



2018



# Informe Ambiental





MAPA 1	RED DE MONITORIA DE AGUAS COSTANERAS .....	6
MAPA 2	ESTACIONES DE MONITORIA DEL PROGRAMA DE MONITORIA DE PLAYAS Y NOTIFICACIÓN PÚBLICA.....	8
MAPA 3	MONITOR DE SEQUÍA .....	12
MAPA 4	PROCESO DE INTRUSIÓN SALINA.....	22
MAPA 5	MAPA POTENCIOMÉTRICO DE SALINAS 2015 .....	23
MAPA 6	POTENCIOMÉTRICO DE SANTA ISABEL 2008.....	24
MAPA 7	EMBALSES EN PUERTO RICO FUENTE: PLAN INTEGRAL RECURSOS DE AGUA DE PUERTO RICO (PIRA) – DEPARTAMENTO RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES (DRNA), 2016.....	26
MAPA 8	MAPA SOBRE LOS DESLIZAMIENTOS DE TERRENOS EN PUERTO RICO A CONSECUENCIA DEL PASO DEL HURACÁN MARÍA EN SEPTIEMBRE DE 2017-FUENTE BESSETTE-KIRTON, E.K. ET AL., 2017. MAP DATA SHOWING CONCENTRATION OF LANDSLIDES CAUSED BY HURRICANE MARIA IN PUERTO RICO, USGS DATA RELEASE, HTTPS://DOI:10.5066/F7ID4VRF.....	39
MAPA 9	LLUVIA PROVOCADA POR EL PASO DEL HURACÁN MARÍA EN SEPTIEMBRE DE 2017EN SU PASO POR LA ISLA DE PUERTORICO-FUENTE:HTTPS://WWW.WASHINGTONPOST.COM/GRAPHICS/2017/NATIONAL/MARIA-PUERTO- RICO/?NOREDIRECT=ON&UTM_TERM=.COFOA77F288E .....	40
MAPA 10	LLUVIA ESTIMADA DEL HURACÁN MARÍA POR 48 HORAS EN PUERTO RICO, SUS ISLAS MUNICIPIO Y LAS ISLAS VÍRGENES ESTADOUNIDENSES-FUENTE: NATIONAL WEATHER SERVICE Y NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA) .....	40
MAPA 11	FOTOS AÉREAS LAGO CAONILLAS TOMADAS EN 12-SEPTIEMBRE-2017 (IZQUIERDA) Y 4-OCTUBRE 2017 (DERECHA) 45	
MAPA 12	MAPA DE PUERTO RICO SISTEMAS NON-PRASA (CANTIDAD DE SISTEMAS POR MUNICIPIO) .....	49
MAPA 13	RED DE MUESTREO DE AIRE DE PUERTO RICO, 2018 .....	64
MAPA 14	SISTEMA INTEGRADO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS .....	84



## LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1	RESUMEN LITORAL COSTERO RECREACIÓN DE CONTACTO PRIMARIO .....	10
GRÁFICA 2	NIVEL EN EL PIEZÓMETRO NC-5, ACUÍFERO INFERIOR DE LA COSTA NORTE .....	20
GRÁFICA 3	NIVEL EN EL PIEZÓMETRO HW 5B, ACUÍFERO DE SALINAS 2007-2018. FUENTE: OBTENIDO DEL PORTAL DEL USGS, 22 DE SEPTIEMBRE DE 2020 .....	21
GRÁFICA 4	COMPOSICIÓN DE ESPECIES POR NUMERO DE LOS GRUPOS DE PECES CAPTURADOS CON LÍNEAS DE MANO.....	98
GRÁFICA 5	COMPOSICIÓN DE ESPECIE POR NUMERO DE LOS GRUPOS DE PECES CAPTURADOS CON PALANGRE.....	99
GRÁFICA 6	COMPOSICIÓN DE ESPECIE CATEGORÍA DE PECES CAPTURADOS CON LÍNEAS DE MANO .....	99
GRÁFICA 7	COMPOSICIÓN DE ESPECIE CATEGORÍA DE PECES CAPTURADOS PALANGRE .....	99
GRÁFICA 8	<b>DISTRIBUCIÓN DE TALLAS OBTENIDA PARA LAS COLIRRUBIAS CAPTURADAS UTILIZANDO LÍNEAS DE MANO Y PALANGRE EN LA COSTA OESTE DE LA ISLA DURANTE EL 2018. ....</b>	<b>102</b>
GRÁFICA 9	DISTRIBUCIÓN DE TALLAS OBTENIDA PARA LAS COJINÚAS CAPTURADAS UTILIZANDO LÍNEAS DE MANO Y PALANGRE EN LA COSTA OESTE DE LA ISLA DURANTE EL 2018. ....	103
GRÁFICA 10	RESPUESTA A EMERGENCIAS AMBIENTALES POR REGIÓN DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES.....	45
GRÁFICA 11	TIPO DE INCIDENTES.....	46



## LISTAS DE TABLAS

TABLA 1	BALNEARIOS Y PLAYAS INCLUIDOS EN EL PROGRAMA DE MONITOREO DE PLAYAS Y NOTIFICACIÓN PÚBLICA .....	8
TABLA 2	CONDICIÓN DE SEDIMENTACIÓN DE EMBALSES PRINCIPALES EN PUERTO RICO. 29	
TABLA 3	NÚMEROS DE SISTEMAS COMUNALES NON-PRASA SIN TRATAMIENTO POR TAMAÑO DE POBLACIÓN A SEPTIEMBRE 2019 .....	50
TABLA 4	RESUMEN DE MUESTREO BACTERIOLÓGICO EN SISTEMAS COMUNALES NON PRASA FY 18 .....	52
TABLA 5	PROMEDIOS ANUAL ARITMÉTICOS POR ESTACIÓN MATERIA PARTICULADA PM2.5	70
TABLA 6	DESGLOSE DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS TERRESTRES PARA EL AÑO 2018	84
TABLA 7	DESGLOSE DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS MARINAS PARA EL AÑO 2018	85
Tabla 8	RESUMEN DE ESPECIES DE PECES DE ARRECIFE CAPTURADOS DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO DESDE OCTUBRE A DICIEMBRE DE 2018 EN LA COSTA OESTE DE PUERTO RICO. ....	93
TABLA 9	RESUMEN CAPTURAS POR CATEGORÍAS DE ESPECIES DE PECES CAPTURADOS DURANTE EL PERIODO ENERO A DICIEMBRE DE 2018. ....	98
TABLA 10	RESUMEN DE ESPECIES DE PECES DE ARRECIFE CAPTURADOS EN LOS DIFERENTES HÁBITAT TIPOS USADOS COMO ESTRATIFICACIÓN DE OCTUBRE A DICIEMBRE DE 2018.	101
Tabla 11	RESUMEN DE HÁBITATS DE LAS ESTACIONES UTILIZADOS E IDENTIFICADOS COMO LA ESTRATIFICACIÓN Y LOS HÁBITATS OBSERVADOS E IDENTIFICADO EN CADA CÁMARA.	105
TABLA 12	INFORME ESTADÍSTICO DE INCIDENTES Y EMERGENCIAS AMBIENTALES DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2018 .....	44

# TABLA DE CONTENIDO

## INTRODUCCIÓN 1

### AGUA 3

Indicador: Índice de Calidad de Agua 4

Descripción del Indicador 4

Consideraciones Técnicas 4

Método de Análisis y Cobertura 9

Conclusiones y Recomendaciones 10

Indicador Tipo I: Disponibilidad de Agua: Tendencia a sequía 11

Descripción del Indicador 11

Limitaciones del Indicador 16

Conclusiones y Recomendaciones 17

Indicador Tipo I: Disponibilidad de Agua: Nivel de los Acuíferos del Sur 17

Descripción del Indicador 17

Consideraciones Técnicas 18

Método de Análisis y Cobertura 18

Análisis 19

Acuífero de la Costa Norte 19

Acuíferos de la Costa Sur 20

Benchmark 22

Conclusiones y Recomendaciones 24

Indicador Tipo I: Disponibilidad de Agua: Nivel de Sedimentación **de los**

**Embalses** 25

Descripción del indicador 25

Consideraciones Técnicas 26

## Análisis 40

Alternativas para el Manejo de la Sedimentación 41

Benchmark 42

Limitaciones del Indicador 43

Conclusiones y Recomendaciones 43

Indicador: Sistemas Non PRASA: Distribución, problemática y búsqueda de alternativas de cumplimiento 45

Descripción del Indicador 45

Consideraciones Técnicas 46

Limitaciones del Indicador 47

Limitación de la reglamentación: 47

Limitación en la identificación de sistemas: 47

Limitación de conexión: 47

Limitación de percepción/aceptación: 48

Limitación en capacidad técnica de los operadores del sistema: 48

Limitación financiera y administrativa: 48

Método de Análisis y Cobertura 48

Análisis 49

Benchmark 50

Conclusiones y Recomendaciones 52

## AIRE 55

Indicador: Índice de Calidad de Aire 56

Descripción del Indicador 56

Consideraciones Técnicas 57

Método de Análisis y Cobertura 58

Indicador: Concentración de Contaminantes Criterios 62

Descripción del Indicador 62

Consideraciones Técnicas 64

Método de Análisis y Cobertura 65

Bióxido de Nitrógeno (No<sub>2</sub>) 66

Benchmark 67

Bióxido de Nitrógeno: Percentil 98 de Concentraciones Máximas de 1 Hora (ppb) 2016-2018 67

Ozono (O<sub>3</sub>) 67

Benchmark 69

Ozono: 4ta.Max 8 horas Anual (ppm) 2018 69

Materia Particulada 69

Materia Particulada (Pm<sub>2.5</sub>) 70

Benchmark 71

PM<sub>2.5</sub> Percentil 98 Anual por Estación (µg/m<sup>3</sup>) 71

Monóxido de Carbono (Co) 71

Benchmark 73

Monóxido de Carbono: 2<sup>da</sup> Max. Promedio 8 horas (ppm) 2018 73

Bióxidos de Azufre (So<sub>2</sub>) 73

Plomo (Pb) 75

Conclusiones y Recomendaciones 76

## SISTEMAS NATURALES 78

Indicador: Por ciento del Territorio Bajo Áreas de Valor Natural Tipo I 79

Descripción del Indicador 79

Consideraciones Técnicas: 80

Análisis 83

BENCHMARK 86

Limitaciones del Indicador 87

Conclusiones y Recomendaciones 87

Indicador: Disponibilidad de Algunos Recursos Pesqueros Comerciales de Alta Demanda 88

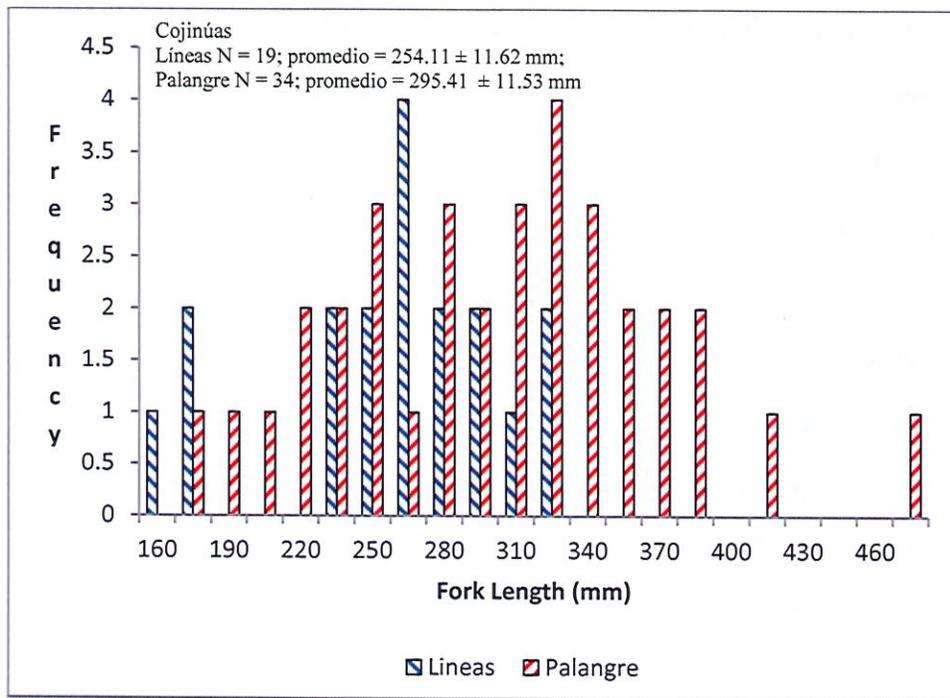
Descripción del Indicador 88

Consideraciones Técnicas 88

Método de Análisis y Cobertura 88

Recursos Pesqueros Constituidos por Peces 92

**GRÁFICA 1 DISTRIBUCIÓN DE TALLAS OBTENIDA PARA LAS COLIRRUBIAS CAPTURADAS UTILIZANDO LÍNEAS DE MANO Y PALANGRE EN LA COSTA OESTE DE LA ISLA DURANTE EL 2018. 102**



104

**GRÁFICA 2 DISTRIBUCIÓN DE TALLAS OBTENIDA PARA LAS COJINÚAS CAPTURADAS UTILIZANDO LÍNEAS DE MANO Y PALANGRE EN LA COSTA OESTE DE LA ISLA DURANTE EL 2018. 103**

**FIGURA 3 IMÁGENES DE HÁBITATS Y ESPECIES DE PECES OBSERVADOS EN  
DISTINTAS ESTACIONES DURANTE EL CENSO REALIZADO EN LA COSTA  
OESTE DURANTE EL 2018. 107**

RECURSOS PESQUEROS CONSTITUIDOS POR CRUSTÁCEOS (LANGOSTA) Y  
MOLUSCOS (CARRUCHO) 109

Análisis de los Datos 121

Resultados y Discusión 122

Análisis 128

Benchmark 129

Limitaciones del Indicador 130

Conclusión y Recomendaciones 130

Indicador: Números de Especies En Peligro de Extinción o Vulnerables 131

Descripción del Indicador 131

Consideraciones Técnicas 131

Método de Análisis y Cobertura 132

Benchmark 134

Limitaciones del Indicador 134

Conclusión y Recomendaciones 135

Indicador: Intensidad de Explotación de Recursos Pesqueros en la Pesca  
Deportiva y Recreativa Tipo I 136

Descripción del Indicador 136

Consideraciones Técnicas 136

Método de Análisis y Cobertura 138

Análisis 147

Benchmark 150

Limitaciones del Indicador 151

Conclusión y Recomendaciones 152

Indicador: Millas de Litoral Costero Aptas para Actividades Recreativas de  
Contacto Primario (Natación) Tipo I 152

Descripción del Indicador: 152

Consideraciones Técnicas: 152

Método de Análisis y cobertura 157

Conclusiones y Recomendaciones 158

## EMERGENCIA AMBIENTAL 160

Indicador: Cantidad de Emergencia Ambiental 43

Descripción del Indicador 43

Consideraciones Técnicas 44

Limitaciones del indicador 47

Benchmark (BM) 47

Conclusiones y Recomendaciones 47

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1	BALNEARIOS Y PLAYAS INCLUIDOS EN EL PROGRAMA DE MONITOREO DE PLAYAS Y NOTIFICACIÓN PÚBLICA.....	8
TABLA 2	CONDICIÓN DE SEDIMENTACIÓN DE EMBALSES PRINCIPALES EN PUERTO RICO. 29	
TABLA 3	NÚMEROS DE SISTEMAS COMUNALES NON-PRASA SIN TRATAMIENTO POR TAMAÑO DE POBLACIÓN A SEPTIEMBRE 2019.....	50
TABLA 4	RESUMEN DE MUESTREO BACTERIOLÓGICO EN SISTEMAS COMUNALES NON PRASA FY 18.....	52
TABLA 5	PROMEDIOS ANUAL ARITMÉTICOS POR ESTACIÓN MATERIA PARTICULADA PM2.5.....	70
TABLA 6	DESGLOSE DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS TERRESTRES PARA EL AÑO 2018 .....	84
TABLA 7	DESGLOSE DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS MARINAS PARA EL AÑO 2018 85	
Tabla 8	RESUMEN DE ESPECIES DE PECES DE ARRECIFE CAPTURADOS DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO DESDE OCTUBRE A DICIEMBRE DE 2018 EN LA COSTA OESTE DE PUERTO RICO.....	93
TABLA 9	INFORME ESTADÍSTICO DE INCIDENTES Y EMERGENCIAS AMBIENTALES DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2018.....	44

## LISTAS DE GRÁFICAS



## 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**

Autoridad de Desperdicios Sólidos

Junta de Planificación

Departamento de Salud

Autoridad de Energía Eléctrica

Autoridad de Acueductos y Alcantarillados

Administración de Asuntos Energéticos

Junta de Calidad Ambiental

# Introducción



El Informe Ambiental es un instrumento preparado por la Junta de Calidad Ambiental (JCA) con el propósito de evaluar y dar a conocer el estado o condición del ambiente en Puerto Rico. Este documento, 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.

Para instrumentar los propósitos establecidos en la Ley, se creó la JCA y se le confiere las facultades y poderes necesarios para llevar a cabo la importante encomienda de proteger el ambiente y conservar los recursos naturales, de manera que tanto las presentes como las futuras

generaciones de puertorriqueños puedan beneficiarse de ellos y satisfacer plenamente sus necesidades sociales y económicas.

La JCA tiene como misión proteger la calidad del ambiente mediante el estudio del impacto de las actividades humanas sobre la naturaleza y el control efectivo de la contaminación del agua, aire, los terrenos y la contaminación por ruido, para así propiciar una mejor calidad de vida a la ciudadanía.

Esta Agencia, tiene la gran satisfacción de que por los pasados años se han alcanzado muchos logros en beneficio del ambiente y la calidad de vida de la ciudadanía en general. Se ha aprendido de los

desaciertos, de las decisiones tomadas y de las experiencias vividas. Esto nos ha colocado en la posición de reconocer la importancia que ha tenido esta institución en la fiscalización y en el mejoramiento del ambiente. El futuro del ambiente en Puerto Rico está en manos de quienes decidan continuar este legado y en los que entiendan que la protección del ambiente es el único futuro que tienen los puertorriqueños y los ciudadanos del mundo entero.

El compromiso y empeño de la JCA, se llame como se llame, será y seguirá siendo el continuar con una política pública de fiscalización, basado en la protección y la conservación del ambiente, logrando una armonía entre el ambiente y las necesidades humanas de la actual y las futuras generaciones. Sin embargo, es imprescindible trazar nuevas metas, reenfocadas en las verdaderas necesidades del pueblo.

A tales efectos, le place a la JCA presentar el Informe Ambiental 2018. 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, por otras agencias gubernamentales que tienen injerencia

sobre el medio ambiente y los recursos naturales. No obstante, cada año logramos avances en el proceso, pero se podría tener un cuadro más amplio si todas las agencias con injerencia en el ambiente se comprometieran a formar parte de nuestro equipo de trabajo.

Este Informe es solo el comienzo de un continuo proceso de integrar y usar información sobre el ambiente en una forma más directa y centralizada. De esta forma, esperamos obtener una visión más amplia de lo que sabemos y lo que necesitamos saber sobre nuestro ambiente. Esperamos que con este documento se provea una información útil sobre nuestro ambiente y estamos comprometidos a evaluar y actualizar el mismo para asegurar que nuestro esfuerzo de proteger el ambiente sea valioso y que produzca resultados positivos para el bienestar del pueblo de Puerto Rico y las futuras generaciones.



# Agua

## INDICADOR: ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA

### 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). El resultado mostrado por este indicador será la herramienta para poder establecer estrategias y controles 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 472.52 millas son monitoreadas cada dos meses mediante la Red de Monitoria de Aguas Costaneras (RMAC). La RMAC incluye un total de 103 estaciones distribuidas estratégicamente para que la mayor cantidad de millas del litoral costero sean monitoreadas (Ver mapa 1, Red de Monitoria de Aguas Costaneras).

El litoral costero se encuentra dividido en 64 unidades de evaluación (segmentos) de los cuales cincuenta y seis (56) poseen estaciones de monitoria y ocho (8) no poseen estaciones de monitoria. Las UE que no poseen estaciones de monitoria son clasificadas en la categoría 3: Aguas para las cuales la información y/o data disponible es insuficiente para determinar si alguno de los usos designados se está logrando. Con el propósito de aumentar la cantidad de UE a ser monitoreadas, la JCA llevó a cabo una relocalización de la RMAC. Las estaciones de monitoria se encuentran ubicadas dependiendo de la longitud de la UE y de acuerdo con los siguientes criterios:

- UE con 11 millas o más, generalmente tienen tres estaciones

- UE con menos de 11 millas hasta 4 millas, generalmente tienen dos estaciones
- UE con menos de 4 millas tienen una estación

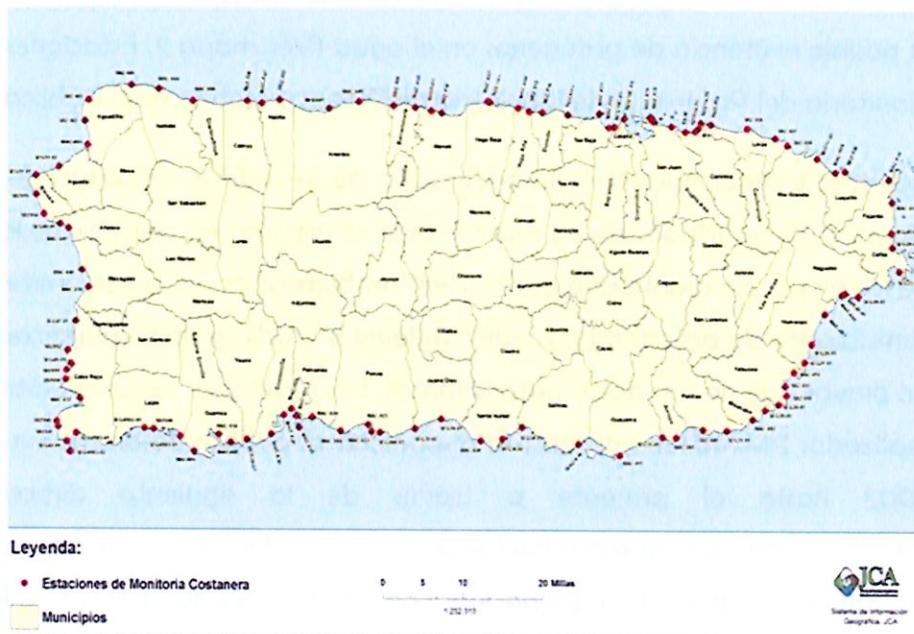
Debido a la accesibilidad, las UE de la Base Naval Roosevelt Road en Ceiba (PREC21 y PREC22), Vieques (PRVC54B), Culebra (PRCC53) e Isla De Mona (PRMC55) no poseen estaciones de monitoria. También se excluyó la estación ubicada en la UE de Isla de Cabras a Punta El Morro (PREC11). Además, La Laguna del Condado que forma parte del Estuario de la Bahía de San Juan es evaluada como estuarios y no está incluida en el total de millas del litoral costero. No obstante, las UE que están clasificadas como Aguas SA no son monitoreadas por la red de monitoria costera. Las Aguas Clase SA se definen en el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua Puerto Rico como aguas costeras o estuarinas de calidad excepcional o gran valor ecológico o recreativo cuyas condiciones existentes no deberán ser alteradas excepto por fenómenos naturales con el fin de preservar sus características naturales. Las Clases SA incluidas en el RECA son las siguientes: Bahía Bioluminiscente La Parguera, Lajas, Bahía Monsio José, Lajas, y Bahía Mosquito, Vieques. Además, la unidad de evaluación PREC11, no está incluida en la en la RMAC, ya que los datos de calidad de agua se obtienen del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan.

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. Para la evaluación de la calidad del agua en las costas, se utilizan los datos de La RMAC y del PMPNP. A través de la RMAC se muestrean parámetros físicos, químicos y biológicos con una frecuencia de monitoreo de cada dos (2) meses, siendo el parámetro de enterococos el indicador para evaluar el uso designado de contacto primario. Además, mediante El PMPNP se realizan muestreos bi-semanal para el parámetro de enterococos.

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.

MAPA 1 RED DE MONITORIA DE AGUAS COSTANERAS



Al amparo de la Ley Federal “Beaches Environmental Assesment and Coastal Health Act”, de 2000, el Área de Calidad de Agua de la JCA implementó el PMPNP. El propósito de este programa es que los bañista reduzcan el riesgo de desarrollar enfermedades cuando se exponen al usar una playa que esté bajo aviso de contaminación bacteriológica.

PMPNP incluye un total de 35 estaciones de monitoreo ubicadas en 35 playas y balnearios de uso frecuente. Mediante la red de monitoría del PMPNP se realizan muestreos bi-semanal para el parámetro bacteriológico de enterococos. El parámetro de enterococos se utiliza para evaluar la calidad del agua en las playas en términos bacteriológicos ya que es un indicador de la posible existencia de patógenos en el agua. La JCA publica las condiciones de la calidad del agua en las playas cada vez que se realiza un muestreo, a través de su página de internet. Mediante la publicación de un mapa, se indica con bandera verde las playas que están aptas para bañistas y con bandera amarilla las playas, que, según los

resultados de los muestreos, no se recomiendan para el uso de bañistas por la posible existencia de patógenos en el agua (Ver mapa 2, Estaciones de Monitoria del Programa de Monitoria de Playas y Notificación Pública).

Además, la información de la evaluación de la calidad del agua de las playas y los resultados de los muestreos es enviada a los administradores de las playas mediante una notificación ambiental y a su vez se emite un comunicado de prensa a los medios (televisión, radio y prensa) indicando las playas que no son aptas para bañistas. Los resultados de los muestreos realizados PMPNP se encuentran disponibles al público desde marzo del 2003 hasta el presente a través de la siguiente dirección: <http://www.jca.gobierno.pr/MonitoriaPlayas>. Además, pueden ser accedidos en la base de datos nacional de la EPA, conocida como STORET en la dirección: [www.epa.gov/STORET](http://www.epa.gov/STORET). Los datos obtenidos, tanto de la RMAC como los del PMPNP, se utilizan para realizar la evaluación de la calidad del agua del litoral costero incluida en el reporte integrado requerido bajo la sección 305(b) y 303(d) de la Ley de Agua Limpia.

MAPA 2 ESTACIONES DE MONITORIA DEL PROGRAMA DE MONITORIA DE PLAYAS Y NOTIFICACIÓN PÚBLICA

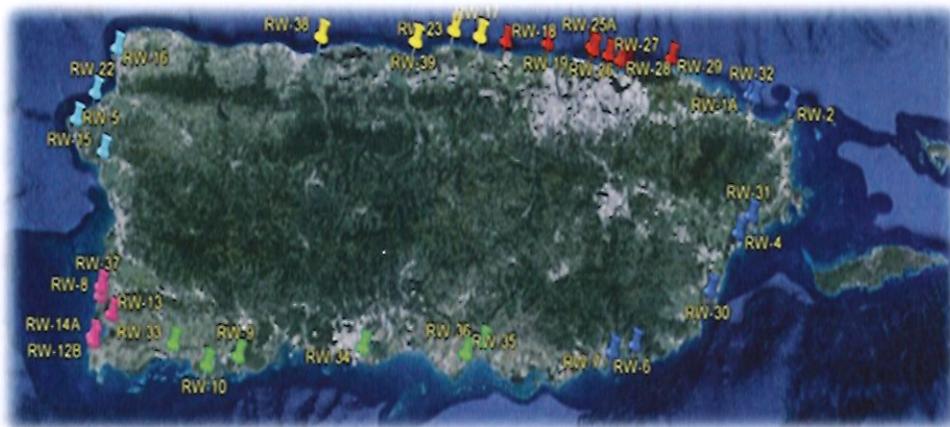


TABLA 1 BALNEARIOS Y PLAYAS INCLUIDOS EN EL PROGRAMA DE MONITOREO DE PLAYAS Y NOTIFICACIÓN PÚBLICA

---

#### 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 Cabullón, 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-21 Balneario de Carolina	RW-39 Playa Mar Chiquita, Manatí

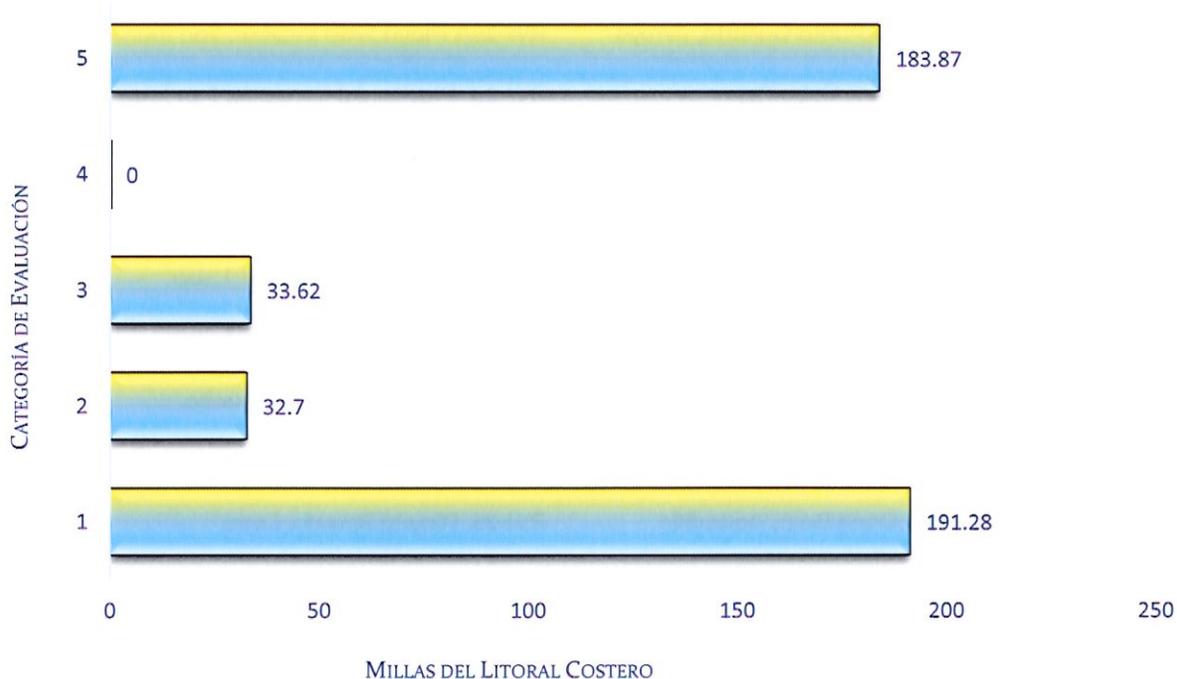
---

#### 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, el parámetro

considerado es Enterococos. Los resultados obtenidos para cada una de las estaciones de monitoria fueron comparados con el estándar de calidad de agua correspondiente, establecido en el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua, según enmendado. La Gráfica 1 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua del litoral costero para recreación de contacto primario para el año 2018.

GRÁFICA 1 RESUMEN LITORAL COSTERO RECREACIÓN DE CONTACTO PRIMARIO



Del total de millas monitoreadas para el año 2018, 191.28 millas cumple con el estándar establecidos para el uso designado de recreación de contacto primaria (estándar de enterococos).

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Red de Monitoria de Aguas Costaneras existente ha sido el mecanismo utilizado para evaluar los usos designados establecidos en el Reglamento

de Estándares de Calidad de Agua. Con el tiempo las necesidades y usos dados a nuestras costas han cambiado debido al aumento poblacional lo que incrementa la demanda de los recursos marinos, ya sea para usos residenciales, comerciales y turísticos. La actual evaluación de la RMAC y la relocalización de las estaciones ha permitido que la mayoría de los segmentos en el litoral costero de Puerto Rico tengan al menos una estación de monitoria lo cual nos ayuda a realizar una evaluación más completa de la calidad del agua. Además, nos permite 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. En adición, el Programa de Monitoria de Playas y Notificación Publica ha permitido que las playas más utilizadas por los bañistas sean monitoreadas para garantizar el disfrute seguro de las playas, reduciendo la exposición de los bañistas a enfermedades.

#### INDICADOR TIPO I: DISPONIBILIDAD DE AGUA: TENDENCIA A SEQUÍA

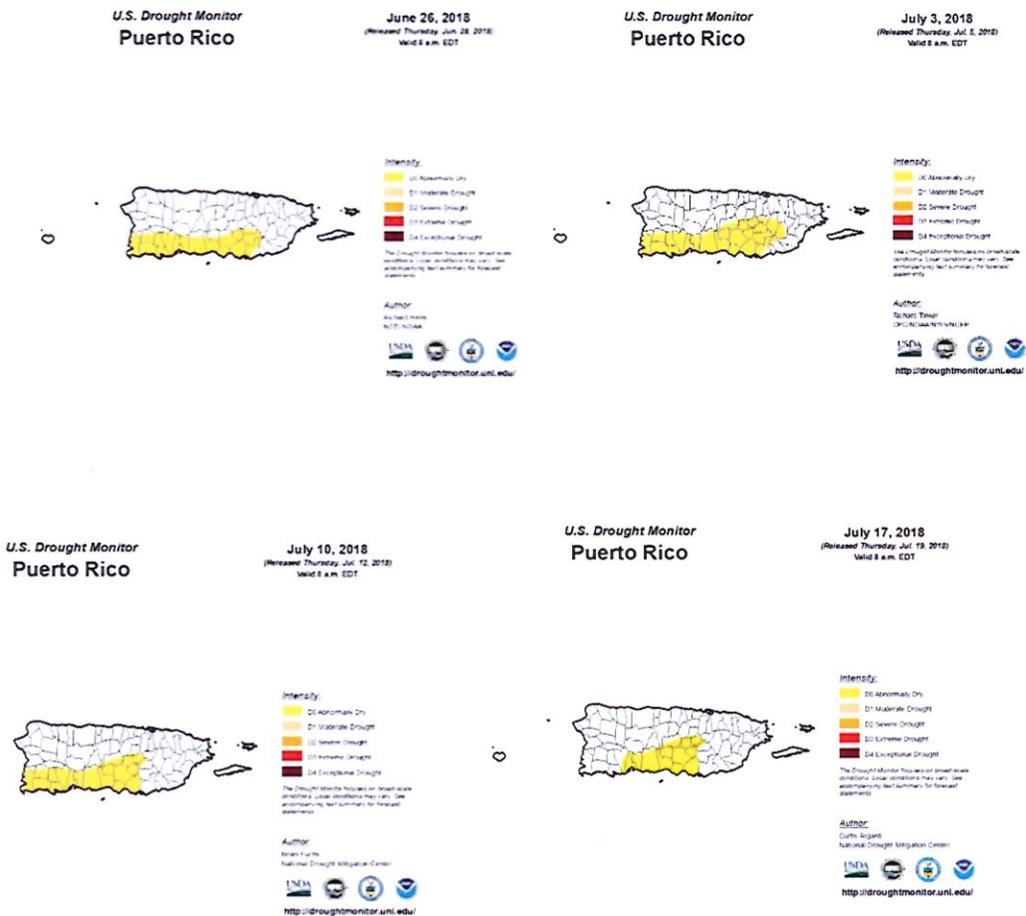
##### DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR

Este indicador tiene como base el Mapa del Monitor de Sequía de los Estados Unidos. El mismo divide las condiciones de sequía en cinco clasificaciones a saber: Atípicamente Seco (D0), Sequía Moderada (D1), Sequía Severa (D2), Sequía Extrema (D3) y Sequía Excepcional (D4). En la clasificación de Atípicamente Seco los cuerpos de agua comienzan a disminuir sus caudales. En la clasificación de Sequía Moderada, los cultivos comienzan a presentar signos de estrés, aumenta la probabilidad de fuegos forestales, los niveles de los embalses comienzan a descender y continúa el descenso en los cuerpos de agua. En la clasificación de Sequía Severa el sector agrícola sufre, los árboles y plantas muestran signos de estrés, usualmente comienza el racionamiento de agua para los sectores afectados. En la clasificación de Sequía Extrema, el alimento escasea para los animales, los cultivos comienzan a morir, la vida diaria se altera, las

escuelas y negocios cierran, posible aumento de enfermedades asociadas a mosquitos, el racionamiento de agua se expande, se reparte agua en camiones cisterna, descienden los niveles de los acuíferos y empeora la calidad del agua en los cuerpos de agua. En la clasificación de Sequía Excepcional, Puerto Rico tiene poca experiencia en este tipo de clasificación por lo que se desconocen sus consecuencias.

En Puerto Rico comenzaron a evidenciarse condiciones atípicamente secas a partir de la segunda mitad del mes de junio de 2018. A continuación, se presentan los mapas del Monitor de Sequía, correspondientes a los meses de junio a diciembre de 2018 para Puerto Rico.

### MAPA 3 MONITOR DE SEQUÍA



**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**July 24, 2018**  
(Released Thursday, Jul. 26, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Chris Peterson  
NCEI/NOAA

USDA NCEI/NOAA  
<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**July 31, 2018**  
(Released Thursday, Aug. 2, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Chris Peterson  
NCEI/NOAA

USDA NCEI/NOAA  
<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**August 7, 2018**  
(Released Thursday, Aug. 9, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Sebastien Truesdell  
NCEI/NOAA

USDA NCEI/NOAA  
<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**August 14, 2018**  
(Released Thursday, Aug. 16, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Drought Conditions (Percent Area)**

Area	D0	D1	D2	D3	D4
Current	46.29	53.69	0.00	0.00	0.00
Last Week	77.42	22.38	0.00	0.00	0.00
3 Months Ago	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Year to Date	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Last Year	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
One Year Ago	79.77	20.23	0.00	0.00	0.00

**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Nic Hardman  
NCEI/NOAA

USDA NCEI/NOAA  
<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**August 21, 2018**  
(Released Thursday, Aug. 23, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Janica Bruden  
NCEI/NOAA

USDA NCEI/NOAA  
<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**August 28, 2018**  
(Released Thursday, Aug. 30, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Janica Bruden  
NCEI/NOAA

USDA NCEI/NOAA  
<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**September 4, 2018**  
(Released Thursday, Sep. 6, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

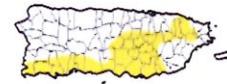
The Drought Monitor focuses on small-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
David Miskus  
NOAA/NWS/DEPC/DC

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**September 11, 2018**  
(Released Thursday, Sep. 13, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on small-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
David Miskus  
NOAA/NWS/DEPC/DC

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**September 18, 2018**  
(Released Thursday, Sep. 20, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on small-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Jennifer Brundin  
NOCI/NOAA

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**September 25, 2018**  
(Released Thursday, Sep. 27, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on small-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Jennifer Brundin  
NOCI/NOAA

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**October 2, 2018**  
(Released Thursday, Oct. 4, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on small-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
David Miskus  
NOAA/NWS/DEPC/DC

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor**  
**Puerto Rico**

**October 9, 2018**  
(Released Thursday, Oct. 11, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on small-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Suzanne Tinker  
DPC/NOAA/NWS/NCEP

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor  
Puerto Rico**

**October 16, 2018**  
(Released Thursday, Oct. 18, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Eric Luedtke  
U.S. Department of Agriculture

USDA

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor  
Puerto Rico**

**October 30, 2018**  
(Released Thursday, Nov. 1, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Colleen Kuttel  
National Drought Mitigation Center

USDA

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor  
Puerto Rico**

**October 23, 2018**  
(Released Thursday, Oct. 25, 2018)  
Valid 8 a.m. EDT



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
David Semel  
Western Regional Climate Center

USDA

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor  
Puerto Rico**

**November 13, 2018**  
(Released Thursday, Nov. 15, 2018)  
Valid 7 a.m. EST



**Drought Conditions (Percent Area)**

	None	D0-D1	D2-D3	D4	D5	D6
<b>Current</b>	73.7%	26.24%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Last Week</b> (10-29-2018)	96.22%	3.77%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>3 Months Ago</b> (08-13-2018)	40.20%	59.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Start of Calendar Year</b> (01-01-2018)	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Start of Water Year</b> (09-01-2017)	73.25%	26.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>One Year Ago</b> (11-13-2017)	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
David Semel  
Western Regional Climate Center

USDA

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor  
Puerto Rico**

**November 20, 2018**  
(Released Wednesday, Nov. 21, 2018)  
Valid 7 a.m. EST



**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Richard Heim  
NCEI/NOAA

USDA

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor  
Puerto Rico**

**November 27, 2018**  
(Released Thursday, Nov. 29, 2018)  
Valid 7 a.m. EST



**Drought Conditions (Percent Area)**

	None	D0-D1	D2-D3	D4	D5	D6
<b>Current</b>	73.7%	26.24%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Last Week</b> (11-20-2018)	73.76%	26.24%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>3 Months Ago</b> (08-27-2018)	40.20%	59.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Start of Calendar Year</b> (01-01-2018)	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Start of Water Year</b> (09-01-2017)	73.25%	26.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>One Year Ago</b> (11-27-2017)	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

**Intensity:**

- D0 Abnormally Dry
- D1 Moderate Drought
- D2 Severe Drought
- D3 Extreme Drought
- D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
Richard Heim  
NCEI/NOAA

USDA

<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor  
Puerto Rico**

**December 4, 2018**  
(Released Thursday, Dec. 6, 2018)  
Valid 7 a.m. EST



**Intensity:**  
 D0 Abnormally Dry  
 D1 Moderate Drought  
 D2 Severe Drought  
 D3 Extreme Drought  
 D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
 Deborah Barber  
 National Drought Mitigation Center

USDA  
<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor  
Puerto Rico**

**December 11, 2018**  
(Released Thursday, Dec. 13, 2018)  
Valid 7 a.m. EST



	Drought Conditions (Percent Area)				
	D0	D1	D2	D3	D4
<b>Current</b>	75.75	25.24	0.00	0.00	0.00
<b>Last Week</b> (Dec. 4, 2018)	75.75	25.24	0.00	0.00	0.00
<b>3 Months Ago</b> (Sept. 11, 2018)	63.62	36.13	0.00	0.00	0.00
<b>Start of Calendar Year</b> (Jan. 1, 2018)	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Start of Water Year</b> (Oct. 1, 2017)	75.51	24.65	0.00	0.00	0.00
<b>One Year Ago</b> (Dec. 4, 2017)	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Intensity:**  
 D0 Abnormally Dry  
 D1 Moderate Drought  
 D2 Severe Drought  
 D3 Extreme Drought  
 D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
 Curtis Sargent  
 National Drought Mitigation Center

USDA  
<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor  
Puerto Rico**

**December 18, 2018**  
(Released Thursday, Dec. 20, 2018)  
Valid 7 a.m. EST



	Drought Conditions (Percent Area)				
	D0	D1	D2	D3	D4
<b>Current</b>	84.47	14.11	0.00	0.00	0.00
<b>Last Week</b> (Dec. 11, 2018)	75.75	25.24	0.00	0.00	0.00
<b>3 Months Ago</b> (Sept. 11, 2018)	72.75	27.00	0.00	0.00	0.00
<b>Start of Calendar Year</b> (Jan. 1, 2018)	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Start of Water Year</b> (Oct. 1, 2017)	75.51	24.65	0.00	0.00	0.00
<b>One Year Ago</b> (Dec. 4, 2017)	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Intensity:**  
 D0 Abnormally Dry  
 D1 Moderate Drought  
 D2 Severe Drought  
 D3 Extreme Drought  
 D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
 Curtis Sargent  
 National Drought Mitigation Center

USDA  
<http://droughtmonitor.unl.edu/>

**U.S. Drought Monitor  
Puerto Rico**

**December 25, 2018**  
(Released Thursday, Dec. 27, 2018)  
Valid 7 a.m. EST



**Intensity:**  
 D0 Abnormally Dry  
 D1 Moderate Drought  
 D2 Severe Drought  
 D3 Extreme Drought  
 D4 Exceptional Drought

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

**Author:**  
 Bar Hard Towner  
 DPC/NOAA/NWS/NCEP

USDA  
<http://droughtmonitor.unl.edu/>

Como se observa en los mapas del Monitor de Sequía para el 2018 Puerto Rico experimentó condiciones atípicamente secas durante el segundo semestre del año. Estas no se desarrollaron para llegar a la clasificación de sequía moderada (D1) pero si llegaron a extenderse por prácticamente toda la Isla a finales del año.

**LIMITACIONES DEL INDICADOR**

1. El Monitor de Sequía provee una mirada general sobre las condiciones de sequía en Estados Unidos y sus territorios. No se recomienda utilizarlo para inferir condiciones locales específicas.

2. El Monitor de Sequía se prepara semanalmente, utilizando los datos de lluvia y otras variables hasta el martes de la semana que se publica. Por lo que si cae un evento de lluvia considerable un miércoles no se verá reflejado durante esa semana si no en la próxima.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar este indicador junto con otras herramientas como los mapas de humedad de suelos que se preparan en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, los mapas de precipitación que provee el Servicio Nacional de Meteorología y las medidas de caudales de cuerpos de agua superficiales que recopila el Servicio Geológico Federal, para tener un cuadro más claro del evento de sequía que ocurre o pudiese ocurrir en la Isla.
2. Se recomienda continuar utilizando el Mapa del Monitor de Sequía como mapa guía para eventos de sequía hasta que pueda desarrollarse una herramienta que simule estos eventos a nivel de Puerto Rico.

#### INDICADOR TIPO I: DISPONIBILIDAD DE AGUA: NIVEL DE LOS ACUÍFEROS DEL SUR

##### DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR

Los acuíferos representan la fuente de agua más económica en Puerto Rico, toda vez 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 en el nivel de agua en varios puntos de los acuíferos de Puerto Rico y 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

El Servicio Geológico de los EE.UU. (USGS por sus siglas en inglés), 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 62 pozos distribuidos alrededor de la Isla y 18 estaciones en tiempo presente ("real time"). La información está disponible a través de la página web del USGS. 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 estos.

#### MÉTODO DE ANÁLISIS Y COBERTURA

Al presente, existen 18 pozos en los que se obtiene la lectura de nivel de agua de forma instantánea. Los restantes 62 pozos se mide la profundidad de estos ("tape down") cuatro veces al año. Estos datos se presentan en referencia al nivel del mar. La información recopilada se almacena para formar parte de la serie histórica de datos del nivel de los pozos de referencia. La página web del USGS permite descargar la serie de datos en formato de tabla lo cual facilita su análisis.

La precaria y delicada situación que poseen los acuíferos que se encuentran entre los pueblos de Ponce, Juana Díaz, Santa Isabel y Salinas, promueve que se monitoreen constantemente sus niveles. Esta información se le suministra al Comité de los Acuíferos del Sur para el desarrollo de estrategias que promuevan la estabilización y recuperación

de los acuíferos, de manera que se pueda evitar que ocurra una mayor penetración de las aguas de mar hacia éstos y se comprometa la calidad de las aguas dulces subterráneas.

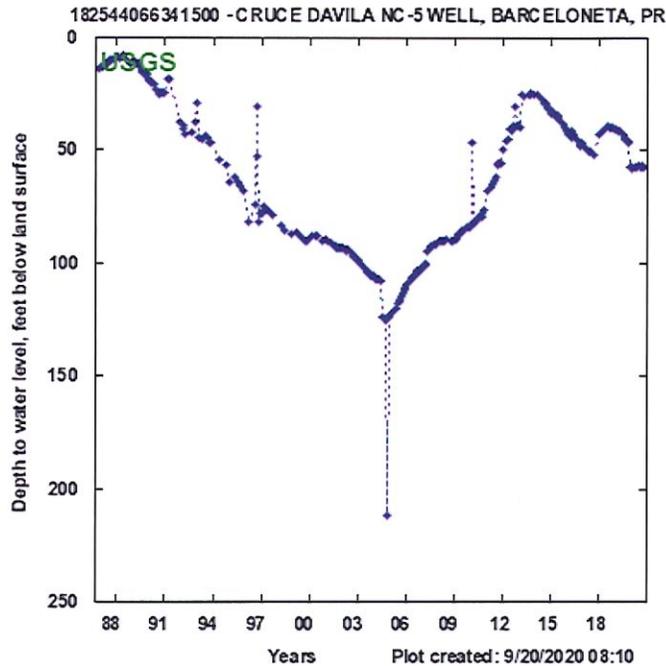
## ANÁLISIS

### *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. A fines del siglo pasado e inicio del presente, 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 mantuvo hasta agosto de 2017, según puede observarse en la Gráfica 1. La reducción en niveles observada fue resultado de la reactivación de pozos para suplir agua potable en la zona a consecuencia de la sequía 2015, la cual culminó con las lluvias asociadas a los huracanes Irma y María en septiembre de 2017. Al recuperarse los niveles en los embalses, la extracción de agua subterránea en la zona norte se redujo significativamente lo que permitió la recarga del acuífero.

Nuevamente se observa un descenso en niveles por el evento de sequía que comenzó a mediados del 2018.

GRÁFICA 2 NIVEL EN EL PIEZÓMETRO NC-5, ACUÍFERO INFERIOR DE LA COSTA NORTE



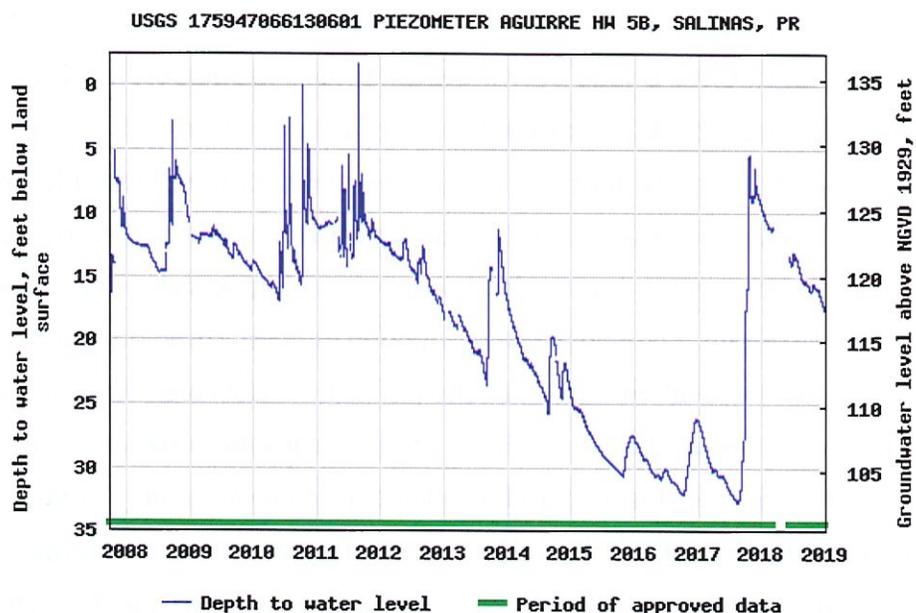
Algún grado de reducción en los niveles de los acuíferos es una consecuencia inevitable del proceso de desarrollar pozos de extracción. Sin embargo, existen herramientas de manejo que pueden maximizar el rendimiento de los acuíferos y evitar la extensión y las consecuencias de la reducción en los niveles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

#### *ACUÍFEROS DE LA COSTA SUR*

Los niveles en los acuíferos freáticos pueden aumentar significativamente (como efecto de la recarga por mucha lluvia) y disminuir 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 presenta en la Gráfica

2, sobre el Nivel en el Piezómetro HW 5B - Acuífero de Salinas, como resultado de la escasez de lluvia en el área, la eliminación del riego por inundación y como resultado de la explotación de estos.

GRÁFICA 3 NIVEL EN EL PIEZÓMETRO HW 5B, ACUÍFERO DE SALINAS 2007-2018. FUENTE: OBTENIDO DEL PORTAL DEL USGS, 22 DE SEPTIEMBRE DE 2020



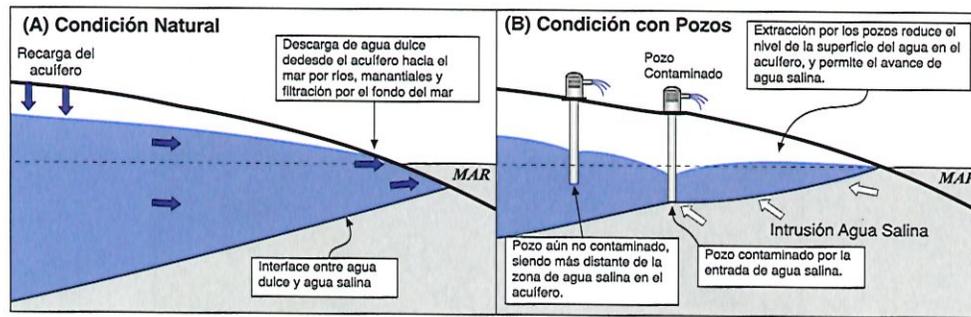
Históricamente, los acuíferos en la Costa Sur eran recargados mediante la infiltración del agua de regadío entregada por los embalses Guayabal, Carite y Patillas, a través de los canales en tierra y la práctica de riego por inundación mediante el uso de surcos. Los cambios en riego a técnicas de poco 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 y agrícola 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 ha establecido varios mecanismos para controlar la extracción de estos.

### *BENCHMARK*

1. Lecturas del nivel de los acuíferos sobre el nivel del mar.
2. Aumento en el número de piezómetros alrededor de la costa.

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 aquéllos que se aproximan al nivel del mar. Niveles por debajo del nivel del mar, por lo general, provocan daño al acuífero ya que estimula la penetración de la cuña de agua salada hacia el interior del acuífero, según muestra el diagrama de Proceso de intrusión salina. Como muestra el Mapa 2, Potenciométrico de Salinas a 2015, hay dos zonas en el municipio de Salinas en las que el nivel del acuífero está por debajo del nivel de mar, situación de no existía antes. El Mapa 3, Potenciométrico de Santa Isabel, también muestra cómo los niveles en el acuífero han bajado, lo que coloca en precario la salud del acuífero y el alto potencial de aumento en la concentración de sólidos disueltos totales en estos.

MAPA 4 PROCESO DE INTRUSIÓN SALINA

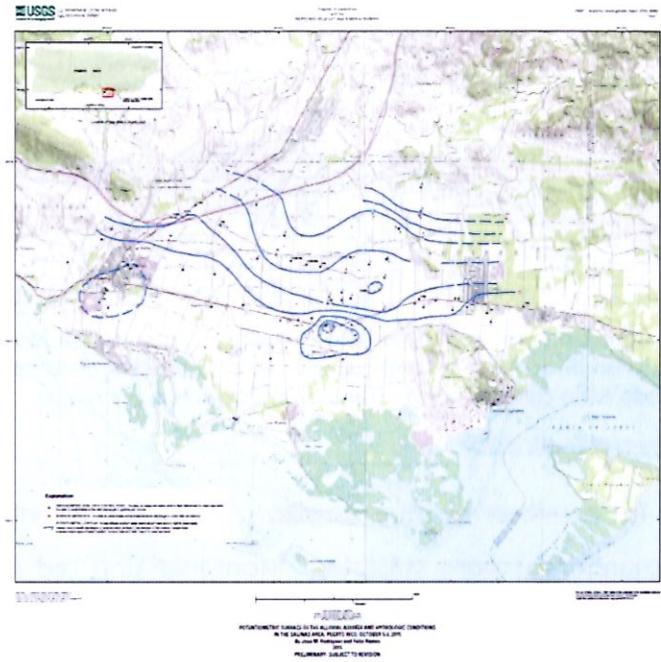


Esquema (A) Condición previa al desarrollo de pozos. Esquema (B) Modificación de los niveles de agua en el acuífero a consecuencia de la operación de pozos, y la intrusión salina resultando en la contaminación del pozo más cercano a la costa.

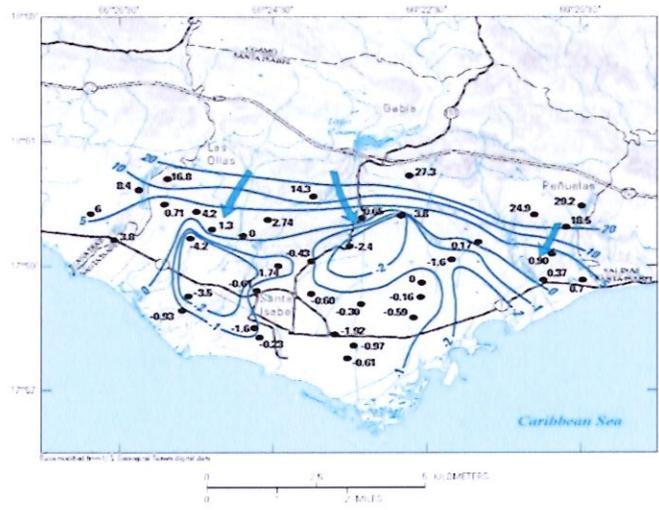
### *Limitaciones del Indicador*

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 de Puerto Rico desde el 2006 y que se ha agudizado al presente, 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.

MAPA 5 MAPA POTENCIOMÉTRICO DE SALINAS 2015



MAPA 6 POTENCIOMÉTRICO DE SANTA ISABEL 2008



- EXPLANATION**
- Water-table contour**—Shows altitude at which water level would have stood in tightly cased well. Contour interval variable in meters. Datum mean sea level
  - General direction of groundwater flow
  - Groundwater level data control point**—Number is water level, in meters referenced to local mean sea level

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Es adecuado 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 la situación. Además, es necesario añadir a estas estaciones los aparatos necesarios para que midan la conductividad del agua de manera que se pueda detectar de inmediato la intrusión de agua salina en éstos. Para atender esta situación de sobreexplotación, el DRNA debe mantener las extracciones al volumen presente y no permitir extracciones adicionales ya que éstas exceden la capacidad de recarga de los acuíferos.

Además, será necesario desarrollar e implantar proyectos que mejoren la salud de los acuíferos. El DRNA ha iniciado un proyecto de recarga artificial en el municipio de Salinas desde fines del 2017, con fondos de FEMA, el cual debe ser implantado a la brevedad posible. La política pública para el manejo de los acuíferos del sur debe tener como meta la recuperación de éstos mediante la puesta en acción de proyectos dirigidos a aumentar la recarga y tomar medidas para no aumentar la extracción de agua de estos.

El cambio climático se está experimentando ya en Puerto Rico y se manifestará con periodos de escasez de agua más frecuentes e intensos. También el aumento en el nivel del mar tendrá el efecto de aumentar la presión del agua de mar para penetrar el acuífero a la vez que las aguas del mar cubrirán terrenos que antes no cubrían (se perderá terreno que ganará el mar). Ambos escenarios apuntan a un incremento en la vulnerabilidad de los acuíferos, razón adicional para establecer más y mayores medidas de protección para los acuíferos en Puerto Rico.

#### INDICADOR TIPO I: DISPONIBILIDAD DE AGUA: NIVEL DE SEDIMENTACIÓN DE LOS EMBALSES

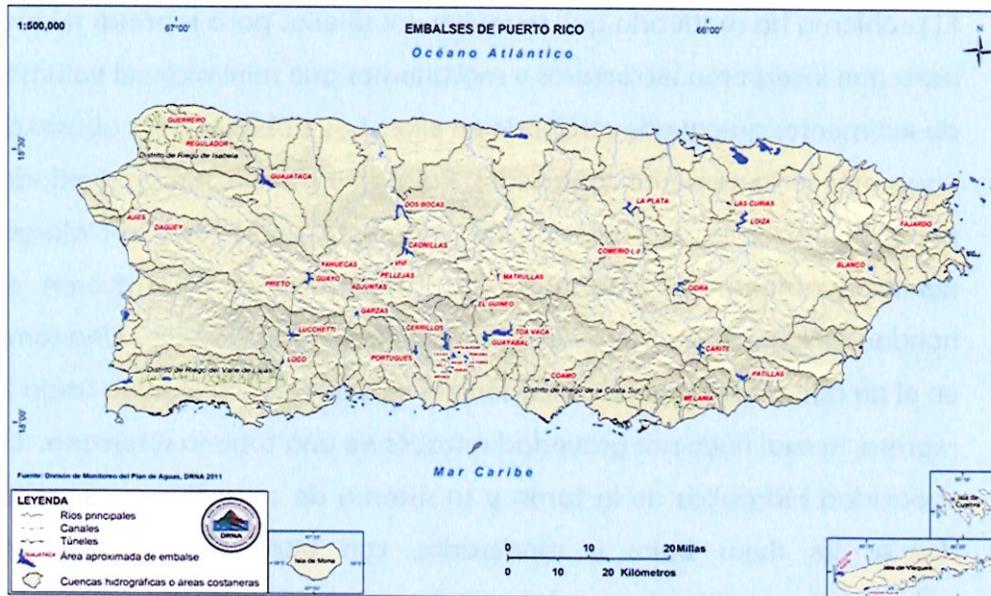
##### DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR

Este indicador se utiliza para cuantificar problemas de sedimentación en los embalses y, por consiguiente, pérdida de capacidad de estos. La información que se presenta se mantiene en vigencia a partir del de los eventos atmosféricos que azotaron a Puerto Rico en septiembre de 2017 produciéndose durante el año 2018 consecuencias medibles en los niveles de sedimentación.

#### 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. En Puerto Rico hay 39 embalses, 15 de ellos consideradas obras mayores (ver mapa 5 Embalses en Puerto Rico). 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.

MAPA 7 EMBALSES EN PUERTO RICO FUENTE: PLAN INTEGRAL RECURSOS DE AGUA DE PUERTO RICO (PIRA) – DEPARTAMENTO RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES (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. Las 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. 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. 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.

El problema ha motivado que se revisen los diseños para represas nuevas para que incorporen estructuras y mecanismos que minimicen el volumen de sedimentos que quede atrapado en ellos. Los embalses para abasto de agua más recientemente construidos, Fajardo y Blanco, fueron diseñados para minimizar la acumulación de sedimentos en estos y así alargar significativamente su vida útil. Estos embalses se construyeron en 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 de este. De esta manera se determina el volumen disponible del embalse y se compara con el volumen de diseño de este. 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.

Según se puede apreciar de la tabla 2, Condición de Sedimentación de Embalses Principales en Puerto Rico, entre los embalses de mayor tamaño y con problemas serios de sedimentación se encuentran las principales fuentes de abasto del Área Metropolitana de San Juan (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; que también sirven de fuente para agua potable a los municipios de Yauco, Sabana Grande y Lajas.

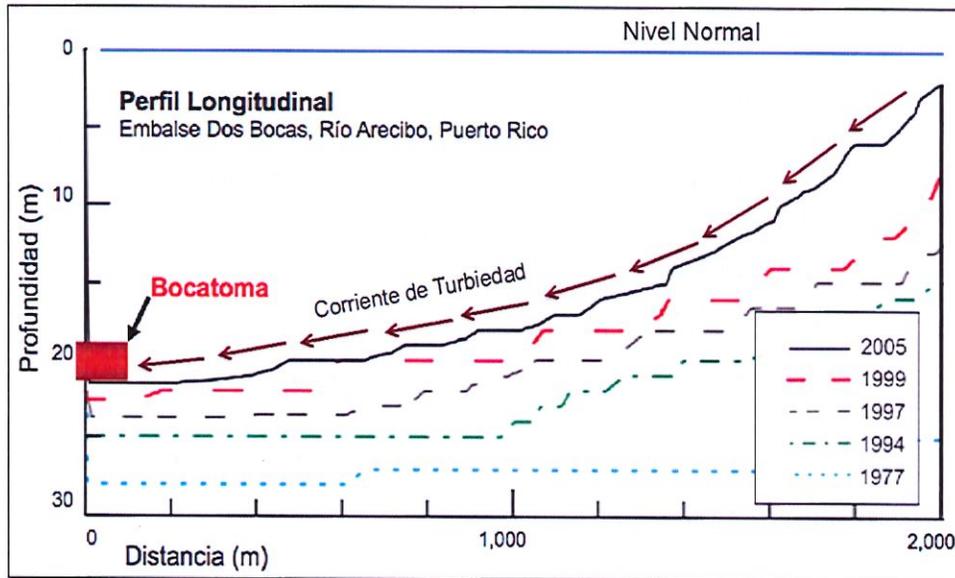
El patrón típico de sedimentación en un embalse se presenta de forma esquemática en la Tabla 2. Los sedimentos gruesos, arena y grava, se asientan rápidamente al entrar el embalse y se acumulan en la forma de un delta que gradualmente avanza hacia la represa. Los sedimentos más finos pueden ser transportados 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 y se explica mediante el proceso de sedimentación típico dentro de un embalse (véase Gráfica 3).

TABLA 2 CONDICIÓN DE SEDIMENTACIÓN DE EMBALSES PRINCIPALES EN PUERTO RICO.

Nombre	Año Llenado	Dueño	Usos	Última Batimetrías			Volumen año 2015			
				Vol. Total Original, Mm3	Vol. Total, Mm3	Año del Estudio De Campo	Mm3	Vol. Original %	Media Vida Años	Pérdida de Vol Annual Mm3/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
Loiza	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

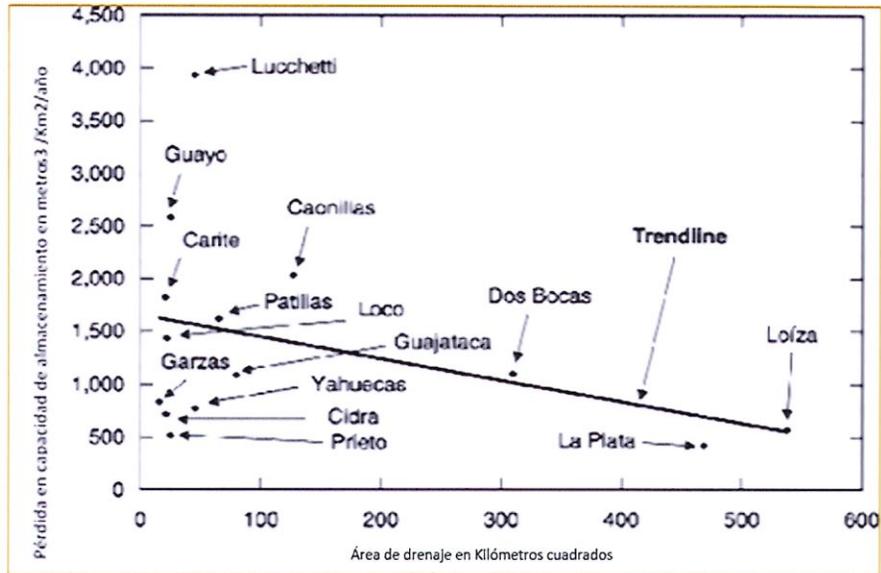
Nota: H = Hidroeléctrica, M = abasto municipal (AAA), I = Irrigación, R = Recreo, F = Control de Inundación, Capacidad del embalse hasta nivel de vertedero. \* Volumen, Mm3 (2016) Dos Bocas 14.2, Patillas 12.69.

GRÁFICA 1 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

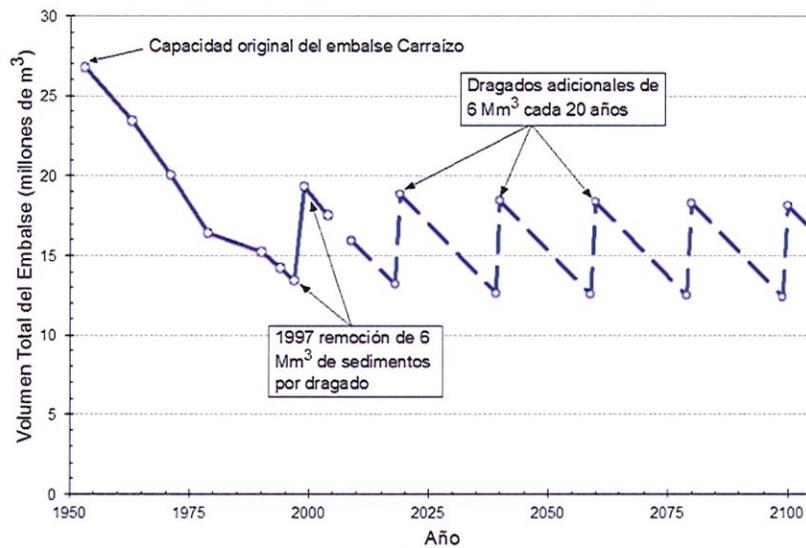


Los sedimentos son transportados principalmente durante las crecidas. Durante éstas, una fracción menor de los sedimentos finos puede ser transportada aguas abajo del embalse, sin quedarse atrapados. En condiciones favorables, una parte significativa de los sedimentos finos se puede descargar como una corriente de turbiedad, según se muestra en la gráfica 4, Patrón de avance del delta hacia la represa Dos Bocas.

GRÁFICA 2 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



GRÁFICA 3 PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PARA LOS EMBALSES EN PUERTO RICO. FUENTE: G. MORRIS, G.L. AND FAN, J. 1998. "RESERVOIR SEDIMENTATION HANDBOOK". MCGRAW-HILL, NEW YORK



Los datos del USGS demuestran que el problema no es falta de agua, sino de capacidad de almacenaje en los embalses existentes (Ver Gráfica 6).

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).

Frecuentemente se habla del dragado como la solución al problema de la sedimentación de los embalses. Entre 1996 y 1997 se llevó a cabo el dragado del embalse Loíza, removiendo 6 Mm<sup>3</sup> (millones de metros cúbicos) de sedimentos a un costo de unos \$60 millones, equivalente a un costo unitario de \$10.00/m<sup>3</sup>. Para el 2015 este costo unitario de dragado se estimaba en \$20.00/m<sup>3</sup> (AAA, 2015).

El embalse Loíza tiene una tasa de sedimentación de 0.29 Mm<sup>3</sup>/año. Considerando que los dragados futuros van a remover 6 Mm<sup>3</sup> de material, igual al primer dragado, habría que llevar a cabo una operación de dragado cada 20 años (**Gráfica 7**). A un costo actual de \$20/m<sup>3</sup>, el próximo dragado puede costar unos \$120 millones, un costo elevado para un beneficio que va durar tan sólo 20 años. Además, la estrategia de dragado implica la disposición de 30 Mm<sup>3</sup> de sedimentos durante el siglo 21, un volumen mayor que la capacidad original del embalse (26.8 Mm<sup>3</sup> en 1953). En Puerto Rico, los sitios disponibles para la disposición de millones de metros cúbicos de sedimentos son muy limitados, por lo que no se puede

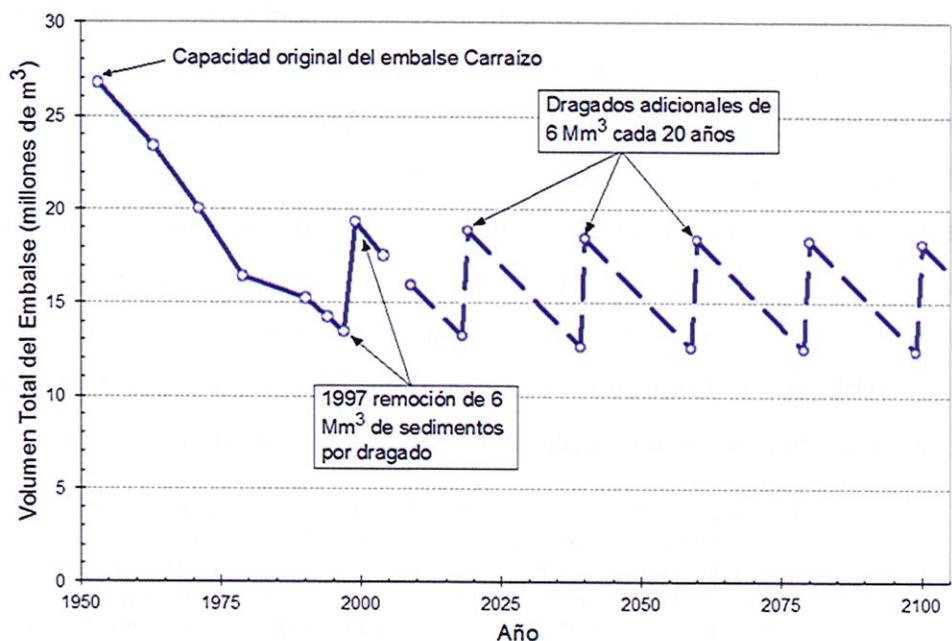
---

<sup>1</sup> Autoridad de Acueductos y Alcantarillados 2015. Informe de Rendición de Cuentas Año Fiscal 2015  
<http://www.acueductospr.com/INFORME/index.html>

considerar el dragado como una estrategia sostenible para mantener la capacidad de los embalses.

El dragado es necesario en algunos casos, pero es esencial reducir la necesidad de dragar al mínimo. Por ejemplo, los embalses fuera de cauce del río Fajardo y río Blanco van a requerir ser dragados, pero no se anticipa que sea necesario en los próximos 300 años. Además, el volumen será pequeño (menos de 1 Mm<sup>3</sup>), lo que representa una sexta parte del volumen que habría dragar del embalse Loíza. Al comparar ambos sistemas, durante 100 años se debe dragar un total de 30 Mm<sup>3</sup> de Loíza y tan sólo 0.3 Mm<sup>3</sup> de los embalses de Fajardo y río Blanco. En algunos casos el dragado también se puede utilizar para remover el material grueso que se acumula en el delta del embalse, material que puede tener valor comercial como agregado de construcción o relleno. Esta estrategia ha sido utilizada en la zona aguas arriba del embalse Dos Bocas, pero en general, menos del 10% de los sedimentos en los embalses representa material aprovechable y se puede encontrar mezclado con material fino y en zonas con pobre acceso.

GRÁFICA 4 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL VOLUMEN DEL EMBALSE LOÍZA FUENTE: PIRA DRNA, 2016.



El dragado es costoso y no es sostenible como estrategia para el manejo de la sedimentación en los embalses de Puerto Rico. Se debe considerar como la última opción y trabajar para implantar otras medidas más costo-efectivas para reducir al máximo la tasa de sedimentación.

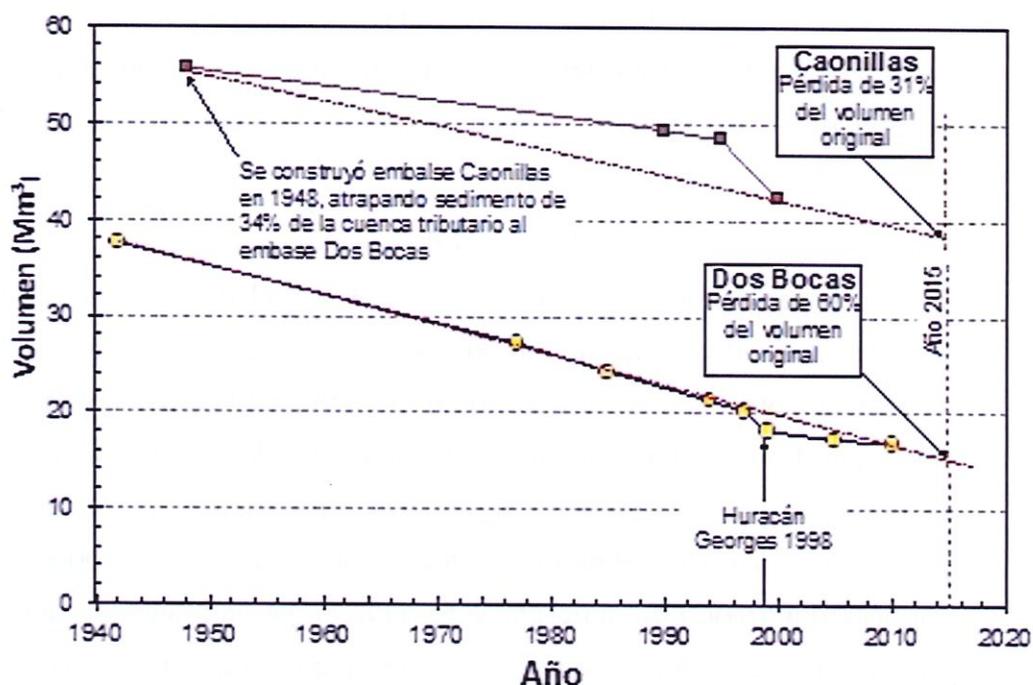
Las medidas de control de erosión pueden reducir el aporte de sedimentos a consecuencia de los eventos normales, pero las lluvias extremas pueden originar deslizamientos y erosión de los cauces a gran escala, y estos eventos extremos pueden tener una gran influencia sobre la tasa de erosión y sedimentación de los embalses. Un ejemplo de esto es el caso de la cuenca aguas arriba del embalse Dos Bocas. A pesar de que la mayoría de las actividades agrícolas cesaron y las fincas abandonadas se reforestaron por procesos naturales, desde su construcción en el 1942 hasta el 2010, la tasa promedio de acumulación de sedimentos en el embalse no ha disminuido, según se puede apreciar en la gráfica 7, *Pérdida de capacidad en el embalse Dos Bocas*. Un factor causante de la alta tasa de sedimentos puede ser el aporte de sedimentos a consecuencia de actividades de

construcción, pero este tipo de actividad no es significativo en las partes altas de las cuencas. También se puede apreciar que la tasa de sedimentación aumentó a raíz del huracán Georges, un evento extremo en la cuenca cuyo periodo de retorno fue mayor de 100 años. En los años subsiguientes a Georges la tasa de sedimentación ha disminuido. El evento extremo arrastró los sedimentos disponibles para el transporte, y en consecuencia durante los años subsiguientes hubo menos sedimentos disponibles para transportar hacia el embalse. Este fenómeno también ha sido observado en otros embalses de Puerto Rico (Soler-López, 2012)<sup>2</sup>.

GRÁFICA 5 PÉRDIDA DE CAPACIDAD EN EL EMBALSE DOS BOCAS, SEÑALANDO QUE LA TASA DE SEDIMENTACIÓN NO HA REGISTRADO UNA REDUCCIÓN A PESAR DE LA REFORESTACIÓN DE LA CUENCA. LOS DATOS DE CAONILLAS SEÑALAN QUE EL VOLUMEN DE SEDIMENTO DEPOSITADO POR EL HURACÁN IGUALÓ A APROXIMADAMENTE 35 AÑOS DE SEDIMENTACIÓN BAJO CONDICIONES "NORMALES". FUENTE: PIRA- DRNA, 2016

---

<sup>2</sup> Soler-López, L.R., 2012, Sedimentation survey of Lago Dos Bocas, Utuado, Puerto Rico, January 2010: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Map 3217

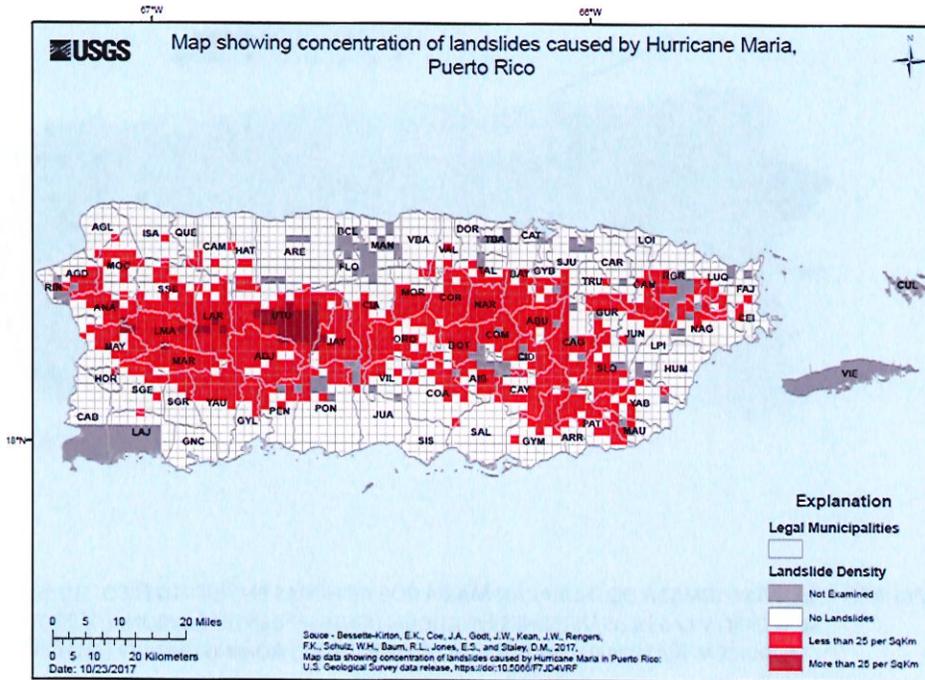


El paso de los huracanes Irma y María en septiembre de 2017 y las copiosas lluvias que acaecieron posterior a estos fenómenos atmosféricos provocaron numerosos deslizamientos alrededor de toda la isla, muchos de ellos de grandes proporciones. Como puede observarse el mapa 6 (*Mapa sobre los deslizamientos de terrenos en Puerto Rico a consecuencia del paso del huracán María en septiembre de 2017*), las áreas de mayor ocurrencia de deslizamiento ocurrieron en las cuencas de los ríos Grande de Arecibo y Grande de Loíza, las cuales sirven como fuente de agua potable para el Área Metropolitana de San Juan. La gran masa de agua que provocó la lluvia durante el paso del huracán María (véase las [Mapa 6 y 7](#)) y *Lluvia provocada por el paso del huracán María* paso del huracán María en septiembre de 2017 durante su paso por la isla de Puerto Rico; y *Lluvia estimada del huracán María durante 48 horas en Puerto Rico, sus islas municipio y las Islas Vírgenes Estadounidenses*) movió los suelos que se deslizaron de las montañas hacia los ríos y parte de éstos quedaron atrapados en los embalses. Después de eventos significativos de lluvias,

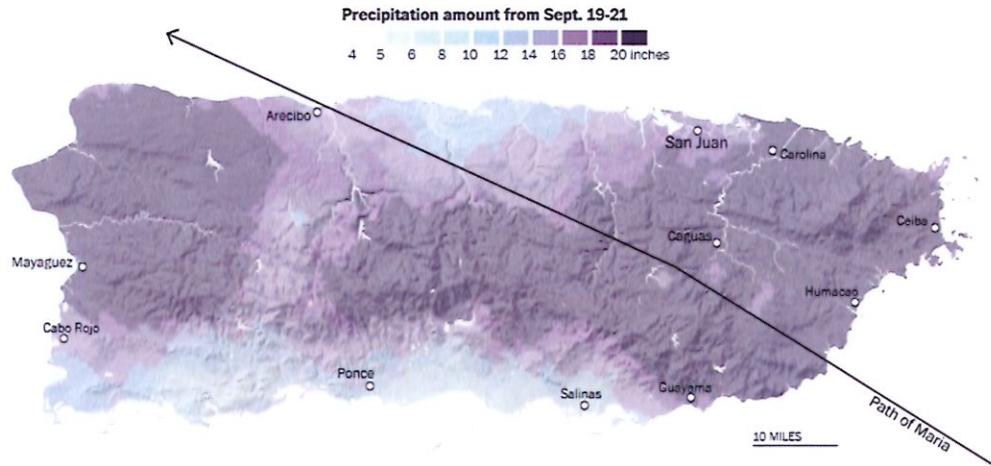
como es el caso de las que acontecieron en septiembre de 2017, el volumen de sedimentos que éstas arrastraron se estima que sea de gran magnitud ya que las lluvias del evento fueron de una recurrencia superior a la de 100 años.

La tarea pendiente y con alto grado de urgencia es realizar estudios de batimetría en todos los embalses. Es prioritario el determinar cuánto sedimento quedó atrapado en los embalses a consecuencia de los huracanes Irma y María. La batimetría permitirá establecer cuánto los huracanes Irma y María redujeron la capacidad de almacenaje de los embalses para así poder realizar ajustes en las operaciones de los embalses para optimizar el uso del agua en éstos. Al presente, es una incógnita la capacidad instalada de almacenaje de agua en los embalses con que se cuenta para con enfrentar una posible sequía, así como eventos extremos de lluvia.

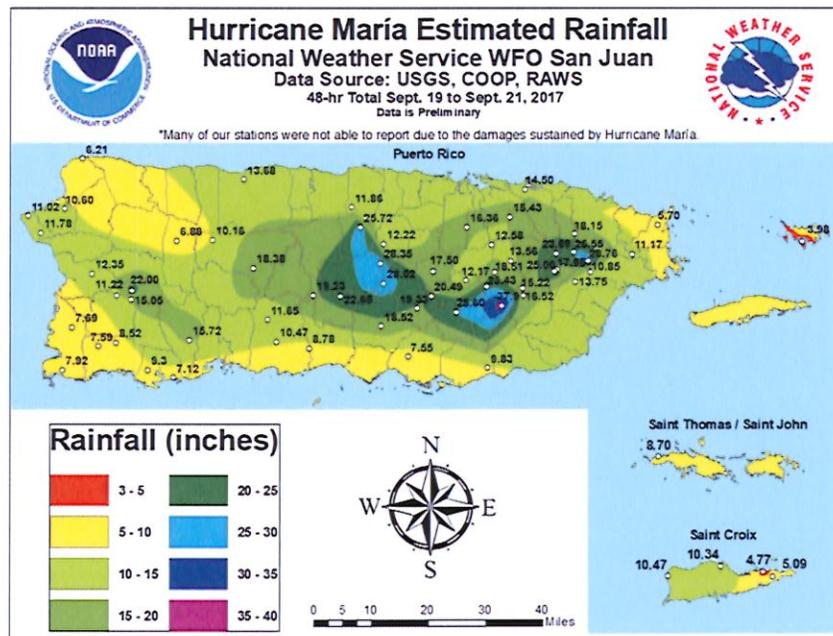
**MAPA 8 MAPA SOBRE LOS DESLIZAMIENTOS DE TERRENOS EN PUERTO RICO A CONSECUENCIA DEL PASO DEL HURACÁN MARÍA EN SEPTIEMBRE DE 2017-FUENTE BESSETTE-KIRTON, E.K. ET AL., 2017. MAP DATA SHOWING CONCENTRATION OF LANDSLIDES CAUSED BY HURRICANE MARIA IN PUERTO RICO, USGS DATA RELEASE, [HTTPS://DOI:10.5066/F7JD4VRF](https://doi.org/10.5066/F7JD4VRF)**



**MAPA 9 LLUVIA PROVOCADA POR EL PASO DEL HURACÁN MARÍA EN SEPTIEMBRE DE 2017 EN SU PASO POR LA ISLA DE PUERTO RICO-**  
**FUENTE: [https://www.washingtonpost.com/graphics/2017/national/maria-puerto-rico/?noredirect=on&utm\\_term=.cofoa77f288e](https://www.washingtonpost.com/graphics/2017/national/maria-puerto-rico/?noredirect=on&utm_term=.cofoa77f288e)**



**MAPA 10 LLUVIA ESTIMADA DEL HURACÁN MARÍA POR 48 HORAS EN PUERTO RICO, SUS ISLAS MUNICIPIO Y LAS ISLAS VÍRGENES ESTADOUNIDENSES-FUENTE: NATIONAL WEATHER SERVICE Y NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA)**



**ANÁLISIS**

## *ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LA SEDIMENTACIÓN*

Hay muchas limitaciones para el desarrollo 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 9 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.

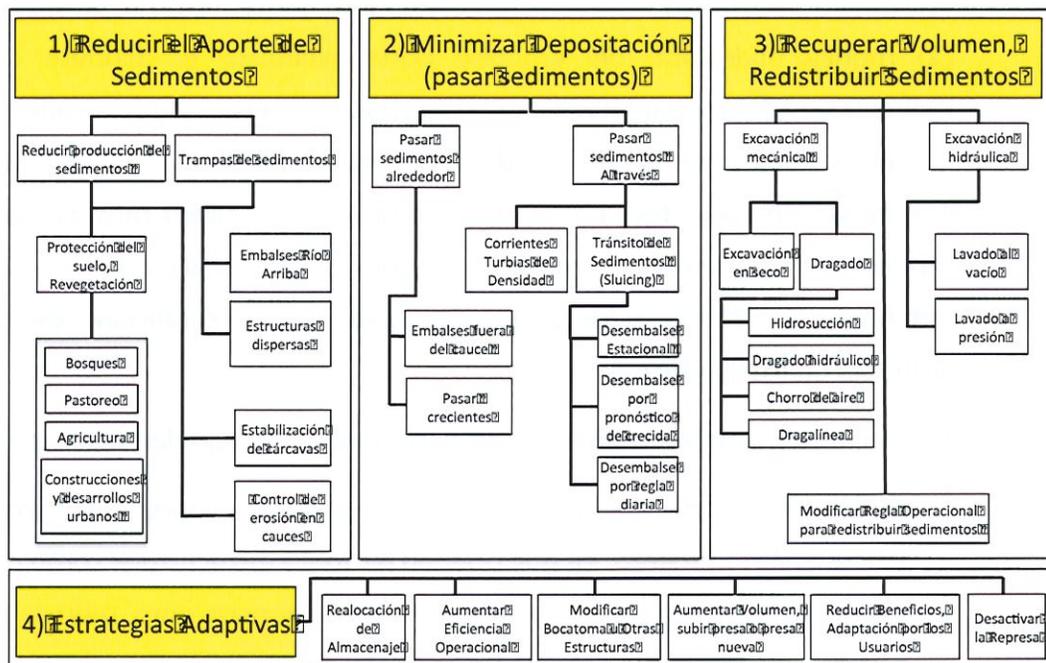
A continuación, un resumen de estrategias para el manejo de sedimentos:

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 1 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE SEDIMENTOS EN EMBALSES (MORRIS 2015).



### 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.

#### 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. Los estudios de batimetría tienen altos costos, razón por la cual no se realizan con mucha frecuencia. Los estudios de batimetría más recientes (publicados en el 2017) son para el embalse Dos Bocas y Patillas con datos del 2016. Estos estudios pueden ser utilizados para comparar cambios en las tasas de sedimentación para estos embalses.

#### 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.

1. 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 implantación de este tipo de medida es a largo plazo.

En el corto plazo, la pérdida de capacidad en el embalse Loíza, debido a 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.

2. SACN. El Superacueducto se abastece 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.

El embalse Caonillas fue uno de los que recibió un gran volumen de sedimentos según puede apreciarse en las fotografías siguientes que presentan el antes y después del paso del huracán María por Puerto Rico (Ver Mapa 9). En la fotografía aérea tomada en octubre de 2017,

luego del paso de los huracanas Irma y María, el terreno se ve desnudo y aparenta que el suelo fue lavado de tal manera que la roca quedó expuesta. La mayoría de los sedimentos quedaron atrapado en el embalse, aunque el torrente de agua se dejó pasar por las compuertas. Dada la importancia de este embalse para servir agua potable a la ZMSJ, el conocer el volumen de almacenaje de éste es prioridad al presente.

MAPA 11 FOTOS AÉREAS LAGO CAONILLAS TOMADAS EN 12-SEPTIEMBRE-2017 (IZQUIERDA) Y 4-OCTUBRE 2017 (DERECHA)



#### INDICADOR: SISTEMAS NON PRASA: DISTRIBUCIÓN, PROBLEMÁTICA Y BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE CUMPLIMIENTO

##### DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR

Este indicador está diseñado para informar sobre la distribución de los sistemas de agua públicos comunales Non PRASA en Puerto Rico, su problemática, y estrategias implementadas en la búsqueda de alternativas para llevar los sistemas a cumplimiento con la reglamentación de agua potable aplicable, mejorando así la salud pública de la población servida por estos sistemas.

Los sistemas de agua públicos comunales conocidos como sistemas Non PRASA (PRASA, siglas en inglés para Puerto Rico Aqueduct and Sewer

Authority) están ubicados mayormente en la zona rural de la Isla y son operados voluntariamente por miembros de la misma comunidad. En su mayoría, los sistemas comunales Non PRASA carecen de la capacidad técnica, administrativa y financiera para operar un sistema de agua público. La Gráfica 8 detalla el número de sistemas Non PRASA registrados en el Departamento de Salud por categoría (septiembre 2019).

GRÁFICA 6 NÚMERO DE SISTEMAS NON PRASA REGISTRADOS EN EL DEPARTAMENTO DE SALUD POR CATEGORÍA (SEPTIEMBRE 2019)



#### CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Los datos que alimentan este indicador son manejados por el Departamento de Salud. Esta Agencia tiene la responsabilidad primaria (primacía) desde 1980 de hacer cumplir la ley federal de Agua Potable Segura (SDWA, Safe Drinking Water Act), según enmendada. Bajo esta ley federal, EPA establece niveles de contaminantes en agua potable, técnicas de tratamiento y requisitos de muestreo y reporte para asegurar que el agua es segura para consumo humano.

Un sistema de agua público provee agua para el consumo humano por tubería u otros medios de transporte, y tiene por lo menos quince (15) conexiones de servicio o sirve a un promedio de veinticinco (25) personas por lo menos sesenta (60) días cada año. Hay tres (3) tipos de sistemas de agua públicos: (a) comunales: sirve a una población residente por lo menos sesenta (60) días al año; (b) no comunales - no transitorio: sirve a una población no residente sobre seis (6) meses al año (Ej.: escuelas, industrias) y (c) no comunales – transitorio: no sirve regularmente a las mismas personas sobre seis (6) meses al año. (Ej.: parques, paradas de descanso).

#### LIMITACIONES DEL INDICADOR

##### *LIMITACIÓN DE LA REGLAMENTACIÓN:*

La reglamentación de agua potable solamente aplica a los sistemas de agua públicos identificados con 25 personas o más. Por lo tanto, pueden existir comunidades que no cumplan con los criterios de población, pero presentan la misma problemática de no contar con un abasto seguro de agua potable. Estas comunidades también deben ser atendidas debido al impacto de salud pública, por lo que se les brinda orientación/recomendación pertinente.

##### *LIMITACIÓN EN LA IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS:*

Los sistemas Non PRASA comunales son identificados a través de las visitas de campo realizadas por los coordinadores regionales del Departamento de Salud o referido de otras agencias. Por lo que la cantidad real de sistemas Non PRASA no está definida (registrados y no registrados) y está cambiando continuamente.

##### *LIMITACIÓN DE CONEXIÓN:*

Existen sistemas de la AAA cercanos a sistemas Non PRASA, pero la conexión no es viable técnicamente o costo/efectiva para la AAA.

#### *LIMITACIÓN DE PERCEPCIÓN/ACEPTACIÓN:*

La comunidad no desea unirse a la AAA (costo, percepción de calidad, disponibilidad de recurso alterno, etc.). Las comunidades presentan alto sentido de pertenencia hacia su sistema.

#### *LIMITACIÓN EN CAPACIDAD TÉCNICA DE LOS OPERADORES DEL SISTEMA:*

La reglamentación de agua potable requiere de licencia para operar un sistema de agua público. Ciertos requisitos aplican para solicitar esta licencia (nivel académico, costo, etc.). La mayoría de los sistemas comunales Non PRASA son operador por personal sin licencia y sin educación formal en las técnicas de tratamiento de potabilidad.

#### *LIMITACIÓN FINANCIERA Y ADMINISTRATIVA:*

La operación, materiales, mantenimiento, muestreo, reporte y archivo de datos conlleva un costo elevado para estas comunidades. Es por esta razón que el enfoque principal ha sido dirigido a la desinfección del agua servida y la toma de muestras bacteriológicas, manteniendo así vigilancia estrecha en los contaminantes con efectos agudo a la salud. De otra parte, el cumplimiento con el muestreo químico resulta oneroso para estos sistemas.

### MÉTODO DE ANÁLISIS Y COBERTURA

El Departamento de Salud mantiene un inventario (registro) de los sistemas Non PRASA a nivel Isla. La División de Agua Potable del Departamento cuenta con coordinadores regionales quienes realizan inspecciones y encuestas sanitarias periódicamente a estos sistemas. Las mismas están diseñadas para la identificación y corrección de deficiencias sanitarias observadas en un término de tiempo apropiado.

Además, a través de la Secretaría de Salud Ambiental del Departamento de Salud y sus colectores certificados de toma de muestras para agua potable, se lleva a cabo un muestreo bacteriológico de vigilancia que consiste en la toma de muestras mensuales para análisis bacteriológico en

todos los sistemas Non PRASA. Estos muestreos son analizados en el Instituto de Laboratorios del Departamento de Salud y su resultado es enviado a la División de Agua Potable.

A continuación, el mapa 4 que detalla la cantidad de sistemas Non PRASA por municipio a septiembre de 2019.

MAPA 12 MAPA DE PUERTO RICO SISTEMAS NON-PRASA (CANTIDAD DE SISTEMAS POR MUNICIPIO)



### ANÁLISIS

El cumplimiento con la reglamentación de agua potable y por ende la distribución y consumo de agua potable segura han sido enfocadas a través de varias estrategias. Debido a la localización de la mayoría de estos sistemas comunales Non PRASA (zona rural), en su mayoría no es costo-efectivo para la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) proveer el servicio de agua potable.

La operación, mantenimiento y cumplimiento de un sistema de agua público es compleja. La reglamentación de agua potable establece niveles máximos de contaminantes o técnicas de tratamiento para aproximadamente 100 contaminantes. La mayoría de los sistemas Non PRASA y sus operadores y/o personal responsable carecen de la capacidad técnica, administrativa y financiera para operar un sistema de agua

público. Esta falta de capacidad ocasiona que mensualmente se registre incumplimiento en estos sistemas. Este incumplimiento (violaciones) es requerido a ser registrado e informado a la EPA en un sistema de información a nivel nacional conocido como SDWIS (Safe Drinking Water Information System, por sus siglas en inglés).

#### BENCHMARK

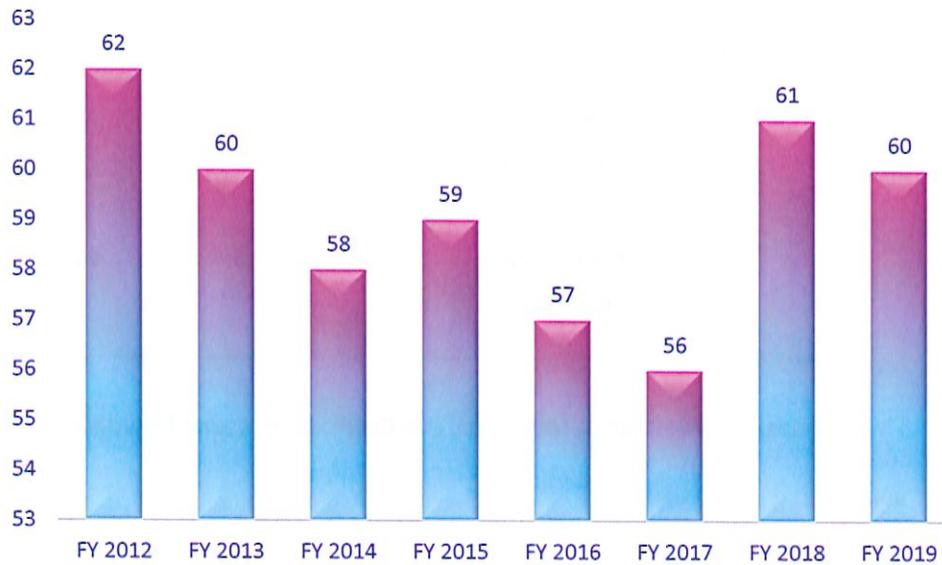
Son varios los enfoques o estrategias de cumplimiento utilizados en los sistemas comunales Non PRASA, algunas de ellas son: (a) eliminación de sistemas Non PRASA mediante la conexión viable a un sistema de AAA cercano; (b) instalación y operación adecuada de la técnica de tratamiento de desinfección; (c) instalación de la técnica de tratamiento de filtración en sistemas que utilizan agua superficial; (d) cambio de fuente de abasto para sistemas que proveen agua a escuelas; (e) muestreo y reporte de contaminantes presentes en el agua; (f) aumento en la cantidad de muestras tomadas y resultados negativos para coliformes totales, entre otras. Estas estrategias son implementadas en un esfuerzo conjunto entre el Departamento de Salud y la EPA.

La tabla 3 detalla el número de sistemas comunales Non PRASA sin tratamiento por tamaño de población a septiembre 2019 y la Gráfica 9 demuestra la tendencia en la cantidad de sistemas sin tratamiento en los últimos años.

TABLA 3 NÚMEROS DE SISTEMAS COMUNALES NON-PRASA SIN TRATAMIENTO POR TAMAÑO DE POBLACIÓN A SEPTIEMBRE 2019

TAMAÑO DEL SISTEMA	NÚMERO DE SISTEMAS SIN TRATAMIENTO	POBLACIÓN AFECTADA
25-500 personas	56	10,023
501-3,300 personas	4	3,600
3,301-10,000 personas	0	0
Total	60	13,623

GRÁFICA 7 SISTEMAS COMUNALES NON-PRASA SIN TRATAMIENTO

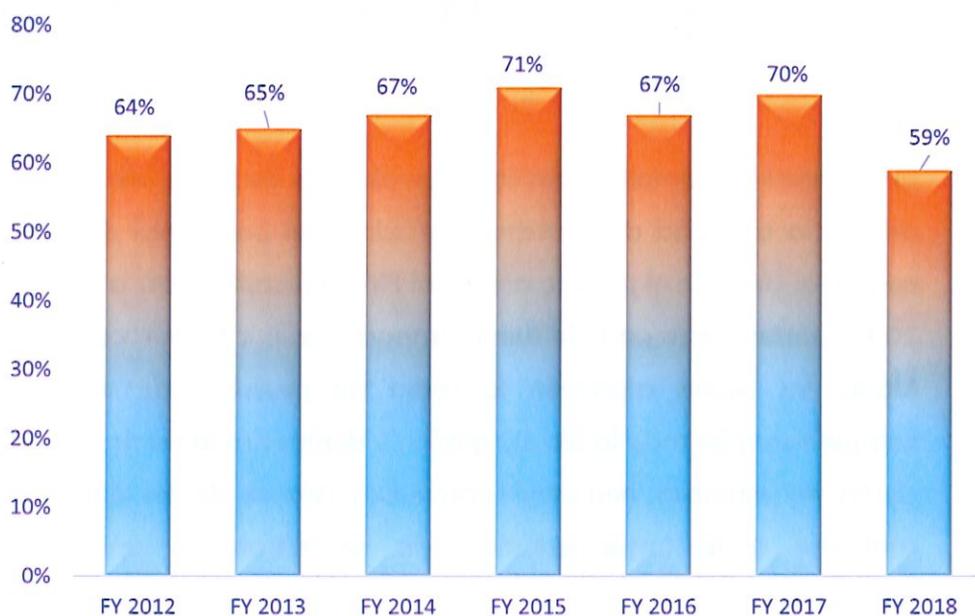


En términos de cumplimiento con el parámetro de bacteriología, tabla 4 detalla la cantidad de muestras tomadas y el por ciento de muestras negativas durante el pasado año fiscal FY- 18 (octubre 2017 a septiembre 2018). Durante este periodo fuimos impactados por los huracanes Irma y María, los cuales afectaron la toma de muestras de vigilancia y cumplimiento en toda la Isla. La gráfica 9 demuestra la tendencia del por ciento de muestras negativas obtenido a través de los últimos años conforme a la implementación de las estrategias anteriormente mencionadas.

TABLA 4 RESUMEN DE MUESTREO BACTERIOLÓGICO EN SISTEMAS COMUNALES NON PRASA  
FY 18

TOTAL DE SISTEMAS COMUNALES	MUESTREO BACTERIOLÓGICO	TOTAL TOMADAS	NEGATIVAS	POR CIENTO (%)
241	Muestreo de cumplimiento*	382	350	92
	Muestreo de vigilancia**	910	536	59

GRÁFICA 8 MUESTREO DE VIGILANCIA: POR CIENTO DE MUESTRAS NEGATIVAS



\*Realizado por el dueño u operador del sistema a tenor con la reglamentación de agua potable. No todos los sistemas cumplen con este muestreo.

\*\*Realizado por el Departamento de Salud en todos los sistemas (representa el 5% del total de las muestras de cumplimiento requeridas mensualmente).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dado a la limitación de la reglamentación de agua potable, en cuanto a la aplicabilidad de los requisitos (25 personas o más) y la importancia de que toda la población esté servida por un abasto de agua potable seguro, así como también la identificación del total de sistemas Non PRASA, es necesario la integración, en términos de recursos económicos y humanos, de otras agencias y entidades privadas para la atención adecuada de toda la población concernida. A tal efecto, se ha creado un Comité Multisectorial para tener de primera mano los requisitos y, a su vez, las oportunidades de asistencia, con las que cuenta cada agencia estatal y federal. También se incluye en este Comité, las organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro (NGO, por sus siglas en inglés) que trabajan con estos sistemas. Las iniciativas de estos grupos de trabajos deben mantenerse. Es importante que todos los recursos que asisten a estas comunidades tengan pleno conocimiento de las leyes y requerimientos aplicables y su importancia en la prevención de enfermedades.

El factor económico suele ser el factor limitante en la mayoría de los casos. Es necesario coordinar esfuerzos interagenciales para lograr la identificación de sistemas de la AAA que puedan proveer servicio de agua potable a estas comunidades. El Departamento de Salud, a través del Programa de Fondo Rotatorio de Agua Potable (DWSRF, por sus siglas en inglés) provee dineros mediante préstamos para ayudar a los sistemas pequeños a alcanzar y mantener cumplimiento con la reglamentación. No obstante, para la aplicabilidad de este dinero es necesario el cumplimiento con una serie de requisitos. Agencias y entidades sin fines de lucro son necesarias para ayudar a estos sistemas a lograr elegibilidad para estos fondos.

El Programa de Certificación de Operadores en sistemas pequeños debe ser mantenido. La meta es que todos los operadores de los sistemas Non PRASA logren obtener la licencia requerida de operador de sistema de

agua público y por ende el conocimiento en la operación y mantenimiento de sus sistemas.

Es necesario mantener la vigilancia de la salud pública mediante la realización de muestreos periódicos al agua. Al momento, el Departamento de Salud lleva a cabo un muestreo de vigilancia bacteriológico. Relacionado a los contaminantes químicos, el Departamento en conjunto con la AAA ha logrado la utilización de fondos especiales para realizar muestreos químicos en los sistemas comunales Non PRASA. Este muestreo químico es sumamente importante por lo que es necesario la identificación y búsqueda de fondos recurrentes para llevar a cabo el mismo.

Luego del paso e impacto del huracán María en septiembre de 2017, varias entidades gubernamentales y privadas han brindado asistencia a los sistemas Non PRASA mediante diferentes iniciativas, a saber: instalación de placas solares y energización para mantener la operación y tratamiento, instalación y reparación de equipos de desinfección, muestreo, ayuda económica, trabajos de reconstrucción, evaluaciones de daños, asistencia técnica, asistencia con los formularios de reclamación de daños, kits de desinfección etc. Entre las entidades involucradas en estas iniciativas podemos mencionar: Water Sector, auspiciado por FEMA (Federal Emergency Management Agency), Water Mission, Cruz Roja, National Rural Water Association (NRWA), Rural Community Assistance Partnership (RCAP), Water Alliance (Community Foundation of PR, Oxfam y Bosque Modelo), “Por los Nuestros”, entre otras entidades.



# Aire



La red de muestreo de aire continuó afectada en el 2018 como consecuencia del huracán María. Como resultado del impacto, muchas estaciones estuvieron sin servicio de electricidad, y muchas otras requirieron que los equipos fueran reemplazados por equipos nuevos. Las estaciones más afectadas fueron las estaciones de particulado (PM2.5 y PM10), debido al tipo de equipo utilizado están ubicados al aire libre (en el techo de los edificios). Muchas otras, se vieron afectadas, debido a que donde ubican son áreas inundables (Estación Salinas). Las estaciones se fueron restableciendo según se fue la electricidad y se recibieron los equipos nuevos.

## INDICADOR: ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE

### DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR

El Índice de Calidad del Aire (ICA) es un indicador diseñado para informar sobre el estado de la calidad del aire. Este se calcula para informar de una manera fácil y sencilla los efectos que podría causar en la salud de acuerdo con el nivel reportado. En el mismo se utiliza una escala estandarizada para todos los contaminantes del 0 al 500. 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 sensible, insalubre, muy insalubre y peligroso. Con esta información podemos conocer los efectos nocivos de los diferentes contaminantes atmosféricos y cómo protegerse.

<b>Verde</b> <b>0-50</b> <b>Bueno</b>	<b>Amarillo</b> <b>51-100</b> <b>Moderado</b>
<b>Anaranjado</b> <b>101-150</b> <b>Grupo Sensitivo</b>	<b>Rojo</b> <b>151-200</b> <b>Insalubre</b>
<b>Morado</b> <b>201-300</b> <b>Muy Insalubre</b>	<b>Marrón</b> <b>300 o más</b> <b>Peligroso</b>

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

#### CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Diariamente, y cada hora, los monitores de calidad de aire recogen muestras del contaminante materia particulada (PM) para convertirlo en un valor índice utilizando una fórmula estándar desarrollada por la EPA. El valor índice reportado por día es el valor más alto de los monitores de un mismo contaminante localizados en la misma área. 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 Agencia

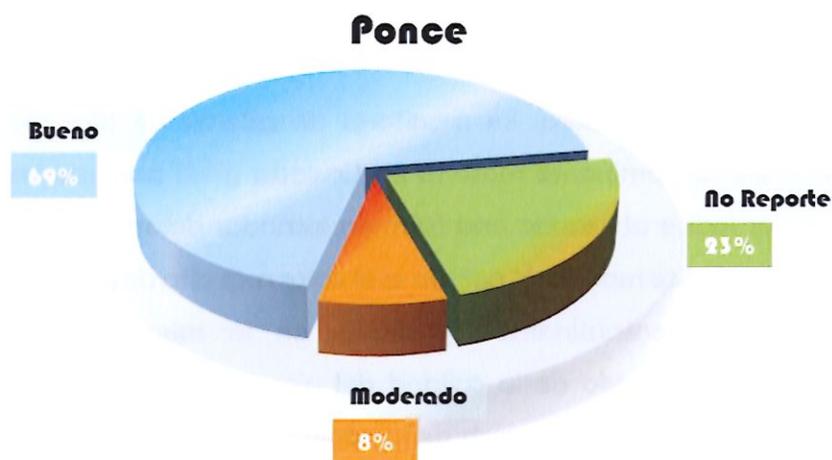
y de AirNow de la EPA con el objetivo principal de proteger la salud de los habitantes de Puerto Rico.

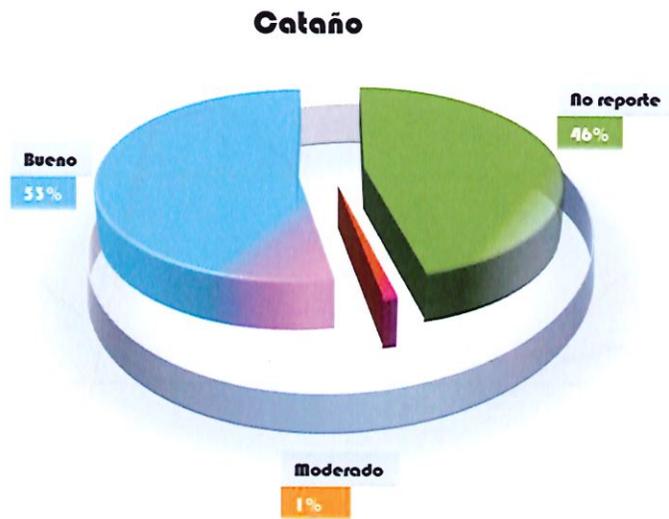
#### MÉTODO DE ANÁLISIS Y COBERTURA

El ICA incluye la zona, período, 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.

En la gráfica 11, se muestran los ICA para PM10 del área de San Juan-Cataño y de Ponce para los días que se reportó el ICA. Si se observa, en su gran mayoría los días fueron de categoría buena, aunque gran parte de los días no hubo reporte de ICA. En el área de Cataño-San Juan, un 53% fueron de categoría buena y un 1% de categoría moderada. Mientras en el área de Ponce, un 69% fueron de categoría buena y un 8% de categoría moderada. Es importante señalar que en ambas áreas durante el 2018 los equipos presentaron problemas técnicos; incluso en Cataño estuvo desde los meses de julio a noviembre sin reportar el ICA.

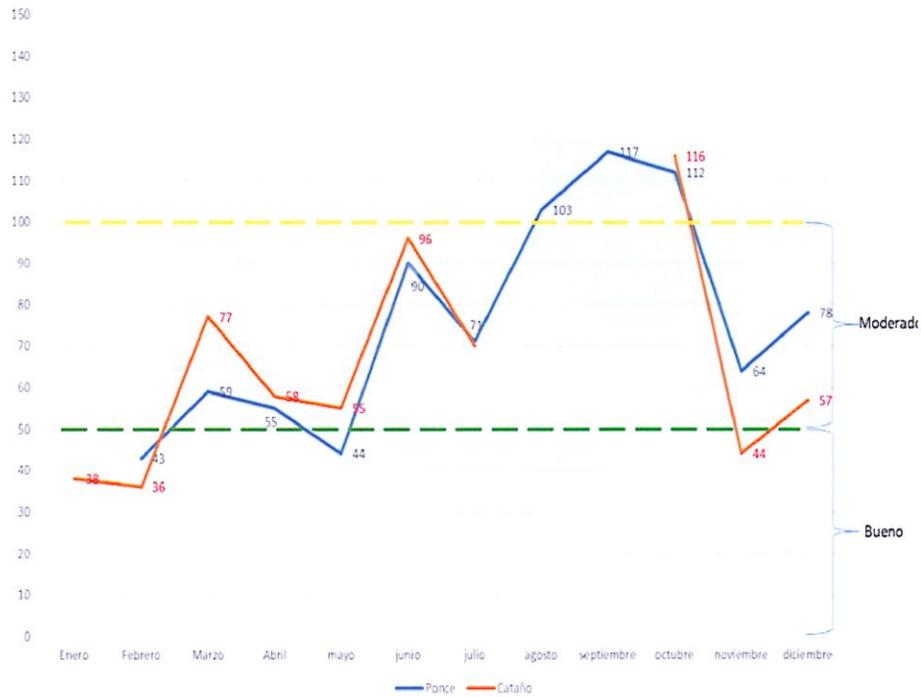
GRÁFICA 9 POR CIENTO DE DÍAS QUE SE REPORTÓ DURANTE EL 2018 EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE POR CATEGORÍA Y POR ÁREA EN PUERTO RICO





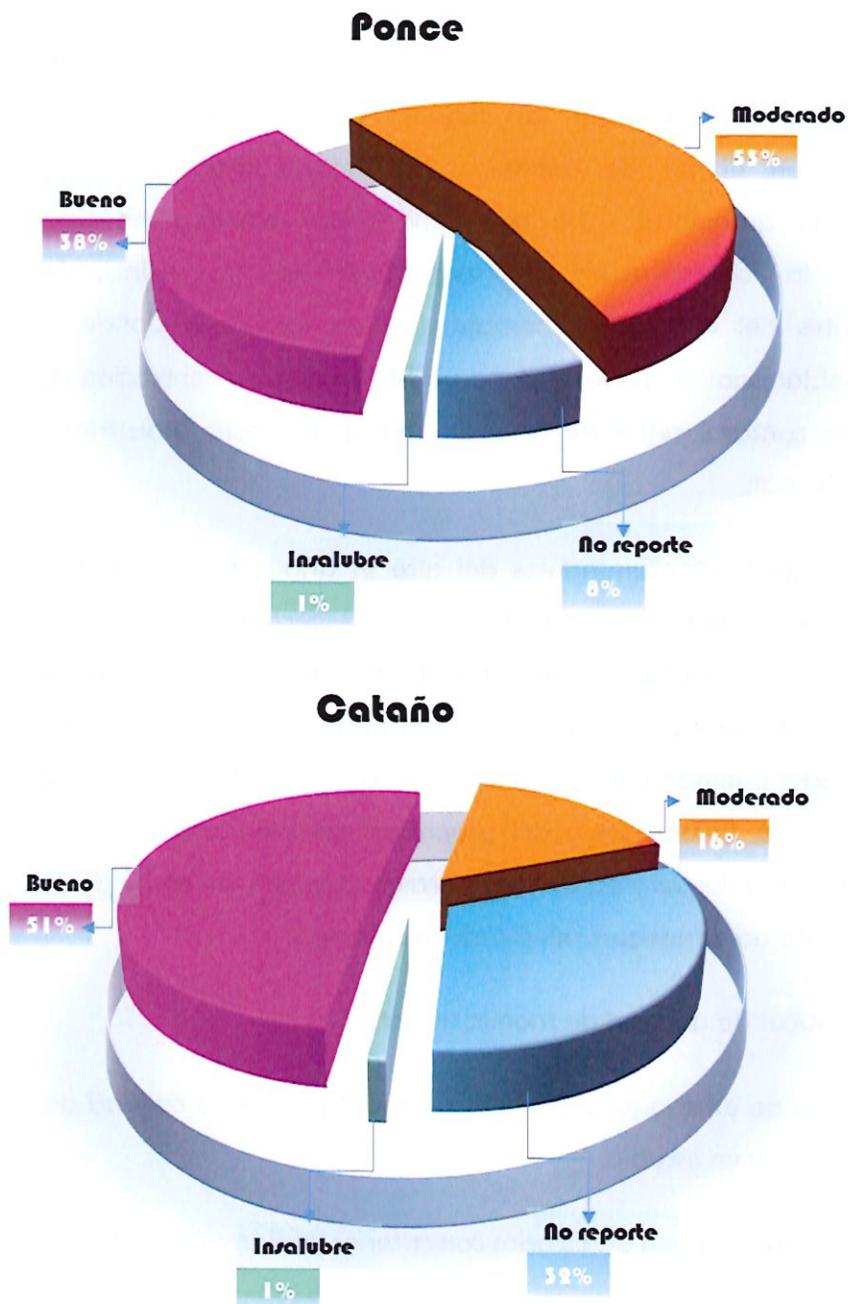
En la Gráfica 12 se puede observar que durante el 2018 el ICA para  $PM_{10}$  se mantuvo más o menos similar, con un leve aumento en los meses más calientes en PR (junio a octubre). Esto es causado por los eventos naturales de Polvo del Sahara sobre Puerto Rico que afecta la calidad del aire en Puerto Rico, pero sin exceder las normas nacionales de calidad de aire.

GRÁFICA 10 ÍNDICE CALIDAD DE AIRE, PM2.5 PUERTO RICO 2018



En cuanto, el ICA para PM2.5 presentó valores índices más altos, incluso con valores de categoría insalubre en ambas áreas geográficas Cataño y Ponce para los meses de agosto hasta octubre de 2018. La Gráfica 13 presenta los valores índices, por área y por ciento de días que se reportó el índice por escala del valor. De acuerdo con los valores el área de Ponce reportó valores más altos que el área de San Juan-Cataño, incluso el 53 por ciento de los días fueron valores moderados.

GRÁFICA 11 POR CIENTO DE DÍAS QUE SE REPORTÓ DURANTE EL 2018 EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE POR CATEGORÍA Y POR ÁREA EN PUERTO RICO PM2.5



## INDICADOR: CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES CRITERIOS

### DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR

La red de muestreo de aire es una herramienta para 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 la 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 con el 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 presente, y de tiempo.
- Los resultados son reportados, analizados e informados periódicamente a la base de datos de la EPA.

La recolección de muestras en diferentes estaciones, y a frecuencias regulares de tiempo se realiza 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 monitoreo, 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.

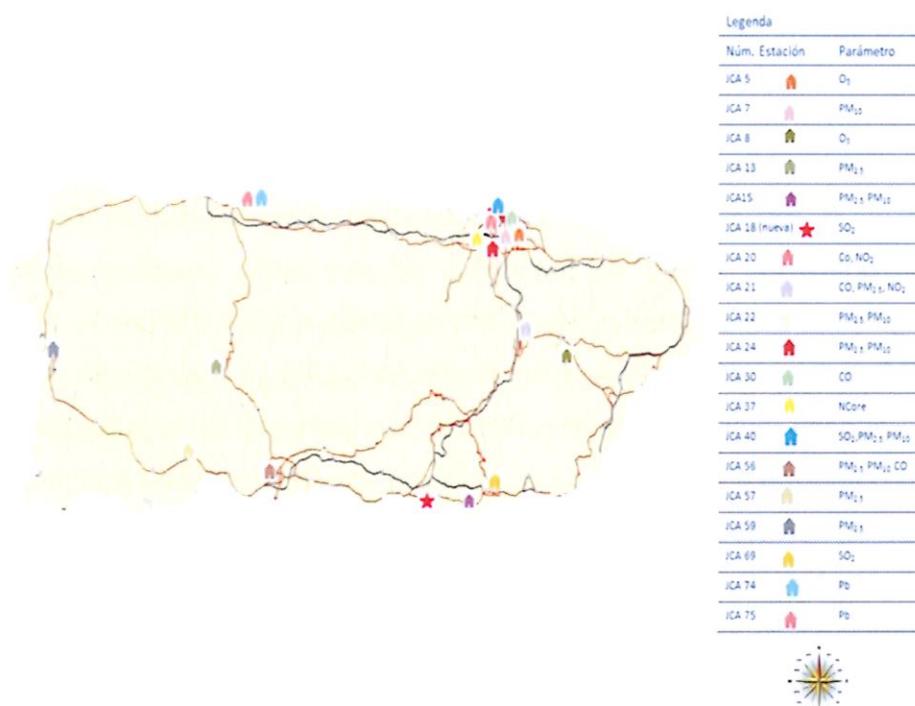
La evaluación de la calidad del aire en Puerto Rico se realiza desde el 1974, a través de la red de estaciones para monitoreo de aire. Actualmente, la red de monitoreo de aire toma muestras para los siguientes contaminantes: Monóxido de Carbono (CO), Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Ozono (O<sub>3</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 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 monitoreo vigente.

La red de monitoreo de aire posee equipos continuos e intermitentes, algunos con conexión remota, y otros con intervalos de frecuencia variada

de acuerdo con el parámetro y al equipo utilizado. Para analizar SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM destinado al índice de calidad de aire utiliza muestreo continuo. Para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, Sulfato y Plomo se utiliza monitoreo intermitente mediante análisis químicos de filtros.

El monitoreo continuo permite muestras las 24 horas del día, los 365 días del año, con valores cada 5 minutos. Mientras, las estaciones con monitoreo 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 11 detalla la ubicación de las estaciones de monitoreo de Puerto Rico.

MAPA 13 RED DE MUESTREO DE AIRE DE PUERTO RICO, 2018



### CONSIDERACIONES TÉCNICAS

La Red de Monitoreo de Aire utiliza equipos sofisticados y; cada uno de estos realiza una medida para determinar la concentración de los

contaminantes atmosféricos criterios. Se han diseñado diversos métodos, definidos como métodos de referencia federal, que son 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.

#### 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 monitoreo dependerán en gran parte de los objetivos del muestreo de la calidad del aire. La elaboración de un buen programa de monitoreo, 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 monitoreo 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. La frecuencia del muestreo; continuo o muestreo intermitente, el equipo utilizado dependen del contaminante muestreado. La red de monitoreo de Puerto Rico utiliza ambos tipos de muestreo.

Las estaciones de monitoreo de aire continuas capturan las concentraciones mediante equipos especializados para este fin y tienen la

particularidad de analizar y recopilar datos cada cinco minutos de forma automática. La información es almacenada en los dataloggers con una programación exclusiva para cada uno de los parámetros y; se recolecta remotamente mediante líneas de modem.

### 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.

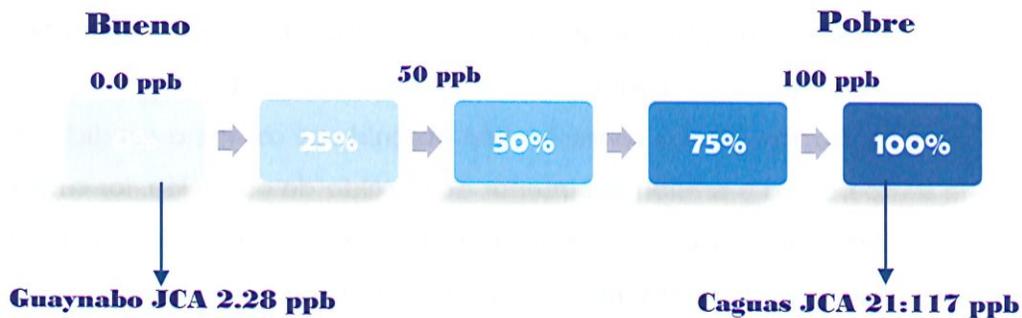
En el 2018, la red de muestreo de aire cuenta con dos estaciones para el muestreo de este contaminante, una ubicada en Guaynabo y otra en Caguas. El equipo utilizado para medir bióxido de nitrógeno es un T200U (quimioluminiscencia en fase gaseosa, ChemiluminescenceTeledyne API). La quimioluminiscencia es una técnica analítica basada en la medición de la cantidad de luz generada por una reacción química. La concentración de NO<sub>x</sub> 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 NO<sub>x</sub> total. La concentración

de NO<sub>2</sub> corresponde a la diferencia entre las lecturas registradas de NO y NO<sub>x</sub>.

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. A pesar que las estaciones comenzaron en 2015 (Guaynabo) y 2016 (Caguas) no se cuenta con periodo de tres años reglamentario para determinar cumplimiento con la norma nacional de calidad del aire pues ambas fueron afectadas tras el paso del Huracán María en el 2017, interrumpiendo el periodo de tres años. Aun así, se presentan los valores en el Benchmark a continuación, mostrando valores más altos en Caguas.

#### BENCHMARK

BIÓXIDO DE NITRÓGENO: PERCENTIL 98 DE CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE 1 HORA (PPB) 2016-2018



#### 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

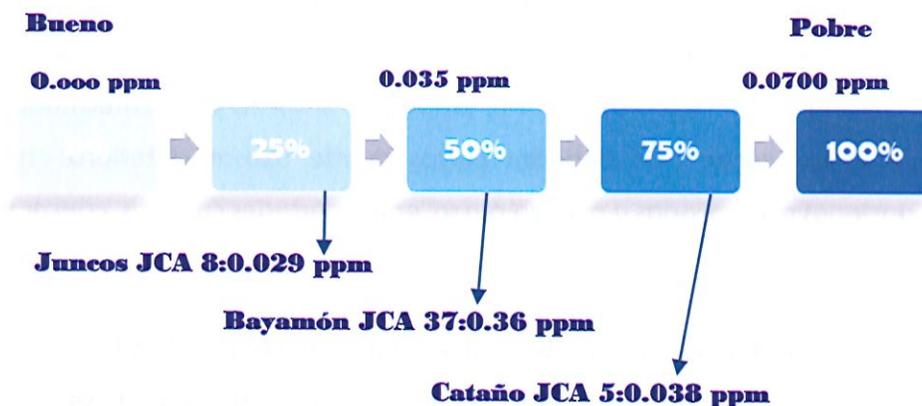
química entre el bióxido de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles catalizados por la radiación solar. Los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos como hidrocarburos e hidrocarburos oxigenados contribuyen a la formación de ozono.

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.

En Puerto Rico se 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<sub>3</sub>), 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<sub>0</sub>) 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. 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

OZONO: 4TA. MAX 8 HORAS ANUAL (PPM) 2018



## MATERIA PARTICULADA

El material particulado es una mezcla compleja líquida y sólida que están 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. Los estudios científicos han provisto evidencia de que el material particulado en el aire puede penetrar directamente al interior de los pulmones y causar efectos adversos a la salud.

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 el 14 de diciembre de 2012 Normas Primarias y Secundarias Nacionales de Calidad de Aire más estrictas. Materia particulada PM2.5 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.

## MATERIA PARTICULADA (PM2.5)

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  $\text{PM}_{10}$  con la diferencia de que el tamaño a muestrearse es de 2.5 micrones o menos y luego que las partículas caen en el filtro, este se recoge y se conserva a una temperatura de menos de  $4^{\circ}\text{C}$  para realizarle el análisis químico de acuerdo con el método correspondiente para el parámetro  $\text{PM}_{2.5}$ .

La red de muestreo opera siete (7) estaciones de muestreo  $\text{PM}_{2.5}$ . La ubicación de estas estaciones son Adjuntas, Bayamón, Fajardo, Guayama, Guayanilla, Guaynabo y Ponce. Todas las estaciones de  $\text{PM}_{2.5}$  muestrean cada tres días. Para el contaminante  $\text{PM}_{2.5}$  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 5 PROMEDIOS ANUAL ARITMÉTICOS POR ESTACIÓN MATERIA PARTICULADA  $\text{PM}_{2.5}$

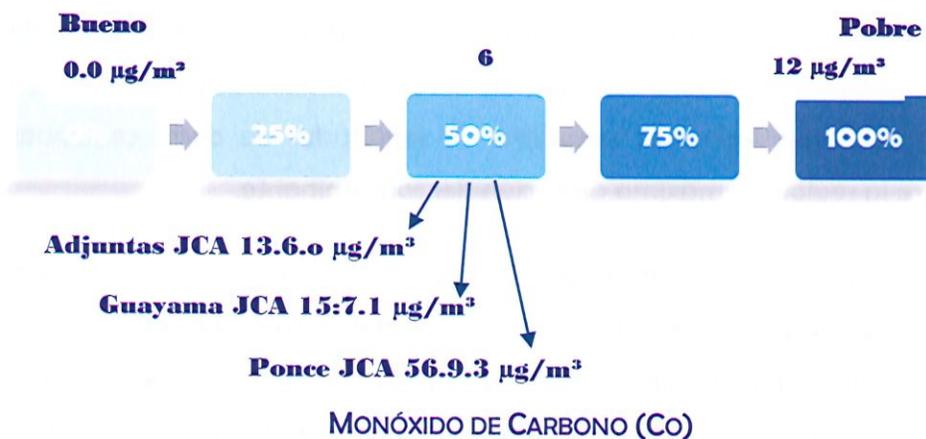
ESTACIÓN	2016	2017	2018	PROMEDIO TRES AÑOS ( $\mu\text{G}/\text{M}^3$ )
Adjuntas #13	6.1	8.4	3.7	6.0
Bayamón #37	7.3	18.1	12.6	12.1
Fajardo #22	6.8	9.8	4.9	7.2
Guayama #15	6.4	7.7	Fuera	-

ESTACIÓN	2016	2017	2018	PROMEDIO TRES AÑOS (µG/M3)
Guayanilla #57	6.3	8.1	Fuera	-
Guaynabo #24	8.2	11.7	9.9	9.9
Ponce #56	7.1	13.0	7.7	9.3

De acuerdo con los resultados el promedio aritmético anual más alto por estación durante los últimos tres años se registró nuevamente en Bayamón con 12.1 µg/m³, Guaynabo con 9.9 µg/m³, Ponce con 9.3 µg/m³, Fajardo con 7.2 µg/m³ y Adjuntas con 6.0 µg/m³. Las estaciones de Guayama y Guayanilla no muestrearon en el 2018, pues ambas estaciones fueron seriamente afectadas por el huracán María, lo que requirieron ser reubicadas. Todas las estaciones que muestrearon estuvieron por debajo de la norma nacional que es 12.0 µg/m³. Se puede concluir que la calidad del aire de Puerto Rico se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma nacional primaria para PM<sub>2.5</sub>.

### BENCHMARK

#### PM<sub>2.5</sub> PERCENTIL 98 ANUAL POR ESTACIÓN (µG/M³)



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 de 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.

En Puerto Rico se mantienen estaciones de muestreo en Bayamón, Guaynabo, Ponce y Caguas. El principio de operación de los analizadores de Monóxido de Carbono (CO) se basa en la capacidad que tiene este gas para absorber energía en determinadas longitudes de onda. El T300U utiliza el método de absorción infrarrojo con una rueda de correlación de filtro de gas. 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.

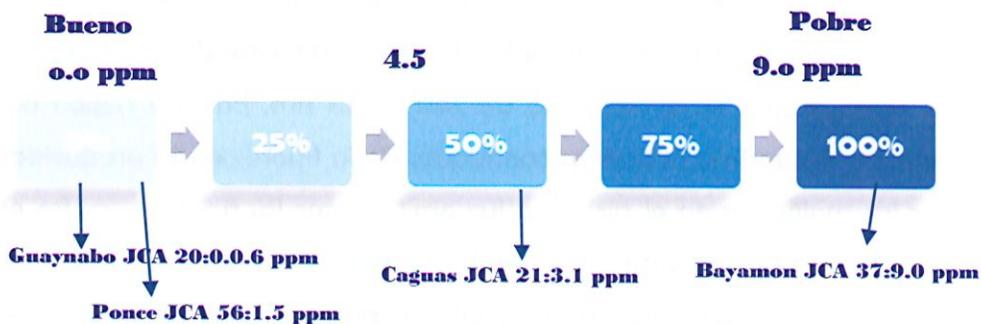
El campo óptico está encerrado en un horno de temperatura controlada que disminuye el ruido y la desviación del instrumento. Una celda enchapada en oro maximiza la señal de ruido mientras el secador Nafion minimiza la interferencia de agua causada por cambios de humedad. El

T300U corrige su línea de base dirigiendo la muestra a través de un catalítico purificador calentado 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 (2017-2018) para Guaynabo 0.6 ppm, Ponce 1.5 ppm, Caguas 3.1ppm y Bayamón 9.0 ppm y. La norma nacional para monóxido de carbono 9 ppm para promedio máximos de 8 horas. Al comparar los resultados se cumple con las normas nacionales establecidas.

### BENCHMARK

MONÓXIDO DE CARBONO: 2<sup>DA</sup> MAX. PROMEDIO 8 HORAS (PPM) 2018



### 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 broncos espasmos en personas asmáticas. Este 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. Los analizadores de Bióxido de Azufre emplean el principio de fluorescencia pulsante que se basa en el hecho de que las moléculas de  $SO_2$  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  $SO_2$ .

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 2018, en Puerto Rico había tres (3) estaciones de muestreo ubicadas en Cataño, Guayama y Bayamón. A continuación, los valores de percentil 99 obtenidos por las estaciones de muestreo de bióxido de azufre en unidades de ppb.

De acuerdo con los datos obtenidos durante el 2018 basados en las máximas de 1-hora, el valor más alto fue en Bayamón de 37 ppb.

#### 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 (2) estaciones, ambas localizadas en el municipio de Arecibo. Para este contaminante la norma primaria y secundaria establecida es  $0.15\mu\text{g}/\text{m}^3$  en promedio móvil de tres meses máximos de 24-horas. A continuación, los datos obtenidos:

*De acuerdo con los resultados para la estación de Arecibo1 (74) el valor designado es  $0.01\mu\text{g}/\text{m}^3$  y para Arecibo2 (75) es  $0.18\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si analizamos los datos por valor designado, la estación de Arecibo sobrepasa la norma de calidad de aire. En los últimos años como medida de contingencia para cumplir con la norma la Agencia de Protección Ambiental Federal (EPA) coordina las labores de limpieza del área,*

*específicamente donde ubicaba la compañía Battery Recycling.*

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Área de Calidad Aire es la responsable de velar que la calidad del aire de Puerto Rico y vigila que se cumpla con los estándares dispuestos en la Ley Federal de Aire Limpio. El Área de Calidad de Aire utiliza varias herramientas para crear controles y medidas para hacer cumplir las normas de la calidad del aire en Puerto Rico. Entre estas, otorgar permisos de construcción y operación donde establece los límites de emisiones atmosféricas y velar por el cumplimiento de estos, mantiene y opera una red de muestreo de aire la cual monitorea los niveles ambientales de los contaminantes criterios y mediante la cual determina cumplimiento con las normas nacionales.

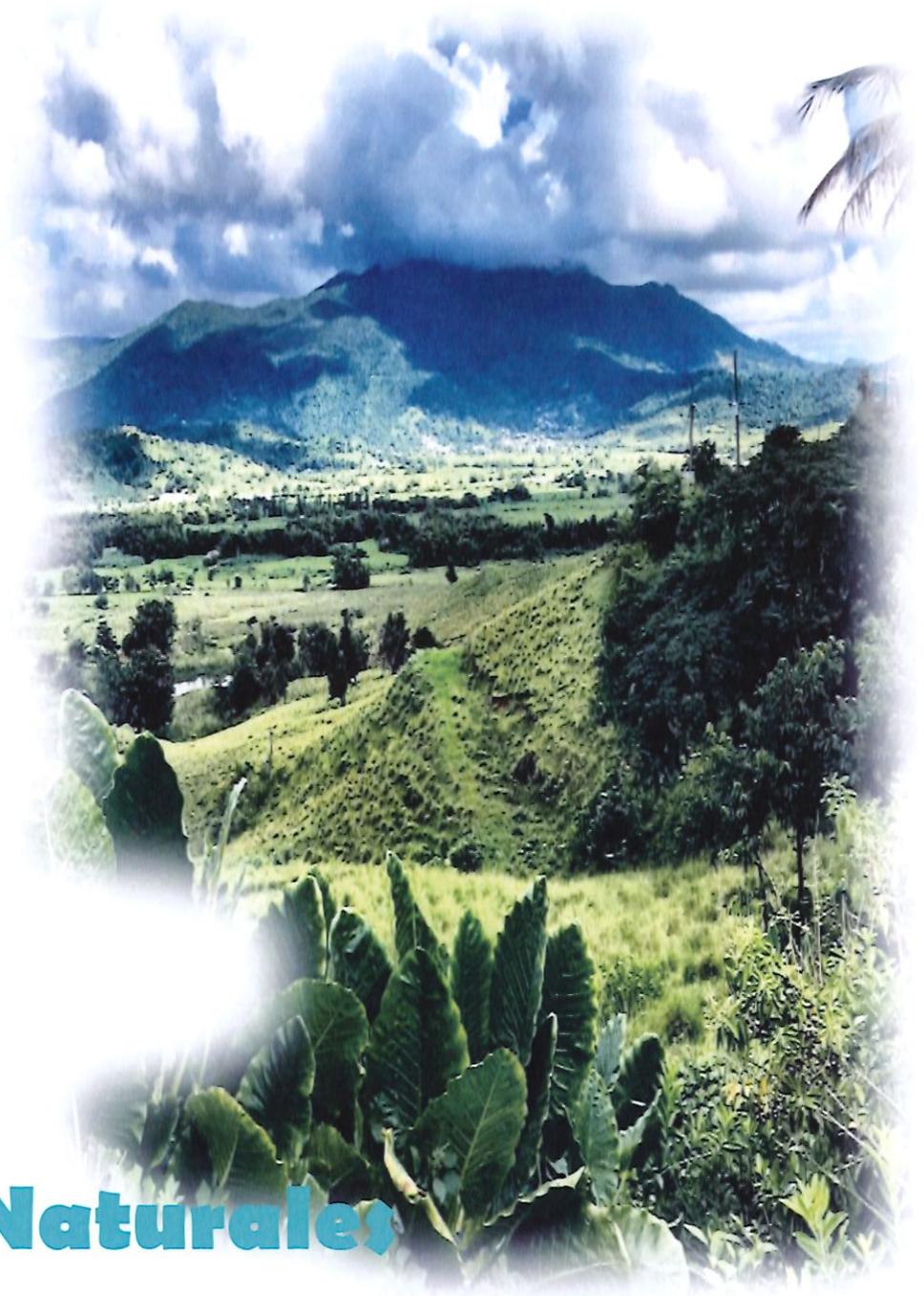
Es por esto que anualmente, mediante su red de muestreo de aire presenta y prepara su reporte del estado de la calidad del aire en Puerto Rico. Los indicadores de estado de la calidad del aire que se presentan en este documento proporcionan un panorama del nivel de la contaminación del aire de Puerto Rico en los últimos tres años, con un mayor enfoque en el 2018. 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.

Como se mencionó anteriormente, el año 2018, al igual que el 2017, fue un año atípico para Puerto Rico, ya que Puerto Rico continuaba afectado como consecuencia del huracán María (2017). Además, como todos los años Puerto Rico fue significativamente impactado por varios episodios de nubes de Polvo de Sahara. Ambas situaciones, afectan el poder concluir categóricamente y determinar la calidad de aire en Puerto Rico,

pues son variables externas que no se pueden controlar como tampoco excluir del análisis de la calidad del aire.

Al excluir esas dos variables y de acuerdo con los datos colectados se puede concluir que, en Puerto Rico en términos generales, 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 ya se establecieron medidas de contingencia para controlar y minimizar los niveles de plomo en el área.

Con los reglamentos vigentes y de acuerdo con la nueva reglamentación de muestreo de aire se continuará con la vigilancia preventiva 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 de calidad de aire. Además, se continuará implantando todos los requisitos ambientales y la red de muestreo de aire se ha renovado con equipos nuevos y con las últimas tecnologías de vanguardia disponibles en el mercado que permitan en tiempo real la vigilancia y prevención de la contaminación ambiental.



# Sistemas Naturales

## INDICADOR: POR CIENTO DEL TERRITORIO BAJO ÁREAS DE VALOR NATURAL TIPO I

### 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 mediante 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 y Atmosférica (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)<sup>3</sup>, también conocido por Para La

---

<sup>3</sup> El FCPR o PLN es una institución privada 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

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 Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (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 (ANP) 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 estas, 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 Estado Libre Asociado de Puerto Rico, en adelante ELA, 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 DRNA, los refugios de vida silvestre estatales, los refugios de vida silvestre federales, las servidumbres de conservación (estatal), los parques nacionales (estatal), el área restricta

del carso<sup>4</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 JP. Las agencias implicadas en las categorías de protección mencionadas, según los casos, incluyen al DRNA y al Programa de Parques Nacionales (PPN) al presente adscrito al DRNA desde el 18 de diciembre de 2017<sup>5</sup>, en la jurisdicción del ELA; bajo la jurisdicción federal (EE.UU.) incluye: el Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre (USFWS por sus siglas en inglés), 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 Carso 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

---

<sup>4</sup> Según 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 clasificada en alguna de las otras categorías de Área Natural Protegida utilizadas por este indicador.

<sup>5</sup> La Ley Núm. 10 de 8 de abril de 2001, enmendó la Ley Núm. 114 de 23 de junio de 1961, según enmendada, con el resultado de integrar el Fideicomiso para el Desarrollo, Operación y Conservación de los Parques Nacionales de Puerto Rico y la Compañía de Fomento de Recreativo, creándose la Compañía de Parques Nacionales de Puerto Rico (CPN). Por su parte, la Ley Núm. 9 de 8 de abril de 2001, estableció la "Ley del Sistema de Parques Nacionales de Puerto Rico". Posteriormente, a partir de la Ley Núm. 107 del 23 de julio de 2014, la CPN se convirtió en el Programa de Parques Nacionales (PPN) del Departamento de Recreación y Deportes (DRD), manteniendo la misma misión que le correspondía a la CPN. Luego, el PPN pasó al DRNA por virtud de la Ley Núm. 122 de 18 de diciembre de 2017, ley que tuvo el efecto de transferir, agrupar, y consolidar en el DRNA facultades, funciones, servicios y estructuras de la Junta de Calidad Ambiental (JCA), la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS) y el Programa de Parques Nacionales (PPN) adscrito hasta entonces al Departamento de Recreación y Deportes (DRD).

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 JP, proclamas, planos de mensura, escrituras, y leyes; datos provistos por: el FCPR, el USFWS, el USDA-FS, la NOAA, y el PPN hoy adscrito al DRNA; e información generada por la División de Reservas y Refugios, el Negociado Forestal y el Área de Planificación Integral del DRNA.

El Grupo de Acción para la Conservación de Áreas Naturales Protegidas (PA-CAT por sus siglas en inglés)<sup>6</sup> de la Cooperativa para la Conservación del Paisaje en el Caribe (CLCC por sus siglas en inglés) está compuesto por una alianza entre múltiples entidades, entre ellas agencias federales, estatales, y ONG, entre otros: el DRNA, el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF) del USDA-FS, el USFWS, el FCPR o PLN, la JP, la Fundación Alma de Bahía, el Bahía Beach Resort, la Junta de Planificación (JP), la Universidad de Puerto Rico y el Instituto de Cultura Puertorriqueña (ICP). A partir de 2016 este grupo, luego de realizar en conjunto un estudio y análisis comparado, adoptó una nueva definición para el concepto de “área natural protegida” la cual establece

---

<sup>6</sup>Este grupo de trabajo se creó el 26 de enero de 2015 con el objetivo principal de proveer información y brindar asesoramiento necesario para identificar, reconocer y gestionar la red de áreas naturales protegidas en las islas del Caribe que son parte de Estados Unidos. Además, propone el establecimiento del Sistema Integrado para la Conservación de la Naturaleza que además de las ANP, incluye políticas de usos de suelo, designaciones especiales (eg., hábitat críticos) y otros mecanismos que promueven la conservación de la biodiversidad en tierras públicas o privadas, ya sea a través de leyes o programas de incentivos. Mediante ese sistema, se documentan todas las iniciativas actuales, se crea una base de datos compartida, y se promueve la conservación estratégica por medio de diversas herramientas.

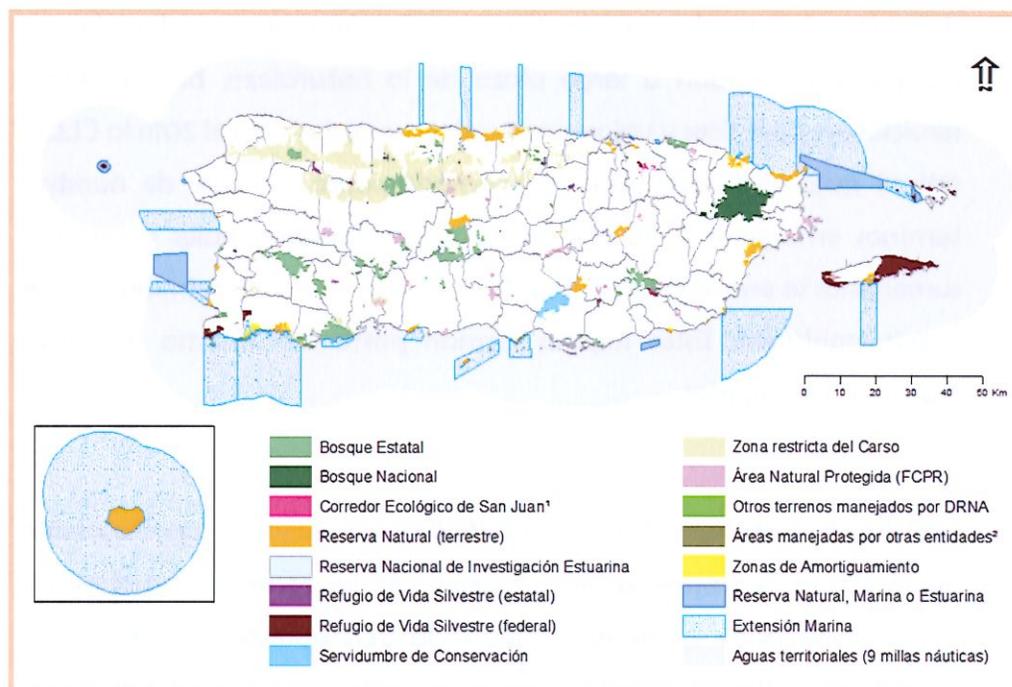
que “un área natural protegida es un área geográfica, claramente definida y delimitada a través de medios legales u otros medios eficaces para la conservación a largo plazo de la naturaleza, biodiversidad, servicios ecosistémicos y valores culturales asociados”. En el 2016 la CLCC, estimó que, en Puerto Rico, aproximadamente el 16.6% de nuestros terrenos emergidos y el 27% de las aguas jurisdiccionales y terrenos sumergidos se encuentran protegidos mediante acciones administrativas o por legislación. Estos lugares forman parte del Sistema de Áreas Naturales Protegidas.

#### ANÁLISIS

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

Tomando en cuenta las clasificaciones antes mencionadas, se calculó el cambio de cabida anual para cada una de ellas entre los años 2005 al 2018. La medida de área utilizada es 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 14 SISTEMA INTEGRADO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS



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 6 DESGLOSE DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS TERRESTRES PARA EL AÑO 2018

CLASIFICACIÓN DE MANEJO EN ÁREAS TERRESTRES	CABIDA (KM <sup>2</sup> )	CUERDAS
Área Restringida del Carso	643.64	163,775.25
Bosques Estatales	276.45	70,343.77
Bosque Nacional El Yunque	115.42	29,367.64
Corredor Ecológico de San Juan <sup>1</sup>	4.72	1,201.18
Refugios de Vida Silvestre Estatal <sup>2</sup>	4.52	1,150.59
Refugios de Vida Silvestre Federal	91.15	23,192.96
Reservas Naturales terrestres (DRNA y FCPR)	191.48	48,723.22
Reserva Nacional de Investigación Estuarina	5.89	1,499.56
Servidumbres de Conservación (FCPR)	36.16	9,201.72

<b>CLASIFICACIÓN DE MANEJO EN ÁREAS TERRESTRES</b>	<b>CABIDA (KM<sup>2</sup>)</b>	<b>CUERDAS</b>
Otros terrenos del DRNA	3.89	990.86
Otros terrenos del Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico	79.69	20,277.17
Terrenos manejados por otras entidades <sup>3</sup>	8.11	2,063.31
Zonas de Amortiguamiento	31.09	7,909.09
<b>TOTAL</b>	<b>1,492.23</b>	<b>379,696.31</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>Los terrenos del RVS de Boquerón están contabilizados en la categoría de Bosques Estatales ya que cuentan con doble designación. Igualmente, los terrenos del RVS de Humacao están contabilizados como Reserva Natural ya que esa área también cuenta con una designación a tales efectos.

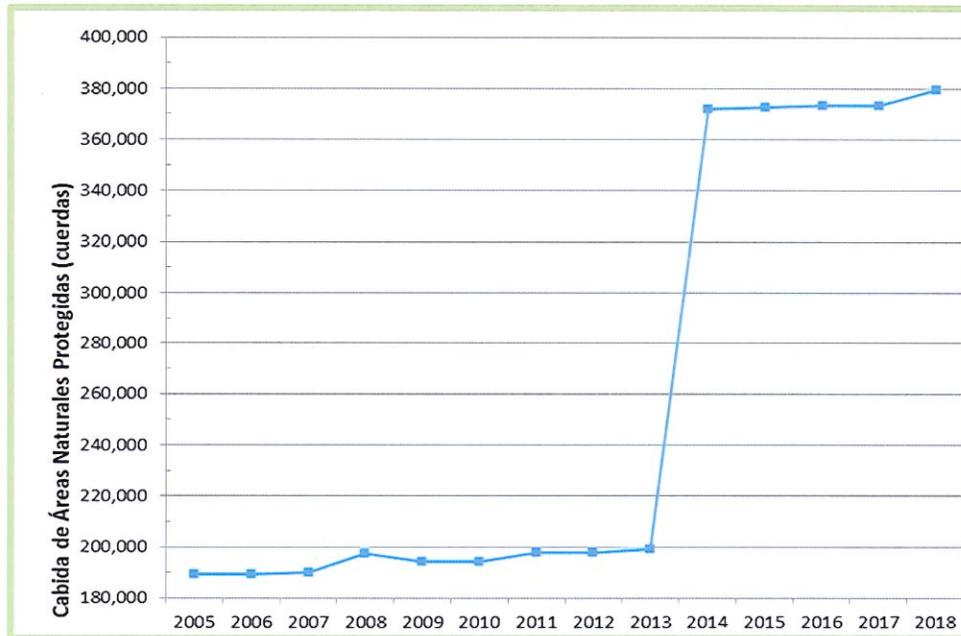
<sup>3</sup>Áreas administradas por el Programa de Parques Nacionales con componentes de alto valor ecológico (Sistema de Cavernas de Camuy, Finca Seven Seas, Parque del Río Tanamá, etc.); áreas manejadas por organizaciones no gubernamentales como Ciudadanos del Karso y TropicVentures; fincas del Instituto de Dasonomía Tropical del Servicio Forestal de EE. UU.; Centro Ceremonial Caguana, administrado por el Instituto de Cultura Puertorriqueña.

TABLA 7 DESGLOSE DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS MARINAS PARA EL AÑO 2018

<b>CLASIFICACIÓN DE MANEJO EN ÁREAS MARINAS</b>	<b>CABIDA (KM<sup>2</sup>)</b>	<b>CUERDAS</b>
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 2018. A finales del 2005 existían 191,063.78 cuerdas de terrenos emergidos protegidos; en el 2018 la extensión de terrenos protegidos fue de 379,696.31 cuerdas.

GRÁFICA 12 CAMBIO EN ÁREA TOTAL DE SUPERFICIE DENTRO DE PUERTO RICO BAJO ANP 2005-2017

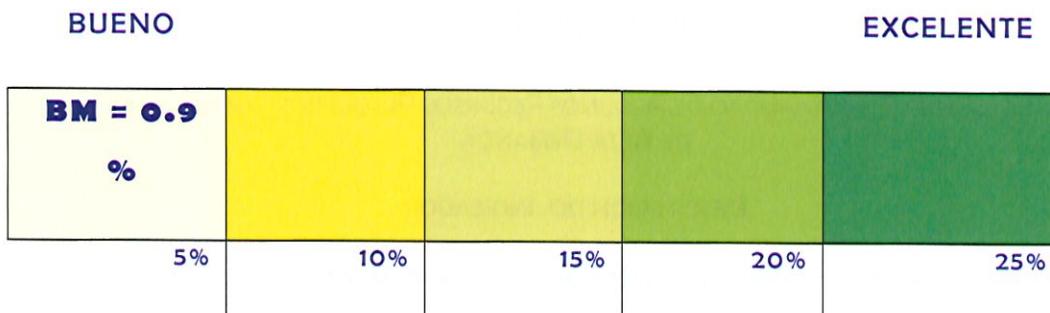


## BENCHMARK

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>7</sup> en un periodo de 20 años, de tal manera que anualmente se logre aumentar la cubida de áreas protegidas en al menos 5% del territorio incluido en el inventario. Durante el 2018 se reporta un aumento de 0.9% en la protección de terrenos identificados dentro de las APC. Por otra parte, la cantidad de áreas protegidas en la totalidad

<sup>7</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.

del Inventario de Áreas con Prioridad para la Conservación se mantiene en 45%.



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.

#### LIMITACIONES DEL INDICADOR

Como factores limitantes se pueden mencionar los siguientes:

- Este indicador no mide la condición de las ANP
- 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

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Puerto Rico cuenta con áreas de gran valor ecológico que requieren de protección por parte del gobierno y la población ciudadana. 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 los municipios compense la realidad expuesta.

#### 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, palangre de fondo. Además, se comenzó a usar un sistema de filmar videos en las áreas. Se eliminaron las nasas como método de captura debido al bajo rendimiento de estas. 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.

Los censos de pesca incluyen dos artes de pesca en ambas costas a partir del 2017 aunque todos los trabajos se retrasaron debido a los huracanes Irma y Maria hasta el 2018. Las artes de pesca son el palangre de fondo y la línea de hilo y anzuelo. El palangre consiste en una línea la cual cuenta con 50 anzuelos tipo circular (C) numero 9, la cual se deja sobre el fondo anclado en ambos extremos con una pesa de 5 libras y boyas hasta la superficie para levantarla. El periodo de implementación es de 30 minutos al final del cual se levanta y se registran las capturas en el número asignado al anzuelo donde se capturo la especie. La pesca con líneas de mano consiste en dos anzuelos de diferentes tipos: circular (C) y J, ambos números 9 por cada pescador (tres pescadores), por un máximo de 10 minutos. Cada pescador hace una tirada con dos minutos de duración hasta un máximo de cinco tiradas; durante esos dos minutos no puede tratar de capturar el pez y solo puede dejar la línea hasta completar los 2 minutos. El objetivo es minimizar la habilidad de cada pescador en capturar peces y se pueda estandarizar las capturas eliminando cualquier predisposición. Este proceso trata de imitar al palangre en ser pasivo. Cabe señalar que al final de los censos de peces se determinará cuan efectivo es el uso del palangre versus la pesca de mano. Este arte conlleva unos peligros adicionales a la tripulación y el uso de este no es definitivo para otras propuestas hasta que se determine si los resultados son mayores a los peligros que conlleva su uso versus las líneas de mano.

Otro factor para análisis de las capturas lo son las categorías de hábitat por las cuales se estandarizaron las estaciones a ser monitoreadas. De igual manera la profundidad elegida estandarizando las estaciones en ambas categorías de hábitat y profundidad.

En la monitoria realizada en la costa este durante el 2017 se documentó el hábitat de las estaciones que se muestrearon usando una cámara de video (GoPro) instalada en un tubo de aluminio el cual se dejaba llegar hasta el fondo. Este sistema resulto muy eficaz para determinar el hábitat y de bajo costo, menor a los \$700.00. Para los próximos periodos de muestreos se comenzó a utilizar un ensamblaje más sofisticado con dos cámaras GoPro instaladas mirando cada una en dirección opuesta a la otra. El propósito de este sistema, además de proporcionar información del hábitat, se utiliza para identificar especies de peces, tiburones, tortugas y otras especies invertebradas que usualmente no se capturan por las artes que se utilizan para monitorear. Las razones por las cuales no se capturan varían por especie; puede ser por el tamaño del pez o por sus hábitos alimenticios, entre otros. No obstante, se continuó utilizando la cámara en el tubo para determinar el hábitat en las áreas donde se realiza la pesca con el hilo y el anzuelo. Las cámaras en el ensamblaje graban por un mínimo de 30 minutos justo en el punto donde se identificó el hábitat de la estación a monitorear. Las vistas captadas por estas dos cámaras se utilizan para reconocer e identificar el hábitat e igualmente con el material visual captado por la tercera cámara en el tubo. Luego, se selecciona una de las dos cámaras al azar para reconocer e identificar las especies en un periodo de 20 minutos. Toda la información producto de esta identificación es incorporada a varias bases de datos.

Durante el 2018, el Laboratorio Pesquero adscrito al DRNA confrontó problemas en los procesos logísticos de contratación de servicios, de

manera que pudiera contar a tiempo con ellos y realizar ciertas labores pesqueras de investigación programadas para algunas especies en la costa oriental de la isla. Esto lo limitó a tener que realizar durante el año 2018 los trabajos de campo para algunas especies de valor comercial únicamente en la costa oeste, mientras que otras se realizaron en ambas costas.

En lo que respecta a la langosta (*Panulirus argus*) y el carrucho (*Strombus gigas*), de ordinario se llevan a cabo censos visuales buceando para determinar sus abundancias. En el caso del carrucho, los censos suelen llevarse a cabo 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. Se vislumbra que el nuevo censo se realizará cuando culminen los censos de peces.

En lo particular con referencia a la langosta, para esta especie se suele monitorear 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 último censo de langosta llevado a cabo se inició durante diciembre de 2014 y se extendió hasta diciembre de 2015, luego de superar problemas logísticos con las embarcaciones del Laboratorio. El próximo ciclo de censo para esta especie deberá consistir en bucear en 15 estaciones previamente identificadas y capturar langostas de diferentes tamaños para determinar la edad. La fecha para iniciar el censo es aún incierta.

### 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 8 del presente indicador muestra las especies capturadas en las costas oeste de Puerto Rico durante el 2018 en el proyecto de peces de arrecife. Se puede observar que la distribución de especies capturadas es similar para ambas artes de pesca utilizadas y no existen entre ellas diferencias estadísticamente significativas. Un total de 42 especies fueron capturadas en total; para la costa oeste se reportaron 25 con líneas y 35 con el palangre. Los resultados de las capturas con líneas reflejan 10 familias taxonómicas, mientras que el palangre refleja 17 familias.

Los pargos resultaron el grupo taxonómico claramente dominante dentro del total de capturas. En términos de valor comercial, los pargos en general superan a los meros. En el grupo de los pargos, la colirrubia (*Ocyurus chrysurus*) resultó ser la especie que dominó la captura. En el presente censo para el 2018, los pargos fueron representados por cuatro especies con ligeras diferencias entre ambas artes de pesca en las especies y géneros capturadas.

En lo que concierne a los meros, tres especies distintas de ellos constituyeron el segundo grupo dominante en las capturas, 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*, la cual fue la segunda especie de mayor captura total. La mantequilla

(*Cephalopholis fulva*) fue la especie de mero mayor captura con ambas artes.

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 8 RESUMEN DE ESPECIES DE PECES DE ARRECIFE CAPTURADOS DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO DESDE OCTUBRE A DICIEMBRE DE 2018 EN LA COSTA OESTE DE PUERTO RICO.

ESPECIES	F TOTAL (LÍNEAS DE MANO)				LL TOTAL (PALANGRE)			
	TOT #F	%	WT KG F	%	# LL	%	WT KG LL	%
<i>Albula vulpes</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.428	0.37%
<i>Alectis ciliaris</i>	3	1.70%	17.312	23.43%		0.00%		0.00%
<i>Balistes vetula</i>	2	1.14%	2.319	3.14%	5	1.92%	4.184	3.60%
<i>Calamus pennatula</i>	5	2.84%	1.199	1.62%	4	1.54%	1.355	1.17%
<i>Calamus</i> spp.		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.000	0.00%
<i>Canthidermis sufflamen</i>	1	0.57%	1.928	2.61%		0.00%		0.00%
<i>Caranx bartholomaei</i>		0.00%		0.00%	2	0.77%	2.333	2.01%
<i>Caranx crysos</i>	18	10.23%	5.928	8.02%	39	15.00%	18.480	15.91%
<i>Caranx latus</i>	1	0.57%	3.794	5.14%		0.00%		0.00%
<i>Caranx ruber</i>	2	1.14%	2.920	3.95%	2	0.77%	2.416	2.08%
<i>Carcharhinus acronotus</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	2.633	2.27%
<i>Cephalopholis cruentata</i>	16	9.09%	2.149	2.91%	6	2.31%	0.661	0.57%
<i>Cephalopholis fulva</i>	25	14.20%	3.915	5.30%	22	8.46%	4.393	3.78%
<i>Dasyatis americana</i>	1	0.57%	4.460	6.04%	7	2.69%	18.860	16.23%
<i>Diodon hystrix</i>		0.00%		0.00%	2	0.77%	2.757	2.37%
<i>Echidna catenata</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.419	0.36%
<i>Epinephelus guttatus</i>	21	11.93%	8.858	11.99%	10	3.85%	2.929	2.52%
<i>Gymnothorax miliaris</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.017	0.01%
<i>Gymnothorax moringa</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.445	0.38%
<i>Haemulon aurolineatum</i>	1	0.57%	0.079	0.11%	1	0.38%	0.097	0.08%
<i>Haemulon flavolineatum</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.143	0.12%
<i>Haemulon plumieri</i>	1	0.57%	0.195	0.26%	29	11.15%	7.840	6.75%

ESPECIES	F TOTAL (LÍNEAS DE MANO)				LL TOTAL (PALANGRE)			
	TOT #F	%	WT KG F	%	# LL	%	WT KG LL	%
<i>Haemulon sciurus</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.358	0.31%
<i>Halichoeres radiatus</i>	1	0.57%	0.736	1.00%	2	0.77%	0.497	0.43%
<i>Holocentrus adscensionis</i>	2	1.14%	0.341	0.46%		0.00%		0.00%
<i>Holocentrus rufus</i>	14	7.95%	1.447	1.96%	13	5.00%	1.365	1.17%
<i>Holocentrus Spp.</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%		0.00%
<i>Lactophrys trigonus</i>	1	0.57%	0.787	1.07%	3	1.15%	2.400	2.07%
<i>Lutjanus analis</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	1.335	1.15%
<i>Lutjanus apodus</i>	1	0.57%	0.756	1.02%	1	0.38%	0.891	0.77%
<i>Lutjanus synagris</i>	32	18.18%	3.522	4.77%	6	2.31%	1.695	1.46%
<i>Malacanthus plumieri</i>	5	2.84%	1.539	2.08%	4	1.54%	0.891	0.77%
<i>Melichthys niger</i>	1	0.57%	0.570	0.77%		0.00%		0.00%
<i>Negaprion brevirostris</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	2.490	2.14%
<i>Ocyurus chrysurus</i>	19	10.80%	4.679	6.33%	83	31.92%	25.903	22.30%
<i>Remora remora</i>	1	0.57%	2.991	4.05%	4	1.54%	7.451	6.41%
<i>Scorpaena plumieri</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.293	0.25%
<i>Seriola rivoliana</i>	1	0.57%	0.675	0.91%		0.00%		0.00%
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.101	0.09%
<i>Sphyræna barracuda</i>	1	0.57%	0.783	1.06%		0.00%		0.00%
<i>Syacium micrurum</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.100	0.09%
<i>Trachinocephalus myops</i>		0.00%		0.00%	1	0.38%	0.019	0.02%
<b>Grand Total</b>	<b>176</b>		<b>73.882</b>		<b>260</b>		<b>116.179</b>	

Durante el período de muestreo realizado en el 2018, particularmente entre el 25 de octubre y el 28 de diciembre, un total de 64 estaciones de la costa oeste de Puerto Rico fueron muestreadas. El anzuelo y la línea rindieron 176 peces representando a 25 especies distintas en 10 familias taxonómicas; este esfuerzo también resultó en más de 74 kg de peces de aleta. Las categorías de peces que dominan la captura en términos de número fueron los meros, seguidos de pargos, jureles y gallos. Tres especies de meros conformaron el 35.2% de las cuales, dos especies constituyeron el 26.14%. Por su parte, los pargos fueron representados por cuatro especies que compusieron el 29.55% de la captura total entre las cuales, dos especies representaron 28.98% en términos de número. El

arrayao (*Lutjanus synagris*, 18.18%) fue la especie más capturada, seguida por, la mantequilla (*Cephalopholis fulva*, 14.20%), el mero cabrilla (*Epinephelus guttatus*, 11.93%), la colirrubia (*Ocyurus chrysurus*, 10.80%), la cojinúa (*Caranx crysos*, 10.23%) y la cabra mora (*C. cruentata*, 9.09%). En términos de peso, el corcovado (*Alectis ciliaris*) fue la especie de mayor peso representando 23.43%, seguida por el mero cabrilla (*E. guttatus*, 11.99%), la cojinúa (8.02%), la colirrubia (6.33%), la mantequilla (5.30%), el arrayao (4.77%) y el jurel ojón (*Caranx. latus*, 5.14%).

Para el período de muestreo realizado durante el 2018, un total de 60 estaciones en la costa oeste fueron muestreadas con palangre de fondo. Se recolectaron en total 260 individuos que representan 35 especies de 17 familias, con un total en peso de sobre 116 kg. Cuatro grupos de peces constituyeron la mayor parte de la captura: los pargos con 35.00%, los jureles con 16.54%, los meros con 14.62% y las cachicatas (12.31%) del total de captura por número. En términos de peso los pargos fueron el grupo dominante (25.67%), seguidos por los jureles (19.99%), la raya (*Dasyatis americana*, 16.3%), las cachicatas con 7.26% y los meros con 6.87%.

Cinco especies constituyeron la mayor parte de la captura del palangre por número 71.54% y seis especies por peso 71.38%, respectivamente. Las colirrubias (31.92%), seguidos por la cojinúa (15.0%), la cachicata blanca (*Haemulon plumieri*, 11.15%), el candil (*Holocentrus rufus*, 5.00%) y la mantequilla (8.46%), fueron las especies más capturadas en términos del total de captura por número. Los pargos y los meros que, reiteramos, se consideran el grupo comercial más valioso de especies, representó el 64.77% de la captura total por número. En términos de peso, las especies más dominantes fueron la colirrubia (22.30%), la cojinúa (15.91%), la raya (16.23%), la cachicata blanca (6.75%) y la mantequilla (3.78%).

Entretanto, los efectos de varios métodos de pesca se tomaron en consideración con la intención de determinar el efecto sobre las capturas obtenidas. Al comparar las capturas por estaciones con diferentes tamaños de anzuelo, esto es, anzuelo J #9 vs anzuelo C #9, se alcanzaron resultados distintos que fueron estadísticamente significativos. Sin embargo, en los resultados de capturas de especies versus las categorías de hábitat, no se reportaron resultados que fueran estadísticamente significativos y esto se observó para los siguientes hábitats: arrecife de coral, hierbas marinas y fondo de arena. Debido a que las capturas en hábitats de macroalgas se limitaron a una sola salida de campo, esta no se tomó en consideración en dicho análisis.

Los resultados obtenidos de los muestreos realizados en el 2018 reflejaron que la composición de las especies por estaciones muestreadas varió según dos factores principales: el hábitat y el arte de pesca que se usara. En lo que respecta a la disponibilidad de especies de valor para la pesca comercial, los resultados por captura para la costa oeste reflejaron del total de las especies obtenidas que dominaron los pargos (32.80%), la de mayor representación, seguida por los meros (22.94%); y el resto en orden descendente: los jureles (15.60%), las cachicatas (7.80%), los gallos (6.88%), las plumas (2.29%) y la representación de otras 12 familias de peces que hicieron la categoría de Otros (7.6%) capturados en términos de número de individuos. En cuanto al peso, la composición de las especies fue conducida por los jureles (28.34%), seguida de los pargos (20.40%), los meros (12.05%), las cachicatas (4.58%), plumas (1.34%), jolocho (1.28%), gallo (1.66%), peje puercos (4.74%) y, finalmente, la categoría “otros” que constituyó 25.6%.

Las diferencias observadas en la composición de especies (tabla A) por arte de pesca rindió resultados no estadísticamente significativos en

términos de número y por peso Mann-Whitney de una manera ( $T = 1716.000$ ;  $P = <0.001$ ).

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) registrada en las estaciones muestreadas con línea de mano osciló entre 0.002 y 0.145 kg/hora de anzuelo; en términos de kg/viaje varió de 0.061 a 8.676. El CPUE por capturas con palangre varió de 0.0001 a 0.008 kg/hora anzuelo; en términos de kg/viaje varió de 0.113 a 12.339. Estas medidas no toman en consideración las estaciones donde se reportaron cero capturas.

En la **Figura 1** se compara la composición de especies obtenidos por categorías de peces o grupos capturados con líneas de mano y palangre, tanto por número como por peso. En la **Tabla C** se muestra la misma información. La composición fue idéntica, con los mismos grupos representados en ambas costas (este y oeste): meros, pargos, jureles, candiles, plumas, cachicatas y otros peces. Aunque los meros y pargos fueron los dos grupos dominantes por número con ambas artes, difieren en predominancia por arte de pesca. Para las líneas de mano los meros dominaron, mientras que para el palangre fueron los pargos. Por eso, la captura de líneas de mano fue dominada por los jureles y en el palangre fueron los pargos.

Alrededor de la isla se utilizan varias categorías de mercadeo (Matos y Sadovy, 1990)<sup>8</sup> de los grupos o familias de peces capturados. En la figura 2 se presenta la composición de especies obtenida acorde a dichas categorías por artes de pesca. Se aprecia que el palangre obtuvo una captura de mayor calidad siendo dominada las capturas por especies de

---

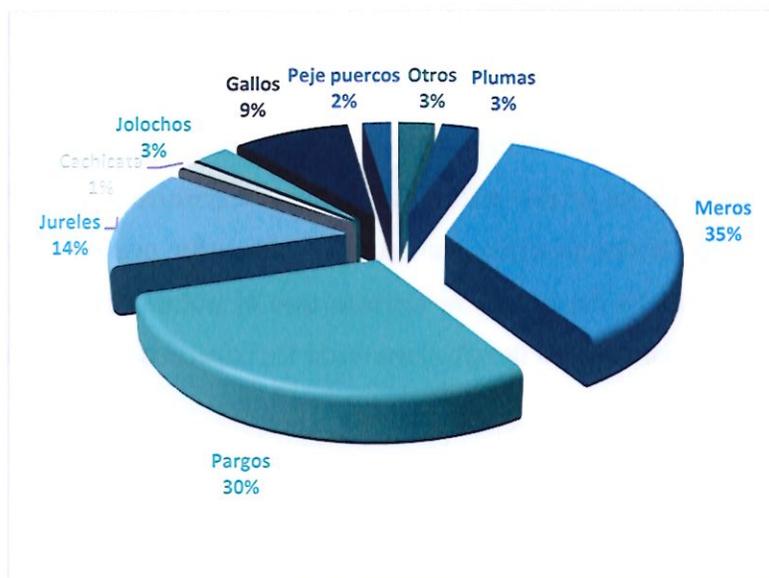
<sup>8</sup> Véase: Matos-Caraballo, D. & Y. Sadovy. 1990. Overview of Puerto Rico small-scale Fisheries Statistics 1988-89. Technical Report CODREMAR 1(4):1-17

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.

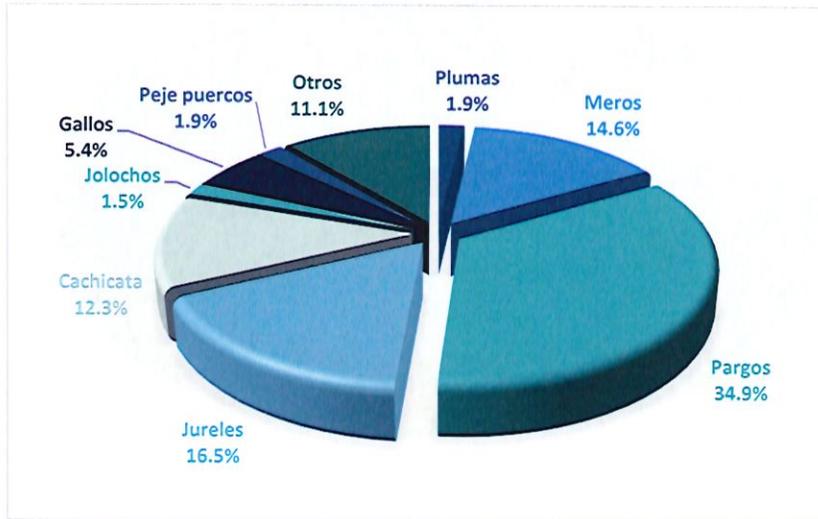
TABLA 9 RESUMEN CAPTURAS POR CATEGORÍAS DE ESPECIES DE PECES CAPTURADOS DURANTE EL PERIODO ENERO A DICIEMBRE DE 2018.

	Líneas de mano		Palangre	
	# Ind.	Peso	# Ind.	Peso
Plumas	2.84%	1.62%	1.92%	1.17%
Meros	35.23%	20.20%	14.62%	6.87%
Pargos	29.55%	12.12%	35.00%	25.67%
Jureles	14.20%	41.46%	16.54%	19.99%
Cachicatas	1.14%	0.37%	12.31%	7.26%
Jolochos	2.84%	2.08%	1.54%	0.77%
Gallos	9.09%	2.42%	5.38%	1.17%
Peje puercos	2.27%	6.52%	1.92%	3.60%
Otros	2.8%	13.2%	11.2%	33.6%

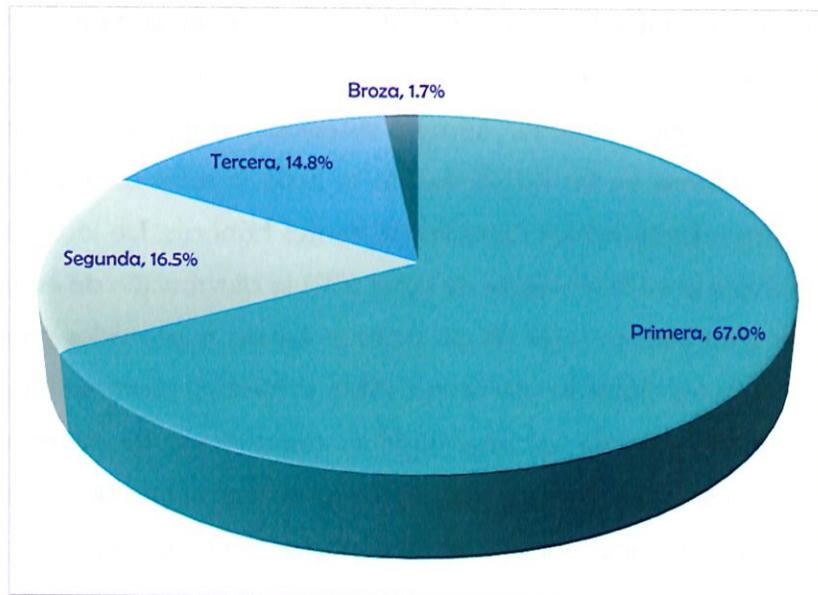
GRÁFICA 4 COMPOSICIÓN DE ESPECIES POR NUMERO DE LOS GRUPOS DE PECES CAPTURADOS CON LÍNEAS DE MANO



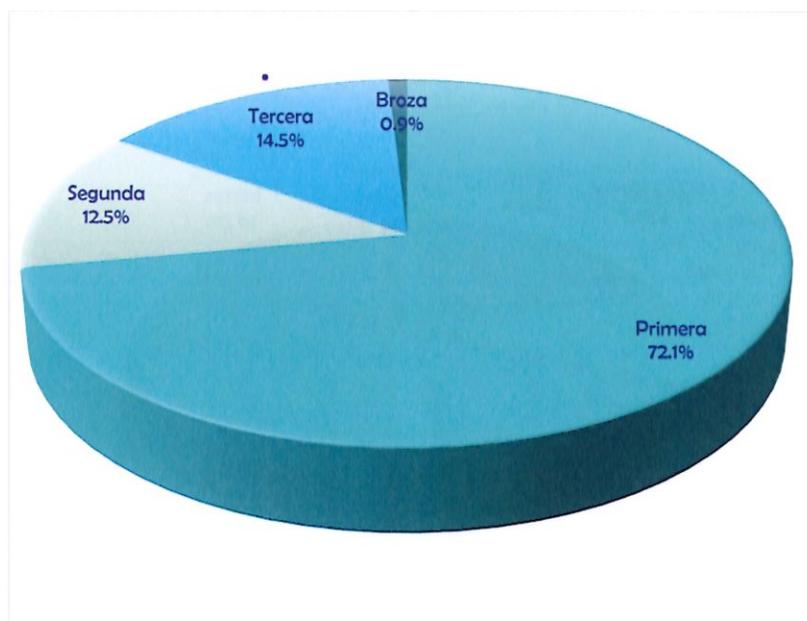
GRÁFICA 5 COMPOSICIÓN DE ESPECIE POR NUMERO DE LOS GRUPOS DE PECES CAPTURADOS CON PALANGRE.



GRÁFICA 6 COMPOSICIÓN DE ESPECIE CATEGORÍA DE PECES CAPTURADOS CON LÍNEAS DE MANO



GRÁFICA 7 COMPOSICIÓN DE ESPECIE CATEGORÍA DE PECES CAPTURADOS PALANGRE



Las capturas de especies en los distintos hábitats se muestran en la Tabla D. El número de estaciones por hábitat no son iguales, con un número mayor dedicadas a arrecifes de coral mientras que los hábitats de macroalgas poseen el menor número estaciones asignadas. Por otra parte, el muestreo de las estaciones no se llevó a cabo asignando un número más representativo para los diferentes hábitats. De la tabla se desprende que para los arrecifes de coral (CR) la distribución de especies es más extensa con un total de 34 especies fueron capturadas en este hábitat. Para los hábitats de arena (SM) y hierbas marinas (SG) la distribución de especies es muy similar, aunque en las hierbas se capturaron 18 especies y en la arena 12. Para las macroalgas (MA) solo se hizo un viaje de campo, por lo cual sus capturas son muy bajas.

TABLA 10 RESUMEN DE ESPECIES DE PECES DE ARRECIFE CAPTURADOS EN LOS DIFERENTES HÁBITAT TIPOS USADOS COMO ESTRATIFICACIÓN DE OCTUBRE A DICIEMBRE DE 2018.

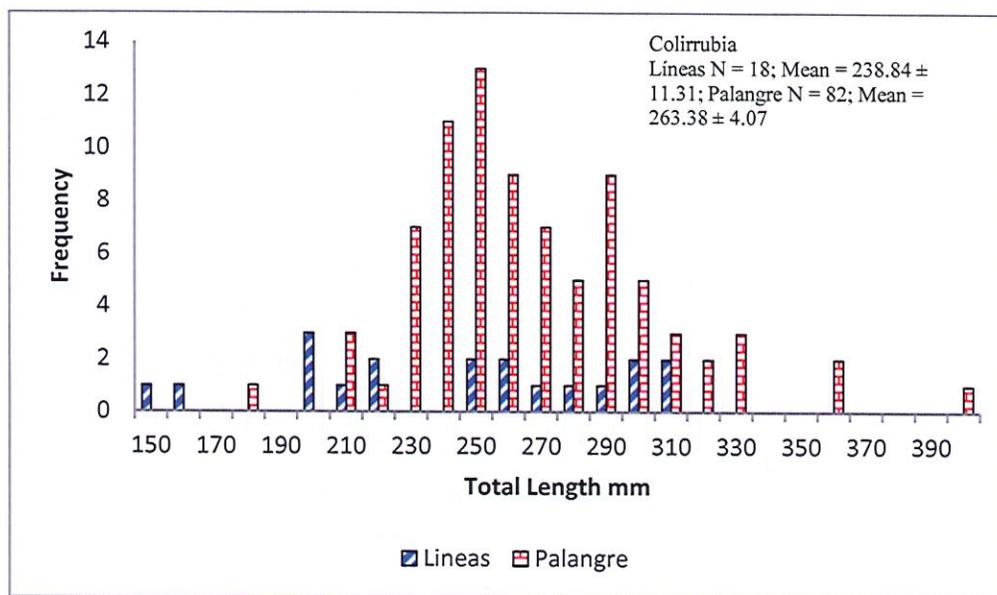
Species	# CR	Wt CR	# MA	Wt MA	# SM	Wt SM	# SG	Wt SG	# Total	Wt Total
<i>Albula vulpes</i>	2	9.377					1	0.428	1	0.428
<i>Alectis ciliaris</i>					1	7.935			3	17.312
<i>Balistes vetula</i>	5	4.184			1	1.609	1	0.710	7	6.503
<i>Calamus pennatula</i>	7	2.208					2	0.346	9	2.554
<i>Calamus spp.</i>	1	0.000							1	0.000
<i>Canthidermis sufflamen</i>	1	1.928							1	1.928
<i>Caranx bartholomaei</i>					2	2.333			2	2.333
<i>Caranx crysos</i>	3	1.536	5	2.476	33	16.176	16	4.220	57	24.408
<i>Caranx latus</i>	1	3.794							1	3.794
<i>Caranx ruber</i>	4	5.336							4	5.336
<i>Carcharhinus acronotus</i>							1	2.633	1	2.633
<i>Cephalopholis cruentata</i>	17	2.251			4	0.484	1	0.075	22	2.810
<i>Cephalopholis fulva</i>	47	8.308							47	8.308
<i>Dasyatis americana</i>	2	3.945			1	2.769	5	16.606	8	23.320
<i>Diodon hystrix</i>	1	1.449					1	1.308	2	2.757
<i>Echidna catenata</i>	1	0.419							1	0.419
<i>Epinephelus guttatus</i>	30	11.309			1	0.478			31	11.787
<i>Gymnothorax miliaris</i>	1	0.017							1	0.017
<i>Gymnothorax moringa</i>	1	0.445							1	0.445
<i>Haemulon aurolineatum</i>	1	0.097					1	0.079	2	0.176
<i>Haemulon flavolineatum</i>	1	0.143							1	0.143
<i>Haemulon plumieri</i>	28	7.511			1	0.376	1	0.148	30	8.035
<i>Haemulon sciurus</i>	1	0.358							1	0.358
<i>Halichoeres radiatus</i>	3	1.233							3	1.233
<i>Holocentrus adscensionis</i>	2	0.341							2	0.341
<i>Holocentrus rufus</i>	24	2.431			3	0.381			27	2.812
<i>Holocentrus Spp.</i>	1								1	
<i>Lactophrys trigonus</i>					2	1.478	2	1.709	4	3.187
<i>Lutjanus analis</i>			1	1.335					1	1.335
<i>Lutjanus apodus</i>	2	1.647							2	1.647
<i>Lutjanus synagris</i>	1	0.078			5	0.618	32	4.521	38	5.217
<i>Malacanthus plumieri</i>	8	2.258					1	0.172	9	2.430
<i>Melichthys niger</i>	1	0.570							1	0.570
<i>Negaprion brevirostris</i>							1	2.490	1	2.490
<i>Ocyurus chrysurus</i>	85	25.638	1	0.369	7	2.319	9	2.256	102	30.582
<i>Remora remora</i>	4	7.451					1	2.991	5	10.442
<i>Scorpaena plumieri</i>	1	0.293							1	0.293
<i>Seriola rivoliana</i>	1	0.675							1	0.675
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	0.101							1	0.101
<i>Sphyraena barracuda</i>	1	0.783							1	0.783
<i>Syacium micrurum</i>							1	0.100	1	0.100
<i>Trachinocephalus myops</i>							1	0.019	1	0.019
<b>Grand Total</b>	<b>290</b>	<b>108.114</b>	<b>7</b>	<b>4.180</b>	<b>61</b>	<b>36.956</b>	<b>78</b>	<b>40.811</b>	<b>436</b>	<b>190.061</b>

El total de las capturas en el hábitat de arrecife de coral (por sus siglas en inglés, CR) corresponde al 65.51% de todas las capturas; en este hábitat se reporta en la **Tabla**

**D** 34 especies de las cuales 6 constituyeron el 79.66% de todas las especies capturadas en dicho hábitat. Las especies obtenidas fueron la colirrubia (29.31%), la mantequilla (16.21%), el mero cabrilla (10.34%), la cachicata blanca (9.66%), el candil (8.28%) y la cabra mora (5.86%) del total por número de capturas en CR. Para las hierbas marinas (SG), las capturas contribuyeron el 17.89% del total con representación de 18 especies de las cuales 3 hicieron el 73.08% de las especies capturadas en SG. El arrayao fue la especie de mayor captura con 41.03%, seguido por la cojinúa (20.51%) y la colirrubia (11.54%) en las hierbas marinas (SG). El hábitat de arena (SM) tuvo una contribución de 13.99% del total de la captura con 12 especies, de las cuales una especie, la cojinúa, constituyó 54.10% del total de estas capturas. Por último, el hábitat de macroalgas solo fue monitoreado en una ocasión y representó 1.61% del total de las capturas. Solo se capturaron 2 especies con un total de 7 individuos, siendo las cojinúas el 71.43% de estas.

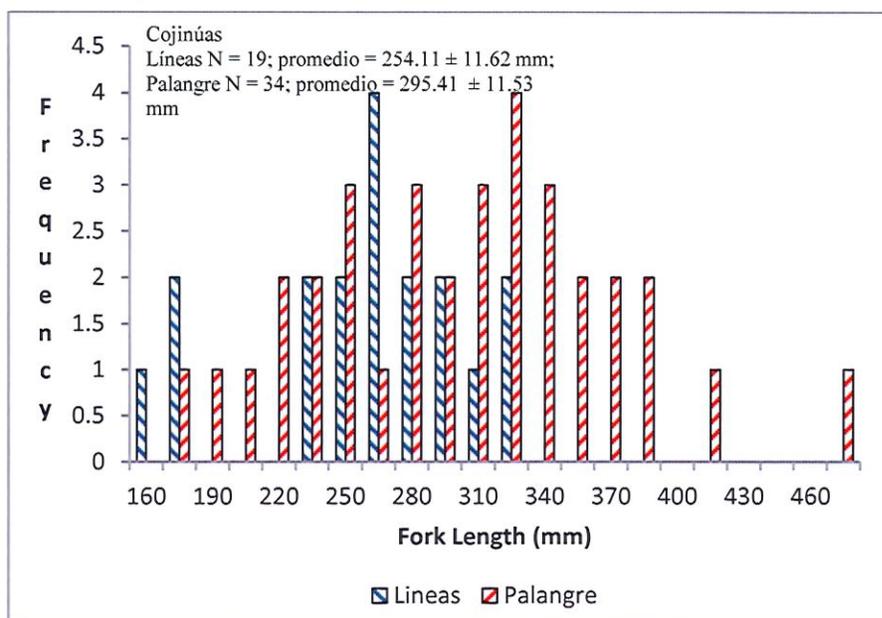
Las dos especies principales en el total de las capturas con línea y palangre. En la **Gráfica 1** se ilustra la distribución de talla de las colirrubias obtenida de los censos de peces de arrecife durante el 2018, usando las dos artes de pesca. Las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas (Kolmogorov-Smirnov  $d_{\alpha} = 0.360 > D_{.05} = 0.346$ ).

GRÁFICA 8 DISTRIBUCIÓN DE TALLAS OBTENIDA PARA LAS COLIRRUBIAS CAPTURADAS UTILIZANDO LÍNEAS DE MANO Y PALANGRE EN LA COSTA OESTE DE LA ISLA DURANTE EL 2018.



Por otra parte, la distribución de tallas obtenidas para las cojinúas capturadas con líneas de mano y palangre no muestran diferencias estadísticamente significativas (Gráfica 2).

GRÁFICA 9 DISTRIBUCIÓN DE TALLAS OBTENIDA PARA LAS COJINÚAS CAPTURADAS UTILIZANDO LÍNEAS DE MANO Y PALANGRE EN LA COSTA OESTE DE LA ISLA DURANTE EL 2018.



En total, se grabaron 192 vídeos, los cuales fueron observados y procesados en su totalidad para así identificar el hábitat y sus especies de organismos marinos característicos; esto dentro de un periodo de 20 minutos estandarizados y, además, en otros momentos como información adicional de utilidad mejorar aún más la precisión del ejercicio. La información de hábitat recolectada se compara con la establecida como el hábitat utilizado para estratificar el muestreo. Los hábitats utilizados para este propósito fueron: arrecife de coral (CR), macroalgas (MA), arena (SM) y hierbas marinas (SG). Todavía prevalece el proceso de entrada de datos para esta información y los resultados no están disponibles al presente. Preliminarmente podemos reportar que no en todas las instancias el hábitat observado mediante las cámaras corresponde al tipo identificado por los mapas béticos de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Estos mapas tienen una precisión de una hectárea. Además, basados en los porcentajes observados de distintos organismos se ha podido identificar un hábitat adicional, en este caso, el hábitat de esponjas (SP), donde estos invertebrados son predominantes sobre lo que se considera como arrecife de coral. Además, podemos distinguir dos tipos de arrecifes de coral, los de corales duros y los de corales blandos, acorde a la predominancia de

estas especies celenteradas. No obstante, la información y descripción de los hábitats observados a través del uso de las cámaras fueron comparadas con el hábitat descrito para identificar la estación monitoreada. Existen diferencias en los hábitats observados a través de las cámaras y en algunas instancias en las tres categorías de hábitat y, además, difieren del hábitat descrito en la estación.

En la **Tabla 11** se resumen los hábitats utilizados como estratificación y los observados en las cámaras dentro de los cuales se añade una categoría adicional: las esponjas (SP). Por otra parte, en ciertas instancias no se puede identificar qué tipo de organismos componen el hábitat, lo cual sucedió en una estación con las cámaras 2 y 3. En otras instancias no existen datos debido a que las cámaras no grabaron. Un análisis de varianza (One Way Analysis of Variance) no muestra diferencias estadísticamente significativas en los resultados obtenidos. Es importante señalar que el hábitat identificado mediante las cámaras se va a utilizar para aumentar y mejorar la precisión de los mapas béticos de la NOAA. Al presente esta información no se ha analizado a profundidad los resultados aquí presentados son preliminares.

Tabla 11 RESUMEN DE HÁBITATS DE LAS ESTACIONES UTILIZADOS E IDENTIFICADOS COMO LA ESTRATIFICACIÓN Y LOS HÁBITATS OBSERVADOS E IDENTIFICADO EN CADA CÁMARA.

HÁBITAT	ESTRATIFICACIÓN	CÁMARA 1	CÁMARA 2	CÁMARA 3
Alga	1	16	15	17
Coral	37	27	29	24
Hierba	18	13	13	11
Nd		1	3	
Arena	8	1	1	1
Esponja		6	2	10
Desconocido			1	1
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>64</b>

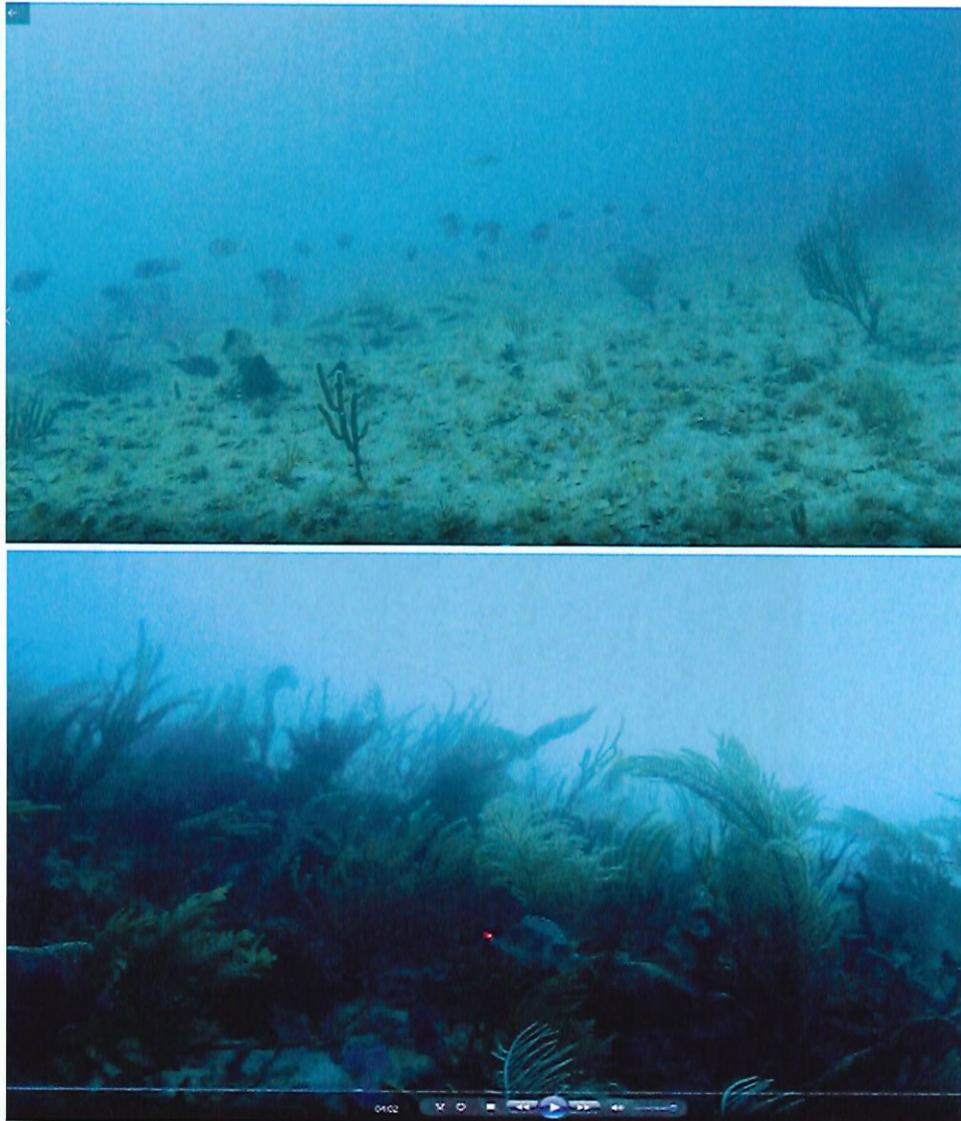
Al comparar los resultados obtenidos en el censo realizado de los peces de aguas someras en el 2017 con los del presente estudio se observan cambios en las especies dominantes. En el presente censo (2018) los pargos dominan las capturas en términos de número, mientras que los jureles lo hacen en términos de peso. Las colirrubias y las cojinúas son las especies dominantes en las capturas. Esos resultados contrastan

con los obtenidos entre el 1988 hasta el 2009; en el 2017, fueron las cabrillas y las mantequillas las especies dominantes dependiendo de la profundidad y de las áreas muestreadas. Además, depende de si el muestreo se lleva a cabo 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 cuales sean las áreas monitoreadas conjuntamente con el hecho de no haber podido monitorear las agregaciones de reproducción durante dicho año. Durante el 2016, las capturas fueron dominadas por los meros, siendo las mantequillas la especie más capturada en ambas costas (oeste y este). Otra diferencia entre el presente censo y los otros aquí reportados en años previos son las artes utilizadas; esto es un factor importante en la composición de las especies capturadas.

La información de hábitat recolectada en la costa este durante el 2017 trajo los primeros resultados para relacionar las capturas de distintas especies con los hábitats. Además, los datos de dicho año mostraron la importancia de la relación entre los mismos con los resultados de captura tomando en cuenta cómo un hábitat que no es considerado con relieve, como lo es la arena, registró el mayor número de individuos, seguidos por los hábitats de corales, de macroalgas, de esponjas y de hierbas marinas. Esto nos indica la importancia que debe jugar el movimiento o tránsito de las especies a lo largo de las zonas en que posiblemente se encuentran sus hábitats de forraje (alimentación) y el de refugio (protección). La dependencia entre los diferentes hábitats para las especies de la pesca comercial es sumamente importante para el manejo efectivo de las mismas. Los resultados obtenidos con las cámaras durante el censo de 2018 aumentan la información que poseemos para la costa oeste, y que puede ahora utilizarse en un análisis comparativo con lo observado en 2017. Todavía no hemos completado el procesamiento de todos los datos obtenidos con dichas cámaras, toda vez que en el presente reporte no podemos aún presentar ninguna información de las especies de peces observados en las estaciones para cada hábitat y por costa. En un informe final de la propuesta con la cual se financia la investigación se estará analizando todos los datos.

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.

ILUSTRACIÓN 2 IMÁGENES DE HÁBITATS Y ESPECIES DE PECES OBSERVADOS EN DISTINTAS ESTACIONES DURANTE EL CENSO REALIZADO EN LA COSTA OESTE DURANTE EL 2018.





*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 del 2018 no se presentan datos actualizados de este recurso. El nuevo censo para esta especie comenzó en diciembre de 2014, y culminó en marzo de 2016. El próximo censo se llevará a cabo a partir del 2019 al 2020.

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 estas (Tabla E). 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 12 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	
Grand Total	<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>9</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.

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 13** 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

<sup>9</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.

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.

TABLA 13 TABLA F. 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 contruidos con PVC y láminas de filtro de aire acondicionado en los cuales se depositan las larvas buscando un substrato favorable para culminar su etapa larval. Todos los colectores de larvas fueron desplegados en seis sitios cerca de las casitas (tablas G y H). 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 prevaecientes. 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 G 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 14 RESUMEN CAPTURA DE LARVAS DE LANGOSTA PERIOD ABRIL 10, 2015 A MARZO 4, 2016 COSTA OCCIDENTAL DE PUERTO RICO

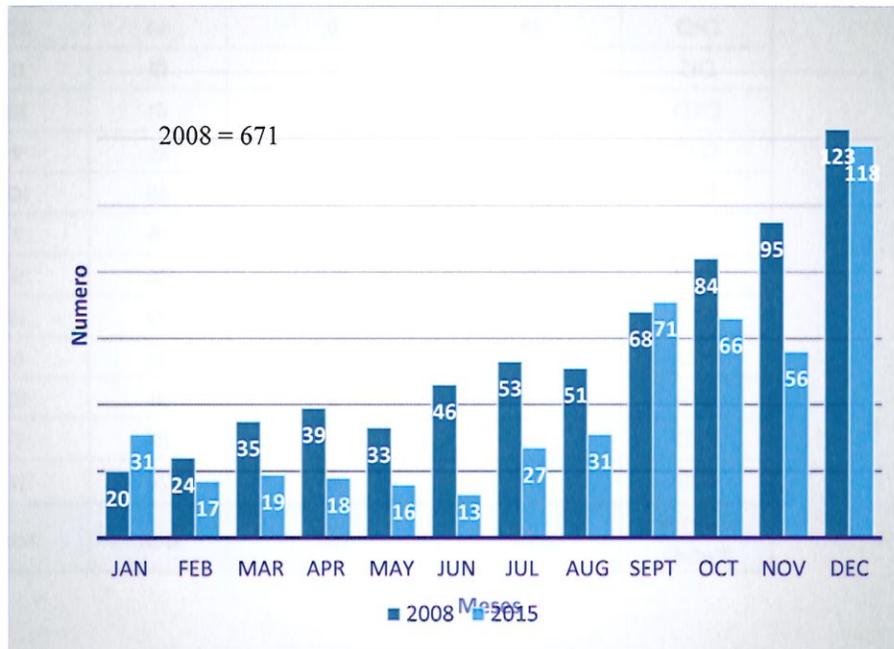
Collector ID	Transparent	Trans. Pigmented	Puerulos	Juveniles	Total
A1D	25	19	20	18	82
A1S	3	1	5	10	19
A2D	11	10	23	35	79
A2S	1	1	8	7	17
B1D	22	21	33	15	91
B1S	8		9	5	22
B2D	25	15	27	13	80
B2S	2	1	7	2	12
C1D	2	1	107	7	117
C1S	1	2	29	3	35
C2D	9	10	61	9	89
C2S	2	2	6	3	13

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 15 RESUMEN LANGOSTA ETAPA LARAVAL POR MES COSTA OCCIDENTAL PUERTO RICO DE ABRIL 2015 A MARZO 2016

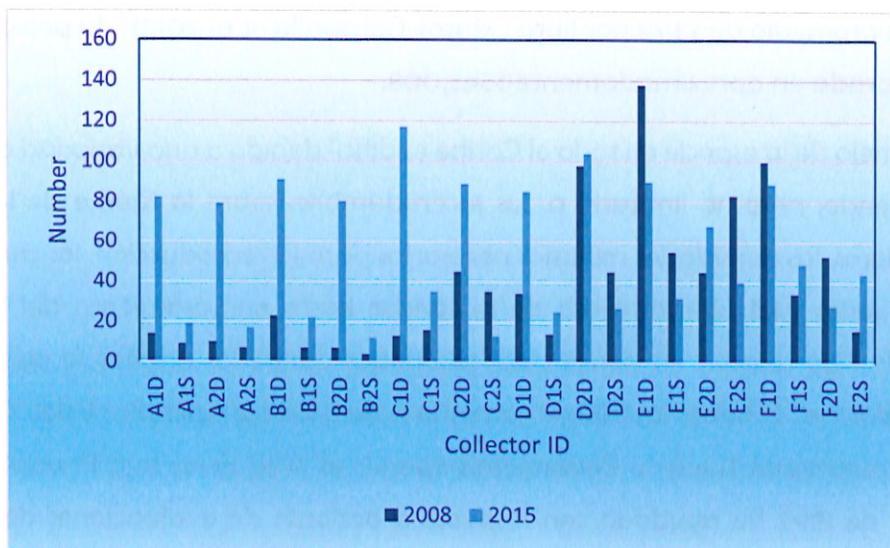
Dates	Transparent	Trans. Pigmented	Puerulos	Juveniles	Total
April	49	13	106	26	194
May	29	3	131	12	175
June	60	81	144	59	344
July	15	7	45	20	87
August	10	1	21	14	46
September	6	3	24	18	51
October	23	6	9	2	40
November	31	14	29	29	103
December	19	29	56	22	126
February	2		75	38	115
March	6		21	29	56
<b>Total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

GRÁFICA 13 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 14 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>10</sup>. Después de la langosta (aproximadamente 13%), el 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

<sup>10</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.

precio promedio de \$3.78 por libra (Matos-Caraballo et al 2012)<sup>11</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

---

<sup>11</sup> *Idem*

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 la sobrepesca severa y la pérdida de hábitat acontecida durante 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>12</sup>. Las capturas se basaban en los juveniles (Appeldoorn 1991)<sup>13</sup> y la mortalidad por pesca era mayor que la mortalidad natural (Appeldoorn 1987)<sup>14</sup>. Se ha observado una tendencia decreciente de las capturas desde la década de 1980 (Figura 1). 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>15</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>16</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>17</sup>. La encuesta de 2006 agregó la costa

---

<sup>12</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>13</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>14</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>15</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>16</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>17</sup> Véase: Appeldoorn R.S. 2002 Underwater survey of the Queen Conch resource in Puerto Rico. Final Report to NMFS/

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>18</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.

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>19</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>20</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.

---

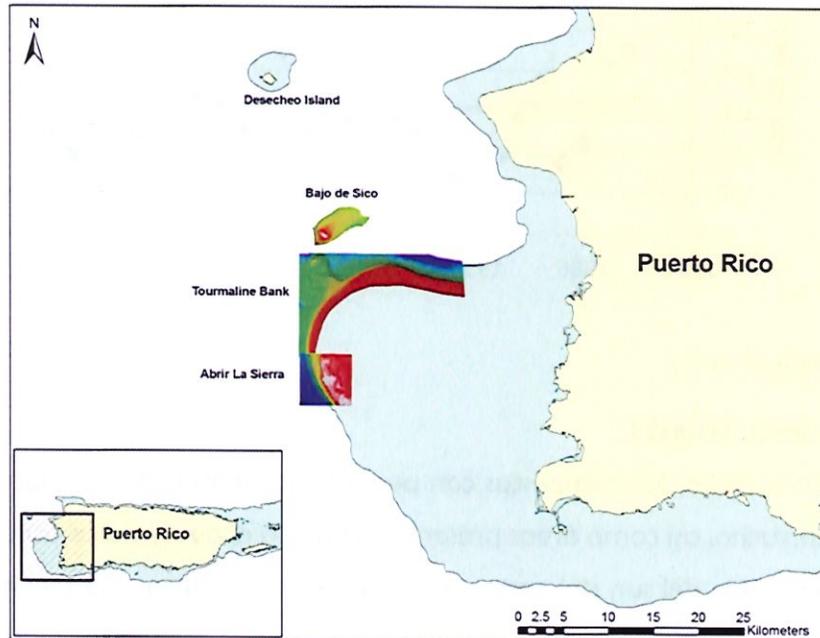
SEAMAP Program. 30 pp.

<sup>18</sup> Véase : Jiménez. N. 2007. Caribbean/NMFS Cooperative SEAMAP Program Queen conch *Strombus gigas*, assessment 2006. Department of Natural and Environmental Resources. 30 pp.

<sup>19</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

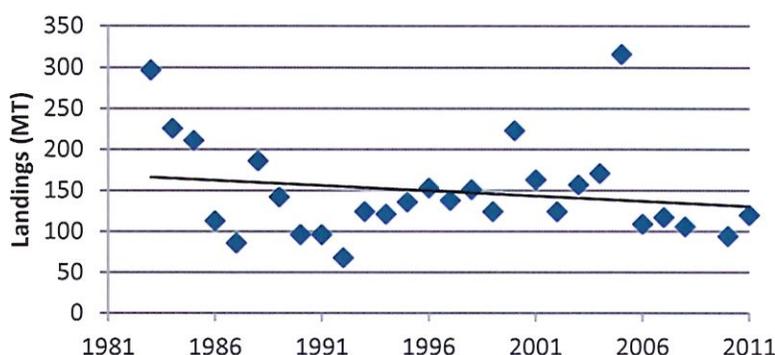
<sup>20</sup> Véase: García-Sais JR, J Sabater-Clavell, R Esteves and M Carlo. 2012. Fishery independent survey of commercially exploited fish and shellfish populations from mesophotic reefs within the Puerto Rican EEZ. Submitted to CFMC, San Juan PR. 91p.

MAPA 15 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.

GRÁFICA 15 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:

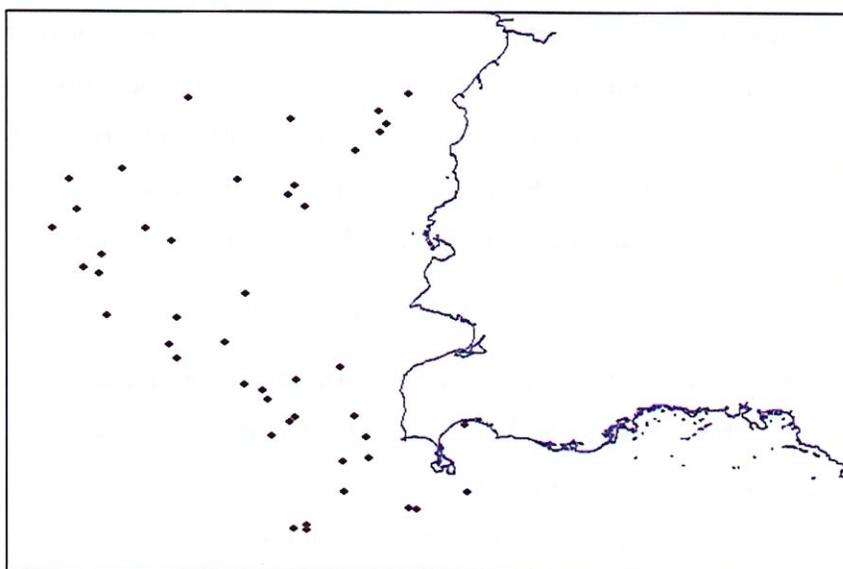
### *Censos Visuales*

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 **Figura 5**). 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 transectos 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 16 FIGURA 5. 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 transepto por 4m de ancho y luego se duplicó el área (dos transeptos por sitio) y finalmente la suma de todos los 46 sitios (92 transeptos). 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>21</sup> en Abrir La Sierra (García Sais et al 2012)<sup>22</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 transepto 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 transepto fue 0.814 ha.

---

<sup>21</sup> Mesofótica: de la zona donde existen niveles intermedios de penetración lumínica

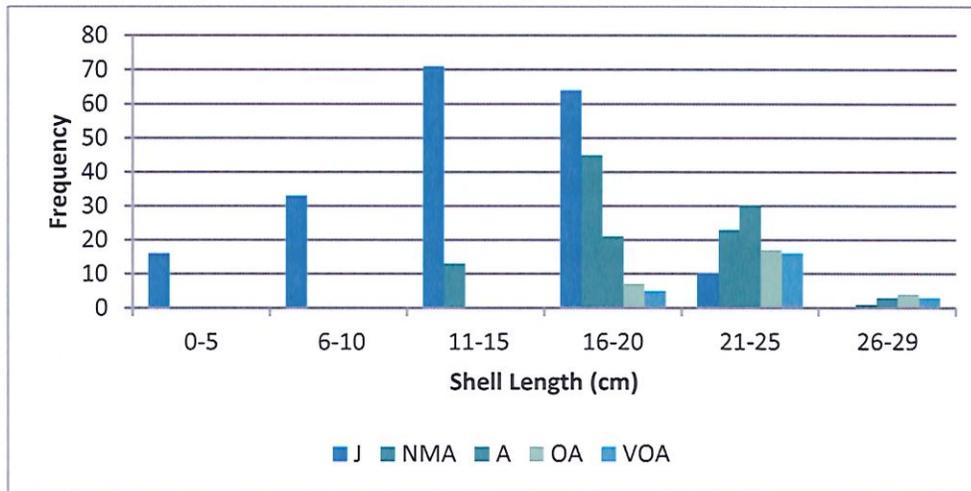
<sup>22</sup> Véase: Garcia-Sais JR, J Sabater-Clavell, R Esteves and M Carlo. 2012. Fishery independent survey of commercially exploited fish and shellfish populations from mesophotic reefs within the Puerto Rican EEZ. Submitted to CFMC, San Juan PR. 91p.

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 5. 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 o juveniles solos, como factores de la profundidad y hábitat. La **Gráfica 16** 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).

GRÁFICA 16 DIAGRAMA DE LA 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:

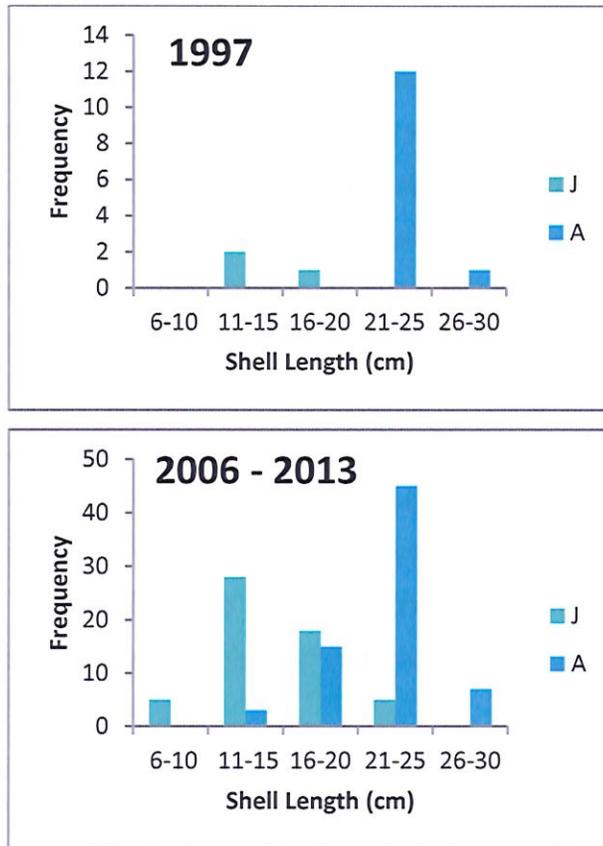
1. El aumento observado entre la densidad del 1997 y los años posteriores representa un aumento más del doble (8,49 por hectárea global en 1997 versus 14.42-22.4/ha total en 2013 y 2006, respectivamente). Esto sugiere que los esfuerzos de manejo (áreas cerradas, vedas, cuota diaria, límites de tamaño) 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 7 y 8**) 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 9**) 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 para abordar es la importancia potencial de la población mesofótica reproductora de carruchos encuestada por García-Sais et al. (2012)<sup>23</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.

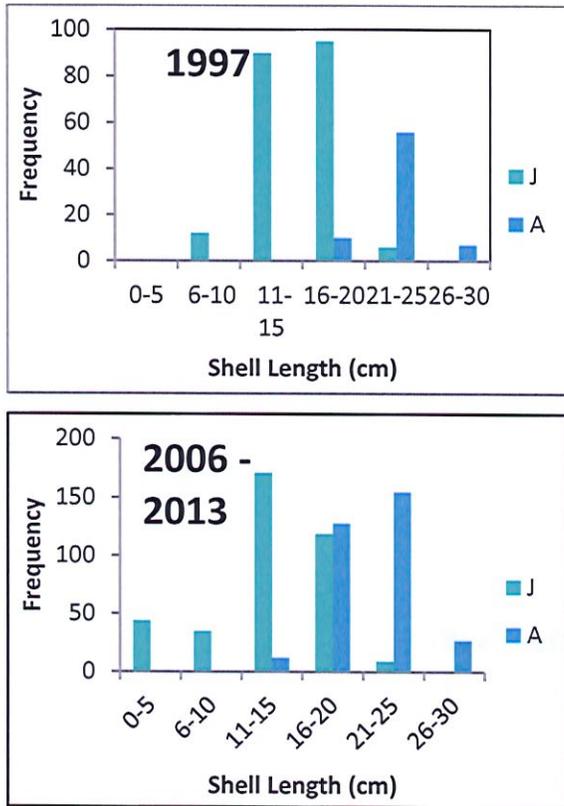
GRÁFICA 17 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE TALLAS DE ADULTOS Y JUVENILES DENTRO DE LA EEZ (>9NM) EN EL OCCIDENTE DE PUERTO RICO EN 1997 Y 2006/2013 UNIDOS PARA AUMENTAR EL NÚMERO DE (N=9 PARA 1997 Y N=11 PARA 2006/2013).

---

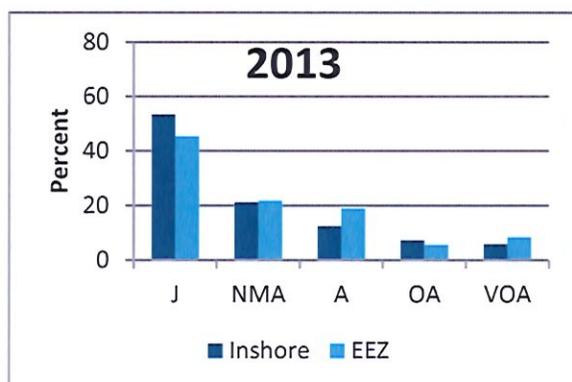
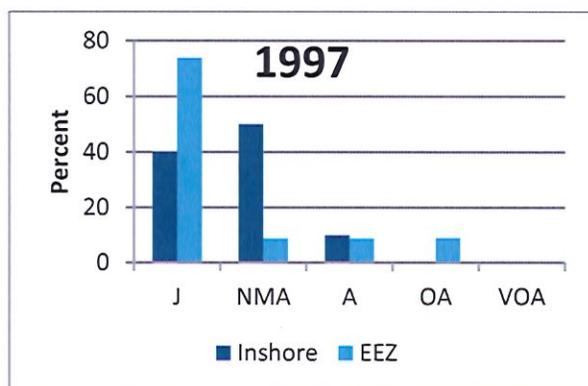
<sup>23</sup> Véase: Garcia-Sais JR, J Sabater-Clavell, R Esteves and M Carlo. 2012. Fishery independent survey of commercially exploited fish and shellfish populations from mesophotic reefs within the Puerto Rican EEZ. Submitted to CFMC, San Juan PR. 91p.



GRÁFICA 18 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 19 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.

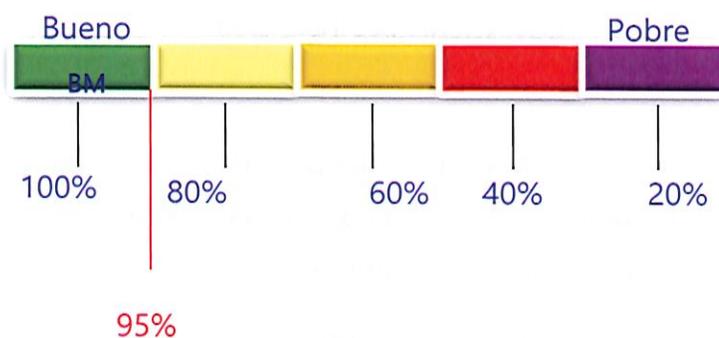
Los datos de carrucho indican una mejoría en sus poblaciones monitoreadas, apuntando a individuos de mayor tamaño y edad en cerca del 70% censado.

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

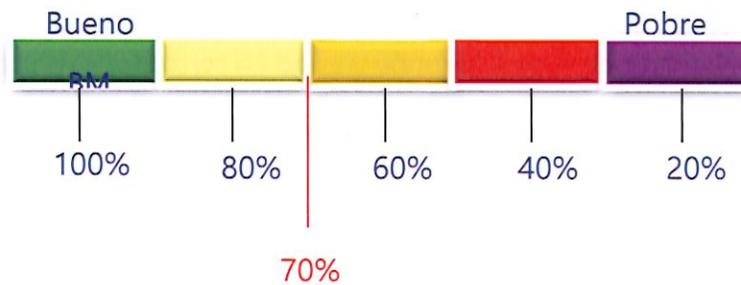
#### BENCHMARK

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

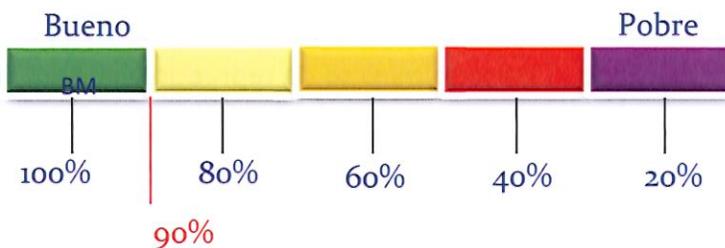
Por ciento de capturas de mero cabrilla, colirrubia y de arrayao disponibles para la pesca comercial mostrando el tamaño mínimo de reproducción. Análisis posteriores sobre la reproducción (histología) de estas especies nos darán una mejor idea sobre el estatus individual de cada una de estas especies. 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-costa 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: NÚMEROS 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 2018.

#### 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 en el Programa de Patrimonio Natural, 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 2018 no se reflejan cambios con respecto al Indicador Especies en peligro de extinción publicado en 2017 y 2016.

Tabla 16 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 17 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>

#### OTRAS CONSIDERACIONES

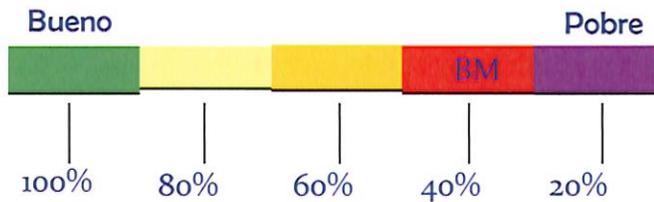
En octubre del 2018 el USFWS propuso incluir a *Pterodroma hasitata*, una especie de ave marina pelágica que anida en la isla de La Española y forrajea frente a las costas del este de los Estados Unidos, como una especie amenazada bajo la Ley de Especies Amenazadas de 1973, en su forma enmendada. Esta especie ha sido avistada dentro de la zona de exclusión económica y las costas de Puerto Rico.

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 676624 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.

#### 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.



#### 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

---

<sup>24</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.

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 vittatta vittatta*), 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 (*Dermochelys coriacea*).

#### 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), lo cual asegura la protección de las especies concernidas en la jurisdicción estatal vía el Acuerdo Cooperativo del 21 de agosto de 1984 entre el USFWS y el DRNA.

Por otra parte, se recomienda culminar la revisión de las especies, iniciada durante el 2009, para así completar el procedimiento de revisión cada 5 años de rigor que establece dicho Reglamento vigente desde 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.

## INDICADOR: INTENSIDAD DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS PESQUEROS EN LA PESCA DEPORTIVA Y RECREATIVA TIPO I

### DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR

Este indicador mide la cantidad en libras totales pescadas por especie de interés recreativo<sup>25</sup> o deportivo<sup>26</sup> durante el 2018 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

---

<sup>25</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>26</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".

alquiler. Por su parte, la pesca en kayak ha sido incorporada durante tiempo reciente en la recopilación de datos pese a que sus torneos suelen ser los más complicados de monitorear ya que en esta modalidad los pescadores salen a pescar todos los días lo que dificulta poder obtener datos con esa frecuencia por el personal del proyecto. Durante el 2018 se llevaron a cabo los eventos en las categorías usuales de pesca de dorado, agujas azules, sierras, pesca de orilla, pesca en kayak, torneos de varias especies y sábalos. Cabe destacar que la temporada de estos eventos comenzó más tarde de lo usual ante el paso de los Huracanes Irma y María en septiembre 2017. Los próximos 4 meses fueron inestables dentro de las actividades de pesca recreativa marina, no obstante, los mismos comenzaron a llevarse a cabo con bastante normalidad a partir de marzo de 2018. Todas las categorías de eventos de pesca recreativa se afectaron de alguna manera ante los eventos climáticos sufridos por nuestra isla durante el 2017.

Por su parte, los torneos de kayak en el 2018 disminuyeron considerablemente. Los pescadores de esta modalidad continuaron pescando, pero sin organizarse en grupos de pesca sino como actividad individual por muchos de ellos. A diferencia de años anteriores, el formato de reportes a través de las redes sociales dejó de llevarse a cabo lo cual tuvo como consecuencia que cesara el monitoreo de esta modalidad de pesca recreativa y no se dispusiera de la información resultante de su práctica. Durante el 2018 se observó que la modalidad de pesca pasó de ser una en que solía fomentarse el cumplimiento de todas las regulaciones a una en la que, en varias instancias, se llevaron a cabo actividades sin los debidos permisos. Esto dificultó grandemente el monitoreo eficiente por parte de las agencias reguladoras de estos eventos. Por ende, el impacto de este sector podría ser mayor al reportado al recurso pesquero como al sector económico asociado a estas actividades. Como trasfondo, se recalca que el Programa suele obtener 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.
- 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 (FT) para las especies abordadas. Este proyecto cubre toda la Isla incluyendo Vieques y Culebra.

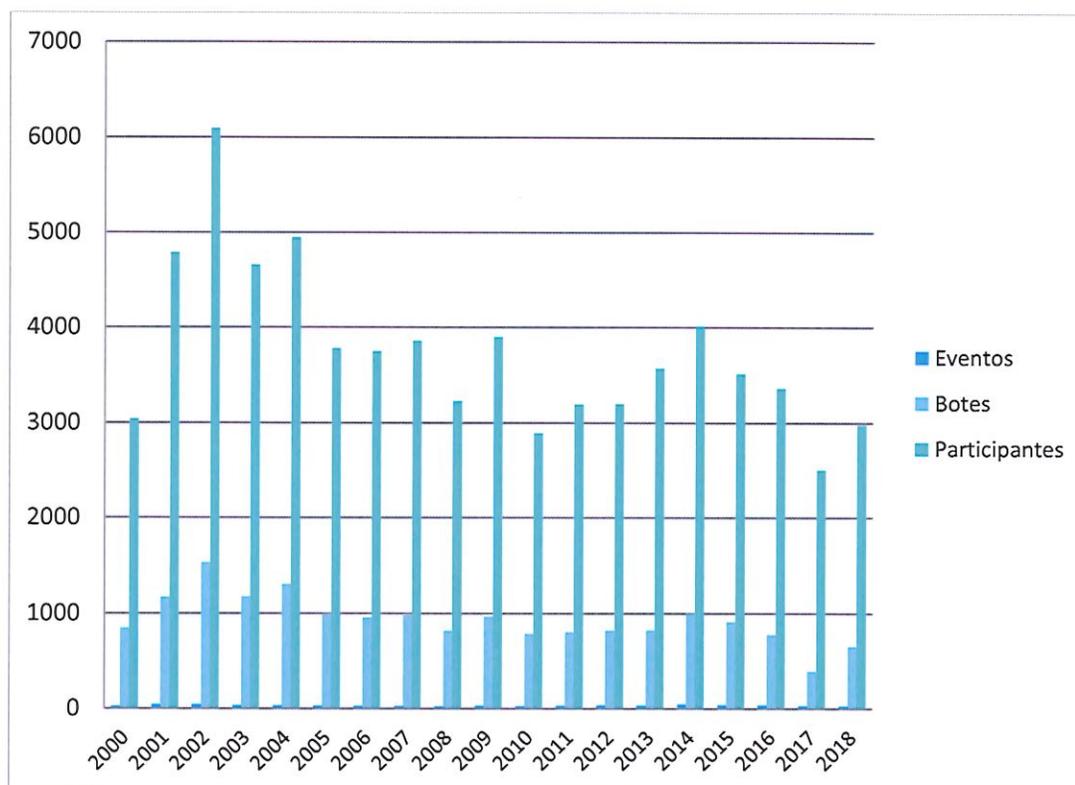
TABLA 18 INTENSIDAD DE PESCA RECREATIVA/DEPORTIVA POR AÑO

AÑO	NÚMERO DE TORNEOS	DÍAS APROXIMADOS 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
2017	33	57
2018	29	45
Total	598	1130

**\*\* 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 19 años.**

**GRÁFICA 20 HISTOGRAMA RESUMEN DE PARTICIPACIÓN EN TORNEOS DE PESCA RECREATIVA MARINA 2000-2018**



**Tabla 19 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	\$376,605.0
2002	5,990	1504	23	\$480,910.0
2003	4,661	1178	32	\$728,920.0
2004	4,825	1283	33	\$1,200,295.0**
2005	4,730	972	13	\$239,550.0

2006	3,751	937	23	\$568,312.50
2007	3,860	983	25	\$572,649.0
2008	3,109	779	20	\$400,948.0
2009	3,901	968	31	\$339,312.00
2010	2,894	787	17	\$267,088.0
2011	3,197	804	24	\$306,942.0
2012	3,201	822	29	\$335,610.0
2013	3,571	898	26	\$358,712.0
2014	4,014	996	40	\$350,775.0
2015	3,516	914	35	\$301,501.0
2016	3,261	778	29	\$403,343.0
2017	2,506	392	23	\$314,159.0
2018	2,979	656	22	\$301,770
<b>Total</b>	<b>71,783</b>	<b>17,666</b>	<b>466</b>	<b>\$7,857,601</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 20 CAPTURA TOTAL DE DORADO (CARYPHANEMA HIPPIRUS) EN TORNEOS DE PESCA RECREATIVA 2000-2018**

Año	Total de libras	Número de piezas abordadas
<b>2000</b>	<b>16,142.45</b>	<b>843*</b>

<b>2001</b>	19,846.87	1,309
<b>2002</b>	20,866.06	1,395
<b>2003</b>	13,693.7	1,040
<b>2004</b>	21,066.05	1,239**
<b>2005</b>	13,777.38	905***
<b>2006</b>	25,371.4	1,411
<b>2007</b>	24,061.84	1,418
<b>2008</b>	22,196.91	1,209
<b>2009</b>	21,243.20	1,027
<b>2010</b>	10,797.47	701
<b>2011</b>	17,607.21	1,028****
<b>2012</b>	21,414	1,654
<b>2013</b>	24,299.07	1,255
<b>2014</b>	20,564.62	1,044
<b>2015</b>	15,743	1,423
<b>2016</b>	9574.74	851
<b>2017</b>	16,031	944
<b>2018</b>	8,818.48	649

---

**Nota: Esta tabla muestra efectos de las diferentes regulaciones en la captura del pez dorado según han variado en el tiempo :**

**\*2000-2003 Periodo sin regulaciones sobre las capturas**

**\*\*2004 Se anuncian regulaciones a la pesca en Puerto Rico mediante adopción Reglamento 6768 por el DRNA**

**\*\*\*2005-2010 Se establece cuota de 20 piezas por bote**

**\*\*\*\*2011-2018 Adopción Reglamento 7949 por el DRNA que enmienda la cuota de captura permitiendo hasta 30 piezas por embarcación para el pez dorado**

---

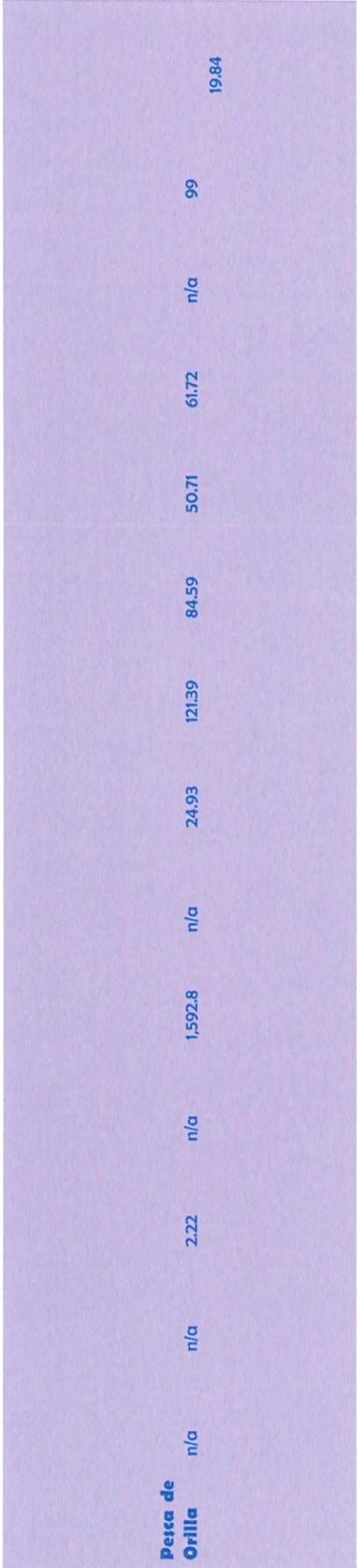
TABLA TOTAL DE LIBRAS POR ESPECIES DE IMPORTANCIA PARA LA PESCA RECREATIVA EN TORNEOS DE PESCA (2005-2018)

Especie	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Marlin Azul</b>	4,250.79	3,268.84	4,234.74	832.9	1,452	2,271.6	1,507.84	532	1,778.86	773.82	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Dorado</b>	13,777.38	25,371.08	24,061.84	22,196.9	21,243.2	10,797.47	17,607.21	21,414.74	24,299.07	20,564.62	15,743	9,574.74	16,031	8,818
<b>Peto</b>	1,878.6	1,498.5	1,698.18	1,385.07	0	613.73	961.79	2,780.13	2,002.9	1143.10	1,450.64	n/a	166.75	2,107



**Sierrat**

12.01 44.02 n/a 177.6 n/a n/a 65.9 122.8 276.02 88.18 267.19 253.75 113.65 168.54



**Pista de Orilla**

n/a n/a 2.22 n/a 1,592.8 n/a 24.93 121.39 84.59 50.71 61.72 n/a 99 19.84



**Pez Vela**

150.28 0 0 26.98 0 41.01 0 31.71 n/a 0



17,523 16,410 11,113

20,075.6	30,542.4	29,987.9	24,619.5	24,125	13,682.8	19,7587.6	24,970.32	28,441.4	22,620.43	11,906.19
----------	----------	----------	----------	--------	----------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------

**Total**

**n/a = en este año no hubo torneo para la especie, o el torneo no fue cubierto por el personal de la División de Pesca Recreativa y Deportiva por realizarlo ilegalmente. Se muestran solamente las especies de importancia a las cuales les aplica alguna reglamentación bajo el Reglamento de Pesca 7949. \* Se incluye solamente las especies reguladas bajo el Reglamento 7949**

## ANÁLISIS

Los torneos de pesca recreativa en Puerto Rico se enfocan mayormente en especies pelágicas<sup>27</sup>. 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. No obstante, 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. Esta es la especie cuyos torneos de pesca recreativa suelen generar la mayor cantidad de libras totales. 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, incluidos los años 2015, 2016, 2017 y 2018. Este reglamento fue enmendado mediante la adopción del Reglamento 7949 del DRNA, *Reglamento de Pesca de Puerto Rico 2010*. A partir del 2011 un límite de cantidad de 30 piezas por bote (10 por pescador) es permitido. En los años 2014, 2015 y 2016 se observó una reducción progresiva en el peso total de la pesca desembarcada del dorado 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. El 2017 mostró aumento en las libras totales

---

<sup>27</sup> Se denominan especies pelágicas a las especies marinas que viven en aguas medias o cerca de la superficie. Estos limitan al máximo su contacto con el fondo marino o la costa.

abordadas de dorado durante este periodo en comparación a los tres años previos con 6,457 libras más reportadas en comparación al 2016, y 288 en comparación al 2015. Sin embargo, el año 2018 hasta la fecha es el de menor cantidad de libras reportadas en estos eventos. El periodo 2015-2016 había interrumpido el ritmo de aumento en pesca desembarcada para esta especie que se había registrado del 2010 al 2013. No obstante, el dato de 2018 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), con solamente 8, 818 libras.

En el caso de las agujas azules, los eventos de esta especie durante el 2018, se llevaron a cabo 7 eventos enfocados en esta especie. Estos eventos no fueron afectados de la misma manera que los eventos de otras especies. Los eventos de aguja azul se llevaron en la modalidad acostumbrada de 2-4 días de pesca. Recalamos que, aunque en los mismos rara vez se aborde algún ejemplar, estos eventos en su mayoría son los que atraen mayor cantidad de embarcaciones y participantes.

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, hayan descendido en comparación al periodo 2012-2014, sin obviar un aumento reconocido durante el 2017, es algo que se debe tomar en cuenta y adaptarse el manejo de la especie a estas tendencias. Entre los factores que creemos causaron estos resultados se encuentra un menor número eventos celebrados dirigidos a las capturas de dorado, otro factor es el hecho que hay clubes que han cambiado la

modalidad de pesca exclusiva de dorado añadiendo otras especies, otros clubes han dejado de llevar a cabo torneos, otros han optado por llevar a cabo un solo día de pesca y otros eventos no son monitoreados pues se llevan a cabo sin los debidos permisos que facilitan que la agencia (DRNA) coordine el monitoreo de estas actividades. Además, las capturas de dorado hechas por pescadores recreativos fuera de los eventos son en ocasiones mayores que las que hacen fuera de las actividades competitivas. El peso total, reportado como parte del monitoreo puede ser considerado un estimado de las capturas ya que los participantes en ocasiones optan por no traer toda su pesca al pesaje, traen solamente las piezas permitidas dejando el exceso sobre la cuota escondido en la embarcación. El hecho de que las libras totales continúan bajando derrota cualquier argumento para aumentar las cuotas sobre la especie para el sector recreativo.

Desde 2013, algunos clubes han cambiado las reglas y solamente permiten abordar peces de 10 o más libras lo que puede ser la razón para 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.

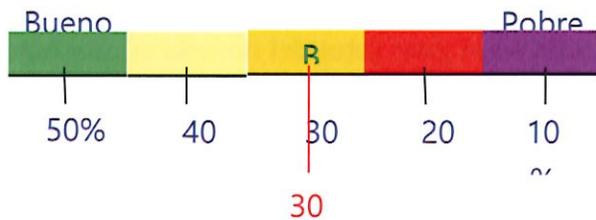
Para medir adecuadamente la intensidad de la explotación de los recursos pesqueros hecha por el sector recreativo marino se deben tomar en cuenta las capturas hechas fuera de los torneos de pesca. Los torneos son eventos de carácter competitivo por lo que, en la mayoría de los eventos, los pescadores 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.

Una vez más, recalamos que 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.

#### 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. En ciertos años se han realizado 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. Ejemplo de ello fue el 2016 para el cual se calculó más de 15 eventos o torneos celebrados bajo dichas circunstancias, enfocados principalmente a la pesca de orilla y no se cuenta con los datos de pesca de estos. Los torneos de pesca son eventos de carácter competitivo, son específicos en las especies abordadas y hasta implementan sus propias reglas para las capturas. Por su parte, el 2018 presenta una reducción en libras totales, no obstante, la pesca recreativa en este año también estuvo influenciada por la realización de actividades sin los debidos permisos y por lo tanto no se puede informar sus resultados. Esto dificultó grandemente el monitoreo eficiente por parte de las agencias reguladoras de eventos. Por ende el impacto de este sector podría ser mayor al reportado al recurso pesquero como al sector económico asociado a estas actividades; en este año no fue hasta marzo que se comenzaron a celebrar

torneos regularmente debido a los eventos atmosféricos catastróficos que azotaron al país en septiembre del año previo (2017).

#### 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.

#### INDICADOR: MILLAS DE LITORAL COSTERO APTAS PARA ACTIVIDADES RECREATIVAS DE CONTACTO PRIMARIO (NATACIÓN) TIPO I

##### 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). El resultado mostrado por este indicador será la herramienta para poder establecer estrategias y controles 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 472.52 millas son monitoreadas cada dos meses mediante la Red de Monitoria de Aguas Costaneras (RMAC). La RMAC incluye un total de 103 estaciones distribuidas estratégicamente para que la mayor cantidad de millas del

litoral costero sea monitoreadas (**Figura** Red de Monitoria de Aguas Costaneras).

El litoral costero se encuentra dividido en 64 unidades de evaluación (segmentos) de los cuales cincuenta y seis (56) poseen estaciones de monitoria y ocho (8) no poseen estaciones de monitoria. Las UE que no poseen estaciones de monitoria son clasificadas en la Categoría 3: Aguas para las cuales la información y/o data disponible es insuficiente para determinar si alguno de los usos designados se está logrando. Con el propósito de aumentar la cantidad de UE a ser monitoreadas, la JCA llevó a cabo una relocalización de la RMAC. Las estaciones de monitoria se encuentran ubicadas dependiendo de la longitud de la UE y de acuerdo con los siguientes criterios:

- UE con 11 millas o más, generalmente tienen tres estaciones
- UE con menos de 11 millas hasta 4 millas, generalmente tienen dos estaciones
- UE con menos de 4 millas tiene una estación

Debido a la accesibilidad, las UE de la Base Naval Roosevelt Road en Ceiba (PREC21 y PREC22), Vieques (PRVC54B), Culebra (PRCC53) e Isla De Mona (PRMC55) no poseen estaciones de monitoria. También se excluyó la estación ubicada en la UE de Isla de Cabras a Punta El Morro (PREC11). Además, La Laguna del Condado que forma parte del Estuario de la Bahía de San Juan es evaluada como estuarios y no está incluida en el total de millas del litoral costero. No obstante, las UE que están clasificadas como Aguas SA no son monitoreadas por la red de monitoria costera. Las Aguas Clase SA se definen en el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua PR como aguas costeras o estuarinas de calidad excepcional o gran valor ecológico o recreativo cuyas condiciones existentes no deberán ser alteradas excepto por fenómenos naturales con el fin de preservar sus características naturales. Las Clases SA incluidas en el RECA son las siguientes: Bahía Bioluminiscente La Parguera, Lajas, Bahía Monsio José, Lajas, y Bahía Mosquito, Vieques. Además, la

unidad de evaluación PREC11, no está incluida en la en la RMAC, ya que los datos de calidad de agua se obtienen del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan.

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. Para la evaluación de la calidad del agua en las costas, se utilizan los datos de La RMAC y del Programa de Monitoria de Playas y Notificación Pública (PMPNP). A través de la RMAC se muestrean parámetros físicos, químicos y biológicos con una frecuencia de monitoreo de cada dos (2) meses, siendo el parámetro de enterococos el indicador para evaluar el uso designado de contacto primario. Además, mediante El PMPNP se realizan muestreos bisemanales para el parámetro de enterococos.

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.

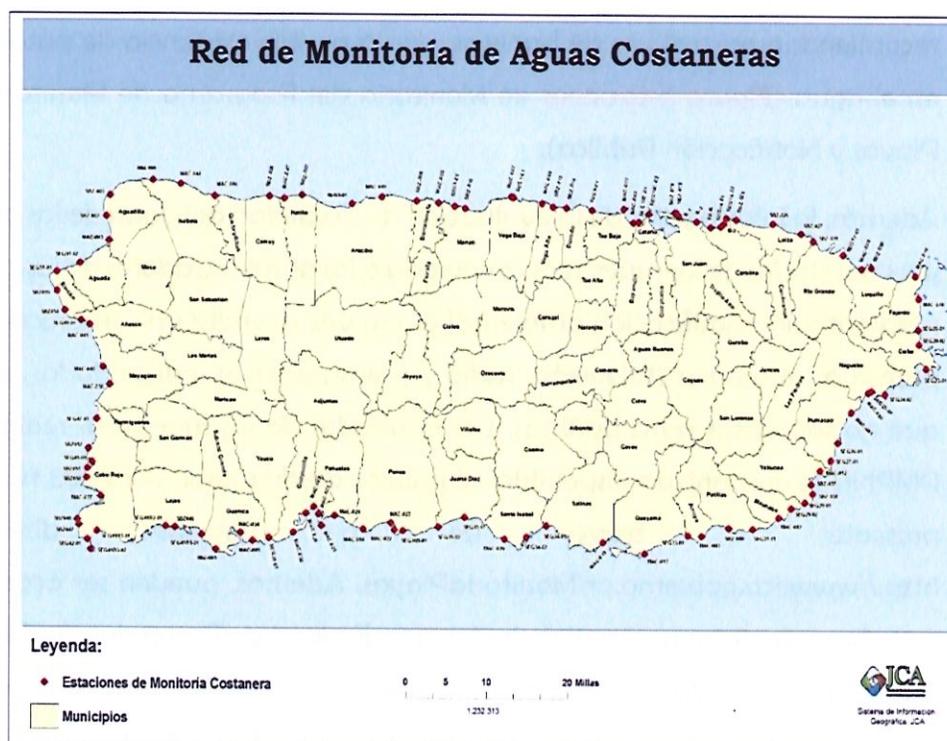
**Categoría 2:** Aguas que logran algún uso designado pero no hay datos disponibles para hacer una determinación de logro para el resto de los usos. Monitoreo adicional será implementado para documentar la evaluación del resto de los usos.

**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.

MAPA 17 RED DE MONITORIA DE AGUAS COSTANERAS



Al amparo de la Ley Federal “Beaches Environmental Assessment and Coastal Health Act”, de 2000, el Área de Calidad de Agua de la Junta de Calidad Ambiental (JCA) implementó el Programa de Monitoría de Playas y Notificación Pública (PMPNP). El propósito de este programa es que los bañistas reduzcan el riesgo de desarrollar enfermedades cuando se exponen al usar una playa que este bajo aviso de contaminación bacteriológica.

PMPNP incluye un total de 35 estaciones de monitoreo ubicadas en 35 playas y balnearios de uso frecuente. Mediante la red de monitoria del PMPNP se realizan muestreos bisemanal para el parámetro bacteriológico de enterococos. El parámetro de enterococos se utiliza para evaluar la calidad del agua en las playas en términos bacteriológicos ya que es un indicador de la posible existencia de patógenos en el agua. La JCA publica las condiciones de la calidad del agua en las playas cada vez que se realiza un muestreo, a través de su página de internet. Mediante la publicación de un mapa, se indica con bandera verde las playas que están aptas para bañistas y con bandera amarilla las playas que según los resultados de los muestreos no se recomiendan para el uso de bañistas, por la posible existencia de patógenos en el agua (**Figura Estaciones** de Monitoria del Programa de Monitoria de Playas y Notificación Pública).

Además, la información de la evaluación de la calidad del agua de las playas y los resultados de los muestreos es enviada a los administradores de las playas mediante una notificación ambiental y a su vez se emite un comunicado de prensa a los medios (televisión, radio y prensa escrita) indicando las playas que no son aptas para bañistas. Los resultados de los muestreos realizados PMPNP se encuentran disponibles al público desde marzo del 2003 hasta el presente a través de la siguiente dirección: <http://www.jca.gobierno.pr/MonitoriaPlayas>. Además, pueden ser accedidos en la base de datos nacional de la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) conocida como STORET en la dirección: [www.epa.gov/STORET](http://www.epa.gov/STORET). Los datos obtenidos tanto de la RMAC como los del PMPNP, se utilizan para realizar la evaluación de la calidad del agua del litoral costero incluida en el Reporte Integrado requerido bajo la sección 305(b) y 303(d) de la Ley de Agua Limpia.

MAPA 18 ESTACIONES DE MONITORIA DEL PROGRAMA DE MONITORIA DE PLAYAS Y NOTIFICACIÓN PÚBLICA



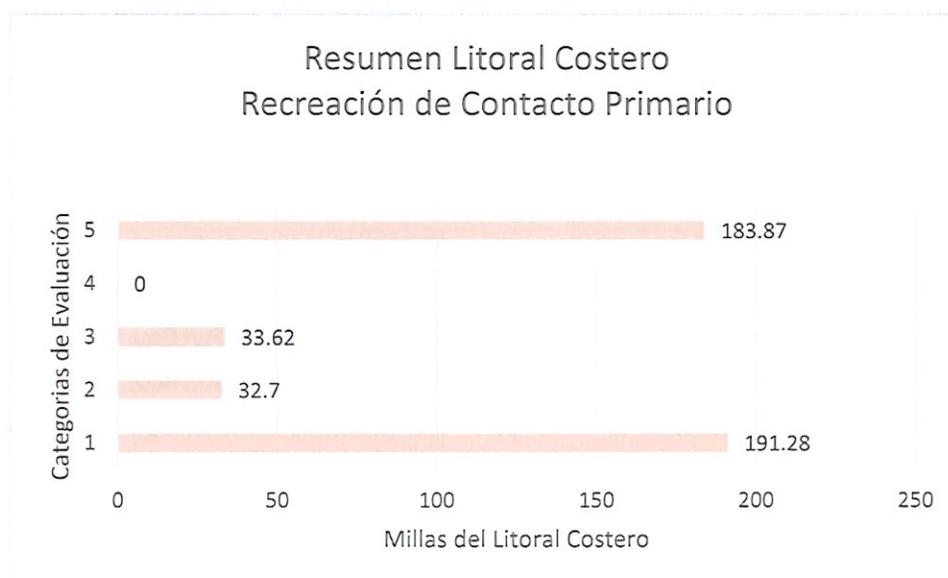
**TABLA 21 BALNEARIOS Y PLAYAS INCLUIDOS EN EL PROGRAMA DE MONITOREO DE PLAYAS Y NOTIFICACIÓN PÚBLICA**

<b>Identificaciones de las Playas</b>	
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 Cabullón, 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-21 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, el parámetro considerado es Enterococos. Los resultados obtenidos para cada una de las estaciones de monitoria fueron comparados con el estándar de calidad de agua correspondiente, establecido en el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua, según enmendado. La siguiente gráfica presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua del litoral costero para recreación de contacto primario para el año 2018.

GRÁFICA 21 RESUMEN LITORAL COSTERO RECREACIÓN DE CONTACTO PRIMARIO



designado de recreación de contacto primaria (estándar de enterococos).

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Red de Monitoria de Aguas Costaneras existente ha sido el mecanismo utilizado para evaluar los usos designados establecidos en el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua. Con el tiempo las necesidades y usos dados a nuestras costas han cambiado debido al aumento poblacional lo que incrementa la demanda de los recursos marinos ya sea para usos residenciales, comerciales y turísticos. La actual evaluación de la RMAC y la relocalización de las estaciones ha permitido 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. Además, nos permite 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. En adición, El

Programa de Monitoria de Playas y Notificación Publica ha permitido que las playas más utilizadas por los bañistas sean monitoreadas para garantizar el disfrute seguro de las playas, reduciendo la exposición de los bañistas a enfermedades.



# Emergencia Ambiental

## INDICADOR: CANTIDAD DE EMERGENCIA AMBIENTAL

### 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, según enmendada, 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 3 que se muestra a continuación, Informe Estadístico de Incidentes y Emergencias Ambientales, incluye los incidentes clasificados como emergencias ambientales durante el año 2017. Están presentados por tipo de incidente y por la ubicación de las diferentes Oficinas Regionales del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) desde las cuales se efectúa la respuesta. El Área de Respuesta a Emergencias Ambientales del DRNA tiene presencia en la Oficina Central en San Juan y en cuatro Oficinas Regionales, localizadas en los siguientes municipios: Arecibo, Mayagüez, Guayama y Humacao. En cada una de estas oficinas regionales hay un especialista o técnico especializado en emergencias ambientales, el cual tiene como función atender los incidentes o emergencias ambientales que ocurran en los municipios que comprenden cada Región. En la Oficina Central hay tres (3) especialistas en emergencias ambientales.

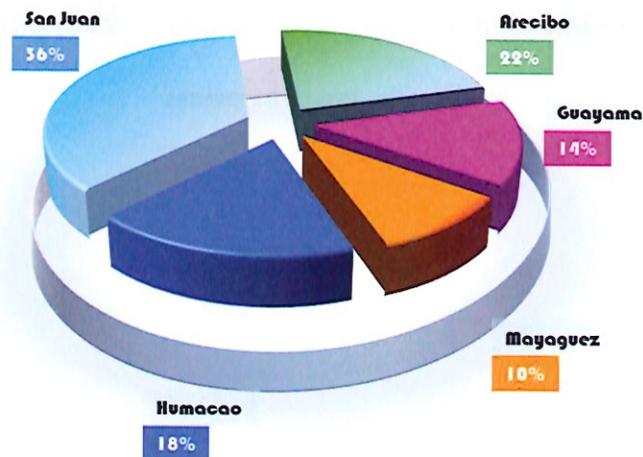
TABLA 22 INFORME ESTADÍSTICO DE INCIDENTES Y EMERGENCIAS AMBIENTALES DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2018

REGIÓN	DERRAMES DE HIDROCARBUROS	DERRAMES SUSTANCIAS QUÍMICAS	HALLAZGO ENVASES/ CONTENEDORES ABANDONADOS	OTROS	TOTAL
San Juan	36	6	0	19	61
Arecibo	17	5	1	14	37
Guayama	12	2	2	8	24
Mayagüez	9	2	0	5	16
Humacao	9	0	0	22	31
Totales	83	15	3	68	169

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

La **gráfica 22** Respuesta a Emergencias Ambientales por Región del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, muestra que el porcentaje de incidentes reportados refleja una mayor incidencia en la Región de San Juan que cubre la Oficina Central (36%) seguido por las Oficinas Regionales de Arecibo (22%) y Humacao (18%). 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

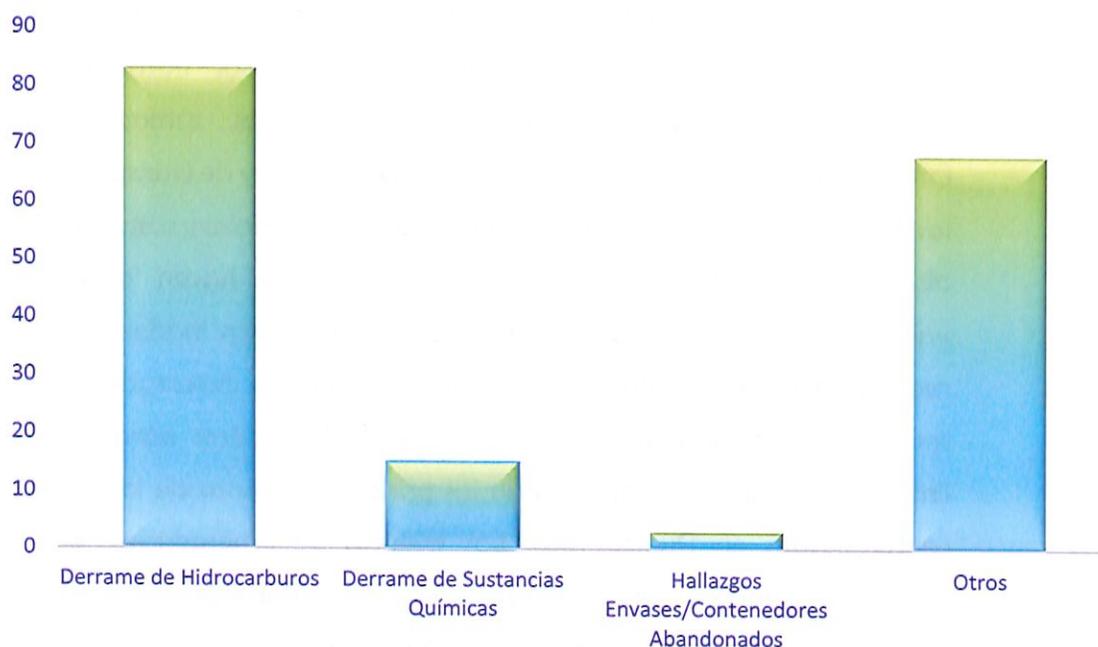
Gráfica 22 RESPUESTA A EMERGENCIAS AMBIENTALES POR REGIÓN DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES



Los incidentes ambientales en Puerto Rico son ocasionados mayormente por derrames de sustancias derivadas de hidrocarburos de petróleo (49%) y el de menor cantidad es de hallazgo de envases o contenedores

abandonados (2%). Ejemplos específicos de estos incidentes pueden ser derrames de gasolina, diésel y aceite hidráulico, entre otros. La mayoría de los derrames de hidrocarburos en Puerto Rico se debieron al manejo inapropiado del mismo y descuido al hacer operaciones de transferencia de combustible. En el caso de la clasificación Otros, el principal incidente son los olores objetables. 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 10 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 (BM)



#### 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. Educar al público en general sobre las emergencias ambientales, enfatizando en los derrames de hidrocarburos, sería una buena práctica para prevenir estas emergencias. 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.



