, pero recuperándose de sobrepesca severa y pérdida de hábitat en la década de 1980. A mediados de los años 80, un viaje de pesca promediaba 160 libras de carne, mientras que el mismo viaje temprano en los años 2000 promediaba solamente 72 libras (Valle-Esquivel 2002)<sup>20</sup>. Las capturas se basaban en los juveniles (Appeldoorn 1991)<sup>21</sup> y la mortalidad por pesca era mayor que la mortalidad natural (Appeldoorn 1987)<sup>22</sup>. Se ha observado una tendencia decreciente de las capturas desde la década de 1980 (Mapa 9). Para tratar de combatir esta tendencia, el DRNA, a través del SEAMAP-C ha financiado estudios de censos visuales periódicos para recopilar datos que le ayudarán con en el manejo. Previo al monitoreo estandarizado de SEAMAP, se llevó a cabo un censo en 1987, restringido a 81 estaciones en la esquina suroeste de la isla. La densidad promedio fue de 8.11/hectáreas (Torres Rosado 1987)<sup>23</sup>. En 1997, la encuesta fue ampliada para cubrir tanto las costas este (29 estaciones) y oeste (60 estaciones), y las densidades promedio fueron 7.49/ha y 8.49/ha, respectivamente (Mateo 1997)<sup>24</sup>. Sesenta estaciones fueron encuestadas en la costa oeste otra vez en el año 2001, y la densidad había aumentado a 14,42/ha (Appeldoorn 2002)<sup>25</sup>. La encuesta de 2006 agregó la costa sur (14 sitios) al régimen de muestreo y se monitoreo las áreas en las costas este (40 estaciones) y el oeste (46 estaciones) (Jiménez 2007)<sup>26</sup>. Las encuestas realizadas variaron en tiempo lo cual complica la comparación directa por la variación temporal. No obstante, no fueron detectados cambios temporales significativos mediante las estadísticas disponibles en el momento.

<sup>19</sup> *Idem*

<sup>20</sup> Véase: Valle-Esquivel, M. 2002. U.S. Caribbean Queen Conch (*Strombus gigas*) data update with emphasis on the commercial landing statistics. NOAA, Sustainable Fisheries Division Contribution SFD-01/02-169.

<sup>21</sup> Véase: Appeldoorn, R.S. 1991. History and Recent Status of the Puerto Rican conch fishery. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 40:267-282.

<sup>22</sup> Véase: Appeldoorn, R.S. 1987. Assessment of mortality in an offshore population of queen conch, *Strombus gigas* L. in southwest Puerto Rico. U.S. Fish. Bull. 85:797-804

<sup>23</sup> Véase: Torres-Rosado, Z.A. 1987. Distribution of two mesogastropods, the queen conch, *Strombus gigas* Linnaeus, and the milk conch, *Strombus costatus* Gmelin, in La Parguera, Lajas Puerto Rico. M.S. Thesis, Univ. Puerto Rico, Mayaguez, 37 p.

<sup>24</sup> Mateo, I. 1997. Spatial Variations in Stock Abundance of Queen Conch, *Strombus gigas*, (Gastropoda: Strombidae) in the West and East Coast of Puerto Rico. M.Sc. Thesis. Univ. of Puerto Rico, Mayaguez. 75 p.

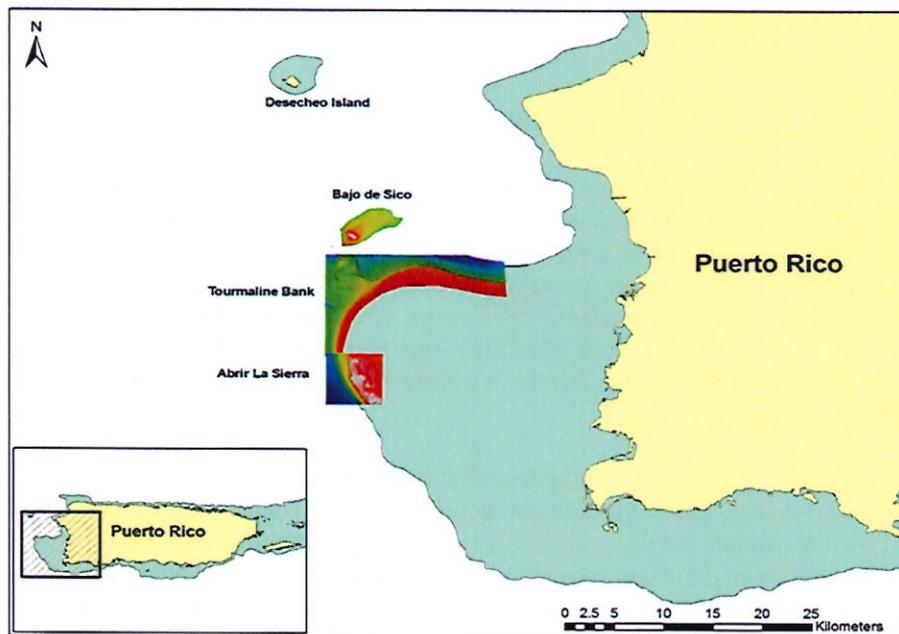
<sup>25</sup> Véase: Appeldoorn R.S. 2002 Underwater survey of the Queen Conch resource in Puerto Rico. Final Report to NMFS/ SEAMAP Program. 30 pp.

<sup>26</sup> Véase : Jiménez. N. 2007. Caribbean/NMFS Cooperative SEAMAP Program Queen conch *Strombus gigas*, assessment 2006. Department of Natural and Environmental Resources. 30 pp.



Las bajas densidades de carrucho observada repetidamente a lo largo de estas encuestas, combinados con estudios que sugieren que una densidad mínima de 50 hectáreas es necesaria para la reproducción (Stoner y Ray-Culp 2000)<sup>27</sup>, puede sugerir que otras fuentes de larvas están manteniendo la población de carrucho. En 2012, se completó un estudio de las especies comercialmente importantes en tres arrecifes mesofóticos de la costa oeste de Puerto Rico (125-145 pies de profundidad) (García-Sais et al 2012)<sup>28</sup>. En uno de estos sitios en particular, Abrir La Sierra (Figura 2), una gran cantidad de caracoles adultos (672 individuos) fueron observados. Basado en densidades calculadas (desde 3.3 por hectárea a 194/ha basado en hábitat) y área del hábitat disponible estimado (321ha), García-Sais calculó población estimada de 29.092 personas. De éstos, 95% tenían longitudes de concha de 20-28 cm. El grosor del labio promedio fue de 21mm, con un 72% entre 20 y 30 mm. Se observaron carruchos reproductivamente activos, pero no se cuantificó el grado de esta actividad. Esta alta densidad de carruchos reproductivamente activos puede contribuir las larvas para el reclutamiento más cerca de la costa.

Mapa 9: Posición Relativa de Abrir La Sierra a la Plataforma Insular Occidental de Puerto Rico. (Citado de García –Sais et al. 2012)



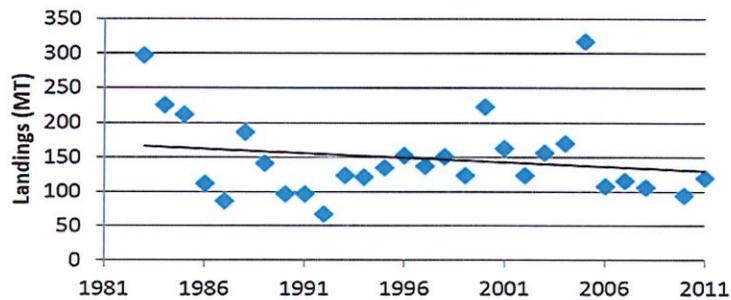
El propósito de este estudio fue volver a examinar la población de carruchos de aguas poco profundas en la costa oeste de Puerto Rico, que soporta las áreas pesqueras primarias y la serie de tiempo más larga de las últimas encuestas. Los objetivos fueron generar estimados de densidad que podrían usarse (1) para evaluar las tendencias y estado actual y (2) atender preguntas específicas de manejo. Estas últimas incluyen comparar abastos de desove de aguas someras y aguas profundas y comparar la situación de las poblaciones dentro de la EEZ (aguas federales), donde la pesca está prohibida, a las aguas locales, que están abiertas a la pesca. Además, a diferencia de las últimas encuestas, el análisis de datos empleará modelos lineales generalizados para generar comparaciones estadísticas más robustas.

<sup>27</sup> Véase: Stoner W.A. and M. Ray-Culp. 2000. Evidence for Allele effects in an over harvested marine gastropod density dependent mating and egg production. Mar. Ecol. Prog. Ser. 202:297-302

<sup>28</sup> Véase: García-Sais JR, J Sabater-Clavell, R Esteves and M Carlo. 2012. Fishery independent survey of commercially exploited fish and shellfish populations from mesophotic reefs within the Puerto Rican EEZ. Submitted to CFMC, San Juan PR. 91p.



Gráfica 31: Datos de Captura para la Pesca Comercial de Carrucho en Puerto Rico. Los datos provienen del Laboratorio de Investigaciones Pesqueras y son ajustados para reflejar capturas no reportadas. Los factores de corrección variaron entre 45-59% basado por año.



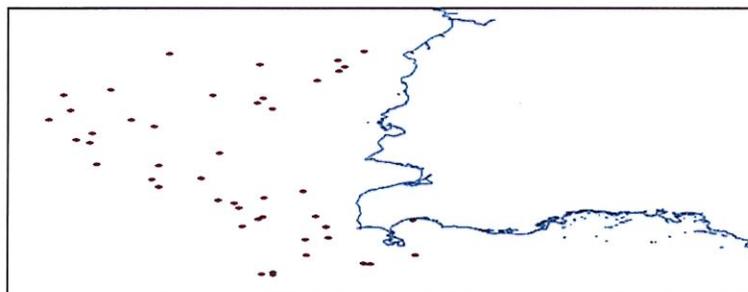
### Métodos

#### Censos visuales:

En el 2006, las entrevistas con pescadores identificaron antiguas áreas de pesca de carrucho, así como áreas presentes de pesca activa y áreas conocidas de juveniles, en las costas del sur, del oeste y del este de Puerto Rico. Se reconoce la costa oeste de la Isla como el área primaria de pesca para este molusco en Puerto Rico. Estos mapas fueron digitalizados en una base de datos GIS utilizando ArcMap y fueron utilizados como ámbito dentro del cual identificar 46 sitios en donde llevar a cabo una encuesta aleatoria en la costa oeste. Esto se desarrolló a través del contorno de 90 pies de profundidad, usando la herramienta "crear puntos aleatorios" (ver Mapa 10). El límite de 90 pies fue elegido para la seguridad del buzo. Todas las categorías (pasado, presente y juvenil) recibieron el mismo peso durante la selección del sitio, aunque muchos de los polígonos se solapan.

El método para realizar esta encuesta fue similar al aplicado en encuestas de años anteriores para efectos de la comparación de los resultados. En cada uno de los sitios, se realizaron estudios visuales mediante buceos pareados, en los cuales se utilizaron scooters submarinos, para así maximizar las distancias recorridas. Cada buzo encuestó transeptos de 4m de ancho y de longitud variable según la profundidad y tiempo de inmersión disponible, dentro de un máximo de tiempo de 45 minutos. Durante la encuesta, se registró para cada individuo de la especie su hábitat, la profundidad en que se encontraba, su clase por edad, y la duración estimada. De igual forma, se registró observaciones referentes a copulación o la puesta de huevos. Las clasificaciones de hábitat incluyen: arena, gorgonias, la yerba marina sobre la cual se detecta su presencia ya sea *Thalassia*, *Syringodium*, o *Halimeda*; algas, arrecifes, fondo duro o cualquier combinación de éstos. Por su parte, las clases de edad incluyeron: juveniles (J), adulto recién maduro (NMA), adulto (A), adulto viejo (OA) y adulto muy viejo (VOA). La distancia del transepto se calculó en ArcMap mediante la medición de la distancia en línea recta conectando las posiciones iniciales y finales.

Mapa 10: Localización de Sitios de Muestreo Obtenidos al Azar para el Censo Visual de Carruchos del 2013 Relativos a la Costa de Puerto Rico.





## Análisis de los datos

El área total encuestada se calculó multiplicando la longitud del transecto por 4m de ancho y luego se duplicó el área (dos transectos por sitio) y finalmente la suma de todos los 46 sitios (92 transectos). Las densidades se calculan dividiendo el número de carruchos observados en cada sitio por el área encuestada. Se hicieron comparaciones de densidades de adultos y juveniles entre años (1997, 2001, 2006 y 2013) modelando las densidades en función del régimen de manejo (territorial o federal), profundidad, hábitat y año mediante una transformación logarítmica de la distribución binomial negativa. Los análisis se realizaron utilizando la función del modelo lineal generalizado (GLIMMIX) de SAS. Se escogió esta distribución sobre la distribución *Poisson* porque está mejor equipado para manejar alta variabilidad. Ningún término de correlación espacial fue incluido en el modelo porque la inclusión de los términos profundidad y hábitat explicó la mayor parte de la variabilidad. La inclusión del régimen de manejo en el modelo ayudó a aclarar la efectividad de un cierre de más de 10 años de las áreas de pesca de la zona federal. Tendencias en cuanto a frecuencia de tamaño y la estructura de edad también fueron descritas. La población reproductora de la costa oeste se calculó usando las densidades sólo de las clases mayores de edad (adulto, adulto viejo y adulto muy viejo) multiplicados por los estimados del área de hábitat apropiado en la plataforma occidental basada en los estratos previamente digitalizados. Esta población reproductora entonces fue comparada con los estimados de la población mesofótica<sup>29</sup> en Abrir La Sierra (García Sais et al 2012)<sup>30</sup> para hacerse una idea de la contribución potencial de la población mesofótica en relativa a los abastos de aguas poco profundas.

## Resultados y discusión

Cuarenta y seis sitios fueron muestreados en el transcurso de la encuesta de 2013. El área total encuestada fue 37.45 ha, con áreas de transecto que van desde 0.3 hectáreas en la estación 5 hasta 3.97 hectáreas en la estación 11. Las diferencias en la cantidad de área cubierta se basan en una variedad de factores incluyendo, pero no limitados, a profundidad y corriente. El área promedio por transecto fue 0.814 ha. El número de carruchos observados fue 194 juveniles y 186 adultos, para un total de 380 carruchos. Esto no incluye la estación 6, donde se observaron 1,399 juveniles con una de longitud de concha menor de 10 cm. Este sitio no se incluyó en los análisis posteriores debido a los efectos de distorsión estadística.

Una representación general de la frecuencia de tamaño para todas las clases de edad está representada en la Gráfica 31. La longitud media de los adultos recién maduros fue 18.95 cm, y la longitud media de los adultos fue 21.58 cm.

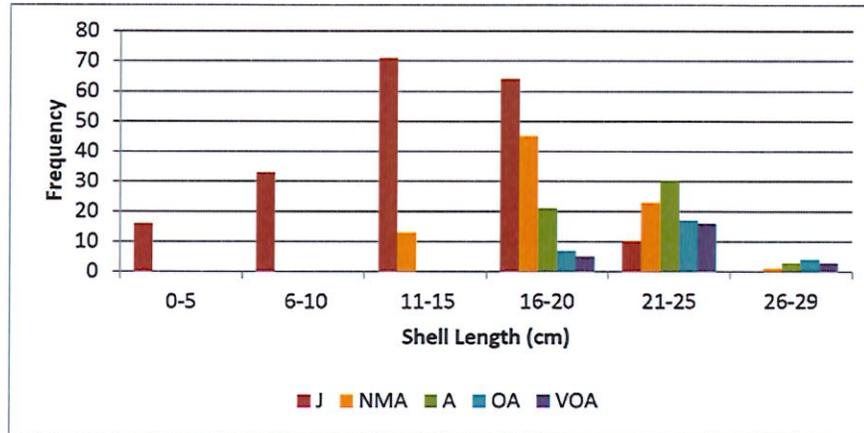
La primera pregunta abordó las diferencias temporales en los totales, en los adultos solos o juveniles solos, como factores de la profundidad y hábitat. La Gráfica 32 resume los resultados del primer análisis, modelando la densidad como una función de los siguientes efectos: año, profundidad y hábitat. Todos los resultados significativos están representados al nivel de  $p = 0.05$ . Hubo una densidad menor de carrucho adulto (adultos + juveniles) en 1997 (-0.783) en comparación con 2006 o 2013. Hubo una menor densidad de carrucho total en el hábitat de fango (-1.4726). También hubo una densidad menor de carruchos adultos en 1997 (-1.0379) en comparación con 2006 y 2013 y otra vez una densidad menor de carruchos adultos en el hábitat de fango (-2.3756). Con los juveniles, no hubo cambios significativos en la densidad temporal, pero el hábitat fue un factor mayor en la determinación de la distribución de la densidad. Fondo duro (-1.7592), arrecife (-1.3177) y fango (-1.405) todas tenían densidades significativamente más bajas de carrucho juvenil, mientras que las gorgonias tenían densidades de juveniles significativamente más altas (1.0776).

<sup>29</sup> Mesofótica: de la zona donde existen niveles intermedios de penetración lumínica

<sup>30</sup> Véase: García-Sais JR, J Sabater-Clavell, R Esteves and M Carlo. 2012. Fishery independent survey of commercially exploited fish and shellfish populations from mesophotic reefs within the Puerto Rican EEZ. Submitted to CFMC, San Juan PR. 91p.



Gráfica 32: Frecuencia de Tamaños para todas las Categorías de Clases de Edad en el Censo Visual del Carrucho de 2013. J-juveniles, NMA-Adultos Recién Maduros, A-Adulto, OA-Adulto Viejo, VOA- Adulto muy Viejo.



Conclusiones preliminares sobre la estructura de edad y frecuencia de tamaños entre la encuesta de 1997 y la última muestran lo siguiente:

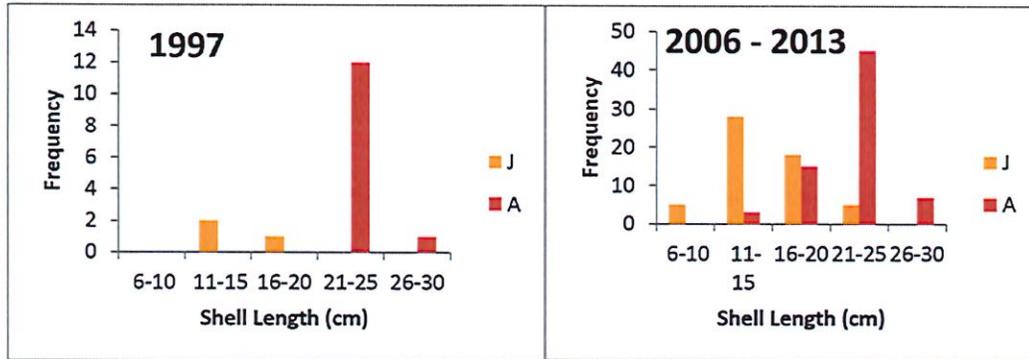
1. El aumento observado entre la densidad del 1997 y los años posteriores representa un aumento más del doble (8,49 por hectárea global en 1997 versus 14.42-22.4/ha total en 2013 y 2006, respectivamente). Esto sugiere que los esfuerzos de manejo (áreas cerradas, vedas, cuota diaria, límites de tamaño) han tenido un efecto positivo.
2. La aparición de la clase de tamaño de los adultos de 16-20 cm en las encuestas posteriores (Gráficas 33 y 34) sugiere que la regulación de tamaño mínimo de concha (9 in = 22.86 cm) también está teniendo un efecto. Aquellos individuos que están por debajo del umbral no se pescan y son capaces de llegar a las etapas adultas.
3. La diferencia principal observada entre el 1997 y las estructuras de edad de 2013 (Gráfica 35) es la presencia en el 2013 de la VOA en sitios de aguas llanas y el EEZ que no estaban presentes en 1997.

La última pregunta a ser abordada es la importancia potencial de la población mesofótica reproductora de carruchos encuestada por García-Sais et al. (2012)<sup>31</sup> en relación a la de la plataforma de aguas llanas. Esto se evaluó comparando la densidad total de adultos y la población en aguas llanas a las estimadas de García-Sais et al., (2012). La densidad calculada de reproductores (incluyendo sólo las clases mayores de edad de adultos, adulto viejo y adulto muy viejo) aguas de la plataforma para el 2013 del censo visual fue de 4.105/ha. Sobre las 42.074 ha del área que fueron identificados previamente como estratos de carrucho (es decir, pasado y presente zonas de pesca así como áreas de juvenil identificadas durante las encuestas por los pescadores), hay 172.705 individuos capaces de reproducirse. Por lo tanto, mientras que la población mesofótica de carrucho en Abrir La Sierra es de alta densidad (194.93/ha en el arrecife de rodolitos) y un gran número de individuos (29.092) sólo constituyen el 14% de la población reproductora potencial total en la costa oeste.

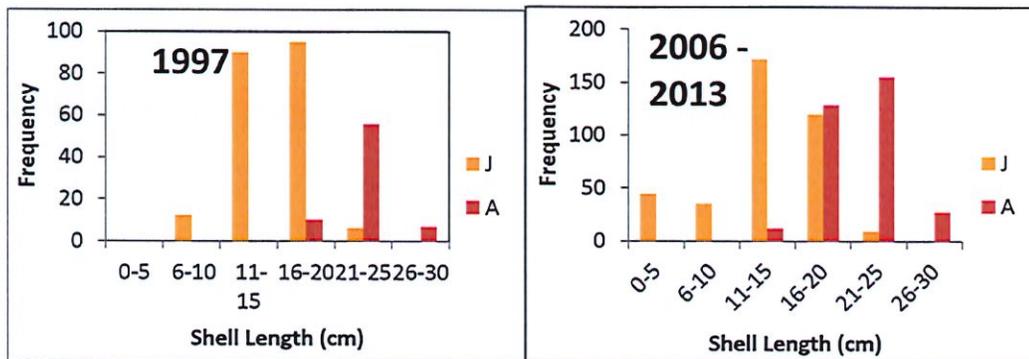
<sup>31</sup> Véase: García-Sais JR, J Sabater-Clavell, R Esteves and M Carlo. 2012. Fishery independent survey of commercially exploited fish and shellfish populations from mesophotic reefs within the Puerto Rican EEZ. Submitted to CFMC, San Juan PR. 91p.



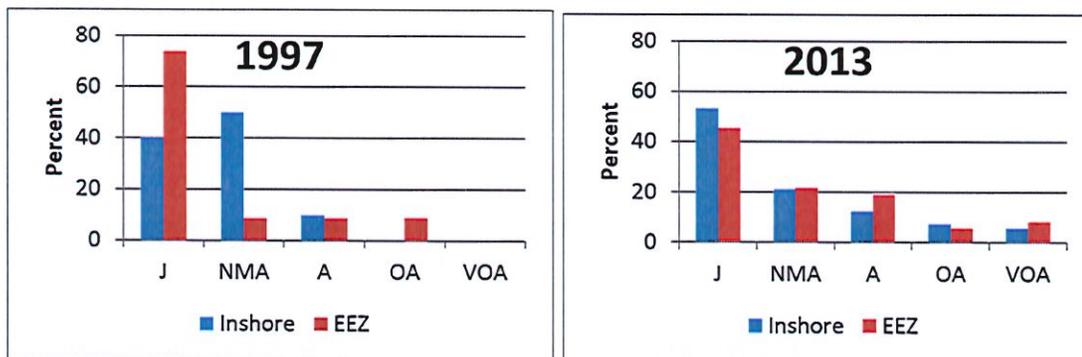
Gráfica 33: Distribución de Frecuencia de Tallas de Adultos y Juveniles dentro de la EEZ (>9NM) en el Occidente de Puerto Rico en 1997 y 2006/2013 Unidos para Aumentar el Número de (N=9 para 1997 y N=11 para 2006/2013)



Gráfica 34: Distribución de Frecuencia de Tallas para Adultos y Juveniles en Aguas Llanas (0-9NM) en 1997 y 2006/2013 Unidos Consistente con la Figura 5 (N=58 para 1997 and N=81 para 2006/2013).



Gráfica 35: Estructura Clase-edad de Carruchos Adultos Observados en Aguas Llanas (0-9NM) y el EEZ (>9NM) en la Costa Oeste de Puerto Rico para 1997 y 2013.



Análisis

Los datos de peces de arrecife continúan arrojando resultados alentadores concernientes a la recuperación de varias especies bajo manejo: el mero cabrilla (*Epinephelus guttatus*), la colirrubia (*Ocyurus chrysurus*) y el arrayao (*Lutjanus synagris*). Los tamaños de captura apuntan a una mejoría de las poblaciones observándose un aumento en la talla de las especies, y reduciéndose el número de individuos capturados bajo el tamaño mínimo de reproducción en un 70%. Otra



especie de importancia, la cual ha mostrado signos de mejoría, es el mero mantequilla (*Cephalopholis fulva*). Para el último año de monitoria, hemos obtenido información para la costa este y oeste, permitiéndose la comparación del estatus de las poblaciones de ambas costas. Especies bajo manejo tales como la colirrubia y el arrayao muestran signos de mantenerse en buen estado, sugiriendo que las medidas de protección han sido efectivas.

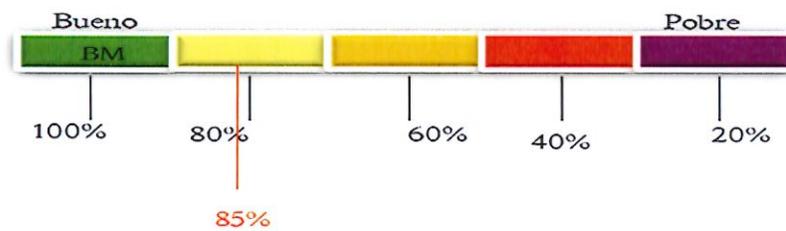
Los datos de carrucho indican una mejoría en sus poblaciones monitoreadas, apuntando a individuos de mayor tamaño y edad en cerca del 60% censado.

Los datos obtenidos de la langosta reflejan que las poblaciones se mantienen estables y en buen estado en cerca del 90% de las estudiadas.

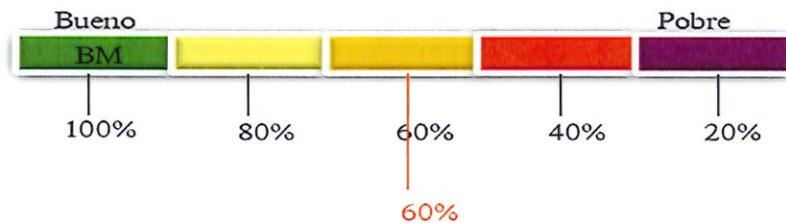
**Benchmark**

Abundancia relativa de las poblaciones de peces de arrecife, carrucho y langostas, monitoreadas en censos independientes en las pesquerías alrededor de las costas de Puerto Rico.

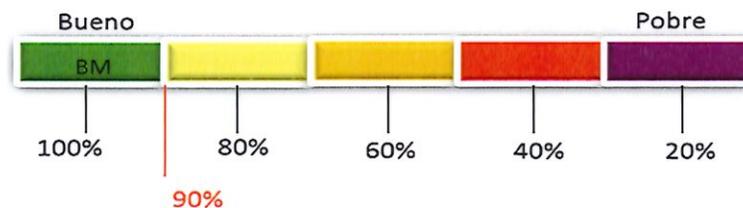
Por ciento de capturas de mero cabrilla, colirrubia y de arrayao disponibles para la pesca comercial mostrando el tamaño mínimo de reproducción. Análisis posteriores sobre la reproducción (histología) de estas especies nos darán una mejor idea sobre el estatus individual de cada una de estas especies. Al presente este es nuestro benchmark.



Por ciento de capturas de individuos de carrucho disponible para la pesca comercial mostrando el tamaño y edad adecuados para la pesca



Por ciento de poblaciones de langosta bajo estudio reflejando estabilidad poblacional y buen estado para la pesca comercial.





## Limitaciones del Indicador

Resulta necesario tener la mayor parte de los parámetros de la biología básica de estas especies. No obstante la información que se recopila muestra tendencias de importancia en la toma de decisiones de manejo.

## Conclusiones y Recomendaciones

Los datos disponibles reflejan, para años recientes, una aparente tendencia de recuperación y estabilidad en las especies particulares estudiadas, por costas, (langosta-costas oeste; carrucho-costas oeste, este y sur; peces de arrecife-costas oeste y este) para las especies comerciales monitoreadas en lo referente al presente Indicador. Resultaría satisfactorio continuar detectando el 100% del patrón de recuperación y estabilidad de las especies reportadas mediante el mismo. No obstante, es necesario ampliar el ámbito geográfico costero y el tiempo de estudio para determinar la tendencia a través de la totalidad de nuestras costas con características de hábitats propicios para estas especies. Entretanto, debe mantenerse el monitoreo de estas poblaciones y las medidas de manejo impuestas por el Reglamento de Pesca Núm. 7949 del DRNA (*Nuevo Reglamento de Pesca de Puerto Rico*) para recuperar y mantener el nivel óptimo de las poblaciones implicadas en este Indicador.

## Indicador: Intensidad de Explotación de Recursos Pesqueros en la Pesca Deportiva y Recreativa

### Descripción del Indicador

Este indicador mide la cantidad en libras totales pescadas por especie de interés recreativo<sup>32</sup> o deportivo<sup>33</sup> durante el 2016 y las variaciones de estos datos a través de los años. Además, incluye cantidad de torneos recreativos y deportivos celebrados por año, cantidad de pescadores que participan en torneos por año y cantidad de botes por torneo por año.

La información que aquí se provee está relacionada con la intensidad de participación de los pescadores recreativos en los torneos de pesca celebrados regularmente en Puerto Rico y la cantidad en libras de especies de peces de interés deportivo o recreativo abordados en estos torneos por dichos participantes. Esto se traduce en conclusiones que permiten determinar la intensidad de consumo de aquellas especies en mayor pesca conforme las tendencias reflejadas por los datos disponibles. Del indicador puede determinarse o inferirse las variaciones en las preferencias de los pescadores y la abundancia de las especies buscadas por el pescador recreativo. La información repercute en el tipo de manejo que requieren los recursos pesqueros predilectos para la recreación en las aguas marinas de Puerto Rico.

### Consideraciones Técnicas

La información es recopilada por el Programa de Estadísticas de Pesca Recreativa Marina de la División de Pesquerías Recreativa y Deportiva desde el 1999 y está analizada en una base anual. La evaluación de la pesca recreativa cubre las tres modalidades de pesca recreativa marina en la Isla: orilla, bote privado y bote de alquiler. Incluye también la pesca deportiva, por tanto, los torneos de pesca. El Programa obtiene la información y estadísticas de pesca recreativa marina en Puerto Rico a través de dos componentes:

- Estadísticas de Pesca Recreativa Marina -Torneos de Pesca - Los objetivos de este componente son estimar el número de abordajes o soltadas por kilogramo por especie y el esfuerzo por unidad de captura en los torneos de pesca.

<sup>32</sup> La definición de pesca recreativa es la establecida en el Artículo 4.56 del Reglamento 7949 del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, conocido como Reglamento de Pesca: "pesca recreativa es la pesca realizada por una o más personas con el propósito de recrearse o para consumo propio".

<sup>33</sup> La pesca deportiva se define en el Artículo 4.63 del Reglamento de Pesca como pesca competitiva: "Es la pesca realizada por una persona natural o jurídica, organismo público o privado, siempre y cuando cumplan con las leyes y reglamentos del Gobierno de Puerto Rico. Esta será dividida en dos categorías: pesca de orilla y pesca desde una embarcación".



- Información Bioestadística - Se colecta, mantiene y analiza información de los pescadores recreativos y deportivos que participan en estos torneos, esfuerzo para cada zona e información de las soltadas y capturas en estos eventos marinos. Los torneos monitoreados incluyen aquellos que navegan millas mar afuera en busca de: dorado, sábalo y róbalo, peces de pico (e.g. agujas azules), atunes y peto; la mayor parte de la pesca en los torneos es en busca de especies altamente migratorias. Muchas de las especies predilectas para el pescador recreativo y para los pescadores deportivos son manejadas por el DRNA debido a la importancia de éstas para la pesca, tanto comercial como recreativa. Otras especies de pez de arrecife como los pargos, meros, etc. son también atractivas en actividades de pesca recreativa. Se ha realizado un monitoreo completo de todas estas actividades de pesca recreativa en la Isla desde 1999 lo cual le imparte un contexto extendido de tiempo a los datos para medir tendencias. Lo anterior ofrece información útil también al momento de evaluar propuestas de desarrollo en las costas en donde ubican los hábitats importantes para estas especies, toda vez la pesca recreativa es reconocida como una que genera ingresos considerables a la economía.

### Método de Análisis y Cobertura

Los datos recopilados son analizados midiendo captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y frecuencias de tamaños para las especies abordadas. Este proyecto cubre toda la Isla incluyendo Vieques y Culebra

**Tabla 27: Intensidad de Pesca Recreativa/Deportiva por Año**

Año	Número de Torneos	Días de Pesca
2000	27	61
2001	44	78
2002	47	80
2003	37	61
2004	35	67
2005	31	48
2006	27	53
2007	30	55
2008	25	42
2009	31	57
2010	27	44
2011	33	55
2012	39	62
2013	34	54
2014	48	79
2015	42	76
2016	40	56
<b>Total</b>	<b>598</b>	<b>1028</b>

\*\* Estos son los torneos visitados por el personal del Proyecto de Estadísticas de Pesca Recreativa Marina del DRNA  
 Nota: Los datos que reflejan la tendencia de intensidad de pesca recreativa/deportiva a través de los últimos 17 años.

**Gráfica 36: Gráfica e Histograma de la Intensidad de Pesca Recreativa 2000-2016**

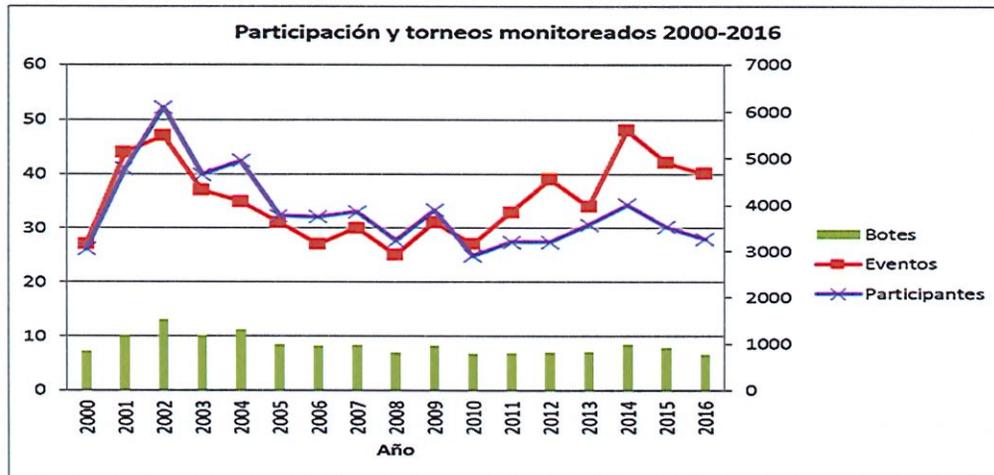


Tabla 28: Participación en Torneos de Pesca Por Año

Año	Total de Participantes	Núm. de Botes	Número de Torneos (con información de costo de inscripción)	Dinero Colectado*
2000	3,041	845	2	\$10,200.00
2001	4,776	1170	19	\$376,605.00
2002	5,990	1504	23	\$480,910.00
2003	4,661	1178	32	\$728,920.00
2004	4,825	1283	33	**\$1,200,295.00
2005	4,730	972	13	\$239,550.00
2006	3,751	937	23	\$568,312.50
2007	3,860	983	25	\$ 572,649.00
2008	3,109	779	20	\$400,948.00
2009	3,901	968	31	\$339,312.00
2010	2,894	787	17	\$267,088.00
2011	3,197	804	24	\$306,942.00
2012	3,201	822	29	\$335,610
2013	3,571	898	26	\$358,712
2014	4,014	996	40	\$350,775
2015	3,516	914	35	\$301,501.
2016	3,261	778	30	\$399,454.3
<b>Total</b>	<b>63,038</b>	<b>15,840</b>	<b>392</b>	<b>\$5,735,988</b>

Nota: Esta Tabla muestra los torneos por año que cuentan con datos de ingresos (dinero colectado) generados por concepto de inscripción. \* Algunos eventos no conllevan costo de inscripción. \*\* En el 2004 hubo un torneo el cual tenía un costo de inscripción de 125,000 por bote (ESPN Tournament of Champions). En este informe se ha actualizado números de años previos debido a que se ha conseguido información adicional no disponible antes.

Tabla 29: Total de Libras por Especies de Importancia para la Pesca Recreativa en Torneos de Pesca (2003-2016)



Especie	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Marlin Azul	6,273.99	4,052.79	4,250.79	3,628.84	4,234.74	832.9	1,452	2,271.6	1,057.84	532	1,778.86	773.82	n/a	n/a
Dorado	13,693.69	21,066.05	13,777.38	25,371.08	24,061.84	22,196.91	21,243.2	10,797.47	17,607.21	21,414.74	24,299.07	20,564.62	15,743	9574.74
Peto	1,489.19	938.06	1,878.6	1,498.5	1,698.18	1,385.07	0	613.73	1,043.77	2,780.31	2,002.9	1,143.10	1,450.64	2045.998
Sierras	336.27	278.28	12.01	44.02	n/a	177.6	n/a	n/a	65.9	122.8	276.02	88.18	267.19	226.97
Pesca de Orilla	132.27	10.49	n/a	n/a	2.22	n/a	1,592.8	n/a	24.93	171.96	84.59	50.71	61.72	*31.72
Pez Vela	200.86	133.75	150.28	0	0	26.98	0	0	39.92	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>23,928.7</b>	<b>27,138.3</b>	<b>20,075.6</b>	<b>30,542.4</b>	<b>29,987.9</b>	<b>24,619.5</b>	<b>24,125</b>	<b>13,682.8</b>	<b>19,617.0</b>	<b>25,067.4</b>	<b>28,441.4</b>	<b>22,620.43</b>	<b>17,523</b>	<b>11,906.19</b>

## Análisis

Los torneos de pesca recreativa en Puerto Rico se enfocan mayormente en especies pelágicas. Con algunas excepciones, la mayor parte de la pesca es en busca de especies altamente migratorias. Para efectos de este análisis se enfatiza en la pesca de dorado y agujas azules, las especies más codiciadas. A través de los años se ha visto una disminución en el número de agujas abordadas. Esto es por la nueva tendencia de marcar y soltar las piezas, adoptada por la Asociación de Pesca Deportiva de Puerto Rico, quien es el organismo que agrupa la mayoría de los pescadores que pescan estas especies. Los dorados son la especie más abordada en los torneos de pesca. El primer año de la implantación del Reglamento 6768 del DRNA, *Reglamento de Pesca de Puerto Rico*, vigente desde el 11 de febrero de 2004, se observó una disminución en las libras abordadas, pero en los años subsiguientes se ha mantenido sobre las 20,000 libras por año, salvo en pocos de éstos, especialmente los años más recientes, incluido el 2016. Este reglamento fue enmendado mediante la adopción del Reglamento 7949 del DRNA, *Reglamento de Pesca de Puerto Rico 2010*. A partir del 2010 un límite de cantidad de 30 piezas por bote (10 por pescador) es permitido. En los años 2014, 2015 y 2016 se observa una reducción progresiva en el peso total de la pesca desembarcada del dorado; en el 2016 con cerca de 5,617 libras menos que el 2015, que a su vez mostró 4,821 libras menos que el 2014, y éste último que a su vez mostrara una reducción de cerca de 5,821 libras con relación al 2013. Lo anterior ha interrumpido el ritmo de aumento en pesca desembarcada para esta especie que se había registrado del 2010 al 2013. No obstante el dato de 2016 es menor al registrado en el 2010 y por tanto corresponde a la menor pesca desembarcada desde la implantación de la norma previamente indicada e implantada a partir de ese año (2010). Durante el 2016 se registró un menor número de participantes en comparación a cada uno de los años 2015, 2014 y 2013 en los torneos de pesca recreativa incluida la pesca de orilla y de otras modalidades; no obstante la participación no parece ser significativamente diferente a la registrada en los tres años anteriores al 2013.

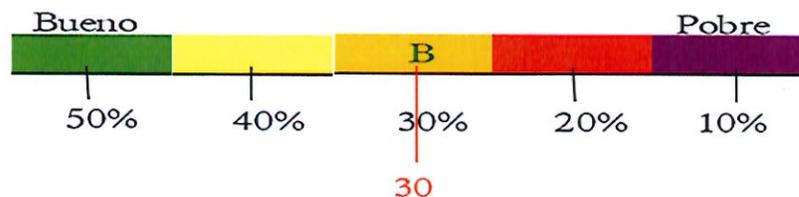


Para efectos del presente indicador ambiental, solamente se incluyen los pesos de las especies reguladas por el reglamento de pesca. En el caso de la pesca de orilla, la mayoría de estos eventos son enfocados hacia los niños por los que las capturas en la mayoría de los eventos son devueltas al mar. No obstante en estas actividades es donde se reportan capturas y liberaciones e incluye especies reguladas como las colirrubias y los arrayaos, entre otros. El hecho de que los pesos totales de las especies predilectas que están a su vez reguladas, por ejemplo el dorado, continúa en descenso, es algo que se debe tomar en cuenta y adaptarse el manejo de la especie a estas tendencias. Desde 2013, algunos clubes han cambiado las reglas y solamente permiten abordar peces de 10 ó más libras, lo que puede ser la razón de este cambio. Otra posible razón para la baja en el peso total del dorado es que algunos de los clubes han modificado la duración de sus eventos a un solo día de pesca, previo a esto la mayor parte de los eventos eran de 2 días. Por otra parte, el torneo de dorado de la Asociación de Pescadores y Dueños de Botes de la Guancha (Ponce) cesó de organizarse; este evento era uno donde las capturas eran abundantes. Tampoco debe pasarse por alto el hecho de que el dorado es capturado en grandes cantidades fuera de estos eventos en que se registran los datos para este indicador ambiental; otros eventos además de los torneos de botes o día de pesca familiares no logran ser cubiertos.

Para medir adecuadamente la intensidad de la explotación de los recursos pesqueros hecha por el sector recreativo marino; se deben tomar en cuenta las capturas hechas fuera de los torneos de pesca. Los torneos son eventos de carácter competitivo por lo que, en la mayoría de los eventos, los pescadores solamente muestran aquellas capturas que tienen la posibilidad de ganar premios; ante esto, el impacto que representa esta actividad sobre el recurso pesquero puede ser mayor. Muchas de las capturas bajo el peso mínimo establecido por las reglas del club no son mostradas en el pesaje y algunos participantes, al no tener la puntuación que garantiza premios, dejan de traer sus piezas al pesaje. Por tanto, los factores que pueden influenciar cambios en la cantidad de libras registradas para este indicador ambiental son variados.

### Benchmark

Intensidad de explotación adecuada de los recursos más abordados en la pesca recreativa



Con los datos obtenidos en este proyecto para los torneos de pesca se puede determinar que los dorados son la especie de mayor intensidad de pesca deportiva, tendencia que se ha sostenido a través de los años transcurridos desde que se realizan los estudios que dan base al presente reporte. Diez piezas por pescador o treinta por embarcación, según establecido por el *Reglamento de Pesca de Puerto Rico 2010*, es un número óptimo para el pescador recreativo. Cabe señalar que estos datos no reflejan realmente las piezas que se abordan en los torneos de pesca ya que el pescador solo trae los 10 reglamentados ya que es una actividad competitiva para torneos pero puede haber abordado un número mayor. Entendemos que el recurso está siendo sobreexplotado por los pescadores recreativos. Un consumo de 30% anual de toda la disponibilidad de las especies más abordados se estima sería adecuado.

### Limitaciones del Indicador

Este indicador no mide tendencias ni relaciones entre tamaños de las piezas abordadas y madurez sexual de las mismas, lo que impide conocer la salud del recurso pesquero utilizado por el pescador recreativo. Además, no existe un “stock assessment” para las especies pelágicas en la Isla. Para efectos de este indicador se parte de los datos obtenidos en aquellos eventos de pesca en los cuales los participantes compiten por premios por las capturas hechas. La información que se ha provisto para los informes de indicadores solamente cubre las actividades monitoreadas de pesca en los torneos (pesca recreativa o deportiva). Para tener un cuadro real de la pesca recreativa marina de la isla, es importante añadir las capturas hechas fuera de estos eventos. Durante el 2016 se realizaron eventos de forma ilegal ya que no fueron



debidamente notificados a la agencia para recibir su endoso a través de permisos de la Oficina del Comisionado de Navegación del DRNA; se calcula más de 15 eventos o torneos celebrados durante el 2016 bajo dichas circunstancias, enfocados principalmente a la pesca de orilla y no se cuenta con los datos de pesca de los mismos. Los torneos de pesca son eventos de carácter competitivo, son específicos en las especies abordadas y hasta implementan sus propias reglas para las capturas.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

Uno de los aspectos que se puede medir a través de los datos recopilados en este proyecto es el impacto de los pescadores recreativos sobre el recurso pesquero. La comunidad de pescadores recreativos es mucho mayor que la de pescadores comerciales, por lo que se deben considerar como aspecto importante en el manejo del recurso. Este proyecto sólo muestra una parte del impacto de la pesca, ya que solo se monitorean algunos torneos de pesca. Estos datos se pueden complementar con los datos recopilados en el otro componente del proyecto el cual monitorea la pesca de orilla, bote privado y bote de alquiler.



## DESPERDICIOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS

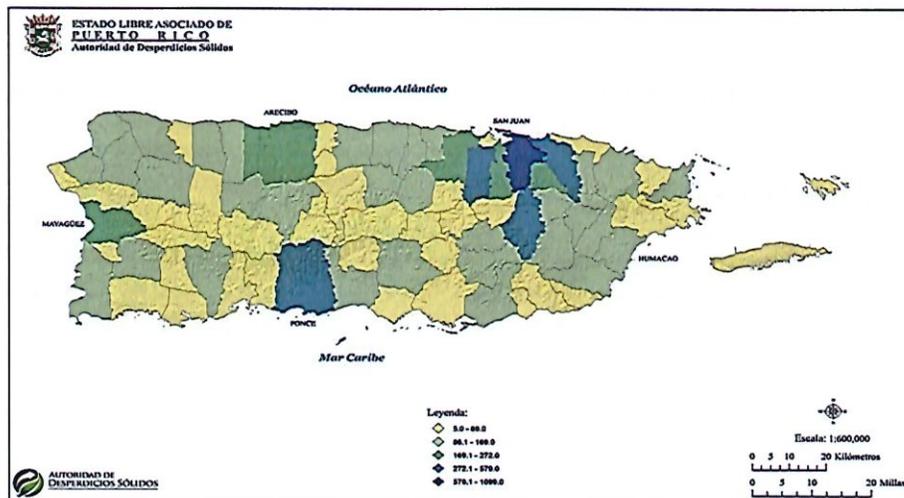
### Indicador: Generación de Desperdicios Sólidos No Peligrosos

**NOTA ACLARATORIA:** La Autoridad de Desperdicios Sólidos no pudo actualizar este Indicador, por lo que está sujeto a revisión.

#### Descripción del Indicador

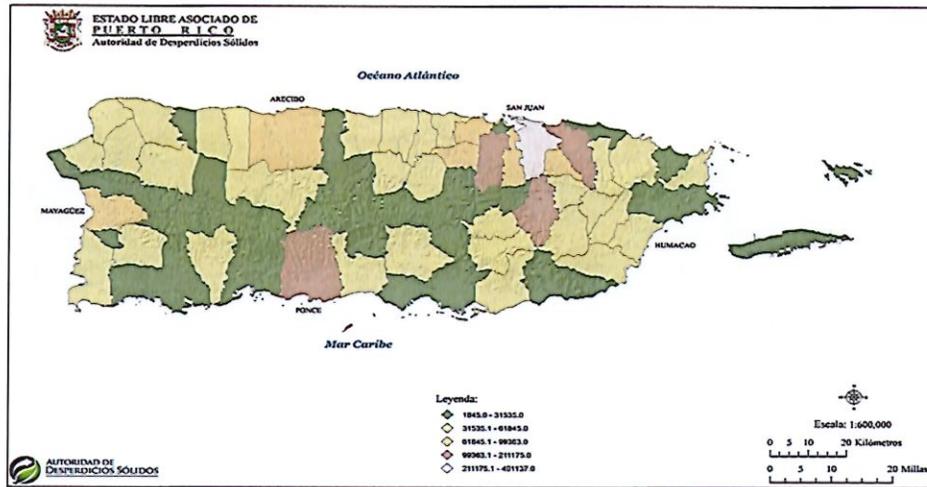
La generación de desperdicios sólidos no peligrosos se define como la proyección de la cantidad de desperdicios generados por fuentes residenciales, comerciales e industriales. La tasa de generación de 5.56 libras por persona fue establecida mediante el cálculo inicial del informe de Caracterización de Residuos Sólidos de Wehran (2003), que fijó una tasa de generación de 5.18 libras por persona (a base del Censo poblacional del 2000). Esa cifra de 5.18 libras establecida por Wehran se ajustó a 5.07 libras por persona, a base de la proyección poblacional del 2003 de la Junta de Planificación, y a esas 5.07 libras ajustadas, se les sumó unas 0.49 libras, de acuerdo a datos de la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS) sobre la cantidad de materiales reciclables generados por día por persona. De esa manera, se fijó una tasa de 5.56 libras por persona por día, que permanecerá vigente durante 25 años, a partir de la fecha en que se estableció. El análisis de este indicador es fundamental para el diseño, implantación y evaluación de las estrategias de manejo de desperdicios sólidos no peligrosos.

Mapa 11: Generación Diaria de Residuos Sólidos por Municipio





Mapa 12: Generación Anual de Residuos Sólidos por Municipio



### Consideraciones Técnicas

- El estudio de caracterización es un instrumento importante para determinar la composición, la cantidad y el origen de los desperdicios sólidos no peligrosos. Este debe actualizarse cada 10 años, pero debido al alto costo que conlleva la realización del mismo, la ADS se ha visto en la obligación de postergarlo.
- La generación de desperdicios se estima tomando como base la población reportada en el Censo de 2010, multiplicado por el factor de generación de 5.56 libras por persona por día. Dicho factor toma en cuenta los desperdicios domésticos, de jardinería y los escombros de construcción y demolición (C&D).

### Conclusiones y Recomendaciones

En Puerto Rico contamos con una población de 3,725,789 habitantes, lo cual multiplicado por el factor de generación de 5.56 libras por persona por día, representa una generación estimada de 3,780,558 toneladas de desperdicios sólidos durante el año 2010. Es importante promover e incentivar la reducción en la fuente mediante cambios en nuestros patrones de consumo y maximizando el reúso de materiales.

### Indicador: Desvío de Desperdicios Sólidos No Peligrosos

**NOTA ACLARATORIA:** La Autoridad de Desperdicios Sólidos no pudo actualizar este Indicador, por lo que está sujeto a revisión.

### Descripción del Indicador

Este indicador nos permite identificar y conocer la cantidad de aquellos materiales que son recuperados para ser aprovechados mediante reúso o reciclaje. El mismo es importante para evaluar el alcance de los programas de reciclaje establecidos. Permite además, el diseño de estrategias apropiadas para aumentar la recuperación de estos materiales, reduciendo la disposición final, según establecido en la política pública sobre el manejo de los desperdicios sólidos.

En el 2003, la ADS realizó un Estudio de Caracterización con el propósito de contar con un estimado de la composición de los desperdicios dispuestos en los Sistemas de Relleno Sanitario (SRS) de Puerto Rico. Los resultados del Estudio indican que la mayoría de los materiales caracterizados en los SRS del País son potencialmente reciclables. Al analizar los resultados por tipo de material y compararlos con los resultados del estudio realizado en el 1994, se observó una



reducción en las categorías de papel, materia orgánica, vidrio y metales no ferrosos. Mientras que se identificó un aumento en las categorías de cartón, material vegetativo y metales ferrosos.

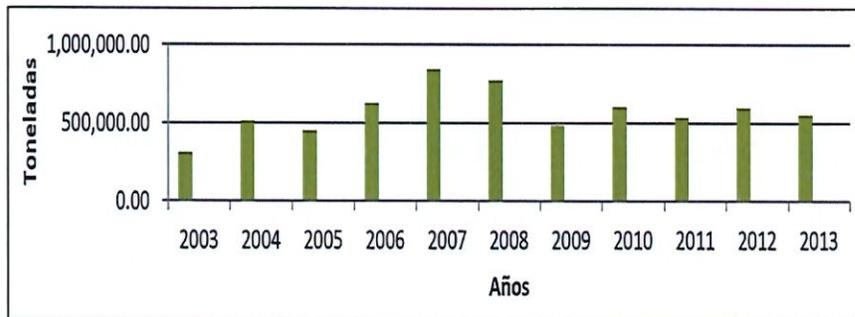
La ADS ha establecido dos mecanismos para cuantificar aquellos desperdicios que son reusados, reciclados y compostados. A estos mecanismos se les conoce como tasa de reciclaje y tasa de desvío.

La tasa de reciclaje se refiere al mecanismo utilizado para cuantificar los materiales que son recuperados y reciclados anualmente. Ésta comprende un renglón tradicional y uno estándar. En el renglón tradicional los resultados se obtienen utilizando como referencia todos los materiales que son recuperados, procesados y utilizado como materia prima para la manufactura en Puerto Rico o exportados para la creación de producto final. En esta se considera la materia recuperado del sector residencial, comercial e industria entre otros. En el renglón estándar solo se consideran los desperdicios sólidos municipales.

La tasa de desvío se refiere al mecanismo utilizado para cuantificar la reducción en la fuente, el reciclaje, el reúso y el compostaje de los desperdicios sólidos, con el fin de evitar la disposición de estos materiales en los SRS. Esta incluye desperdicios sólidos no municipales como la chatarra y los C&D.

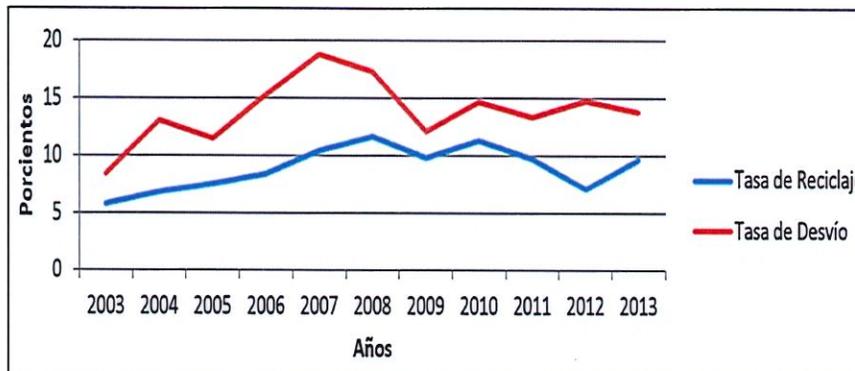
A continuación una representación gráfica del total de toneladas desviadas de los SRS.

**Gráfica 37: Total de Toneladas de Materiales Desviados de los Rellenos Sanitarios (2003-2013)**



A partir del año 2003 se observó un aumento marcado en el desvío de materiales reciclables hasta alcanzar un tope de 847,142.54 toneladas en el año 2007. Luego, hubo un descenso en el desvío el cual se ha sostenido en alrededor de las 600,000 toneladas (año 011 – 537,798.35 ton, año 2012 – 598,207.39 ton y año 2013 – 552,641.92 ton). A continuación, una presentación comparativa entre las tasas de reciclaje y desvío:

**Gráfica 38: Tasas de Reciclaje y Desvío en Puerto Rico (2003-2013)**




**Tabla 30: Distribución de Materiales Desviados (2011-2013)**

<b>Materiales</b>	<b>Año 2011</b> (Tons de Material)	<b>Año 2012</b> (Tons de Material)	<b>Año 2013</b> (Tons de Material)
Plástico	20,497.46	12,023.06	17,890.40
Papel	51,556.65	40,635.20	45,694.20
Cartón	103,442.57	68,531.77	95,362.34
Metales Ferrosos	216,712.47	322,455.09	238,491.09
Metales No Ferrosos	33,300.41	20,160.66	29,955.67
Paletas de Madera	10,157.68	15,659.02	14,070.09
Neumáticos	33,567.61	65,792.50	45,843.37
Vegetativo	5,052.20	No disponible	4,337.54
Materia orgánica/cienos	2,328.15	15,929.20	7,417.72
Vidrio	1,637.27	1,355.79	1,445.61
Baterías de autos	44,438.01	18,626.86	28,213.61
Aceites lubricantes	7,984.53	8,601.93	7,836.97
Aceite vegetal	2,462.46	6,260.12	3,890.80
Equipos electrónicos	945.39	2,128.13	1,006.08
Lámparas fluorescentes	20.72	No disponible	12.99
Textiles	804.77	48.07	11,173.46
Otros	2,890.01	No disponible	No disponible
<b>Total</b>	<b>537,798.35</b>	<b>598,207.92</b>	<b>552,641.92</b>
<b>Tasa de Reciclaje</b>	<b>9.78%</b>	<b>7.14%</b>	<b>9.66%</b>
<b>Tasa de Desvío</b>	<b>13.34%</b>	<b>14.72%</b>	<b>13.77%</b>

Los metales ferrosos y el cartón encabezan la lista de los materiales con mayor desvío de la corriente de los residuos generados en el País. Posiblemente, su alto valor en el mercado haya estimulado la recuperación.

### Consideraciones Técnicas

El indicador incluye estrategias, tales como, reducción en la fuente, reúso, reciclaje y compostaje de desperdicios sólidos no peligrosos, con el fin de reducir la disposición final en los sistemas de relleno sanitario. Éste considera todo material que en caso de no ser recuperado, sería dispuesto en los SRS del País. Para su desarrollo se tomaron datos e información de la siguiente fuente:

- Informes Trimestrales de Empresas de Reciclaje y Centros de Acopio.

### Limitaciones del Indicador

Medir adecuadamente el desvío de desperdicios sólidos no peligrosos en Puerto Rico presenta varias limitaciones. Entre éstas podemos destacar las siguientes:

- Las cifras de desperdicios desviados no recoge el universo de las instalaciones que procesan materiales reciclables ni la totalidad de los materiales recuperados. Esto se debe a que algunas instalaciones no presentan data.

### Conclusiones y Recomendaciones

La cantidad de materiales reciclables recuperados en Puerto Rico es de alrededor del 14% del total de las 3,780,558 toneladas de residuos generados anualmente. Esto nos requiere reevaluar y desarrollar nuevas estrategias para alcanzar



la meta del 35% de recuperación establecida en la Ley. A estos fines, se recomienda tomar acción en los siguientes aspectos:

- Continuar y renovar los esfuerzos de educar sobre la reducción en la fuente y separación de los materiales reciclables para facilitar su recogido y procesamiento.
- Desarrollar nuevas estrategias para maximizar la recuperación de materiales para fomentar la industria de reciclaje. Por ejemplo, expandir y fortalecer programas de reciclaje y desvío en los sectores residencial, comercial, industrial e institucional.
- Adoptar legislación que promueva el reciclaje en Puerto Rico, tal como el “Bottle Bill”.
- Promover el establecimiento de empresas que cierren el ciclo del reciclaje en Puerto Rico, utilizando los materiales recuperados.
- Facilitar con incentivos la exportación de aquellos materiales que no puedan reciclarse en la Isla.

### Indicador: Disposición de Desperdicios Sólidos No Peligrosos

**NOTA ACLARATORIA:** La Autoridad de Desperdicios Sólidos no pudo actualizar este indicador, por lo que está sujeto a revisión.

#### Descripción del Indicador

Este indicador está dirigido a medir la cantidad de desperdicios sólidos no peligrosos que requieren disposición final en Puerto Rico. La disposición de desperdicios es un estimado que considera los datos de población, según el censo de 2010, multiplicado por el factor de disposición (3.91lb/persona/día). Ésta incluye los desperdicios domésticos y excluye los C&D, residuos especiales y automóviles.

Asimismo, la disposición de desperdicios puede ser obtenida mediante: (1) peso exacto o (2) estimado por volumen de los vehículos de acarreo que transportan y depositan los residuos sólidos en los SRS. Estas cantidades son reportadas mensualmente a la ADS. El método más confiable es el peso exacto mediante el uso de básculas. El método más económico y utilizado por los operadores de las instalaciones es el estimado por volumen.

Este indicador es importante para evaluar los niveles de consumo de la población y la necesidad de infraestructura para el manejo de los desperdicios sólidos no peligrosos.

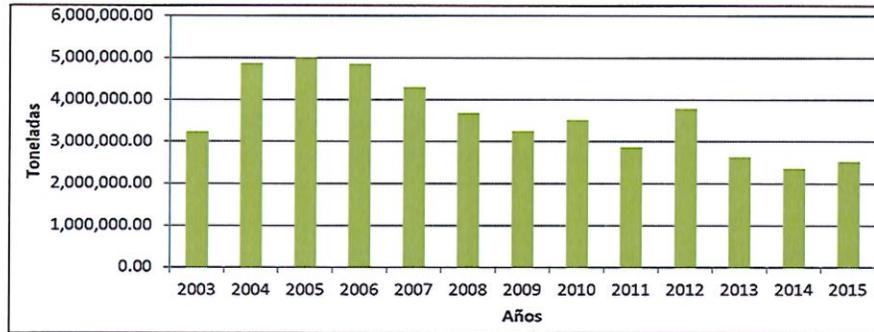
**Tabla 31: Cantidad de Desperdicios Sólidos No-Peligrosos por Generación y Disposición (2010)**

	Población 2010	Generación anual* ton./año	Generación diaria* ton./día	Disposición anual** ton./año	Disposición diaria** ton./día
<b>Total</b>	3,725,789	3,780,558	10,358	2,658,630	7,284

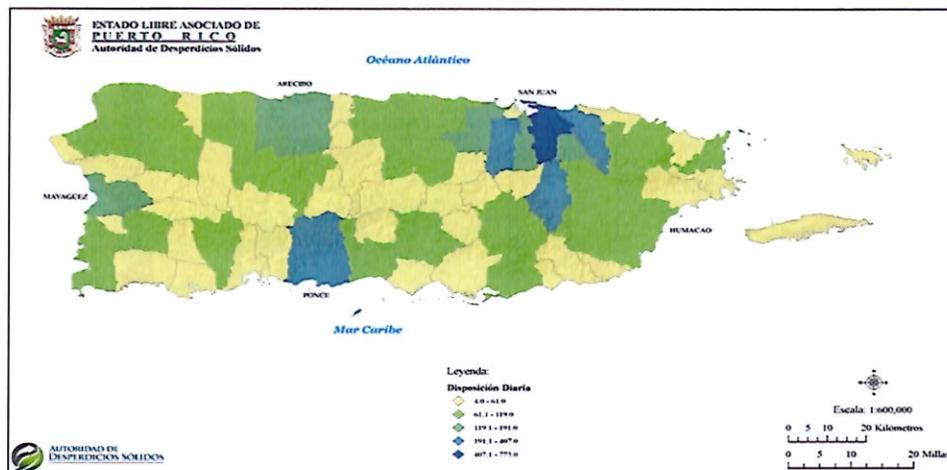
\* Factor de generación: 5.56 libras/persona/día.      \*\* Factor de disposición: 3.91 libras/persona/día.



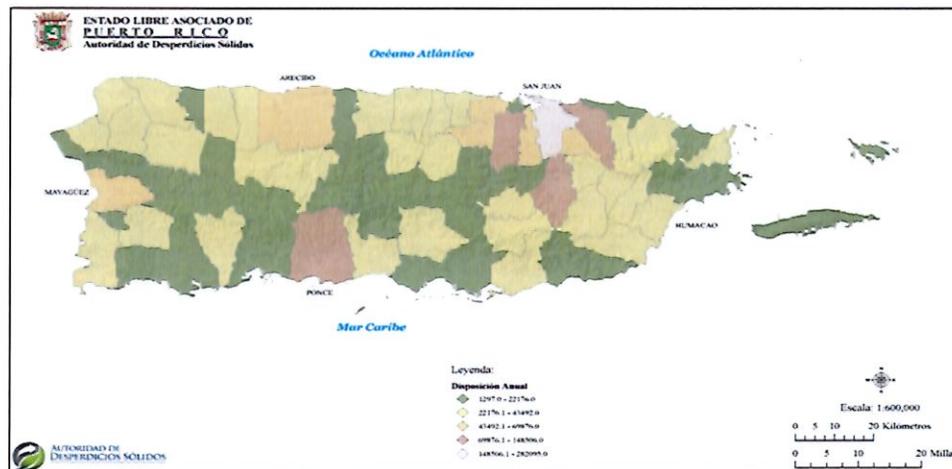
Gráfica 39: Toneladas de Desperdicios Sólidos Dispuestos en Rellenos Sanitarios (2003-2015)



Mapa 13: Disposición Diaria de Residuos Sólidos por Municipio



Mapa 14: Disposición Anual de Residuos Sólidos por Municipio





## Consideraciones Técnicas

Para el desarrollo de este indicador se tomaron datos e información de las siguientes fuentes:

- Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos en Puerto Rico (Wheran, 2003).
- Censo de Puerto Rico 2010.
- Datos reportados mensualmente por los operadores de los SRS.

## Limitaciones del Indicador

Medir adecuadamente la disposición de desperdicios sólidos no peligrosos en Puerto Rico presenta varias limitaciones, entre estas podemos destacar las siguientes:

- Varias instalaciones de disposición final no cuentan con instrumentos de medición (balanzas o básculas) para determinar el peso de las cantidades de desperdicios sólidos no peligrosos que reciben. Esta situación provoca que dichas instalaciones informen las cantidades que reciben mediante estimados de volumen de los vehículos de trasbordo, los cuales no tienen el grado de certeza o precisión que ofrecen las medidas por peso.
- Algunas instalaciones de disposición final no reportan su data.

## Conclusiones y Recomendaciones

Ante los datos presentados, para el año 2013 se dispuso el 86% de los residuos generados. La tasa de desvío estimada para ese mismo es de 14%. Conforme a los datos provistos por los operadores de SRS existentes para el año 2015 se estima una disposición del 67% de los residuos sólidos generados. Este dato se validará una vez se compute la tasa de desvío para ese año. Es importante recalcar que, factores como cambio poblacional, falta de recopilación de data y error en los estimados de volumen pueden afectar el valor de los indicadores. Las tendencias reflejan una mejoría en la tasa de desvío. No obstante, persiste la necesidad de intensificar las estrategias de reducción, reúso y reciclaje para minimizar la generación y disposición final de residuos sólidos.

Algunas de las actividades recomendadas para dirigir nuestros esfuerzos son las siguientes:

- Educar y fortalecer a nivel residencial, comercial, industrial e institucional las prácticas de reducción en la fuente y el reúso de materiales con el fin de disminuir la generación de desperdicios.
- Evaluar y establecer estrategias que faciliten la separación en la fuente para facilitar su recogido y procesamiento.
- Fortalecer y expandir los programas de recogido de materiales reciclables en los sectores residencial, comercial, industrial e institucional.
- Imponer las sanciones establecidas en el Reglamento para la Reducción, Reutilización y el Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico.
- Promover el establecimiento de empresas que cierren el ciclo del reciclaje en Puerto Rico utilizando los materiales recuperados. Además, facilitar con incentivos la exportación de aquellos materiales que no puedan reciclarse en la País.
- Implantar con rigor la reglamentación ambiental aplicable a los sistemas de rellenos sanitarios de manera que su cargo por disposición se ajuste a la realidad. No lograremos incrementar el reciclaje mientras los costos por



disposición sean bajos. Deficiencias, tales como, ausencia de controles ambientales, pobres prácticas de manejo y el uso de equipo pesado inadecuado en la operación de los sistemas de relleno sanitario sostienen los cargos por disposición bajos.

- Adoptar legislación que promueva el reciclaje en Puerto Rico, tal como el “Bottle Bill”.
- Facilitar con incentivos la exportación de aquellos materiales que no puedan reciclarse en la Isla.
- Mejorar los mecanismos de recopilación de data. Por ejemplo, digitalizar la presentación de los Informes Trimestrales requeridos por la Ley Núm. 70-1992.

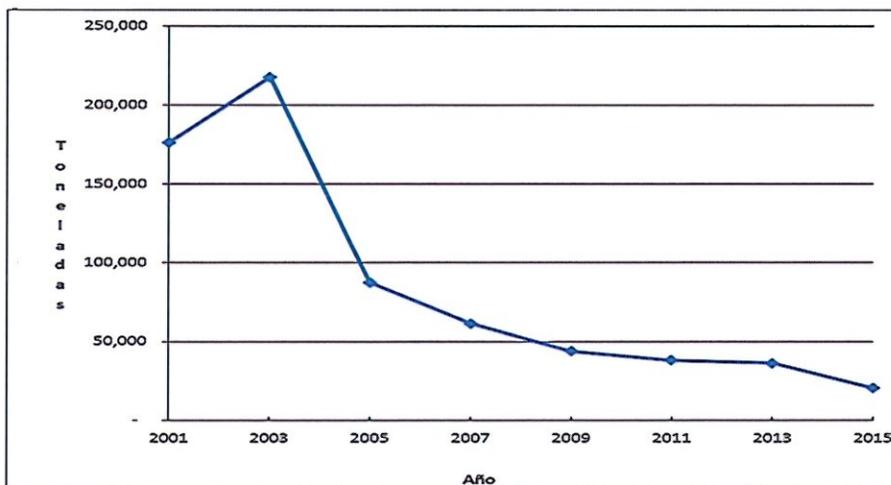
## DESPERDICIOS SÓLIDOS PELIGROSOS

### Indicador: Generación de Desperdicios Peligrosos

#### 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 40: Desperdicios Peligrosos Generados



\*La información de los años desde el 2007 al 2015 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.



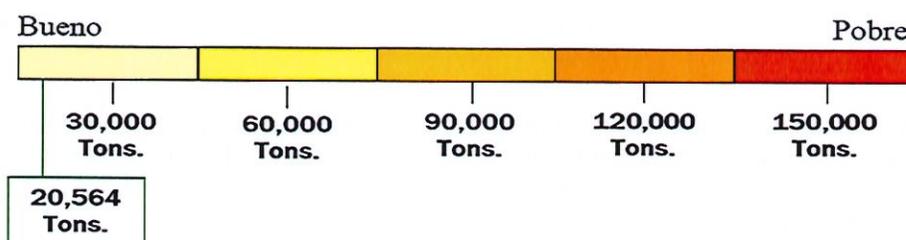
### Consideraciones Técnicas

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 2015.

### Benchmark<sup>34</sup>



### 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)
- 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.

<sup>34</sup> 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.



## Conclusiones 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 2015 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 2013 un total de 102 compañías sometieron el informe bienal registrando una generación de 36,440 toneladas de desperdicios peligrosos. Sin embargo, para el 2015 el total de compañías que sometieron el informe fue 139, un 36.3% más que para el informe anterior, y la cantidad informada de desperdicios peligrosos para el 2015 disminuyó en un 43.6% (aprox) ya que se registraron 15,876 toneladas menos que en el 2013. 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: Dispensa General Materiales Secundarios Peligrosos, Regla de Desperdicios Universales, Nueva Definición de Desperdicio Sólido y Regla Para Manejo de Desperdicios de Laboratorios Académico , las cuales mediante su implementación propician la disminución en la generación de desperdicios peligrosos.

Actualmente, la JCA se encuentra en el proceso de revisión del Reglamento Para el Control de los Desperdicios Sólidos Peligrosos de manera que puedan incorporarse las reglas que se han implementado por resolución.

Por otro lado el cierre de compañías clasificadas como grandes generadores de desperdicios peligrosos, que ha ido en aumento 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. Aunque en el año 2015 se observa un aumento en la cantidad de compañías consideradas como Generadores de Grandes Cantidades, la mayoría de las mismas caen en esta clasificación por desperdicios peligrosos severos (que generan 2.2 lbs o más de este tipo de desperdicio al mes).

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 reúso de solventes y por último, y no menos importante, adiestrar al personal para que maximicen los materiales y recursos disponibles.

## Indicador: Disposición de Desperdicios Peligrosos

### 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**

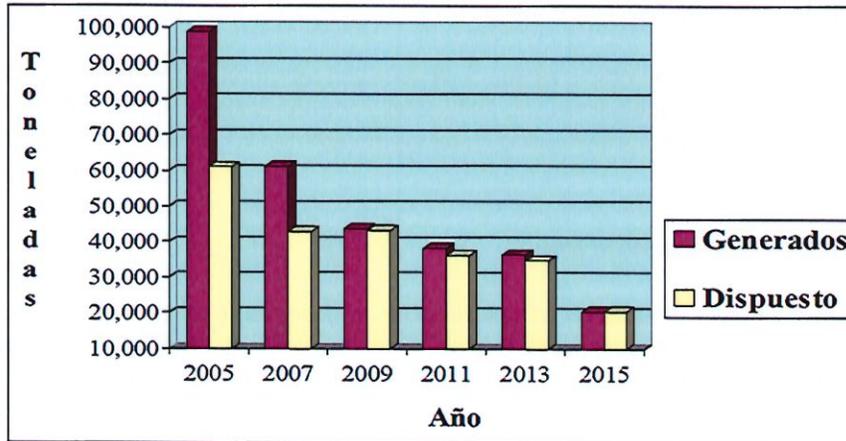
Los datos para el estudio y análisis de este indicador son tomados del Informe Bienal sobre Desperdicios Peligrosos publicado por la Agencia Federal de Protección del Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés), los cuales son rendidos por todas las entidades en Puerto Rico clasificadas como:

- 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 2015.

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

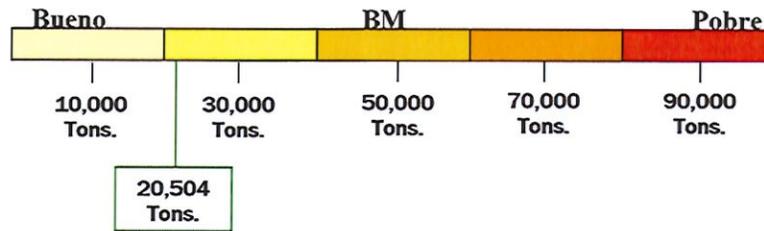
**Gráfica 41: Desperdicios Generados vs Desperdicios Dispuestos y/o Manejados**



Para el 2015 de un total de 20,564 toneladas de desperdicios peligrosos generados se manejaron o dispusieron fuera de la isla para un 98% de disposición, en el 2013, de un total de 36,440 toneladas generadas se manejaron o dispusieron 34,701 para un 95% 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 2013 y el 2015, prácticamente todos los desperdicios peligrosos están siendo manejados fuera de la Isla.



Benchmark<sup>35</sup>



**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 TSDF 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.

**Conclusiones 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 aumento en 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.

<sup>35</sup> 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.



## 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.

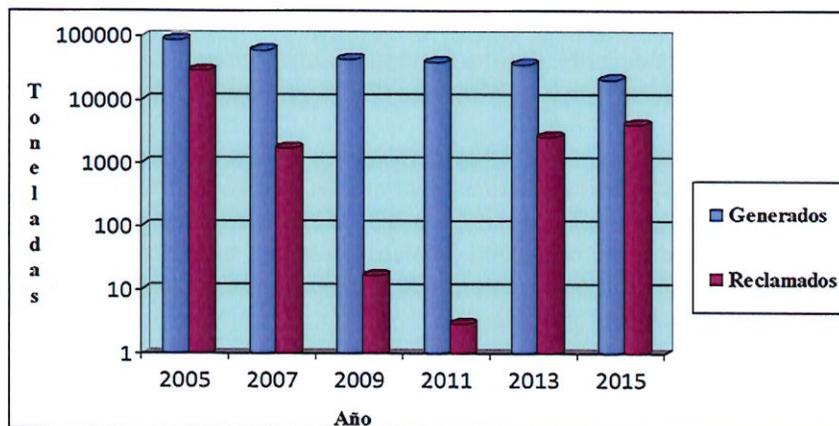
### Consideraciones Técnicas

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 rëndidos 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 42: Reclamación de Desperdicios Peligrosos



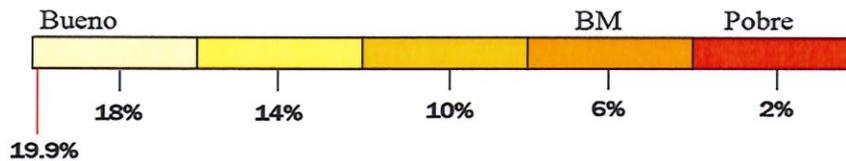
Para los efectos de este indicador, se utilizó de referencia los datos del Informe Bienal sobre los Desperdicios Peligrosos de la EPA de los años 2005, 2007, 2009, 2011, 2013 y 2015. Para el año 2005, de las 87,501 toneladas generadas fueron reclamadas 29,378 para un 34% de reclamo, para el 2007 de 60,041 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. No obstante, se pudo observar que en el año 2013 hubo un aumento dramático en el reclamo de desperdicios, de 36,440 que se generaron 2,619 fueron reclamadas (7.2%), específicamente en recuperación de solventes. En el año 2015 hubo un aumento muy marcado en proporción al comparar la cantidad de los desperdicios peligrosos reclamados con los generados (se generaron 20,564 toneladas y se reclamaron 4,095 toneladas para un 19.9%).



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.
- Más compañías se ha acogido a exclusiones de la reglamentación para el reclamo de solventes, manejándolos como Materiales Peligrosos Secundarios.

**Benchmark<sup>36</sup>**



**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:

- 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 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.

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 facilidad comercial (Safety Kleen), la mezcla de combustibles para recobro de energía (*fuel blending*) y la recuperación de solventes son prácticamente nulas. El aumento en el reclamo de desperdicios peligrosos durante el 2015 se debe a que algunas compañías han puesto en práctica sus políticas de minimización y han realizado el reclamo de solventes mediante exclusiones que provee la reglamentación federal y que la JCA ha acogido por resolución. Se observa un aumento significativo en el reclamo, este indicador muestra un mejor manejo de los recursos y un aumento en la fomentación del reciclaje de la materia prima para procesos.

<sup>36</sup> 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.



## Conclusiones 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 consisten en almacenamiento y transferencia por lo que la mayoría de estos desperdicios se envían fuera de la isla. Aun cuando se observó un importante aumento en la reclamación de solventes, falta un gran trecho por recorrer en la minimización de generación de desperdicios peligrosos en Puerto Rico. Es necesario que compañías generadoras de desperdicios peligrosos, independientemente de su clasificación, evalúen alternativas costo efectivas para reducir la generación de los mismos.

## EMERGENCIAS AMBIENTALES

### Indicador: Cantidad de Emergencias Ambientales

#### Descripción del Indicador

Una emergencia ambiental es una catástrofe repentina o un accidente como resultado de factores naturales, tecnológicos o de carácter antropogénico (provocados por el hombre) o una combinación de los anteriores, que causa o amenaza con causar graves daños ambientales, así como la pérdida de vidas humanas y propiedades. Algunos de estos pueden ser inmediatos y amenazantes para la vida y los recursos naturales. Según se define en la Ley #416 del 22 de septiembre de 2004, una emergencia ambiental es cualquier descarga o amenaza de descarga, escape accidental o intencional no autorizado, filtración, bombeo, inyección, vertido, emisión, vaciado o disposición de unas sustancias o desperdicio peligroso, en o sobre el terreno, al agua o al ambiente, que ocasione un riesgo o amenaza de riesgo a la salud pública, al bienestar o al ambiente.

Las emergencias ambientales constituyen un serio riesgo a la salud pública debido a la peligrosidad que representan los componentes de los factores que están presentes durante un evento. Una emergencia puede representar una seria amenaza a un cuerpo de agua superficial, al terreno, a la atmósfera, a las aguas subterráneas, a la flora y a la fauna, entre otros recursos. La contaminación de estos medios tiene un impacto significativo sobre su disponibilidad y aprovechamiento; además de ser de suma preocupación debido a que estos recursos son escasos no renovables. Su calidad, abasto y conservación resultan esenciales para mantener la salud pública y sostener la biodiversidad, constituyendo la infraestructura ambiental primaria para el desarrollo socioeconómico del país. Mediante este indicador se puede determinar el grado de ocurrencia de emergencias ambientales, permitiendo evaluar el posible riesgo e impacto adverso a la salud pública y al ambiente, situación en la que el país estaría expuesto bajo diferentes escenarios.

#### Consideraciones Técnicas

La cantidad de incidentes ambientales en Puerto Rico se mide mediante la sumatoria de los incidentes registrados anualmente. La tabla que se muestra a continuación incluye los incidentes clasificados como emergencias ambientales durante el año 2016. Están presentados por tipo de incidente y por la ubicación de las diferentes Oficinas Regionales de la Junta de Calidad Ambiental (JCA) desde las cuales se efectúa la respuesta.



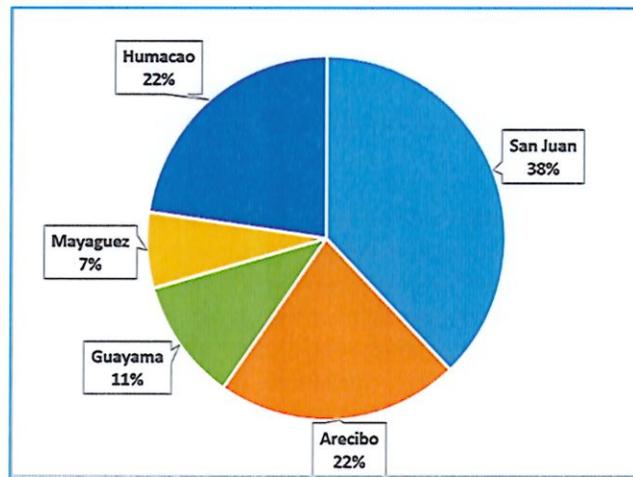
Tabla 32: Informe Estadístico de Incidentes y Emergencias Ambientales – 1 de enero al 31 de diciembre de 2016

Región	Derrames de Hidrocarburos	Derrames Sustancias Químicas	Hallazgo Envases / Contenedores Abandonados	Otros	Total
San Juan	31	4	0	10	45
Arecibo	9	6	1	10	26
Guayama	9	0	0	4	13
Mayagüez	4	1	0	3	8
Humacao	17	3	3	4	27
<b>TOTALES</b>	<b>70</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>31</b>	<b>119</b>

Otros = mortandad de especies acuáticas, olores objetables, fuegos, descargas ilegales

Estos datos muestran que el por ciento de incidentes reportados refleja una mayor incidencia en la Región de San Juan que cubre la Oficina Central (38%) seguido por las Oficinas Regionales de Humacao (22%) y Arecibo (22%), de la zona este y zona sur de Puerto Rico. Como dato de importancia es el alto riesgo de impacto ambiental existente en los muelles de la Región de San Juan en los que se importan y exportan materiales peligrosos a través de contenedores y tanques. Se añade, que las distribuidoras de derivados de petróleo como gasolina, *diésel* y *jet fuel*, entre otros, se encuentran ubicadas entre los municipios de San Juan, Bayamón, Cataño y Guaynabo.

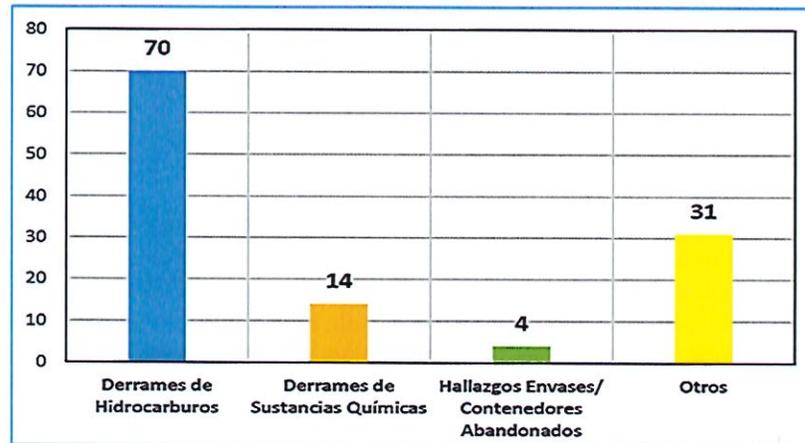
Gráfica 43: Respuesta a Emergencias Ambientales por Región de la Junta de Calidad Ambiental



Los incidentes ambientales en Puerto Rico son ocasionados mayormente por derrames de sustancias derivadas de hidrocarburos de petróleo y el de menor cantidad es de hallazgo de envases o contenedores abandonados. Ejemplos específicos de estos incidentes pueden ser derrames de *gasolina*, *diésel* y aceite hidráulico, entre otros. Una gran mayoría de los incidentes de olores objetables reportados están asociados a las escuelas. La investigación de estos casos refleja que estos problemas ocurren por el escaso o inadecuado mantenimiento a las trampas de grasas, pozos sépticos y tuberías sanitarias. Por otro lado, existen variables que directa o indirectamente ejercen presión y actúan significativamente sobre los medios ambientales. Estas variables son el aumento poblacional y su densidad que, junto a la actividad económica y la movilización social, promueven un aumento en el sector de transportación. Se puede suponer que este aumento en la demanda por la transportación y su correspondiente consumo de combustibles podría inducir a un aumento en el riesgo de incidentes ambientales durante el manejo y acarreo de estas sustancias.



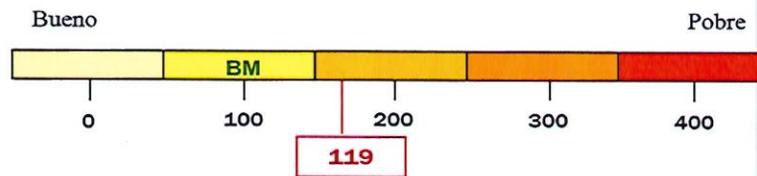
Gráfica 44: Tipo de Incidentes



### Limitaciones del Indicador

El factor limitante de este indicador es que los datos que se presentan son a base de los incidentes registrados, por lo que no se establece la magnitud de esos incidentes ni los factores de mitigación ambiental luego de la respuesta y la remediación del incidente. Esto dificulta el establecer cuáles de estos incidentes han causado un impacto ambiental y cuáles son incidentes menores con un impacto menos agresivo hacia la salud pública y el ambiente.

### Benchmark<sup>37</sup>



### Conclusiones y Recomendaciones

Puerto Rico es sumamente sensible a eventos que contaminan los terrenos y atentan contra la salud pública y los recursos naturales. Sus características geográficas y densidad poblacional, sumadas a la intensidad de las actividades comerciales, industriales y de transportación, las cuales manejan cantidades significativas de materiales y sustancias con alto potencial de contaminación ambiental, lo hacen altamente vulnerable a incidentes de esta naturaleza. Prácticas inadecuadas de manejo, accidentes, falta de controles ambientales, descargas ilegales, materiales abandonados o falta de recursos financieros para atender limpiezas ambientales representan las principales causas de los terrenos contaminados en Puerto Rico. Los eventos de emergencias, por su naturaleza, muchas veces son impredecibles, no obstante, es importante mantener prácticas de educación y prevención en las áreas de trabajo que manejan sustancias peligrosas a fin de minimizar los riesgos a estos eventos. Además, se debe mantener un programa rutinario de inspección de la infraestructura e instalaciones asociadas a sustancias peligrosas de manera que se pueda detectar a tiempo posibles fallas o causas que puedan convertirse en una emergencia ambiental.

<sup>37</sup> Se toma como referencia de BM la cifra redondeada de los casos informados para el año 2001.



## USO DE SUELO

**NOTA ACLARATORIA: La Junta de Planificación no pudo actualizar este Asunto, por lo que está sujeto a revisión.**

### Indicador: Distribución de los Usos de Suelo

#### 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: suelos clasificados, calificados y con regulación especial, 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 presentan un panorama de los usos del suelo del país. Muestran también el manejo de los terrenos y la extensión del desarrollo urbano, al igual que la magnitud del cambio en los usos del suelo. Ofrecen 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. Plan de Uso de Terrenos: Guías de ordenación del territorio (PUT), vigente al 19 de noviembre de 2015.
2. 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.
3. Áreas de Planificación Especial (APE) y Zonas de Interés Turísticos (ZIT) delimitadas.
4. Planes Regionales (PR), de Desarrollo Integral (PDI) o Sectoriales (PS), vigentes.
5. Planes de Usos de Terrenos para Áreas de Planificación Especial (PUT-APE), vigentes.
6. Cualquier otro instrumento, tales como mapas a nivel local o regional.

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 objetivos 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.



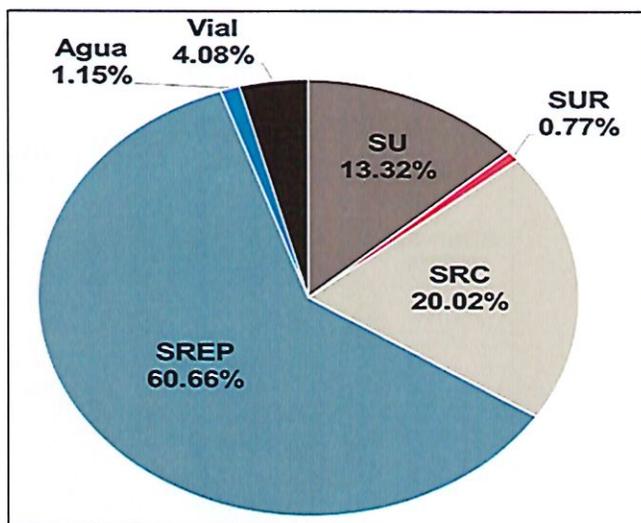
Clasificación del Territorio

Tabla 33: Suelos Clasificados (2015)

Clasificación de Suelo	Cuerdas 2015	Cuerdas 2014	Diferencia Cuerdas	% 2015	% 2014	% Cambio
Urbano (SU)	302,586.15	267,329.00	35,257.15	13.30%	11.75%	1.55%
Urbanizable (SUR)	17,518.15	34,821.56	-17,303.41	0.77%	1.53%	-0.76%
Rústico Común (SRC)	455,016.77	717,621.21	-262,604.44	20.00%	31.54%	-11.54%
Rústico Especialmente Protegido (SREP)	1,379,838.34	444,885.05	934,953.29	60.65%	19.55%	41.10%
Agua	27,266.40	15,569.29	11,697.11	1.20%	0.68%	0.51%
Propiedad Federal	0.00	14,033.36	-14,033.36	0.00%	0.62%	-0.62%
Servidumbre Vial	92,858.03	48,248.02	44,610.01	4.08%	2.12%	1.96%
<b>Total Suelo Clasificado</b>	<b>2,275,083.83</b>	<b>1,542,507.49</b>	<b>732,576.34</b>	<b>100%</b>	<b>67.80%</b>	<b>32.20%</b>
<b>Total Cuerdas PR</b>	<b>2,275,083.83</b>					

Fuente: Junta de Planificación, 2015.

Gráfica 45: Clasificación de Suelo (2015)



Fuente: Junta de Planificación, 2015



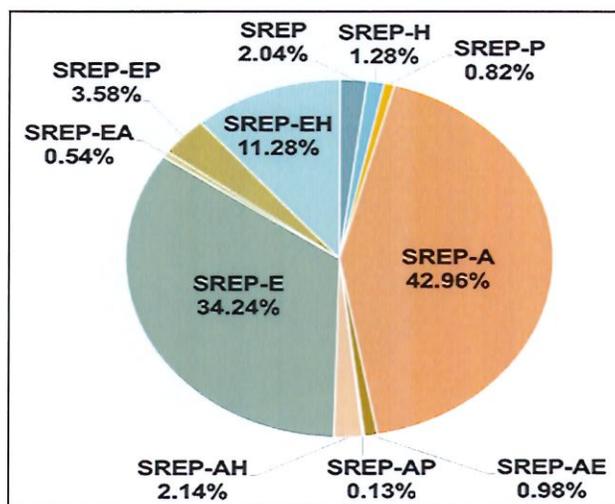
Tabla 34: Subcategorías Suelo Rústico Especialmente Protegidos

SREP	Característica	Cuerdas <sup>38</sup>	% SREP	% PR	Total Cuerdas
SREP	Suelo rústico especialmente protegido	28,149.84	2.04%	1.24%	28,149.84
H	Valor hídrico	17,706.85	1.28%	0.78%	17,706.85
P	Valor de paisaje	11,271.92	0.82%	0.50%	11,271.92
A	Valor agrícola	592,886.85	42.96%	26.06%	637,775.81
AE	Valor agrícola y ecológico	13,580.60	0.98%	0.60%	
AP	Valor agrícola y de paisaje	1,768.78	0.13%	0.08%	
AH	Valor agrícola e hídrico	29,539.58	2.14%	1.30%	
E	Valor ecológico	472,534.91	34.24%	20.77%	685,026.39
EA	Valor ecológico y agrícola	7,485.42	0.54%	0.33%	
EP	Valor ecológico y de paisaje	49,390.32	3.58%	2.17%	
EH	Valor ecológico e hídrico	155,615.73	11.28%	6.84%	
<b>TOTAL CLASIFICADO SREP</b>			100%	60.65%	1,379,930.80
<b>TOTAL CUERDAS PR</b>					2,275,083.83

Fuente: Junta de Planificación, 2015

De acuerdo con el sistema de información geográfica de la Junta de Planificación, Puerto Rico tiene 2,275,083.83 de cuerdas: 27,266.40 cuerdas están identificadas como agua, representado un 1.20%, y 92,858.03 cuerdas como viales, representando un 4.08%. Debido a su condición, no son objeto de clasificación en el Plan de Uso de Terrenos.

Gráfica 46: Subcategorías SREP (2015)

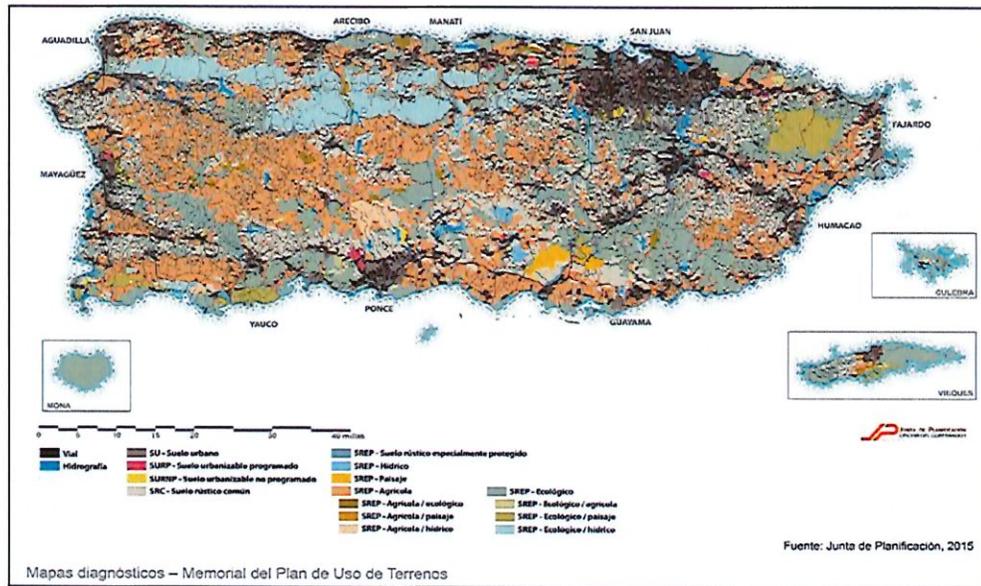


Fuente: Junta de Planificación, 2015

<sup>38</sup> Total suelos clasificados SREP se ajustó al por ciento del total base de 2,276,902.69 cuerdas de Puerto Rico, según publicado en *Plan de Uso de Terrenos* de 2015.



Mapa 15: Clasificación del Suelo



### Análisis del suelo clasificado

Los datos actualizados al 2015 muestran que se encuentran clasificados la totalidad del territorio de la Isla, un total de 2,275,083.83 cuerdas. Para el 2014 se contaba con aproximadamente 1,542,507.49 cuerdas de suelo clasificado y regulado, representando un 67.80% del territorio, para un incremento al 2015 de 32.20% del suelo clasificado al momento de la aprobación del Plan de Uso de Terrenos.

El SU cuenta con 302,586.15 cuerdas clasificadas, representando 13.30% del territorio, para un incremento de 1.55% de suelo clasificado al compararse con el 11.75% de 2014. Se identificaron como SUR unas 17,518.15 cuerdas clasificadas, representando un 0.77% del territorio, con una disminución de -0.76% de suelo clasificado al compararse con el 1.53% de 2014. El SRC cuenta con 455,016.77 cuerdas clasificadas, representando un 20.00% del territorio, con una disminución de -11.54% de suelo clasificado al compararse con el 31.54% de 2014. Se clasificaron como SREP unas 1,379,838.34 cuerdas, representando un 60.65% del territorio, con un incremento de 41.10% de suelo clasificado al compararse con el 19.55% de 2014.

Luego de haber clasificado la totalidad del territorio los usos de suelos se complementan con aquellos clasificados como agua con aproximadamente 27,266.40 cuerdas, representando el 1.20% del territorio, habiendo un incremento de 0.51% al compararse con el 0.68% de 2014. La servidumbre vial cuenta aproximadamente con 92,858.03 curdas, representando el 4.08% del territorio, con un incremento de 1.96% al compararse con el 2.12% de 2014. Al presente todas las propiedades federales han sido clasificadas conforme al características del suelo, con aproximadamente 14,033.36 cuerdas, para un 4.08% del territorio en el 2014.

Los municipios deberán armonizar sus planes a lo dispuesto en el Plan de Uso de Terrenos de 2015. Además, toda revisión del plan de ordenación de los municipios deberá incorporar, para su aprobación, las políticas públicas del Plan. Para ello se concede un plazo a los municipios para que revisen sus respectivos planes y los conformen al Plan de Uso de Terrenos. A partir de que entre en vigor este Plan, los municipios tendrán un año para iniciar la revisión y un año adicional para concluirla. La Junta de Planificación cooperará con todos los municipios para que el proceso se pueda llevar a cabo de la manera más rápida y eficiente posible, poniendo a disposición de ellos su personal y equipo técnico. A tenor con esta disposición transitoria, los municipios de Aibonito y Caguas dieron comienzo al proceso paralelamente.



## 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.

### Suelos con riesgos 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. Estas zonas son las siguientes:

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



Zona	Descripción
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 detallado.

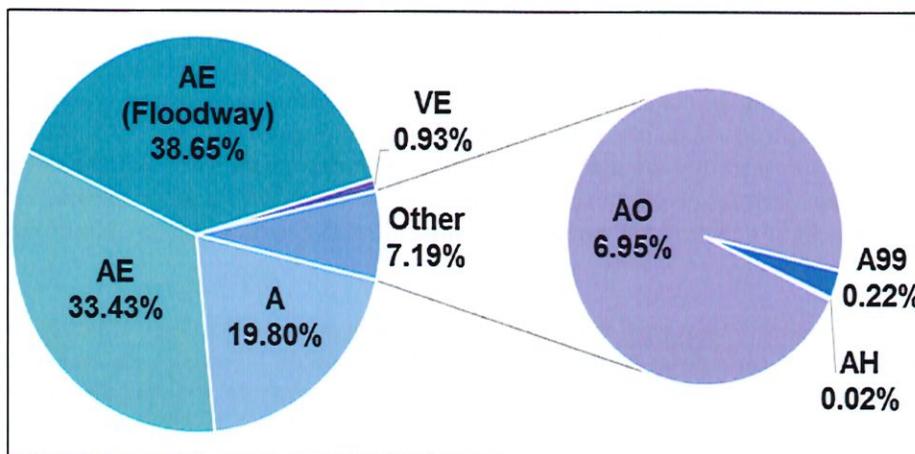
Fuente: FEMA Map Service Center, 2012

Tabla 35: Estimado de Suelos con Riesgos 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%
<b>Total</b>	<b>239,062.45</b>	<b>100%</b>	<b>10.508%</b>
<b>Total PR</b>	<b>2,275,083.83</b>		

Fuente: Junta de Planificación, 2015

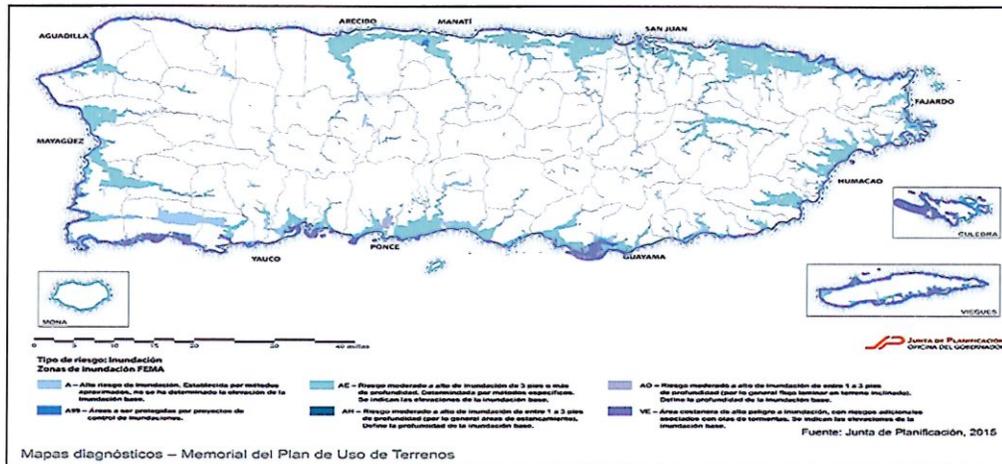
Gráfica 47: Suelos con Riesgos de Inundaciones (2009)



Fuente: Junta de Planificación 2015



Mapa 16: Suelos con Riesgo de Inundaciones



### Suelos con riesgos por incremento en el nivel del mar

Los principales impactos de las emisiones de gases con efecto invernadero incluyen el aumento de las temperaturas, la intensidad y frecuencia de las lluvias, el incremento del nivel del mar y sus efectos en las costas, y la frecuencia e intensidad de tormentas y huracanes. La ubicación de Puerto Rico en el Caribe y su condición de isla propicia que el incremento del nivel del mar, y su amenaza a las infraestructuras y viviendas actuales y futuras sea más preocupante.

Las proyecciones actuales de incremento del nivel del mar muestran que hay un número significativo de sectores donde pueden afectarse muchos negocios y viviendas. Además de las pérdidas económicas y sociales, el incremento del nivel del mar puede producir un aumento en la demanda por terrenos para el desarrollo, intensificando la conversión de terrenos para desarrollo en las áreas rurales.

El nivel del mar aumentará en función de los sistemas climáticos, la expansión térmica del agua de los océanos, la ruptura del hielo polar, el derretimiento de los glaciares y capas permanentes de hielo, así como cambios en las elevaciones geológicas asociadas a movimientos tectónicos. Los efectos del incremento en el nivel del mar se ven amplificados por los impactos a corto plazo de las marejadas ciclónicas. Los cambios proyectados en el clima para la segunda mitad de este siglo dependen de los niveles de emisiones que contribuyan a atrapar calor. Se estima que el riesgo de aumento del nivel del mar en el siglo 21 será mayor al originalmente estimado por el PICC: 0.18-0.59 metros. El Informe Especial del PICC sobre Extremos Climáticos indica que es muy probable que continúe la tendencia de incremento del nivel de las aguas costeras en el futuro. Existe un alto nivel de confianza de que las áreas que ya están experimentando impactos adversos, tales como erosión costera e inundaciones, continuarán enfrentando estos eventos debido al incremento del nivel del mar, aún si otros factores se mantuvieran constantes. Al combinar modelos climáticos con datos paleo-climáticos, se estima un incremento de nivel del mar de 2.0 metros al 2100, con un estimado más probable de que el aumento sea de 0.8 metros.<sup>39</sup>

Si la tendencia de incremento del nivel del mar observada para Puerto Rico continuara linealmente sin aceleración, el incremento al 2100 sería de al menos 0.4 metros. El Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE) realizó un análisis para el CCCPR proyectando posibles escenarios de incremento del nivel del mar al 2165, para las costas norte y sur de Puerto Rico. Se evaluaron horizontes de planificación de 50 y 100 años para la adaptación al incremento del nivel del mar utilizando estimados de 0.07 a 0.57 metros (0.20 a 1.87 pies) sobre el nivel medio actual del mar para el año 2060 y entre 0.14 y 1.70 metros (0.40 a 5.59 pies) sobre el nivel medio actual del mar para el año 2110. Debido a la variabilidad

<sup>39</sup> Consejo de Cambio Climático de Puerto Rico (CCCPR), 2013. *Estado del Clima de Puerto Rico 2010-2013 Resumen Ejecutivo: Evaluación de vulnerabilidades socio-ecológicas en un clima cambiante*, Programa de Manejo de la Zona Costanera, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, Oficina de Océanos y Recursos Costeros (NOAA-OCRM). San Juan, PR, p. 9



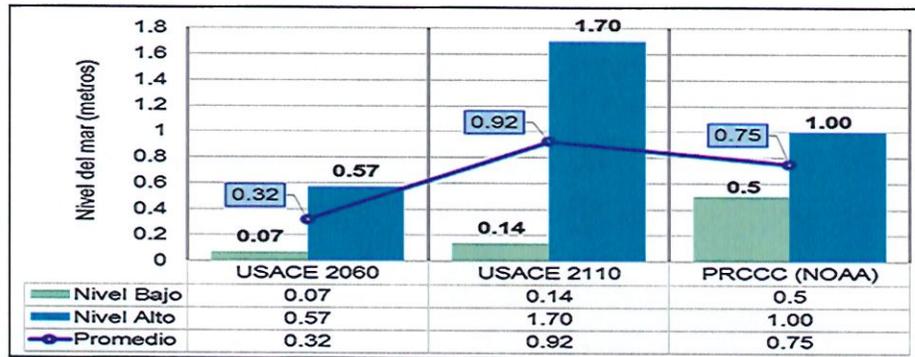
e incertidumbre en el sistema es importante que se proyecte el incremento del nivel del mar en varios rangos y planificar para todos los posibles escenarios, en lugar de utilizar sólo el estimado más conservador.

Utilizando esta información y las proyecciones de incrementos futuros del nivel del mar, el PRCCC recomienda planificar para un incremento de entre 0.5 y 1.0 metros al 2100.<sup>40</sup>

A menos que cambien las tendencias, el patrón de desarrollo que hemos adoptado producirá un aumento en las emisiones de gases con efecto invernadero, debido al transporte, incluso con vehículos más eficientes y con combustibles de baja emisión de carbono. Si continúan los desarrollos residenciales de baja densidad y la ampliación de carreteras, la utilización del vehículo aumentará, y es precisamente uno de los principales componentes de las emisiones de gases de efecto invernadero.

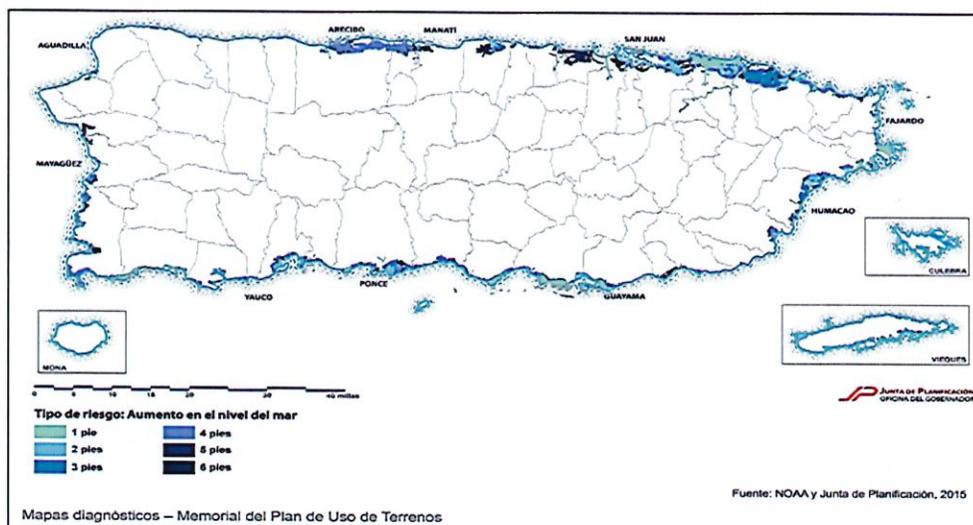
Por el contrario, un patrón de desarrollo compacto y con mezcla de usos hace que la gente conduzca entre un 20% y un 40% menos, a un costo menor o reducido, y produce beneficios fiscales y de salud. El Departamento de Transportación y Obras Públicas, la Organización Metropolitana de Transporte y los municipios están comenzando a trabajar con estos temas en mayor detalle para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, que incluyen el desarrollo de modos alternos e integrados de transporte. Aun así, son necesarios más esfuerzos y mejor coordinación.

Gráfica 48: Incremento en el Nivel del Mar



Fuente: Junta de Planificación, 2015

Mapa 17: Suelos con Riesgos por Incremento en el Nivel del Mar



<sup>40</sup> Recomendación de la NOAA acogida por el PRCCC.



## 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<sup>41</sup>:

- **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.

Ilustración 6: Evolución de Tsunamis en Tres Fases



Fuente: Red Sísmica de Puerto Rico, UPR-Mayagüez

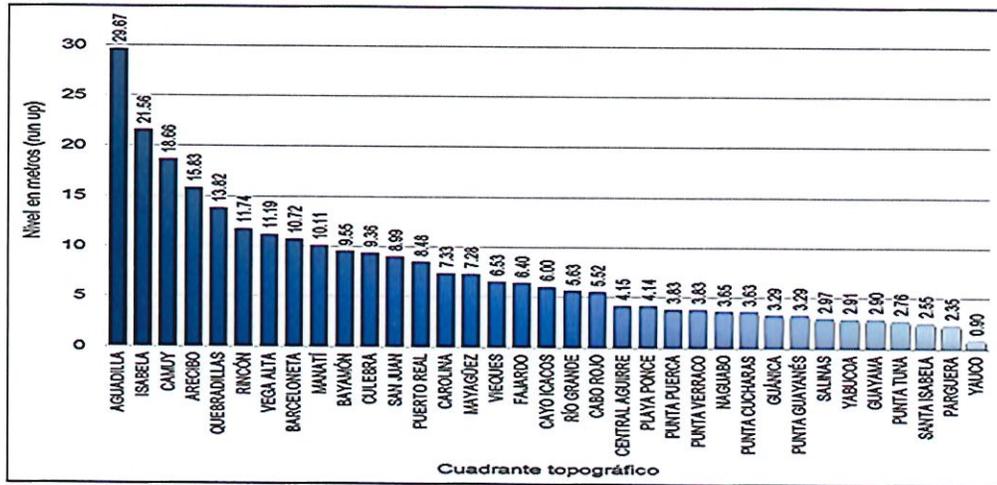
El peligro de un tsunami para Puerto Rico es real. Desde 1867, dos tsunamis han afectado sus costas, produciendo muerte y destrucción en 1867 y 1918. Aunque la fuente de los tsunamis históricos lo ha sido los terremotos locales, también se podría generar el fenómeno por terremotos regionales y distantes, 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).

<sup>41</sup> 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](http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/media/Atlas_Presentation.ppsx)

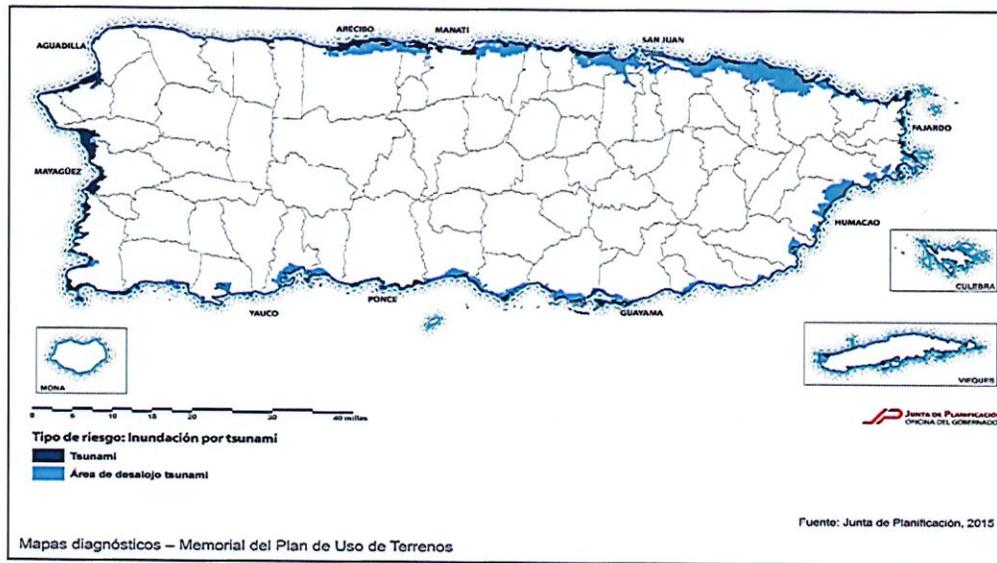


Gráfica 49: Nivel de Inundabilidad por Tsunamis en Pueblos Costeros



Fuente: Red Sísmica de Puerto Rico, UPR-Mayagüez

Mapa 18: Suelos con Vulnerabilidad a Tsunamis



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.

### Suelos con riesgos 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. 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:

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 cárstica 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.

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.

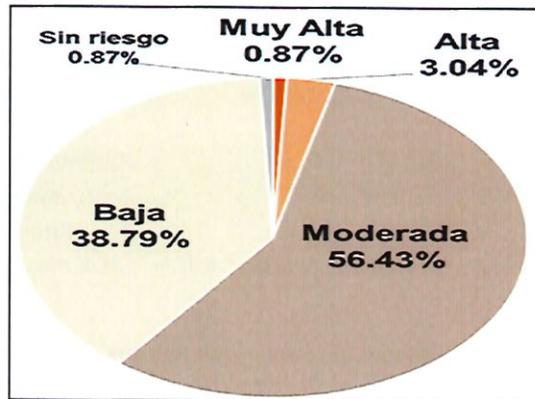


Tabla 36: Suelos con Riesgos de Deslizamiento

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%
<b>Total con Riesgo</b>	<b>2,255,187.61</b>	<b>99.13%</b>
<b>Total Puerto Rico</b>	<b>2,275,083.83</b>	<b>100%</b>

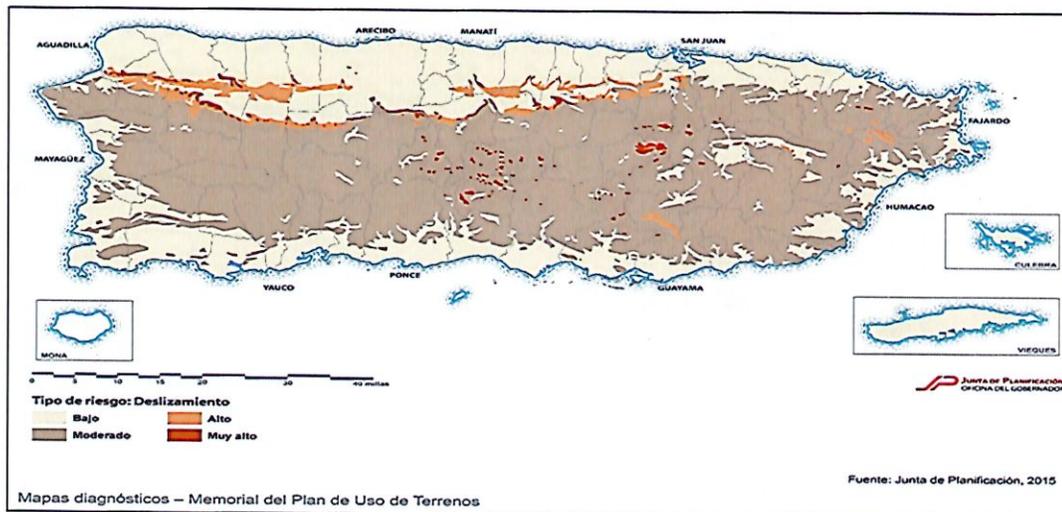
Fuente: USGS Landsliding Publication, Dr. Watson Monroe, 1979

Gráfica 50: Nivel de Susceptibilidad a Deslizamiento



Fuente: USGS, Mapa Monroe, 1979

Mapa 19: Suelos con Riesgos de Deslizamiento





### Vulnerabilidad de riesgos por incendio forestal

Durante los últimos años en Puerto Rico han aumentado los incendios forestales. Estos incendios se inician o se propagan debido a diversos factores, tales como: altas temperaturas, bajo por ciento de humedad relativa, viento, disponibilidad de combustibles (hojas, ramas, árboles, pastos) y el calentamiento global.<sup>42</sup>

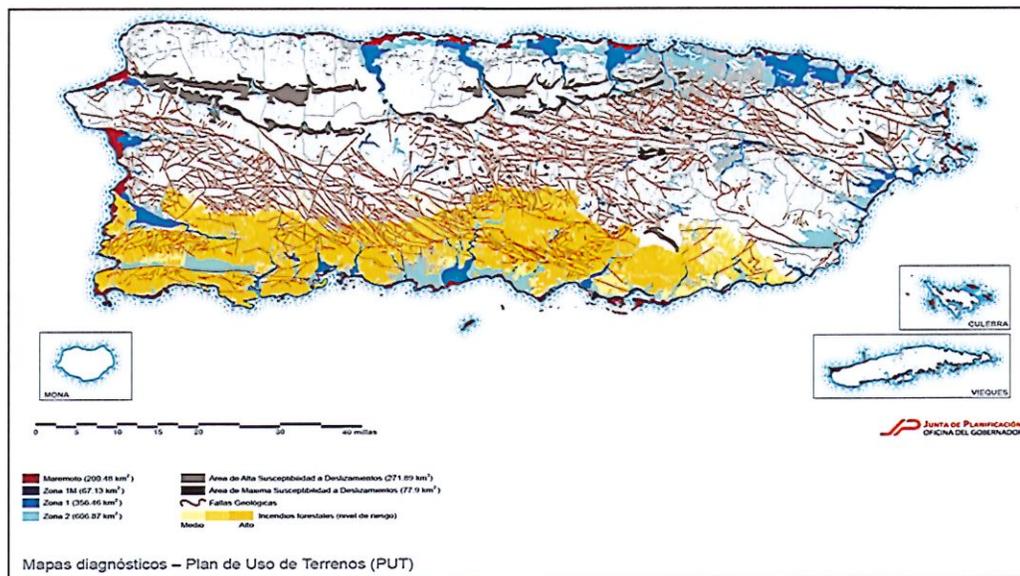
Para que un fuego ocurra tiene que haber tres elementos: combustible, temperaturas altas y oxígeno. Se ha evidenciado aproximadamente el 90% de los incendios forestales combatidos han sido provocados por mano humana. Las varias causas de incendios forestales son:

Tabla 37: Factores Causantes de Incendios Forestales

Naturales	Intencionales	Negligencia	Accidentales
Combustión espontánea <sup>43</sup> (la que comienza sin aporte externo de calor).	Piromaniacos (tendencia enfermiza a causar incendios)	Fogatas	Barbacoas
Rayos	Quema a campo abierto <sup>44</sup>	Quema de basura	Velas encendidas
	Venganzas	Colillas de cigarrillos	
	Vandalismo	Botellas y vidrios	
		Prácticas agrícolas	
		Quemas controladas que se salen de control	
		Ritos religiosos	

Fuente: "Incendios Forestales en Puerto Rico", Boletín Hojas de Nuestro Ambiente, DRNA, P-001, mayo 2006.

Mapa 20: Suelos con Riesgos por Incendio Forestal



<sup>42</sup> Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, (2006) "Incendios Forestales en Puerto Rico", Boletín Hojas de Nuestro Ambiente, P-001, mayo 2006.

<sup>43</sup> No hay evidencia científica de que ocurra en Puerto Rico porque la madera enciende entre 375 y 510 grados Fahrenheit.

<sup>44</sup> Está prohibida por el Reglamento- 402 de la Junta de Calidad Ambiental y puede conllevar multas administrativas de hasta un máximo de \$25,000 y en caso de reincidencia de hasta \$50,000.



Daños ocasionados por los incendios forestales Los incendios, dependiendo de su intensidad y frecuencia:

- Arrasan la madera.
- Destruyen el hábitat de la fauna silvestre y directamente a ésta.
- Destruyen la flora que carece de adaptaciones al surgir un incendio.
- Contaminan el aire y ocasionan accidentes por pérdida de visibilidad debido al humo.
- Contribuyen al cambio climático global.
- Propician la erosión del suelo.
- Afectan la belleza del paisaje.
- Alteran el régimen hidrológico.
- Causan pérdida de vida humana (por quema, asfixia o sofocación).
- Destruyen alimento (cosecha, forraje).
- Aumentan los gastos operacionales (suministro y equipo, operación aérea, mano de obra).

Estos daños tienen serios impactos ambientales, económicos, sociales, políticos y operativos, tanto inmediatos como a corto, mediano y largo plazo. Se estima que la recuperación del ecosistema, a causa de un incendio forestal, podría tardar de 20 a 25 años.

Los suelos con mayor vulnerabilidad de riesgo a incendios forestales son los de la zona sur con 350,230.82 cuerdas aproximadas, para un 15.39% del territorio. Estos suelos son mayormente utilizados para la producción agrícola y para pasto. Pero resulta ser la zona más seca, dada la condición geográfica y la poca precipitación que se registra en los primeros meses del año.

### **Análisis de riesgos naturales**

La cantidad del suelo como Áreas Especiales de Riesgo a Inundación en Puerto Rico se estima según FIRM en unas 239,062.45 cuerdas, 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.

El total de suelos con vulnerabilidad a Tsunamis coinciden con los que están en riesgo de inundaciones por marejadas y por el incremento en el nivel del mar 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.

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.

La combinación de los riesgos naturales identificados representa un total aproximado de 583,091.15 cuerdas, para un 25.63% del territorio. 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. Los eventos de deslizamiento y fuego forestal pueden plantear un riesgo luego de ocurrir eventos de fuertes temblores y de sequías extremas que impacten el territorio.

### Suelo con Valor 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 24 de marzo de 2015,-Tomo V, Capítulo 29 sobre Zonificación Especial para las Reservas y Corredores 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.
- **AD, Áreas Desarrolladas:** Identificar las áreas no urbanas que han sido pobladas o desarrolladas.
- **CR-H, Conservación y Restauración de Recursos Históricos:** Identificar terrenos o propiedades que constituyen valores naturales, ecológicos, históricos, arquitectónicos o culturales.
- **DS, Desarrollo Selectivo:** Identificar áreas donde existe un potencial de desarrollo futuro pero con limitaciones severas naturales o de disponibilidad de infraestructura.

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, los cuales se acopian cada cinco (5) años, el más reciente censo fue publicado en el 2012. 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.

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.

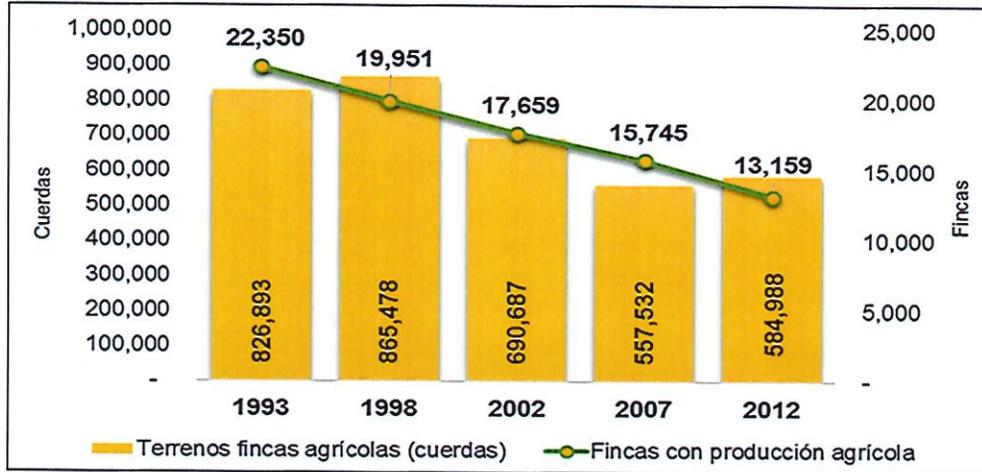
Tabla 38: Fincas y Terrenos con Producción Agrícola, Censo Agrícola 1993 a 2012

Censo Agrícola	1993	1998	2002	2007	2012
Fincas con producción agrícola	22,350	19,951	17,659	15,745	13,159
Terrenos de fincas agrícolas (cuerdas)	826,893	865,478	690,687	557,532	584,988
<b>Aumento o pérdida de terrenos (cuerdas)</b>		<b>38,585</b>	<b>(174,791)</b>	<b>(133,155)</b>	<b>27,456</b>
<b>Cambio porcentual</b>		<b>4.46%</b>	<b>-25.31%</b>	<b>-23.88%</b>	<b>4.69%</b>

Fuente: Census of Agriculture, USDA, National Agricultural Statistics Service, 2012



Gráfica 51: Suelos con Producción Agrícola (2012)



Fuente: Census of Agriculture, USDA, National Agricultural Statistics Service, 2012

Mapa 21: Suelos con Valor Agrícola (2015)

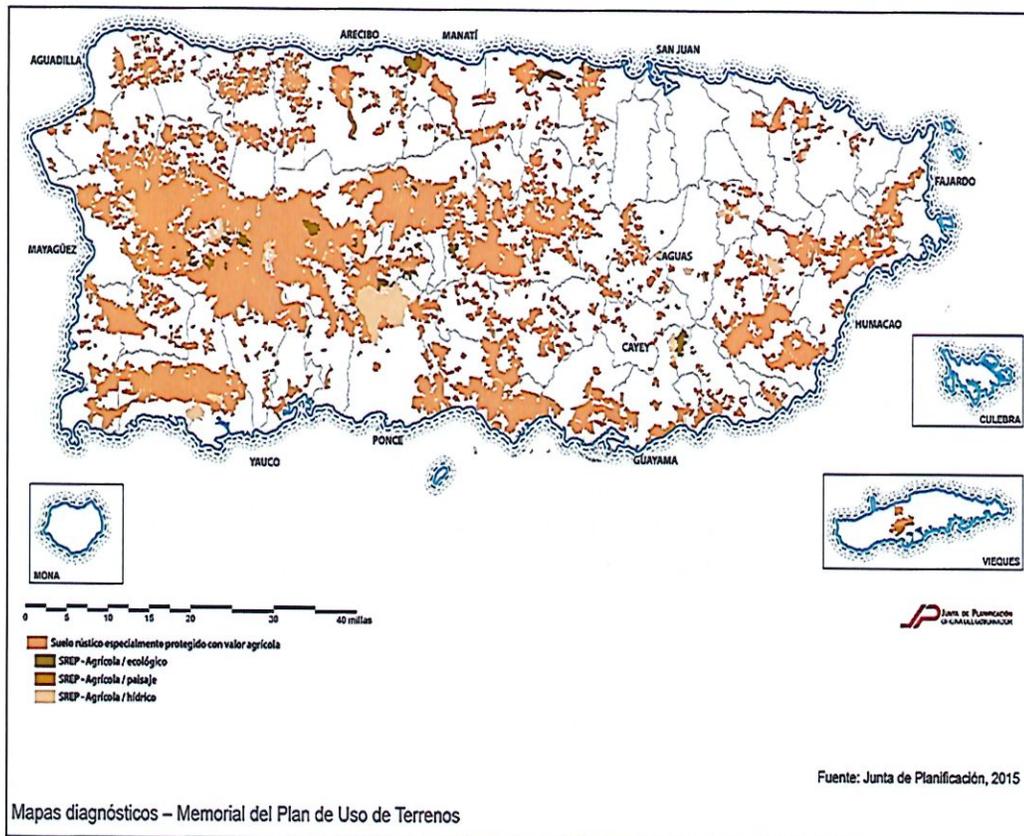




Tabla 39: Reservas Agrícolas Aprobadas y en Proceso (2014)

Reserva Agrícola	Ley	Municipios	Adopción	Área en Cuerdas
Valle de Lajas	Ley 277-1999 20/8/99	Cabo Rojo Guánica Lajas Sabana Grande Yauco	JP-RA-57 21/02/2014	48,035.79
Valle del Coloso	Ley 142-2000 4/8/00	Aguada Aguadilla Moca	JP-RP-28 5/12/2003	3,182.48
Valle de Guanajibo	Ley 184-2002 17/8/02	Cabo Rojo Hormigueros San Germán	JP-56-2014 21/02/2014	9,804.37
Reserva Agrícola de Vega Baja	Ley 398-2004 22/9/04	Vega Baja (y Vega Alta)	JP-RA-09 13/06/2012	3,390.85
Reserva Agrícola Don Amparo Güisao Figueroa	Ley 18-2006 23/1/06	Maunabo	JP-RA-74-2012 13/06/2012	1,116.29
Reserva Agrícola de Yabucoa	Ley 49-2009 3/8/09	Yabucoa	JP-RA-75 13/06/2012	7,177.76
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	59,830.18
Reserva Agrícola del Valle de Añasco	Por iniciativa de la Junta de Planificación	Añasco Mayagüez	JP-RA-28 12/02/2014	7,089.17
<b>Total de suelos con reservas agrícolas (Aprobadas y propuestas)</b>				139,626.89
<b>Total de suelos identificados con valor agrícola</b>				612,965.00
<b>Total de suelos con producción agrícola (Censo Agrícola 2007)</b>				544,675.00

Fuente: Junta de Planificación 2015

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. 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 parte de la población mundial.

Con el propósito de garantizar la seguridad alimentaria, se enmendó la Ley 550-2004 mediante la Ley 6-2014, para que el Plan de Usos de Terreno de Puerto Rico a los fines de garantizar que se reserve no menos de seiscientos mil (600,000) cuerdas de terreno agrícola.<sup>45</sup> El Plan de Uso de Terrenos protege 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)<sup>46</sup> y otras calificaciones especiales.

Amerita, por lo tanto, que en la elaboración de los planes de usos de terrenos, se dé prioridad a reservar, rescatar y la conservar 600,000 cuerdas de 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.

### **Análisis de suelo con valor agrícola**

Los datos del Censo Agrícola indican que Puerto Rico de 1998 a 2012 tuvo una merma neta de 280,490 cuerdas de tierras con productividad agrícola, representando una reducción neta aproximada de -32.41%. 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 174,791 cuerdas, para 690,687 cuerdas, representando una reducción de 25.31%. El Censo Agrícola de 2007 informó otra baja en terrenos con producción agrícola de 133,155 cuerdas, para 557,532 cuerdas, representando otra marcada reducción de 23.88%. El Censo Agrícola de 2012 refleja un alza en terrenos con producción agrícola de 27,456 cuerdas, para un total 584,988 cuerdas, representando un aumento de 4.69%, al registrado en el 2007.

Considerando la extensión territorial de la isla, la reducción neta aproximada de 280,490 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 2014 era de 139,626.89 cuerdas, representando el 25.04% de las tierras con producción agrícola y 22.78% 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.

### **Sistemas Naturales<sup>47</sup>**

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

<sup>45</sup> Atendiendo esta situación se aprobó la Ley 6-2014 que enmienda la Ley 550-2004, conocida como la "Ley para el Plan de Uso de Terrenos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico", a los fines de garantizar que se reserve no menos de seiscientos mil (600,000) cuerdas de terreno agrícola, para crear una Reserva Especial Agrícola y para otros asuntos afines con esta reserva de terrenos.

<sup>46</sup> 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.

<sup>47</sup> "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.



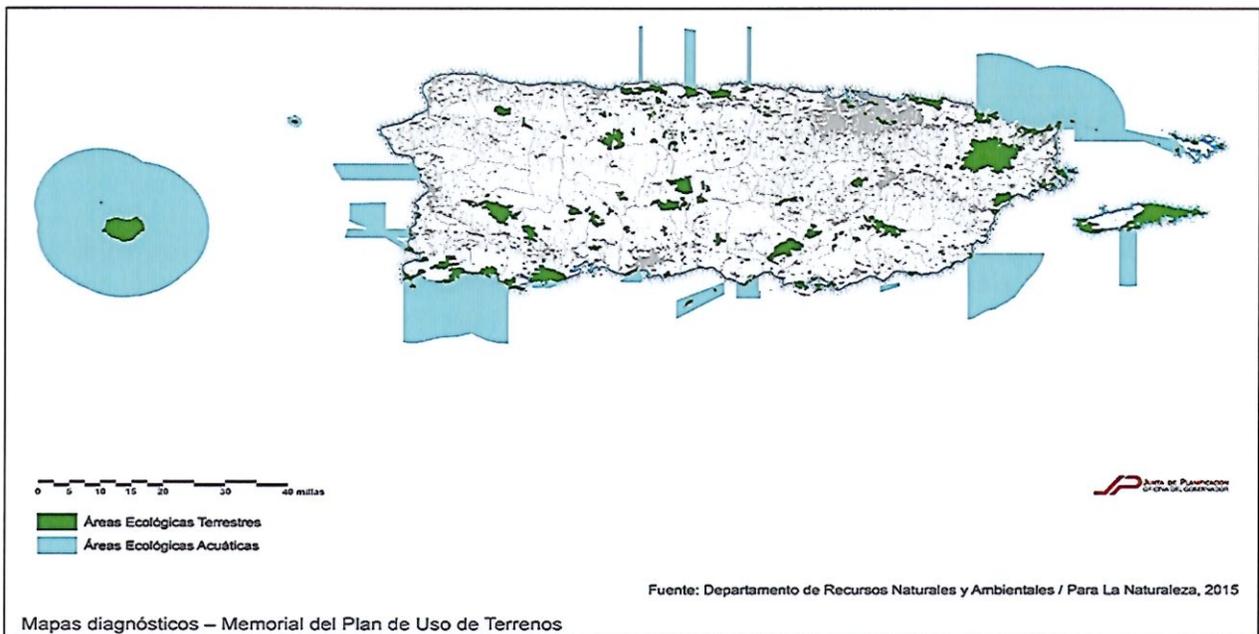
desmedida de los recursos naturales para elaborar productos para satisfacer las demandas del consumismo, el desparramamiento urbano, el movimiento ilegal de corteza terrestre, la introducción de especies exóticas y la utilización de terrenos para agricultura.

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).

### 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 intensidad 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.

Mapa 22: Sistemas Naturales



Como principio fundamental del *Programa de Manejo de la Zona Costanera de Puerto Rico*<sup>48</sup>, 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.

<sup>48</sup> Programa de Manejo de la Zona Costanera de Puerto Rico, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, 2009.



Tabla 40: Suelos con Valor Natural

Componentes	Terrenos (Cuerdas)	Por Ciento
Áreas con Valor Natural Protegidas	238,149.00	10.47%
Áreas con Valor Natural sin Protección	463,843.00	20.39%
<b>Total Suelos con Valor Natural</b>	<b>701,992.00</b>	<b>30.86%</b>
<b>Total Suelos Puerto Rico</b>	<b>2,275,083.83</b>	

Fuente: Junta de Planificación, 2015

### Área de Planificación Especial del Carso (APEC)

La Junta de Planificación en coordinación con el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), adoptó el *Plan y Reglamento para el Área de Planificación Especial del Carso (PRAPEC)* el 12 de marzo de 2014, conforme a la Ley 292-1998, conocida como la Ley para la Protección y Conservación de la Fisiografía Cársica de Puerto Rico. El PRAPEC fue aprobado por el Gobernador el 27 de mayo de 2014, entrando en vigencia el 4 de julio de 2014.

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. 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 (Distritos de calificación especial) en las Áreas Restringidas.

La fisiografía cársica de Puerto Rico, es un recurso natural al cual se le reconoce una importancia a nivel mundial por sus rasgos distintivos y únicos, por su localización dentro del clima tropical y por su alto grado de evolución geomorfológica. Es el producto del proceso de disolución de rocas solubles cuyo primer rasgo de importancia es el drenaje subterráneo y cuya topografía se transforma a medida que ocurre la disolución diferencial de las rocas que provoca el contraste entre rasgos tales como los mogotes, cerros calizos, torres, sumideros, dolinas y zanjones en variadas distribuciones a través de todas sus expresiones en lo que se define como la fisiografía cársica de Puerto Rico.

Esta fisiografía cársica, está ubicada en el norte de Puerto Rico, como una franja continua, en el sur como franja discontinua, las islas de Mona, Monito, Caja de Muertos y afloramientos aislados en otras partes de la Isla. La fisiografía cársica se compone de dos áreas de planificación especial: Área de Planificación Especial Zona Cársica (APE-ZC) y Área de Planificación Especial del Área Restringida del Carso (APE-RC).

La fisiografía cársica de Puerto Rico constituye el sistema de recarga de mayor magnitud de Puerto Rico para el abastecimiento de los cuerpos de agua subterráneos o acuíferos, así como su emanación en la superficie en forma de manantiales, lagunas, quebradas y ríos. Sobre sus suelos existen bosques y arboledas naturales constituidos por un alto número de especies de flora y fauna nativas; algunas de ellas exclusivas del patrimonio natural de nuestro país, de acuerdo al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. En la actualidad, veintidós (22) especies de su flora y quince (15) especies de su fauna están oficial y legalmente designadas como amenazadas o en peligro de extinción. Cerca de un centenar de otras especies de flora y fauna que también habitan esta zona se les considera en estado crítico por su distribución restringida.

El Área de Planificación Especial Restringida del Carso (APE-RC) abarca una superficie aproximada de 222,295.98 cuerdas, distribuidas a través de 44 municipios de Puerto Rico (ver Anejo 4) y la Zona de Amortiguamiento de 50 metros, un área de aproximadamente 20,227.52 cuerdas adicionales. En conjunto, el APE-RC y la Zona de Amortiguamiento representan un área total aproximada de 242,523.50 cuerdas. En la delimitación del Área Restringida se propone el Distrito Sobrepuesto del Área de Planificación Especial Restringida del Carso (APE-RC).

Se establece el Distrito Sobrepuesto del Área de Planificación Especial de la Zona Cársica (APE-ZC), el cual comprende los terrenos de la fisiografía cársica de Puerto Rico, que no están incluidos dentro del Área Restringida del Carso. Este distrito no solapa con el Distrito Sobrepuesto APE-RC. Este distrito abarca aproximadamente 350,766.54 cuerdas e incluye treinta y un (31) municipios.

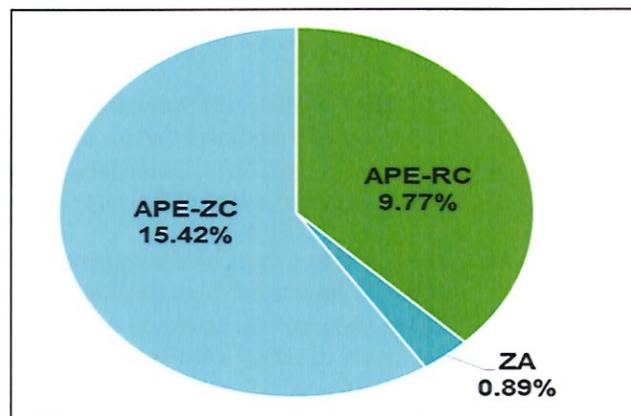


Tabla 41: Área de Planificación Especial del Carso (2014)

Distrito Sobrepuesto	Distrito Sobrepuesto	% Suelo Total PR	Cuerdas Aproximadas	Municipios
Restringida del Carso	APE-RC	9.77%	222,295.98	44
Zona Amortiguamiento	(ZA)	0.89%	20,227.52	44
Zona Cársica	APE-ZC	15.42%	350,766.54	31
<b>Total Fisiografía Cársica</b>		<b>26.08%</b>	<b>593,290.04</b>	

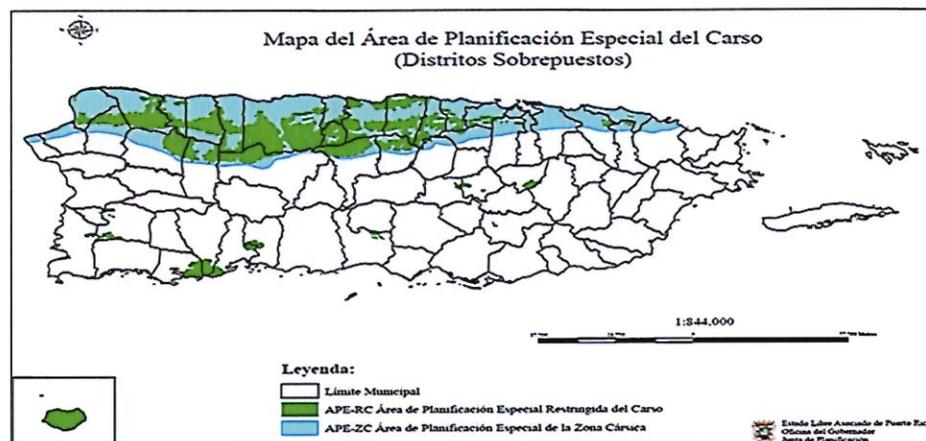
Fuente: DRNA y Junta de Planificación, *Plan y Reglamento Especial Área de Planificación Especial del Carso (PRAPEC)*, 2014

Gráfica 52: Por Ciento Distritos Sobrepuestos del APEC



Fuente: Junta de Planificación, 2015

Mapa 23 Delimitación del Área de Planificación Especial del Carso (2014)



Fuente: Junta de Planificación, *Plan y Reglamento Especial Área de Planificación Especial del Carso (PRAPEC)*, 2014



## Reserva Natural del Corredor Ecológico del Noreste (RNCEN) y Áreas Adyacentes a la Reserva Natural del Corredor Ecológico del Norte (AARNCEN)

El Corredor Ecológico del Noreste consiste de la Reserva Natural del Corredor Ecológico del Noreste (RNCEN) con su componente marino y las Áreas Adyacentes a la Reserva Natural del Corredor Ecológico (AARNCEN) localizado entre los municipios de Luquillo, Fajardo y Culebra. La RNCEN, es una zona de extraordinario valor natural, ecológico, paisajístico y ecoturístico constituida por un componente terrestre y un componente marino con un área superficial de aproximadamente 72,506.67 cuerdas.<sup>49</sup>

El contorno terrestre tiene un área superficial aproximada de 3,018.87 cuerdas de terreno. Se ubica a lo largo de la zona costanera de los municipios de Luquillo y Fajardo, y al norte de la carretera PR-3. Está integrado por todos los terrenos de tenencia pública y privada, constituidos mayormente por las fincas San Miguel 1 y 2, Las Paulinas, Convento Norte y Sur, Dos Mares, Seven Seas y otras propiedades de tamaño menor en parte de sus límites sudorientales y meridionales. Incluye además las playas San Miguel, La Selva, Las Paulinas, El Convento, Escondida y Colorá.

El perímetro marino de la RNCEN incluye todos aquellos terrenos sumergidos, terrenos sumergidos bajo aguas navegables y sus aguas, ecosistemas sumergidos y aguas marinas que se extienden nueve (9) millas náuticas mar afuera; desde el límite de la Reserva Marina Espíritu Santo al oeste de la RNCEN, hasta el extremo este del límite de la RNCEN en la Reserva Natural Marina Cabezas de San Juan. Incluye además, el segmento de las aguas marinas territoriales de Puerto Rico localizadas entre la Reserva Natural Arrecifes de La Cordillera al Este de Fajardo y la Reserva Natural Canal Luis Peña de la isla Municipio de Culebra. Con esta extensión se logra, la protección de los hábitat bénticos, hábitats esenciales para los peces y otros organismos marinos, arrecifes de coral, vegetación acuática sumergida y ecosistemas asociados que no fueron integrados a la designación de la Reserva Natural Arrecifes de La Cordillera, tales como los arrecifes Barriles y Hermanos y las plataformas de los cayos, farallones, promontorios y rocas Botijuela, Lavador, Alcarraza, Los Gemelos, Ancón y Cayo Agua hasta conectar con el cayo Luis Peña en Culebra. En total, el área marina se extiende aproximadamente 69,434 cuerdas.

Los cuerpos de agua abiertos en la RNCEN cubren un área aproximada de 126.2 cuerdas de extensión. Estos incluyen la columna de agua de los ríos y quebradas, principalmente el segmento correspondiente a los estuarios, y las lagunas. La inmensa mayoría del área contemplada en este ecosistema corresponde a la Laguna Aguas Prietas. La biodiversidad reportada en estos sistemas acuáticos está íntimamente relacionada a los humedales leñosos y herbáceos, incluyendo también a las comunidades de coral y praderas de yerbas marinas en las aguas cercanas del litoral marino. La salinidad es el factor principal que distingue los cuerpos de agua en la RNCEN.

Toda la RNCEN se clasifica como Suelo Rústico Especialmente Protegido, ya que cumple con todos los atributos incluidos en el siguiente criterio: “por su especial ubicación, topografía, valor estético, arqueológico o ecológico, recursos naturales únicos u otros atributos, se identifica como un terreno que nunca deberá utilizarse como suelo urbano” (SU) o urbanizable. Se adopta el criterio Suelo Rústico Especialmente protegido Ecológico (SREP-E), establecido en la Ley de Municipios Autónomos y en el Plan de Uso de Terrenos, que crean subcategorías dentro del suelo rústico especialmente protegido.

A tenor con la Ley 126-2012<sup>50</sup>, según enmendada, se deroga toda calificación vigente en los terrenos comprendidos en la RNCEN y se implementarán las calificaciones contenidas en el Reglamento del Plan Sectorial de la Reserva Natural del Corredor Ecológico del Noreste<sup>51</sup>, con las normas generales y particulares de las nuevas calificaciones del área natural protegida. Este Reglamento deberá aplicarse en conjunto y como complemento al modelo de manejo establecido en el Plan de Manejo de la RNCEN, elaborado por el DRNA.

<sup>49</sup> La Junta de Planificación de Puerto Rico resolvió adoptar los “Planes Sectoriales y Reglamentos de la Reserva Natural del Corredor Ecológico (RNCEN) y las Áreas Adyacentes de la Reserva Natural del Corredor Ecológico del Noreste (AARNCEN), entre otros, mediante la Resolución Núm. PU-002-CEN-24(23) de 22 de diciembre de 2015. El Gobernador de Puerto Rico lo aprueba mediante el Boletín Ejecutivo Núm. OE-2016-007 de 15 de febrero de 2016, entrando en vigencia el 1 de marzo de 2016.

<sup>50</sup> Ley Núm. 126 del 25 de junio de 2012, según enmendada, conocida como la “Ley de la Reserva Natural del Corredor Ecológico del Noreste”.

<sup>51</sup> Junta de Planificación, (2016) “Planes Sectoriales y Reglamentos para la Reserva Natural Corredor Ecológico del Noreste y Áreas Adyacentes”, vigente al 1 de marzo de 2016.

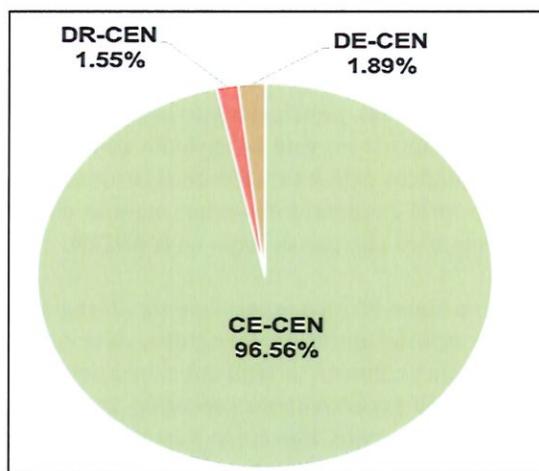


Tabla 42: Calificación del Suelo en RNCEN

Distrito de Calificación	Cabida en Cuerdas		Por ciento de Cobertura	
		Total		Total
Conservación Ecológica (CE-CEN)		2,915.02		96.56%
Desarrollo Recreativo (DR-CEN)				
DR-1-CEN	19.02		0.63%	
DR-2-CEN	24.75		0.82%	
DR-3-CEN	3.02		0.10%	
<b>Total DR-CEN</b>		<b>46.79</b>		<b>1.55%</b>
Desarrollo Especial (DE-CEN)				
DE-1-CEN	53.13		1.76%	
DE-2-CEN	3.92		0.13%	
<b>Total DE-CEN</b>		<b>57.06</b>		<b>1.89%</b>
<b>Totales RNCEN</b>		<b>3,018.87</b>		<b>0.13%</b>
Agua	126.20		4.01%	
<b>Total Agua + RNCEN</b>		<b>3,145.07</b>		<b>0.14%</b>
<b>Total Suelo Puerto Rico</b>		<b>2,275,083.83</b>		

Fuente: Junta de Planificación, 2015

Gráfica 53: Por Ciento de Calificación del Suelo en RNCEN



Fuente: Junta de Planificación, 2015

Las Áreas Adyacentes a la Reserva Natural del Corredor Ecológico del Noreste (AARNCEN) consisten de una extensa área de terrenos firmes, humedales y aguas superficiales que drenan hacia la RNCEN y que forman parte de su cuenca hidrográfica. Las AARNCEN está constituida por el área recreativa del balneario “Seven Seas” y la Reserva Natural “Cabezas de San Juan”; continúa hacia el Sur de la carretera PR-3 siguiendo las cuencas hidrográficas de los Ríos Sabana, Pitahaya, Juan Martín y parte de la Quebrada Fajardo hasta llegar a los terrenos del Bosque Nacional del Caribe “El Yunque”. Las AARNCEN tienen una cabida aproximada de 7,595.87 cuerdas.

La inclusión de este extenso territorio tiene el propósito de reconocer los recursos de bosques existentes en el área y retener los diferentes tipos de bosques en el sector para garantizar los hábitats interiores de los bosques emergentes, los hábitats riparios y la conectividad entre la montaña y los ecosistemas costeros. De esta forma se contribuye a la



recuperación y sostenimiento de los ecosistemas que inciden con la RNCEN, además de garantizar el movimiento migratorio de especies a través de la red hidrológica del área.

Los suelos para las AARNCEN, tendrán los siguientes distritos de calificación que se describe a continuación:

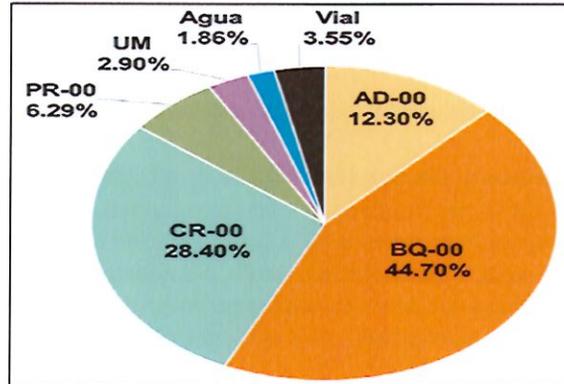
1. **Preservación de Recursos doble cero (PR-00):** Este distrito de Preservación de Recursos se establece para clasificar y designar áreas específicas que constituyen recursos naturales cuya condición existente es única, frágil, en peligro de extinción y que es necesario proteger para la contemplación o el estudio científico. Se incluyen los distintos tipos de bosques, cuerpos de agua, humedales herbáceos, humedales leñosos, playas y pastos, que ameritan restauración, con el propósito de protegerlos de los daños irreparables producidos por el mal uso y la falta de previsión en atender el efecto adverso de otras actividades sobre estos sistemas.
2. **Conservación de Recursos doble cero (CR-00):** Este distrito de conservación se establece para identificar porciones de fincas cuyas características existentes deben mantenerse y mejorarse, tales como áreas de dunas, tramos de carreteras donde los árboles a ambos lados forman un túnel, porciones de fincas donde habitan especies de singular valor, las márgenes de lagos y otros cuerpos de agua, áreas costeras de valor escénico y fajas de amortiguamiento adyacentes a un recurso de valor especial.
3. **Bosque doble cero (BQ-00):** Este distrito de conservación se establece para identificar los terrenos comprendidos por los bosques existentes así como aquellos recomendados a ser repoblados, son terrenos escarpados, algunas zonas con pendientes sobre 20 por ciento, se ubican principalmente en las zonas altas. Las características especiales de estos terrenos se basan, entre otras, en el tipo de suelo, la topografía y la humedad relativa en los mismos. Nacen los tres cuerpos de agua que desembocan en la costa, por lo que se intenta proteger para garantizar la calidad de las aguas.
4. **Área Desarrollada doble cero (AD-00):** Este distrito se establece para identificar las áreas pobladas o desarrolladas discontinuas o aisladas, cuyo crecimiento debe ser controlado, necesidades y servicios atendidos y donde las segregaciones tienen que ser controladas, con el propósito de diferenciarlas de los demás distritos de calificación que establece este Reglamento.
5. **Uso Mixto (UM):** Este Distrito se establece, para alentar y promover el uso mixto del terreno combinando usos comerciales y residenciales creando núcleos de actividad local, sin que el primero perjudique de forma significativa el carácter residencial que debe prevalecer sobre el segundo. Este persigue además, permitir un desarrollo relativamente denso y reducir la dependencia en el automóvil privado.

**Tabla 43: Calificación del Suelo en AARNCEN**

Descripción	Calificación	Cuerda	%
Bosque doble cero	BQ-00	3,395.41	44.70%
Conservación de Recursos doble cero	CR-00	2,157.26	28.40%
Área Desarrollada doble cero	AD-00	934.31	12.30%
Preservación de Recursos doble cero	PR-00	477.79	6.29%
Uso Mixto	UM	220.28	2.90%
Agua		141.29	1.86%
Vial		269.66	3.55%
<b>Total AARNCEN</b>		<b>7,596.00</b>	<b>0.33%</b>
<b>Total Suelos Puerto Rico</b>		<b>2,275,083.83</b>	

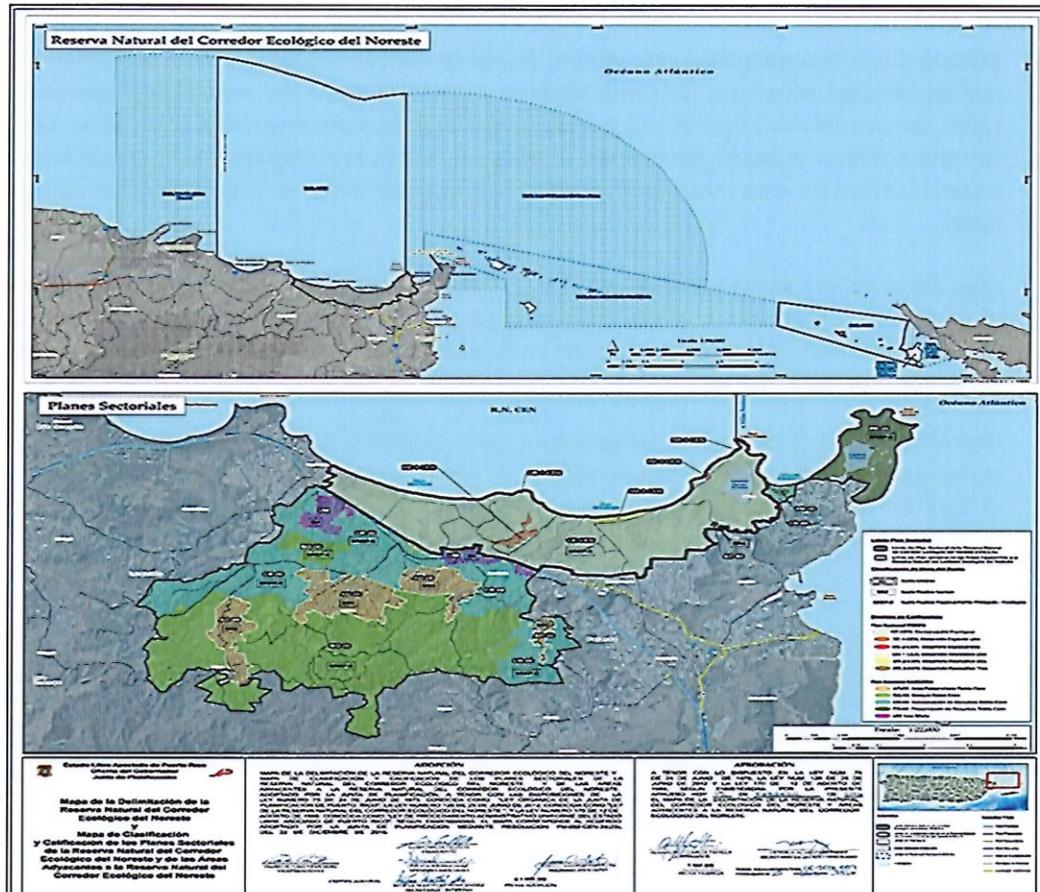
Fuente: Junta de Planificación, 2015

**Gráfica 54: Por Ciento de Calificación del Suelo en AARNCEN**



Fuente: Junta de Planificación, 2015

Mapa 24: Delimitación de la RNCEN y Mapa de Clasificación y Calificación de los Planes Sectoriales de la RNCEN y AACEN



Análisis de suelo con valor natural



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 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.

La Área de Planificación Especial del Carso incluye aproximadamente unas 593,290.04 cuerdas, abarcando suelos de unos cuarenta y cuatro (44) municipios, representando aproximadamente el 26.08% del suelo total en Puerto Rico. Se propone como zona restringida del carso el distrito sobrepuesto APE-RC con aproximadamente unas 222,295.98 cuerdas, además de, aproximadamente unas 20,227.52 cuerdas como zona de amortiguamiento, para un total aproximado de 242,523.50 cuerdas, representando aproximadamente un 10.66% del suelo total de la Isla, equivalente a 40.88% del total de la Fisiografía Cársica. Cumpliendo con lo estipulado en la Ley 292-1999, se establece el distrito sobrepuesto de APE-ZC con aquellas actividades fuera de la zona restringida del carso, esto abarca aproximadamente unas 350,766.54 cuerdas, representando aproximadamente un 15.42% del suelo total de la Isla, equivalente al 59.12% del total de la Fisiografía Cársica.

A través de la designación de la RNCEN y la designación de las AARNCEN se promueve la protección de la conectividad entre los paisajes y ecosistemas costeros con los ecosistemas localizados a mayor altitud. La RNCEN incluye aproximadamente unas 3,018.87 cuerdas, representando el 0.13% del suelo total de Puerto Rico. El AARNCEN incluye aproximadamente unas 7,596.00 cuerdas, representando un 0.33% del suelo total de Puerto Rico. Los Planes Sectoriales y Reglamentos de la RNCEN y las AARNCEN clasifican, califican e incluyen prácticas de manejo a utilizarse lo cual ayudará a evitar o reducir los impactos del desarrollo urbano y ayudan a garantizar así las funciones e interrelaciones existentes entre los ecosistemas montañosos y fluviales de la Sierra de Luquillo, incluyendo el Bosque Nacional El Yunque y los ecosistemas costeros de la Reserva Natural del CEN y su componente marino.

## **Benchmark**

La Junta de Planificación al presente se encuentra en proceso de elaborar criterios e indicadores específicos que sirvan como mecanismos que puedan utilizarse efectivamente para establecer un marco de referencia comparable (“benchmark”) para el análisis de los usos del suelo, basados en el Plan de Uso de Terrenos de Puerto Rico de 2015. Tan pronto se implante un sistema de indicadores, podrá elaborarse un sistema adecuado para la medición cualitativa y cuantitativa de los indicadores incluyendo referencias comparables, al igual que las 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. Con la aprobación del Plan de Uso de Terrenos de Puerto Rico de 2015 todo el territorio insular tiene los suelos clasificados. Sin embargo, 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, los mismos serán modificados mediante la aprobación y revisión de los planes territoriales municipales, además de, el desarrollo de proyectos aprobados por las consultas de ubicación.

## **Conclusiones 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 como parte del Plan de Uso de Terrenos de 2015, las áreas desarrolladas representan alrededor de un 14.4% del total del territorio de la Isla.<sup>52</sup> Sin embargo, este porcentaje 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 dado que se clasificó un 13.30% del territorio como SU. 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 del Plan de Uso de Terrenos de 2015 resulta en un instrumento efectivo para la planificación y manejo eficiente de los suelos en Puerto Rico.

---

<sup>52</sup> Román, G., A. Castro y E. Carreras. 2010. *Generation of Land Use Maps Required for the Implementation Phase of a Spatial Decision Support System for Puerto Rico: Xplorah 2010 Land Use Map-Technical Documentation*. Geographic Mapping Technologies, Corporation, San Juan, PR. 143 pp.