
Carga Diaria Máxima Total y Plan de Implementación para Puerto Rico: cobre, plomo y mercurio

PRESENTADO A:



Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos Región 2
290 Broadway
New York, NY 10007-1866

PREPARADO POR:



RTI International
3040 Cornwallis Road
Research Triangle Park, NC 27709



Paradigm Environmental
4021 University Drive
Suite 203
Fairfax, VA 22030

JULIO 2017

ESTA PÁGINA SE HA DEJADO EN BLANCO INTENCIONALMENTE

Contenido

Acrónimos y abreviaciones.....	vi
1 Descripción de cuerpos de agua, contaminantes de interés, fuentes de contaminación y nivel de prioridad.....	1
1.1 Descripción de los cuerpos de agua e información de trasfondo	1
1.2 Contaminantes de interés	4
1.3 Nivel de prioridad.....	4
1.4 Estándares de calidad de agua aplicables	4
1.5 Datos de Monitoreo.....	6
1.5.1 Cobre total	7
1.5.2 Plomo total.....	10
1.5.3 Mercurio	13
2 Fuentes de contaminantes	15
2.1 Fuentes dispersas	16
2.1.1 Agricultura	16
2.1.2 Pastos / operaciones de alimentación de animales y pastoreo	16
2.1.3 Escorrentía urbana.....	17
2.1.4 Vertederos	17
2.1.5 Superfund.....	18
2.1.6 Instalaciones RCRA	18
2.1.7 Bosques y fuentes de fondo	19
2.2 Fuentes precisadas	19
2.2.1 Operación de alimentación de animales concentrados (CAFO)	19
2.2.2 Instalaciones con permisos de NPDES.....	20
2.2.3 Sistema de alcantarillado municipal separado (MS4).....	21
3 Capacidad de carga – El enlace entre la calidad de agua y las fuentes de contaminantes	23
3.1 Fuentes dispersas	23
3.2 Permisos NPDES	24
3.3 Sistema de alcantarillado municipal separado (MS4)	29
4 Cálculos del TMDL y asignaciones	31
4.1 Margen de seguridad.....	33
4.2 Río de La Plata (PRER10A5).....	33
4.3 Río Grande de Manatí (PRNR8A3)	35
4.4 Río Bauta (PRNR8C2)	36
4.5 Río Grande de Arecibo (PRNR7A1)	36
4.6 Río Grande de Arecibo (PRNR7A2)	37

4.7	Río Bayamón (PRER12A1)	39
4.8	Río Guaynabo (PRER12B1)	40
4.9	Río Grande de Loíza (PRER14A1)	41
4.10	Río Gurabo (PRER14G1)	42
4.11	Río Valenciano (PRER14G2)	43
4.12	Río Turabo (PRER14J)	44
4.13	Río Grande de Añasco (PRWR83A)	45
4.14	Río Culebrinas (PRWR95A)	46
5	Variabilidad e incertidumbre	48
5.1	Variación estacional	48
5.2	Consideración de eventos climáticos extremos	49
6	Garantía razonable	52
7	Plan de monitoreo para seguir la trayectoria de la eficacia del TMDL	53
8	Plan de implementación	55
8.1	Manejo de aguas pluviales	55
8.2	Agricultura y CAFO	55
8.3	Descargas municipales e industriales con permisos	57
9	Acta administrativa	58
10	Referencias	59

Figuras

Figura 1-1. Estaciones de monitoreo de calidad de agua y medidores de flujo en las cuencas hidrográficas evaluadas de Puerto Rico.....	3
Figura 1-2. Cobre total (Cu, $\mu\text{g}/\text{L}$) en todas las estaciones de monitoreo de todos los cuerpos de agua listados por cobre (WY 2006 - presente).....	9
Figura 1-3. Plomo total (Pb, $\mu\text{g}/\text{L}$) en todas las estaciones de monitoreo de todos los cuerpos de agua listados por plomo (WY 2006 - presente).....	12
Figura 1-4. Resultados de muestreo de mercurio disponibles para Río de la Plata (WY 2004 - presente).	13
Figura 4-1. Demostración del logro de los ECA para cobre en Río Grande de Loíza (PRER14A1). 32	
Figura 4-2. Demostración del logro de los ECA para plomo en Río Valenciano (PRER14G2). 32	
Figura 5-1. Resumen a largo plazo de la precipitación en el Aeropuerto Internacional de San Juan.	50
Figura 5-2. Porcentaje de excedencias vs. distribución de la precipitación anual para todas las muestras de cobre en todas las estaciones entre 1981 y 2015.	51

Tablas

Tabla 1-1. Resumen del uso del suelo por cuenca principal y categoría.....	2
Tabla 1-2. Lista de cuerpos de agua y contaminantes de interés incluidos en este TMDL de metales para Puerto Rico.	4
Tabla 1-3. Estándares de calidad de agua para los contaminantes de la lista 303(d) en las cuencas de este proyecto (PREQB 2014a).	5
Tabla 1-4. Resumen de los valores de dureza promedio a largo plazo por cuenca (1980 - 2016).....	5
Tabla 1-5. Resumen de los datos disponibles sobre la calidad del agua por unidad de evaluación y su respectiva fuente de datos (WY 2006 - WY 2016). ¹	6
Tabla 1-6. Resumen de datos de cobre ($\mu\text{g}/\text{L}$) disponibles por unidad de evaluación (WY 2006 – WY 2016).	8
Tabla 1-7. Resumen de datos de plomo ($\mu\text{g}/\text{L}$) disponibles por unidad de evaluación (WY 2006 – WY 2016).	11
Tabla 1-8. Resumen del muestreo de mercurio en todas las unidades de evaluación listadas (WY 2006 - presente).	14
Tabla 2-1. Resumen de las fuentes potenciales de contaminación descritas en el Informe Integrado 2016.....	15
Tabla 2-2. Resumen de los sitios Superfund identificados dentro de las cuencas hidrográficas listadas.	18
Tabla 2-3. Resumen de áreas MS4 con permisos NPDES identificadas por cuenca.	21
Tabla 3-1. Promedio anual simulado de carga de cobre total (libras/año).	23
Tabla 3-2. Promedio anual simulado de carga de plomo total (libras/año).....	24
Tabla 3-3. Inventario de los permisos NPDES activos identificados por cuencas y unidad de evaluación.	25
Tabla 3-4. Resumen de cargas de áreas MS4 con permisos NPDES identificadas por cuenca hidrográfica.....	29
Tabla 4-1. TMDL de cobre para Río de La Plata (PRER10A5) TMDL = WLA + LA+MOS.....	34
Tabla 4-2. TMDL de plomo para Río de La Plata (PRER10A5) TMDL = WLA + LA+MOS.....	34
Tabla 4-3. TMDL de cobre para Río Grande de Manatí (PRNR8A3) TMDL = WLA + LA+MOS.	35
Tabla 4-4. TMDL de cobre para Río Bauta (PRNR8C2) TMDL = WLA + LA+MOS.	36
Tabla 4-5. TMDL de cobre para Río Grande de Arecibo (PRNR7A1) TMDL = WLA + LA+MOS.	37

Tabla 4-6. TMDL de cobre para Río Grande de Arecibo (PRNR7A2) TMDL = WLA + LA+MOS.	38
.....
Tabla 4-7. TMDL de plomo para Río Grande de Arecibo (PRNR7A2) TMDL = WLA + LA+MOS.	38
.....
Tabla 4-8. TMDL de cobre para Río Bayamón (PRER12A1) TMDL = WLA + LA+MOS.....	39
Tabla 4-9. TMDL de cobre para Río Guaynabo (PRER12B1) TMDL = WLA + LA+MOS.....	40
Tabla 4-10. TMDL de plomo para Río Guaynabo (PRER12B1) TMDL = WLA + LA+MOS.	40
Tabla 4-11. TMDL de cobre para Río Grande de Loíza (PRER14A1) TMDL = WLA + LA+MOS.	41
.....
Tabla 4-12. TMDL de cobre para Río Gurabo (PRER14G1) TMDL = WLA + LA+MOS.....	43
Tabla 4-13. TMDL de cobre para Río Valenciano (PRER14G2) TMDL = WLA + LA+MOS.	43
Tabla 4-14. TMDL de plomo para Río Valenciano (PRER14G2) TMDL = WLA + LA+MOS....	44
Tabla 4-15. TMDL de cobre para Río Turabo (PRER14J) TMDL = WLA + LA+MOS.	45
Tabla 4-16. TMDL de cobre para Río Grande de Añasco (PRWR83A) TMDL = WLA + LA+MOS.	45
.....
Tabla 4-17. TMDL de cobre para Río Culebrinas (PRWR95A) TMDL = WLA + LA+MOS.....	46
Tabla 5-1. Estadísticas mensuales de la precipitación en el Aeropuerto Internacional de San Juan (011641).....	48

Apéndices

- Apéndice A: Datos de calidad de agua
- Apéndice B: Análisis de tendencias de la calidad del agua
- Apéndice C: Informe de modelo TMDL
- Apéndice D: Datos meteorológicos

ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

µg/L	Microgramos por litro
mg/L	Miligramos por litro
BMP	Mejor práctica de manejo
CAFO	Operación de alimentación de animales concentrados
Cu	Cobre
CWA	Ley de Agua Limpia
DMR	Registros de monitoreo de descargas
Hg	Mercurio
HSPF	Programa de Simulación Hidrológica - FORTRAN
IP	Plan de Implementación
JCA	Junta de Calidad Ambiental de PR
LA	Asignación(es) de Carga(s)
LSPC	Programa de Simulación de Cargas – C++
MGY	Millones de galones por año
MOS	Margen de seguridad
MS4	Sistema de alcantarillado municipal separado
NCDC	Centro Nacional de Datos Climáticos
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
NPDES	Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes
NPS	Fuentes dispersas
Pb	Plomo
PCS	Sistema de Cumplimiento de Permisos de la EPA de Estados Unidos
PREQB	Junta de Calidad Ambiental de PR
STORET	Sistema de Almacenamiento y Recuperación de Datos de la USEPA
TMDL	Carga Máxima Diaria Total
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos
ECA	Estándares de Calidad de Agua
WLA	Asignación de carga de contaminantes
WWTP	Planta de tratamiento de aguas residuales
WY	Año hidrológico

1 DESCRIPCIÓN DE CUERPOS DE AGUA, CONTAMINANTES DE INTERÉS, FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y NIVEL DE PRIORIDAD

Este estudio se está llevando a cabo para desarrollar Cargas Diarias Máximas Totales (TMDLs) para los cuerpos de agua listados en las siguientes cuencas hidrográficas de Puerto Rico: Río Grande de Loíza, Río de la Plata, Río Bayamón a Río Hondo, Río Grande De Arecibo, Río Grande de Manatí, Río Grande de Añasco y Río Culebrinas. El *Informe Integrado 305(b)/303(d) de 2016 de Puerto Rico* ha identificado las fuentes precisadas y las fuentes dispersas de contaminación como principales contribuyentes de cargas a las aguas listadas. Este TMDL incluye un plan de implementación que describe estrategias potenciales para el logro de los objetivos del TMDL. Los cuerpos de agua de Puerto Rico son un importante recurso recreativo y natural crítico para la salud económica de la región, así como una fuente importante de agua potable. Por lo que es necesario identificar las principales fuentes de metales contribuyentes e identificar otros factores ambientales que contribuyen a la degradación de la calidad del agua. Esta investigación apoyará en última instancia el desarrollo de la capacidad de tomar de decisiones para la implementación de estrategias de mitigación. Este documento se centra en cuantificar las fuentes provenientes de las cuencas de las cargas de metales a las aguas receptoras y determinar las reducciones de carga necesarias para que cada cuenca logre alcanzar los estándares numéricos de calidad de agua (ECA) establecidos por los TMDLs.

1.1 Descripción de los cuerpos de agua e información de trasfondo

Los cuerpos de agua impactados están actualmente listados en la lista de aguas impactadas de la Sección 303 (d) estatal y federal debido a altas concentraciones de metales (cobre, plomo, mercurio). Posibles fuentes identificadas en el Informe Integrado incluyen: fallas de los sistemas de recolección, sistemas de alcantarillado in-situ, escorrentía urbana/ alcantarillas pluviales, operaciones de alimentación de animales concentrados, vertederos, fuentes precisadas industriales mayores y menores, fuentes precisadas municipales mayores y menores, agricultura, materiales de construcción, componentes del automóvil (i.e. pastillas de freno), y actividades mineras históricas.

Todas las aguas impactadas se clasifican como SD (Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico, 2014, Sección 1302.2). Debido a que todos los cuerpos de agua están dentro de la clasificación SD, se aplicará un conjunto único de estándares de calidad de agua (ECA) para todos los TMDL. Este TMDL se centra en reducciones de carga que llevan al logro de éstos ECA. El Plan de Implementación de TMDL (IP) (véase la Sección 8) identifica y da prioridad a los esfuerzos que conduzcan a la restauración de la calidad del agua a cumplir los ECA.

Las cuencas hidrográficas y las unidades de evaluación asociadas en este TMDL son las siguientes:

- ▼ Cuenca del Río Grande de Añasco (PRWR83A): Ubicada en el oeste de Puerto Rico, al sur de la cuenca del Río Culebrinas, y aproximadamente 122,700 acres de área. El paisaje es predominantemente tierra boscosa mezclada con algo de agricultura y pastos cerca de la costa. El área urbana principal es la ciudad de Añasco, que también bordea cerca de 1,000 acres de tierras de cosechas.
- ▼ Cuenca del Río Culebrinas (PRWR95A): Ubicada en el noroeste de Puerto Rico y aproximadamente 69,500 acres de área. El paisaje es predominantemente tierra boscosa mezclada con algo de agricultura y pastos. Las principales áreas urbanas son Moca y San Sebastián.

- ▼ Cuenca del Río Grande de Arecibo (PRNR7A1, PRNR7A2): Ubicada en la porción central occidental de Puerto Rico y aproximadamente 152,200 acres en área. El paisaje en la parte alta de la cuenca es predominantemente agricultura cambiando a las áreas urbanas del área metropolitana de Arecibo a lo largo de la costa.
- ▼ Cuenca del Río Grande de Manatí (PRNR8A3, PRNR8C2): Ubicada en el centro de Puerto Rico con una cuenca de aproximadamente 87,000 acres. El paisaje es predominantemente boscoso con cuestas gradualmente más inclinadas hacia el sur de la cuenca. Poca tierra agrícola y urbana existe.
- ▼ Cuenca del Río de la Plata (PRER10A5): Ubicada en el centro de Puerto Rico, adyacente a la cuenca del Río Grande de Manatí, y aproximadamente 91,600 acres en área. El paisaje es predominantemente bosques empinados entremezclados con la agricultura. La parte sur-central de la cuenca contiene las áreas más urbanas de Cayey.
- ▼ Río de Bayamón a la cuenca del Río Hondo (PRER12A1, PRER12B1): Ubicado en la porción noreste de Puerto Rico y aproximadamente 46,800 acres en área. El paisaje en los tramos superiores de la cuenca es predominantemente de baja pendiente, ya que la elevación aumenta más al sur. Los tramos superiores están limitados por densas áreas urbanas de las ciudades metropolitanas de Bayamón y Guaynabo, mientras que más al sur, cerca de la ciudad de Cidra, la cuenca es predominantemente agrícola y forestal.
- ▼ Cuenca del Río Grande de Loíza (PRER14A1, PRER14G1, PRER14G2, PRER14J): Ubicado en la porción oriental de Puerto Rico, y aproximadamente 158,800 acres en área. La parte occidental de la cuenca se caracteriza por áreas urbanas y grandes áreas metropolitanas de Caguas y Carolina, mientras que la parte oriental de la cuenca es predominantemente agrícola, con pastos y bosques.

Un mapa que muestra las ubicaciones de los cuerpos de agua mencionados y las principales cuencas se presenta en la Figura 1-1. Los usos del suelo para cada una de las cuencas principales que se abordarán en este TMDL se describen en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Resumen del uso del suelo por cuenca principal y categoría.

Cuenca Principal	Área Total por Uso de Terreno (acres)				
	Agricultura	Pastos	Zona Urbana	Bosques & Natural	Total
Río Grande de Añasco	1,424	470	5,356	114,955	122,205
Río Culebrinas	784	1,134	12,195	55,303	69,416
Río Grande de Arecibo	1,446	1,828	7,236	140,304	150,814
Río Grande de Manatí	375	--	3,240	83,209	86,824
Río de la Plata	--	521	9,240	79,291	89,052
Río de Bayamón a Río Hondo	55	846	13,922	31,794	46,617
Río Grande de Loíza	233	9,347	31,034	117,643	158,257
Total	4,317	14,146	82,223	622,499	723,185

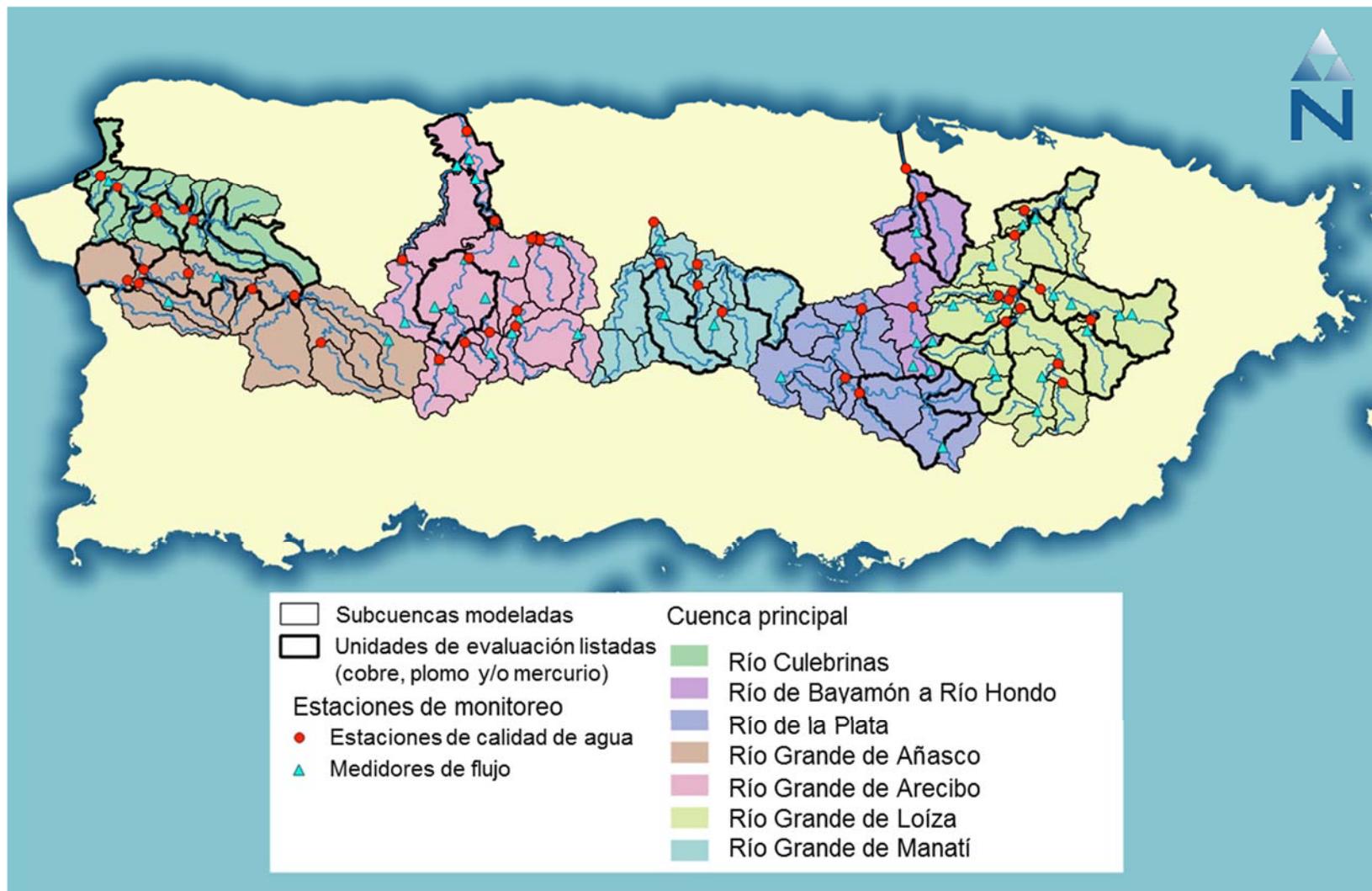


Figura 1-1. Estaciones de monitoreo de calidad de agua y medidores de flujo en las cuencas hidrográficas evaluadas de Puerto Rico.

1.2 Contaminantes de interés

Un resumen de los cuerpos de agua de interés y los correspondientes incumplimientos mencionados en la lista 303(d) se presentan en la Tabla 1-2. El deterioro se relaciona con los impactos a los usos designados: la propagación y preservación de especies deseables, fuentes de abasto para el suministro de agua potable, recreación de contacto primario y recreación de contacto secundario. Las fuentes probables, como se indica en el Informe Integrado 2016, incluyen fuentes precisadas industriales, operaciones agrícolas, fuentes precisadas municipales y fuentes dispersas como la escorrentía de aguas pluviales urbanas (PREQB 2014a, PREQB 2016). El ECA utilizado para calcular las excedencias de concentraciones de cobre, plomo y de mercurio se presenta en la Sección 1.4.

Tabla 1-2. Lista de cuerpos de agua y contaminantes de interés incluidos en este TMDL de metales para Puerto Rico.

Cuenca	ID de la Unidad de Evaluación	Nombre del Cuerpo de Agua	Causa de Incumplimiento Lista 303(d)		
			Cobre	Plomo	Mercurio
Río de La Plata	PRER10A5	Río de La Plata	•	•	•
Río Grande de Manatí	PRNR8A3	Río Grande de Manatí	•		
	PRNR8C2	Río Bauta	•		
Río Grande de Arecibo	PRNR7A1	Río Grande de Arecibo	•		
	PRNR7A2	Río Grande de Arecibo	•	•	
Río Bayamón a Río Hondo	PRER12A1	Río Bayamón	•		
	PRER12B1	Río Guaynabo	•	•	
Río Grande de Loíza	PRER14A1	Río Grande de Loíza	•		
	PRER14G1	Río Gurabo	•		
	PRER14G2	Río Valenciano	•	•	
	PRER14J	Río Turabo	•		
Río Grande de Añasco	PRWR83A	Río Grande de Añasco	•		
Río Culebrinas	PRWR95A	Río Culebrinas	•		

1.3 Nivel de prioridad

Sobre la base de la metodología de evaluación del *Informe Integrado 305(b)/303(d) de 2016 de Puerto Rico*, todas las trece (13) unidades de evaluación enumeradas en la Tabla 1-2 se clasificaron como cuerpos de agua de alta prioridad para cada uno de sus respectivos contaminantes de interés (PREQB 2016).

1.4 Estándares de calidad de agua aplicables

Todas las aguas superficiales se clasifican como *SD* (Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico, 2014; Sección 1302.2), por lo tanto, todos los cuerpos de agua en este documento son cuerpos de agua de *Clase SD*. El estado general de la calidad del agua se considera impactado si no cumple con los requisitos para la recreación de contacto primario y secundario y la propagación de la

vida acuática. La *Clase SD* se describe en Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico (PREQB 2014b) como:

“Las aguas superficiales destinadas a utilizarse como fuentes de abasto para el suministro de agua potable, la propagación y preservación de especies deseables, incluyendo especies amenazadas o en peligro de extinción, así como para la recreación de contacto primario y secundario. La recreación de contacto primario se excluye en cualquier cuerpo de agua que no cumpla con la Regla 1303.2 (D) (2) (l) de este Artículo hasta tanto el cuerpo de agua o segmento afectado logre cumplir con la referida sección.”

Los resúmenes de los datos observados para los impedimentos mencionados se presentan en la Sección 1.5. Estos resúmenes de datos pueden compararse con los criterios numéricos específicos establecidos para apoyar los usos designados para esta clase de aguas superficiales. Los ECA numéricos utilizados para la determinación de los TMDL para cobre, plomo y mercurio están basados en el ECA aplicable presentado en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3. Estándares de calidad de agua para los contaminantes de la lista 303(d) en las cuencas de este proyecto (PREQB 2014a).

Parámetro	Criterio	Unidades	Periodo promedio
Cobre ¹	$e^{(0.8545 \times [\ln(\text{dureza})] - 1.702)}$	µg/L	máximo de muestra individual
Plomo ¹	$e^{(1.273 \times [\ln(\text{dureza})] - 4.705)}$	µg/L	máximo de muestra individual
Mercurio	0.050	µg/L	máximo de muestra individual

1. La dureza se expresa en mg/L de CaCO₃

El ECA para el cobre y el plomo es en función de la dureza. Ya que la dureza a menudo muestra una alta variabilidad basada en la ubicación, debido a las condiciones específicas del sitio del suelo, la geología o ciertas características del uso de la tierra (ULAR 2016), los valores promedio de dureza fueron calculados para cada una de las siete cuencas principales. Estos valores se basan en un período de registro del 1 de octubre 1980 al 30 de septiembre de 2016, y se obtuvieron como parte del conjunto de datos discutido en la Sección 1.3. Los valores de dureza supuestos se utilizaron como entradas para las ecuaciones que se presentan en la Tabla 1-3 para derivar un ECA único por cuenca. La Tabla 1-4 presenta un resumen de los valores de dureza supuestos y el ECA calculado para el cobre y el plomo por cuenca.

Tabla 1-4. Resumen de los valores de dureza promedio a largo plazo por cuenca (1980 - 2016).

Cuenca	Número de muestras	Dureza Promedio (mg/L)	ECA Calculado	
			Cobre (µg/L)	Plomo (µg/L)
Río Grande de Añasco	290	97.21	9.11	3.07
Río Culebrinas	200	139.04	12.36	4.84
Río Grande de Arecibo	746	83.82	8.02	2.54
Río Grande de Manatí	262	104.05	9.65	3.35
Río de La Plata	261	104.81	9.71	3.38

Cuenca	Número de muestras	Dureza Promedio (mg/L)	ECA Calculado	
			Cobre (µg/L)	Plomo (µg/L)
Río Bayamón a Río Hondo	270	124.39	11.24	4.20
Río Grande de Loíza	594	104.34	9.67	3.36

1.5 Datos de Monitoreo

Los datos de monitoreo de Puerto Rico se recopilaron a partir de múltiples fuentes, incluyendo el Sistema de Almacenamiento y Recuperación de Datos (STORET) de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) y datos de la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (JCA y/o PREQB). Estos datos fueron resumidos y evaluados utilizando diversos métodos tabulares y gráficos para evaluar la calidad y representatividad de las muestras disponibles. Tabla 1-5 presenta un resumen de los datos incluidos en este análisis de datos. Apéndice A incluye todos los datos de monitoreo de calidad del agua (en forma de cuadros organizados por la fuente de datos) utilizados para el establecimiento de las condiciones existentes para las unidades de evaluación de Puerto Rico, y el Apéndice B contiene un análisis de tendencias detallado de los datos. Las subsecciones siguientes proporcionan una descripción general de cada uno de los contaminantes incluidos en el TMDL de Puerto Rico, incluyendo información básica de los impactos y las posibles fuentes de cada uno.

Tabla 1-5. Resumen de los datos disponibles sobre la calidad del agua por unidad de evaluación y su respectiva fuente de datos (WY 2006 - WY 2016).¹

Cuerpo de Agua	ID de la Unidad de Evaluación	Número de muestras Cobre		Número de muestras Plomo		Número de muestras Mercurio	
		USEPA	USGS	USEPA	USGS	USEPA	USGS
Cuenca del Río de la Plata							
Río de la Plata	PRER10A5	1	8	1	8	--	8
Cuenca del Río Bayamón a Río Hondo							
Río Bayamón	PRER12A1	--	30				
Río Guaynabo	PRER12B1	--	22	--	22		
Cuenca del Río Grande de Loíza							
Río Grande de Loíza	PRER14A1	--	22				
Río Gurabo	PRER14G1	1	21				
Río Valenciano	PRER14G2	2	7	2	7		
Río Turabo	PRER14J	1	6				
Cuenca del Río Grande de Arecibo							
Río Grande de Arecibo	PRNR7A1	--	35				
Río Grande de Arecibo	PRNR7A2	2	21	2	21		
Cuenca del Río Grande de Manatí							
Río Grande de Manatí	PRNR8A3	1	6				
Río Bauta	PRNR8C2	--	9				
Cuenca del Río Grande de Añasco							

Cuerpo de Agua	ID de la Unidad de Evaluación	Número de muestras Cobre		Número de muestras Plomo		Número de muestras Mercurio	
		USEPA	USGS	USEPA	USGS	USEPA	USGS
Río Grande de Añasco	PRWR83A	--	62				
Cuenca del Río Culebrinas							
Río Culebrinas	PRWR95A	2	58				
Total		10	307	5	58	--	8

El sombreado gris indica que el cuerpo de agua no está listado por ese contaminante

¹ Los datos de STORET de la USEPA. El año del agua (WY) comienza el 1 de octubre del año anterior y termina el 30 de septiembre del año anotado.

1.5.1 Cobre total

Todos los trece cuerpos de agua listados en el 303 (d) presentados en la Tabla 1-2 están impactados por el cobre total. El cobre es un metal pesado que, en grandes cantidades, puede ser perjudicial para los seres humanos y la vida acuática, a través de la ingestión y el contacto directo con un cuerpo de agua contaminado. Los suelos y los sedimentos en suspensión son un importante depósito para el cobre una vez liberado en el medio ambiente, y los cambios en su forma química pueden dar lugar a la concentración biológica dentro de los organismos acuáticos. El deterioro causado por el cobre en los cuerpos de agua a menudo se puede mejorar mediante el control de las escorrentías pluviales, de la contaminación por puntos industriales y de la sedimentación, así como el reemplazo de las tuberías usadas para transportar agua potable y aguas residuales y limitando su uso en las operaciones agrícolas.

Dentro de las 13 unidades de evaluación, existen 42 estaciones que han registrado muestras de cobre - la mayoría de las estaciones (32) han estado en funcionamiento durante más de 10 años. De esas estaciones, 11 tienen registros de datos significativos (más de 30 observaciones). Las concentraciones de cobre son más altas en Río Gurabo (PRER14G1) con una concentración media de 7.87 µg/L y una concentración máxima de 71.9 µg/L. Los niveles de cobre también son altos en Río Guaynabo (PRER12) y Río de la Plata (PRER10A5). La Tabla 1-6 enumera el resumen de las estadísticas de cobre por unidad de evaluación con más detalle. El ECA utilizado para calcular las excedencias de cobre se presenta en la Sección 1.4.

La Figura 1-2 presenta las tendencias en las concentraciones de cobre observadas en los cuerpos de agua impactados en base anual (últimos 10 años) y estacional (desde el inicio de WY 2006), así como los patrones observados en base a datos de precipitación y de flujo. Las tendencias anuales en el gráfico de la parte superior izquierda indican que las excedencias (valores anaranjados) fueron generalmente más altas antes de 2012, y no hubo ninguna excedencia en 2015 y 2016. En general, el 9% de las muestras excedieron el ECA en los últimos 11 años (en todas las cuencas). Las tendencias estacionales de los últimos 11 años muestran excedencias durante los meses de invierno y verano, y ninguna fuera de esas estaciones. La cantidad de lluvia (gráfica en la parte inferior izquierda) parece ser un factor que contribuye significativamente a las excedencias de las concentraciones de cobre en las aguas de Puerto Rico, con porcentajes de excedencias del 40% y 36% durante los períodos de mayor precipitación. La curva de la duración del flujo (gráfico de abajo a la derecha) no muestra excedencias durante los días secos (percentil 0 al 20), con el número de excedencias aumentando a medida que el flujo aumenta.

Tabla 1-6. Resumen de datos de cobre ($\mu\text{g/L}$) disponibles por unidad de evaluación (WY 2006 – WY 2016).

Cuerpo de Agua	Unidad de Evaluación	Fecha Inicio	Fecha Final	Cuenta	Número de Excedencias	Min ($\mu\text{g/L}$)	Promedio ($\mu\text{g/L}$)	Máx ($\mu\text{g/L}$)
Cuenca del Río de la Plata								
Río de la Plata	PRER10A5	2/27/2013	9/8/2016	9	1	0.00	5.61	33.20
Cuenca del Río Bayamón al Río Hondo								
Río Bayamón	PRER12A1	2/13/2006	9/6/2016	30	2	1.00	3.98	26.40
Río Guaynabo	PRER12B1	2/3/2006	9/6/2016	22	3	2.00	8.31	47.20
Cuenca del Río Grande de Loíza								
Río Grande de Loíza	PRER14A1	2/9/2006	9/12/2016	22	2	1.10	3.57	21.30
Río Gurabo	PRER14G1	2/7/2006	2/16/2016	22	5	0.00	9.87	71.90
Río Valenciano	PRER14G2	3/2/2013	9/13/2016	9	1	0.00	3.05	16.70
Río Turabo	PRER14J	3/7/2013	2/18/2016	7	1	0.00	2.17	6.80
Cuenca del Río Grande de Arecibo								
Río Grande de Arecibo	PRNR7A1	2/14/2006	2/18/2016	35	3	0.00	2.79	11.90
Río Grande de Arecibo	PRNR7A2	2/14/2006	2/17/2016	23	2	0.00	3.93	13.80
Cuenca del Río Grande de Manatí								
Río Grande de Manatí	PRNR8A3	3/22/2006	4/13/2015	7	1	0.00	2.50	10.30
Río Bauta	PRNR8C2	3/21/2006	8/7/2015	9	0	1.10	1.92	3.00
Cuenca del Río Grande de Añasco								
Río Grande de Añasco	PRWR83A	2/8/2006	9/7/2016	62	4	0.00	2.82	22.30
Cuenca del Río Culebrinas								
Río Culebrinas	PRWR95A	2/8/2006	9/7/2016	60	4	0.00	3.27	26.80
Total				317	29			

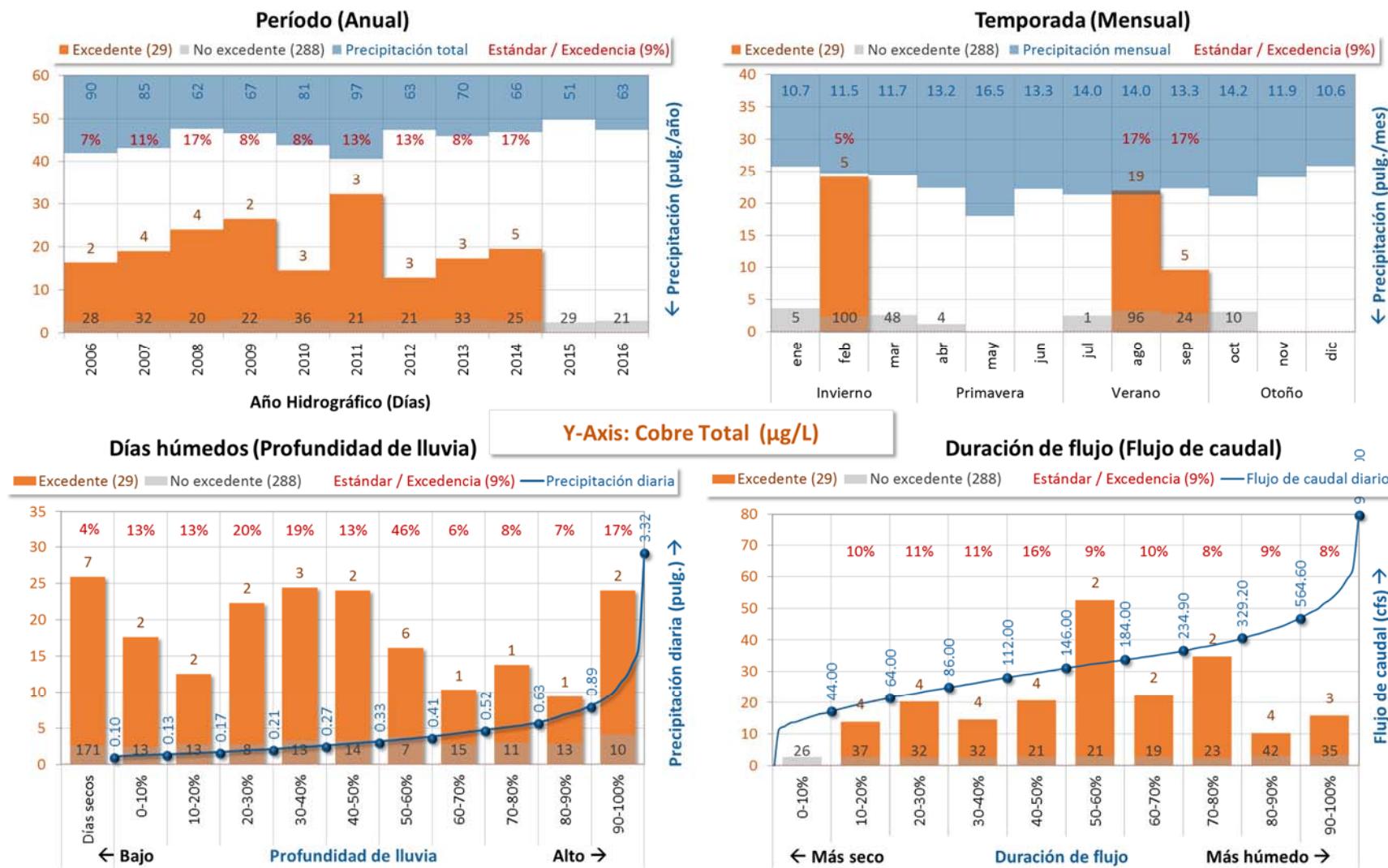


Figura 1-2. Cobre total ($\text{Cu, } \mu\text{g/L}$) en todas las estaciones de monitoreo de todos los cuerpos de agua listados por cobre (WY 2006 - presente).

1.5.2 Plomo total

Cuatro de los cuerpos de agua listados en el 303 (d) presentados en la Tabla 1-2 están impactados por el plomo total. El plomo es un metal pesado que, en grandes cantidades, puede ser perjudicial para los seres humanos y la vida acuática al ingerir agua contaminada con plomo o estar en contacto directo con un cuerpo de agua contaminado. En el ambiente, los seres humanos están expuestos al plomo de una mayor variedad de fuentes y a niveles más altos que los asociados con el mercurio o el cobre. Los suelos y los sedimentos en suspensión son un importante depósito de plomo una vez liberado en el medio ambiente, y los cambios en su forma química pueden dar lugar a la concentración biológica dentro de los organismos acuáticos. El deterioro causado por el plomo en los cuerpos de agua a menudo puede mejorarse controlando la contaminación de fuentes precisadas industriales y municipales y reemplazando la vieja infraestructura, así como las tuberías viejas usadas para transportar agua potable y aguas residuales. El ECA utilizado para calcular las excedencias de plomo se presenta en la Sección 1.4.

Dentro de las cuatro unidades de evaluación listadas, hay 11 estaciones que han registrado mediciones de plomo - la mayoría de las estaciones (9) han estado en funcionamiento durante más de 10 años. De esas estaciones, dos tienen registros de datos significativos (más de 30 observaciones). Las concentraciones de plomo son más altas en Río Guaynabo (PRER12B1) con una concentración media de plomo de 1.71 µg/L y un máximo de 11.8 µg/L. La Tabla 1-7 enumera las estadísticas resumidas de plomo por unidad de evaluación con más detalle.

La Figura 1-3 presenta las tendencias en las concentraciones de plomo observadas en base anual (últimos 11 años), y estacional (desde el inicio de WY 2006), así como los patrones observados en base a datos de precipitación y caudal. Las tendencias anuales (en el gráfico de arriba a la izquierda) muestran excedencias durante cinco de los últimos 11 años, y ninguna excedencia en 2015 y 2016. En general, el 10% de las muestras de plomo superó el ECA en los últimos 11 años. Las tendencias estacionales muestran excedencias sólo durante los meses de febrero y agosto, aunque no se tomaron muestras de abril a junio o de octubre a diciembre. Basado en la cantidad de lluvia, las excedencias aparecen ligeramente más frecuentes durante los días húmedos (gráfico en la parte inferior izquierda), aunque el tamaño de la muestra es pequeño. La curva de duración del flujo muestra excedencias sólo por encima de una tormenta de percentil 50, lo que implica que las excedencias sólo ocurren durante los eventos con mayores cantidades de lluvia.

Tabla 1-7. Resumen de datos de plomo ($\mu\text{g}/\text{L}$) disponibles por unidad de evaluación (WY 2006 – WY 2016).

Cuerpo de Agua	Unidad de Evaluación	Fecha Inicio	Fecha Final	Cuenta	Número de Excedencias	Min ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Promedio ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Máx ($\mu\text{g}/\text{L}$)
Cuenca del Río de la Plata								
Río de la Plata	PRER10A5	2/27/2013	9/8/2016	9	1	0.00	5.61	33.20
Cuenca del Río Bayamón al Río Hondo								
Río Guaynabo	PRER12B1	2/3/2006	9/6/2016	22	3	2.00	8.31	47.20
Cuenca del Río Grande de Loíza								
Río Valenciano	PRER14G2	3/2/2013	9/13/2016	9	1	0.00	3.05	16.70
Cuenca del Río Grande de Arecibo								
Río Grande de Arecibo	PRNR7A2	2/14/2006	2/17/2016	23	1	0.00	3.93	13.80
Total				63	6			

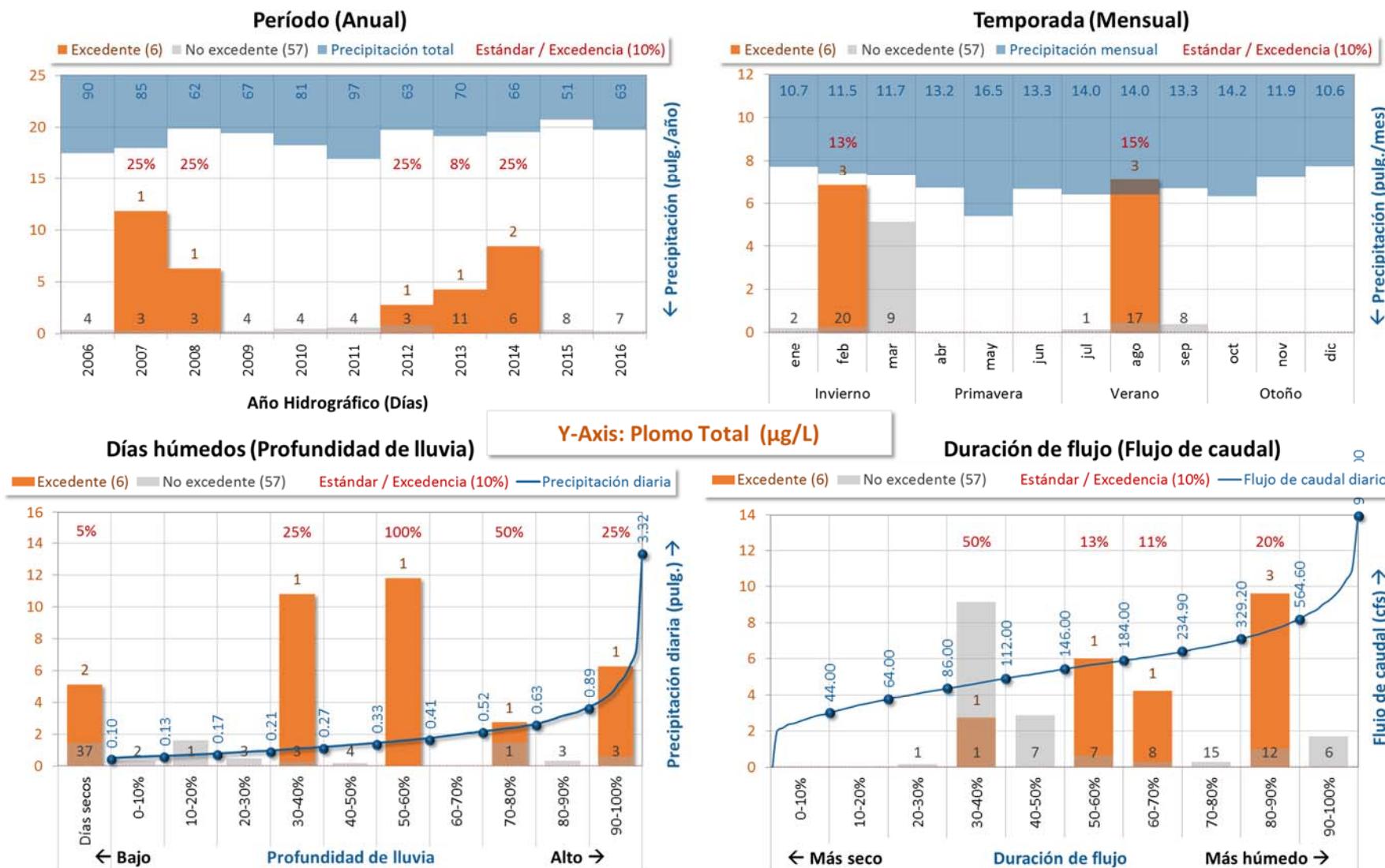


Figura 1-3. Plomo total ($\text{Pb, } \mu\text{g}/\text{L}$) en todas las estaciones de monitoreo de todos los cuerpos de agua listados por plomo (WY 2006 - presente).

1.5.3 Mercurio

Uno de los cuerpos de agua en la Tabla 1-2 aparece como impactado por el mercurio total: Río de la Plata (PRER10A5). El mercurio es considerado uno de los metales pesados más volátiles y, en grandes cantidades, puede ser perjudicial para los seres humanos y la vida acuática, especialmente en su forma orgánica: metilmercurio. Los suelos y los sedimentos en suspensión constituyen un importante depósito de mercurio una vez liberado en el medio ambiente, y los cambios en su forma química pueden dar lugar a acumulación biológica en la cadena alimentaria. Esta acumulación biológica da lugar a concentraciones que aumentan progresivamente a lo largo de una cadena alimentaria ecológica, lo que hace que los organismos acuáticos contaminados por mercurio sean más tóxicos para los seres humanos. El deterioro causado por el mercurio en los cuerpos de agua a menudo se puede mejorar controlando la contaminación de fuentes precisadas industriales y municipales, así como la eliminación de baterías, pintura y otras fuentes de mercurio de la corriente de desechos. El ECA utilizado para calcular las excedencias de mercurio se presenta en la Sección 1.4.

Dentro del Río de la Plata, hay dos estaciones que tienen muestras de mercurio, pero solo una con muestras en los últimos 10 años. Esta estación sólo ha estado en funcionamiento desde 2013 y contiene un total de ocho (8) muestras. La concentración promedio de mercurio en el Río de la Plata es de 0.012 µg/L, con una concentración máxima de 0.089 µg/L. La Figura 1-4 presenta las muestras de mercurio del Río de la Plata a través del tiempo. La Tabla 1-8 presenta un resumen estadístico de las muestras de mercurio, teniendo en cuenta que la concentración promedio para todas las muestras es sesgada por la única muestra que excede el ECA y que el promedio para las otras 7 muestras es 0.001 µg/L.

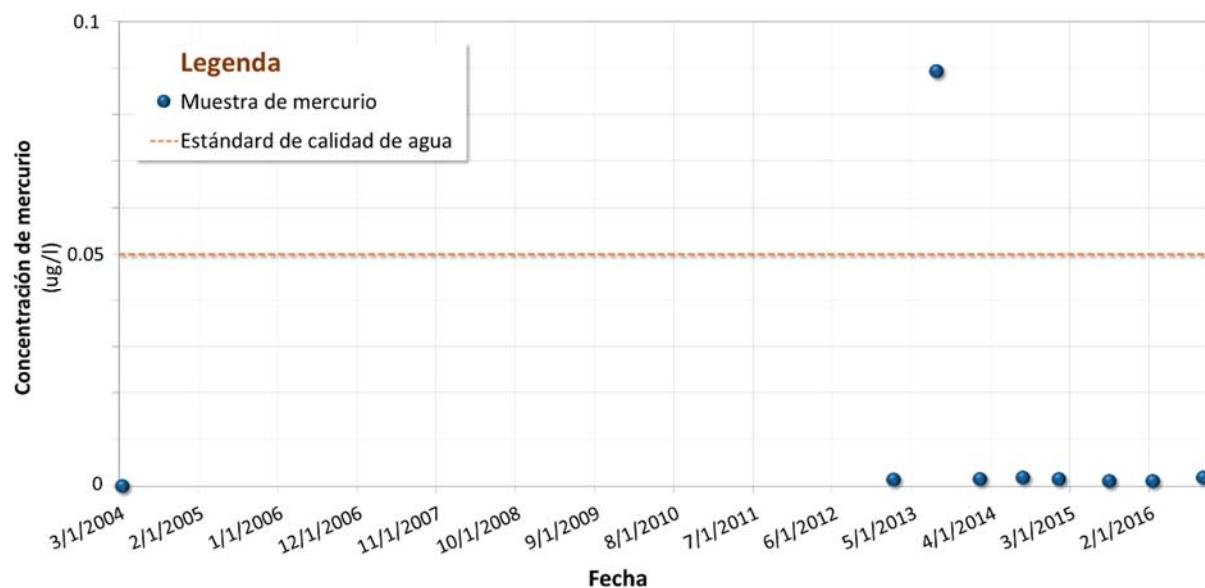


Figura 1-4. Resultados de muestreo de mercurio disponibles para Río de la Plata (WY 2004 - presente).

Tabla 1-8. Resumen del muestreo de mercurio en todas las unidades de evaluación listadas (WY 2006 - presente).

Cuerpo de Agua	Unidad de Evaluación	Cuenta	# > ECA	Min (µg/L)	Promedio (µg/L)	Máx (µg/L)
Río de La Plata	PRER10A5	8	1	0.001	0.012	0.089

2 FUENTES DE CONTAMINANTES

Esta sección resume las fuentes potenciales para cada uno de los contaminantes incluidos en la lista 303(d) de aguas impactadas de 2016. Se presenta en esta sección información sobre los tipos de fuentes de contaminantes, cuándo son más activos (por ejemplo, sólo durante los eventos de lluvia); y cuánto se sabe acerca de la fuente con respecto a la capacidad de caracterizar y estimar la carga a las aguas receptoras. Esta información informará el cálculo de la carga existente de los contaminantes y las reducciones necesarias de las fuentes para alcanzar o mantener los ECA.

Además de destacar el (los) contaminante (s) de interés, el Informe Integrado de 2016 para Puerto Rico resume las posibles fuentes contaminantes que contribuyen al deterioro en cada unidad de evaluación listada. Los tipos de fuentes van desde instalaciones específicas que pueden reportar descargas actuales, a fuentes distribuidas, donde las contribuciones son típicamente impulsadas por lluvias y donde las fuentes específicas son más difíciles de identificar y cuantificar. La Tabla 2-1 presenta un resumen de las posibles fuentes de contaminación por unidad de evaluación tal como se documenta en el Informe Integrado 2016 (PREQB 2016). Las subsecciones siguientes presentan una discusión de las fuentes de contaminantes principales consideradas en este TMDL.

Tabla 2-1. Resumen de las fuentes potenciales de contaminación descritas en el Informe Integrado 2016.

Cuerpo de Agua	Unidad de Evaluación	Agricultura	Fallas de los sistemas de recolección	Operaciones de alimentación de animales concentrados	Vertederos	Fuentes precisadas municipales	Fuentes precisadas industriales	Sistemas de alcantarillado in-situ	Plantas de envasado	Minería superficial	Escorrentía urbana & alcantarillado pluvial
Río de La Plata	PRER10A5	--	●●●	●●●	--	●●●	●●●	●●●	--	--	●●●
Río Grande de Manatí	PRNR8A3	--	--	●	●	--	--	●	●	--	--
Río Bauta	PRNR8C2	●	--	●	--	--	--	●	--	--	--
Río Grande de Arecibo	PRNR7A1	●	●	●	--	--	●	●	--	--	●
Río Grande de Arecibo	PRNR7A2	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	--	--	●●
Río Bayamón	PRER12A1	--	●	●	--	--	●	●	--	--	●
Río Guaynabo	PRER12B1	--	●●	●●	●●	--	●●	●●	--	--	●●
Río Grande de Loíza	PRER14A1	--	●	●	--	--	●	●	--	●	●
Río Gurabo	PRER14G1	--	●	●	●	--	●	●	--	●	--
Río Valenciano	PRER14G2	●●	●●	●●	●●	--	●●	●●	●●	--	●●
Río Turabo	PRER14J	●	●	●	--	●	●	●	--	--	●
Río Grande de Añasco	PRWR83A	●	●	●	--	●	●	●	--	--	●
Río Culebrinas	PRWR95A	●	●	●	●	●	●	●	--	--	●

●: Cobre ●●: Cobre y plomo ●●●: Cobre, plomo y mercurio

2.1 Fuentes dispersas

Las siguientes secciones proporcionan un resumen de lo que conocemos sobre las fuentes dispersas de cobre, plomo y mercurio para los cuerpos de agua listados. A diferencia de las fuentes precisadas, que recibirán asignaciones de carga individuales (WLAs), las fuentes dispersas son más difíciles de identificar y cuantificar. Se han llevado a cabo análisis de datos y modelaje para desarrollar estimados de carga para las conocidas categorías contribuyentes de fuentes dispersas.

2.1.1 Agricultura

Las prácticas agrícolas pueden ser una fuente significativa de cobre y plomo a los cuerpos de agua que figuran en la Tabla 2-1. Estudios han determinado que existen trazas de metales tóxicos en los suelos agrícolas, muchas veces en cantidades mayores que en los suelos no agrícolas (Holmgren et al., 1993). Tanto el cobre como el plomo se pueden encontrar en pesticidas y fertilizantes a base de fósforo que se aplican a los campos agrícolas. El cobre también se ha encontrado en altos niveles en el estiércol, que puede ser más biológicamente activo que el cobre en los desechos biosólidos (Hopkins y Ellsworth 2005), e históricamente se ha utilizado como fungicida agrícola (Apeti et al., 2011). Estos contaminantes pueden entonces viajar a cuerpos de agua con la escorrentía de áreas agrícolas, ya sea disueltos en la escorrentía o adsorbidos a partículas de sedimento. En las cuencas donde la agricultura es un uso predominante de la tierra, o donde la agricultura está ubicada adyacente a las aguas receptoras, como en Río de Loíza, Río Grande de Arecibo y Río Culebrinas, la aplicación de plaguicidas y fertilizantes puede ser una fuente importante de cobre y plomo a estos cuerpos de agua. Los detalles sobre cómo fueron parametrizados y modelados los usos de terreno agrícolas, para cobre y plomo, se incluyen en el Informe de Modelo TMDL (Apéndice C).

2.1.2 Pastos / operaciones de alimentación de animales y pastoreo

Las Operaciones de Alimentación Agrícola (AFO) son empresas agrícolas donde los animales son criados en áreas confinadas. Las AFO, a diferencia de las operaciones de alimentación de animales concentrados (CAFO), descritos en la Sección 2.2.1, operan en terrenos más pequeños, contienen menos de 1,000 unidades animales, y no están regulados bajo el Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES) de la Ley de Agua Limpia, aunque aún pueden estar afectando el ambiente local. En este TMDL, estas operaciones que no tienen permisos NPDES se caracterizan como pastos / alimentación animal y operaciones de pastoreo. Los detalles sobre cómo fueron parametrizados y modelados los usos de terreno agrícolas, para cobre y plomo, se incluyen en el Informe de Modelo TMDL (Apéndice C). La carga existente se asigna con una asignación de carga de fuentes dispersas. No se incluye información detallada sobre cada una de estas operaciones en este TMDL, ya que hay poca investigación disponible sobre las concentraciones de metales de las operaciones de alimentación y pastoreo de animales en Puerto Rico. Se cree que existen numerosas pequeñas AFOs en las cuencas hidrográficas listadas y que podrían representar una fuente de cobre para las aguas receptoras si el efluente no se gestiona adecuadamente. Este TMDL utiliza un enfoque de carga basado en el uso del suelo usando valores de la literatura y suposiciones conservadoras. Las posibles fuentes de metales en las operaciones de alimentación y pastoreo incluyen concentraciones de metal de fondo (cobre y zinc principalmente) en plantas nativas, así como metales que a veces se agregan como conservantes a la comida para animales (USEPA 2004). Los desechos animales generados por estas operaciones podrían resultar en mayores concentraciones de metales disponibles para la escorrentía durante eventos de tormenta o en depósito directo a arroyos.

2.1.3 Escorrentía urbana

La causa principal de los problemas de calidad del agua en Puerto Rico es la contaminación de fuentes dispersas proveniente de la escorrentía urbana (NOAA 2000). La erosión de las tierras altas y la sedimentación son también importantes contribuyentes, ya que los sedimentos tienen el potencial de transportar cobre, plomo y mercurio a los cuerpos de agua, afectando la calidad del agua y la vida acuática. La escorrentía de las cuencas hidrográficas y las escorrentías de aguas pluviales urbanas pueden llevar este sedimento a los ríos locales que provienen de áreas de vegetación natural o de tierras desarrolladas. En octubre de 2000, Puerto Rico recibió la aprobación federal para un nuevo programa de escorrentía contaminada dirigido a ayudar a la isla a abordar estas cuestiones.

La urbanización es superior en las cuencas de Río Bayamón a Río Hondo, Río de Loíza y Río Culebrinas. A medida que el desarrollo y la urbanización aumentan dentro de estas cuencas hidrográficas (particularmente en las áreas de tierras altas), se irán generando otros contaminantes (pesticidas, metales pesados, materia orgánica y basura). En última instancia, las aguas pluviales llevan estos contaminantes a ríos, bahías, y áreas costeras. Las fuentes de sedimentación y escorrentía se acentúan con los proyectos de construcción, caminos sin pavimentar y grandes áreas urbanas, especialmente en áreas con pendientes altas y menos vegetación. Es probable que las cargas procedentes de estas fuentes contribuyan a la excedencia de los estándares de metales pesados, pero también pueden tener un impacto a más largo plazo asociado con la distribución de otros contaminantes. El cobre y el plomo, específicamente, se encuentran comúnmente en muchas facetas del medio ambiente urbano, incluyendo el hormigón y componentes automotrices, los cuales pueden deteriorarse con el tiempo liberando estos metales en los sistemas de aguas superficiales y subterráneas (BASMA 2011, ULAR 2016). Los detalles sobre cómo se han parametrizado las áreas urbanas no reguladas, para el modelaje de cobre y plomo, se incluyen en el Informe de Modelo TMDL (Apéndice C).

La escorrentía de áreas urbanas más grandes y de mayor densidad también puede ser descargada bajo un sistema de alcantarillado municipal (MS4) autorizado por NPDES. A los programas de MS4 se les suele requerir la preparación de informes anuales y están sujetos a la inspección del programa, igual a las instalaciones permitidas por NPDES municipales o industriales. Dado que estos programas tienen permisos individuales, se expresarán por separado en el TMDL con un WLA.

2.1.4 Vertederos

El método típico de eliminación de materiales no reciclables en Puerto Rico son los vertederos. Muchos productos que contienen metales pesados, a lo largo de su ciclo de vida, pueden liberar contaminantes que ganan acceso hacia los cuerpos de agua superficiales o subterráneos a través de lixiviados. Sin embargo, el diseño moderno de vertederos incluye sistemas de contención para prevenir la contaminación proveniente de materiales del vertedero sanitario; sin embargo, aun con sistemas de contención adecuados, se desconoce el tiempo de vida y el rendimiento de estos sistemas a lo largo de largos períodos de tiempo. Un vertedero típico a capacidad, por ejemplo, con millones de toneladas de desechos, puede contener miles de kilogramos de metales pesados, incluyendo cobre, plomo y mercurio (New York Academy of Sciences 2006). Seis vertederos están ubicados cerca de los cuerpos de agua rio arriba, dentro de las cuencas hidrográficas de Río de Arecibo, Río Grande de Manatí, Río Bayamón a Río Hondo y Río de la Plata. Dentro de estas cuencas hidrográficas, los vertederos podrían suponer un riesgo de contaminación de las aguas impactadas si no se manejan adecuadamente. Los automóviles, específicamente, contienen cobre y plomo en una variedad de componentes incluyendo pastillas de freno, neumáticos, fluidos y varias partes de motores (TDC 2014, ULAR 2016). Cuando estos componentes se corroen, como ocurre con los vehículos abandonados expuestos a los elementos con el paso del tiempo, tanto el cobre como el plomo son liberados al medio ambiente y pueden ser

transportados por erosión de sedimentos o lixiviados a través de sistemas de aguas subterráneas. No se obtuvo información que sugiera que alguno de los 6 vertederos son fuentes de cobre, plomo o mercurio, por lo tanto, ninguna contribución de carga se incluyó en el modelaje descrito en el Apéndice C, las cargas existentes se suponen que son cero, y no se hicieron asignaciones de carga a los vertederos.

2.1.5 Superfund

El programa Superfund fue desarrollado en 1980 como la Ley Integral de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Ambiental (CERCLA) para proporcionar la ejecución y la financiación de los trabajos de limpieza de sitios contaminados. Los sitios identificados con una designación Superfund a menudo exhiben la contaminación del suelo y las aguas subterráneas que puede lixiviar fuera del sitio a los terrenos adyacentes y aguas receptoras. Debido a que las aguas subterráneas a menudo sirven como el mecanismo de transporte para los contaminantes, puede ser difícil predecir el seguimiento de su movimiento en el subsuelo. Los contaminantes pueden incluir líquidos densos de fase no acuosa (DNAPL), sustancias orgánicas, sustancias tóxicas y metales pesados. Otros contaminantes más tradicionales están a menudo presentes en estos sitios, como el cobre, el plomo y el mercurio.

Cuatro (4) sitios de Superfund fueron identificados dentro de las cuencas modeladas durante este TMDL. Sólo dos de las cuatro unidades de evaluación que contienen los sitios de Superfund están listadas por el cobre o el plomo. Ninguna de las unidades de evaluación que contienen los sitios de Superfund se listaron por mercurio, lo que sugiere que el deterioro por causa de mercurio en PRER10A5 no está siendo causado por un sitio de Superfund activo. La Tabla 2-2 presenta un resumen de los sitios de Superfund y las unidades de evaluación coincidentes.

Debido a que ningún sitio Superfund fue identificado como una fuente de cobre, plomo o mercurio, ninguna contribución de carga se incluyó en el esfuerzo de modelado descrito en el Apéndice C. Las cargas existentes se suponen que son cero, y no hubo asignaciones a los sitios de Superfund.

Tabla 2-2. Resumen de los sitios Superfund identificados dentro de las cuencas hidrográficas listadas.

Descripción del Sitio	Cuerpo de Agua	Unidad de Evaluación	Contaminantes Listados
PAPELERA PUERTORRIQUE, INC	Río Grande de Arecibo	PRNR7A2	Cobre, Plomo
CIDRA GW CONTAMINATION	Río Arroyata	PRER10G	--
JUNCOS LANDFILL	Río Cagüitas	PRER14I	--
HORMIGAS GW PLUME	Río Gurabo	PRER14G1	Cobre

2.1.6 Instalaciones RCRA

Bajo la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA), las instalaciones que generan, transportan, tratan, almacenan o eliminan residuos peligrosos deben proporcionar la USEPA con información relacionada a sus actividades de residuos. Aquellos que manejan residuos peligrosos están obligados a proporcionar la identificación básica del sitio, estatus del permiso o cierre, y cualquier seguimiento de las acciones correctivas. Las facilidades RCRA en Puerto Rico se enumeran en la base de datos Envirofacts de la EPA, y en el sitio web de la EPA Región 2, el que contiene una lista de 24 Instalaciones de Limpieza RCRA. Todas las Instalaciones de Limpieza en Puerto Rico tienen la contaminación de las aguas subterráneas y la exposición humana “bajo control” a excepción

de un lugar donde se necesita más información. Por medio de comunicación personal con JCA, no se cree que los sitios de RCRA están contribuyendo de manera significativa a la carga de metal y por lo tanto no están incluidos en la asignación y análisis TMDL. Después de una búsqueda en el sitio web de RCRA de la EPA (<https://www3.epa.gov/region02/rcra/caribind.htm>) no se identificó ninguna fuente existente de cobre, plomo o mercurio, por lo tanto, ninguna contribución de carga se incluyó en el esfuerzo de modelado descrito en el Apéndice C. Las cargas existentes se suponen que son cero, y no hubo asignaciones a los sitios de RCRA.

2.1.7 Bosques y fuentes de fondo

Las fuentes de los metales también pueden ser encontrados en los sedimentos y ríos provenientes de fuentes de fondo. Históricamente, también existen grandes áreas de depósitos comercialmente explotables de metales a lo largo de la parte central de Puerto Rico, especialmente en las cuencas de Río de Añasco, Río de Arecibo, y Río de Manatí (Gelabert 2004). Los desechos de las minas abandonadas pueden tener impactos significativos a los ríos cercanos y los hábitats acuáticos, debido a la erosión y re-deposición de material desecharido que contienen metales (USGS 2010). Este tipo de sitios producirían efectos firmes, pero localizados y los cuales no se observaron en los datos de monitoreo. No se dispuso de documentación de sitios de extracción o minería abandonados para identificar áreas de influencia. En octubre de 2005, por ejemplo, la USEPA llevó a cabo el muestreo de cobre de dos efluentes de WWTP en Puerto Rico (Aguas Buenas y Caguas) en la corriente de agua receptora, aguas arriba y aguas abajo de los puntos de descarga. Las concentraciones de cobre aguas abajo de los sitios fueron 3.67 g/L y 4.82 g/L, y los valores aguas arriba estuvieron por debajo de las concentraciones de detección (PREQB 2007). Las concentraciones no detectadas en los datos de monitoreo de los sitios aguas arriba y las bajas tasas anuales de carga para usos de la tierra natural que se discuten en el Apéndice C sugieren que las fuentes naturales y de fondo típicamente no contribuyen al deterioro del agua de cobre, plomo y mercurio. Los detalles sobre cómo las fuentes naturales y de fondo de cobre y plomo fueron parametrizados y modelados se incluyen en el Informe de Modelaje TMDL (Apéndice C).

La deposición atmosférica se ha citado como una fuente de mercurio procedente de emisiones descargadas por las centrales eléctricas y otras instalaciones industriales (CSN 2015). Mientras que alguna literatura sugiere que podrán existir algunos focos localizados de acumulación de mercurio en lugares de deposición húmeda en zonas de precipitación alta, no se encontró ninguna investigación definitiva para sugerir que la deposición atmosférica es una fuente extendida de mercurio a través de Puerto Rico. Por otra parte, un patrón espacial más amplio de excedencias sería el caso si la deposición húmeda fuese un factor importante en la causa de las excedencias de mercurio. El análisis de las tendencias presentadas en la Sección 1.5.3 no muestra ningún patrón consistente de excedencias en toda la isla y, de hecho, se observó sólo una excedencia del ECA de mercurio en los datos disponibles.

2.2 Fuentes precisadas

Las siguientes secciones proporcionan información sobre fuentes precisadas de cobre, plomo y mercurio.

2.2.1 Operación de alimentación de animales concentrados (CAFO)

Las operaciones de alimentación de animales (AFOS) son empresas agrícolas donde los animales son mantenidos y criados en situaciones confinadas. Estas operaciones reúnen animales, comida, estiércol y orina, animales muertos y operaciones de producción en una pequeña área de tierra. Los datos del USDA indican que la gran mayoría de las fincas con ganado son pequeñas, aproximadamente el 85 por ciento de estas fincas tienen menos de 250 unidades animales (AUs), donde una AU equivale aproximadamente a un vaca de ganado (por lo tanto 1,000 AUs equivale a 1,000 vacas o un número

equivalente de otros tipos de animales) (<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/exexsum.pdf>). Las AFOs pueden plantear una serie de riesgos para la calidad del agua y la salud pública, principalmente debido a la cantidad de estiércol animal y las aguas residuales que generan. Las operaciones de alimentación concentrada de animales (CAFO) son AFOs de alto riesgo que se abordan a través de un permiso NPDES. Listadas como una fuente potencial para cada una de las 13 unidades de evaluación. Un CAFO se define por la USEPA como una operación grande de alimentación de animales concentrados, con más de 1,000 unidades animales (un equivalente de animales de 1,000 libras de peso), lo que equivale a 1,000 cabezas de ganado vacuno, 700 vacas lecheras, 2,500 cerdos, 125,000 pollos, o 82,000 gallinas que están concentrados en el lugar por más de 45 días durante el año. Como se dijo anteriormente, el cobre y el plomo se pueden encontrar en las actividades agrícolas provenientes de fungicidas, fertilizantes a base de fósforo, pesticidas, especialmente en las zonas concentradas. El cobre, en particular, ha sido históricamente encontrado en altos niveles en el estiércol, que pueden ser concentrado en CAFOs (Hopkins y Ellsworth 2005). Una de las instalaciones con permiso NPDES activo, To-Ricos, LTD (Las Piedras Feed Mill, Permiso NPDES: PRR053262) se encuentra cerca de Río Valenciano (PRER14G2). Los registros de monitoreo de descargas (DMR) del Sistema de Cumplimiento de Permisos de la EPA para esta instalación incluyen cobre, pero no contienen un límite de descarga, y no hay ningún registro de monitoreo de los flujos de efluentes. Por lo tanto, no se establecerá ninguna carga existente o WLA para PRR053262. Otros AFOs se incorporan en este TMDL como fuentes dispersas a través del modelado de uso de terreno y suposiciones para las concentraciones de cobre.

2.2.2 Instalaciones con permisos de NPDES

Las fuentes precisadas municipales, incluyendo las plantas de tratamiento de aguas residuales (WWTP) tienen permiso para la descarga de efluentes a las aguas receptoras bajo el programa de NPDES. Cuatro unidades de evaluación listadas, que incluyen Río de la Plata, Río Turabo, Río Grande de Añasco, y Río Culebrinas tienen fuentes precisadas municipales que posiblemente descargan los contaminantes de interés a las aguas receptoras. Las fuentes precisadas industriales se incluyen como fuente posible de contaminación de cobre, plomo y/o mercurio para todas las unidades de evaluación, excepto una. El plomo tiene muchas diferentes aplicaciones industriales, como la producción de baterías de plomo-ácido, municiones, y otros productos de metal (soldadura y tuberías).

En los últimos años, el uso industrial de plomo en las pinturas y productos de cerámica se ha reducido significativamente, aunque todavía existen varias fuentes históricas de estos metales. El cobre puede ser producido a escala industrial para baterías (como un electrolito o ingrediente en baterías alcalinas), tubería de fontanería, radiadores, catalizadores industriales y electrodos, monedas, etc. El cobre también se ha utilizado en revestimientos anti incrustantes marinos para barcos y muelles (Asociación de Estuarios Limpios, 2014). El mercurio se utiliza en la industria eléctrica (interruptores, termostatos), odontología, y otros procesos industriales para agentes anti fúngicos, solventes y conservantes. La demanda industrial de mercurio y otros metales, sin embargo, ha disminuido debido a las prohibiciones federales con respecto a aditivos metálicos en pinturas y pesticidas. Las cuencas con operaciones comerciales e industriales a gran escala presentan mayor probabilidad de contaminación relacionada con las fuentes precisadas industriales. Río Bayamón a Río Hondo, Río de Loíza y Río Culebrinas contienen porcentajes más altos de la tierra desarrollada que otras cuencas y tienen por lo tanto un mayor riesgo de contaminación debido a la industria.

Se obtuvieron registros detallados de monitoreo de descarga (DMR) para todas las instalaciones, donde disponibles, utilizando el sistema de notificación USEPA PCS-ICIS (Sistema de Cumplimiento de Permisos de la EPA de Estados Unidos). Los detalles de cada instalación con permiso NPDES en las cuencas de interés están incluidos en la discusión de asignaciones de carga que se provee en la Sección 3.2.

2.2.3 Sistema de alcantarillado municipal separado (MS4)

Cuarenta y dos (42) municipios operan áreas MS4 reguladas en las unidades de evaluación incluidas en este TMDL. Estos municipios, sus códigos de permisos, y el porcentaje de área urbana se resumen en la Tabla 2-3. El área regulada dentro de cada MS4 se determinó utilizando los límites de municipio y de las áreas urbanas asignadas como parte del Censo Decenal 2010. La información del Censo Decenal 2010 se adquirió de la página web de la oficina del censo de Estados Unidos. Debido a que los datos de DMR no están actualmente reportados para estos tipos de permisos, las cargas de contaminantes procedentes de estas zonas fueron simuladas como parte del modelo de cuenca (Sección 3).

Tabla 2-3. Resumen de áreas MS4 con permisos NPDES identificadas por cuenca.

Unidad de Evaluación	Código de Permiso	Municipio	Porcentaje del área urbana
Río de la Plata (PRER10A5)	PRR040047	Cayey	52.4%
	PRR040020	Cidra	25.8%
Río Bayamón (PRER12A1)	PRR040028	Aguas Buenas	13.8%
	PRR040002	Bayamón	22.8%
	PRR040001	Caguas	0.3%
	PRR040033	Cataño	0.3%
	PRR040020	Cidra	13.3%
	PRR040058	Comerío	0.0%
	PRR040016	Guaynabo	30.6%
	PRR040036	San Juan	5.4%
	PRR040038	Toa Baja	0.0%
	PRR040028	Aguas Buenas	3.5%
Río Grande de Loíza (PRER14A1)	PRR040001	Caguas	21.4%
	PRR040032	Canóvanas	0.5%
	PRR040018	Carolina	6.4%
	PRR040047	Cayey	0.0%
	PRR040020	Cidra	0.9%
	PRR040016	Guaynabo	0.1%
	PRR040017	Gurabo	11.3%
	PRR040014	Humacao	0.0%
	PRR040022	Juncos	8.6%
	PRR040049	Las Piedras	8.0%
	PRR040051	Loíza	0.0%
	PRR040044	Naguabo	0.6%
	PRR040078	Patillas	0.0%
	PRR040036	San Juan	1.2%
	PRR040037	San Lorenzo	12.9%

Unidad de Evaluación	Código de Permiso	Municipio	Porcentaje del área urbana
	PRR040003	Trujillo Alto	7.7%
	PRR040081	Yabucoa	0.0%
Río Grande de Arecibo (PRNR7A1)	PRR040029	Arecibo	7.2%
	PRR040073	Utuado	6.3%
Río Grande de Manatí (PRNR8A3)	PRR040056	Barranquitas	34.5%
	PRR040059	Corozal	39.3%
	PRR040024	Naranjito	10.5%
	PRR040068	Orocovis	0.0%
Río Bauta PRNR8C2	PRR040056	Barranquitas	0.0%
	PRR040057	Ciales	2.1%
	PRR040079	Coamo	0.0%
	PRR040046	Morovis	0.0%
	PRR040068	Orocovis	5.9%
	PRR040074	Villalba	0.0%
Río Grande de Añasco (PRWR83A)	PRR040027	Aguada	0.0%
	PRR040040	Añasco	7.1%
	PRR040082	Lares	0.7%
	PRR040083	Las Marías	2.2%
	PRR040043	Mayagüez	5.7%
	PRR040025	Moca	0.0%
	PRR040076	Rincón	0.0%
	PRR040072	San Sebastián	1.7%
	PRR040027	Aguada	15.0%
Río Culebrinas (PRWR95A)	PRR040015	Aguadilla	6.9%
	PRR040040	Añasco	0.0%
	PRR040063	Isabela	0.0%
	PRR040082	Lares	0.9%
	PRR040025	Moca	21.2%
	PRR040072	San Sebastián	31.6%

3 CAPACIDAD DE CARGA – EL ENLACE ENTRE LA CALIDAD DE AGUA Y LAS FUENTES DE CONTAMINANTES

Un TMDL establece la carga admisible de un contaminante o parámetro cuantificable basado en la relación entre las fuentes de contaminación y la calidad del agua en el cuerpo de agua listado. Este documento proporciona la base científica para el establecimiento de controles basados en la calidad de agua para reducir la contaminación de fuentes precisadas y dispersas y para restaurar y mantener la calidad de los recursos hídricos del estado (USEPA 1991). Un primer paso importante en el desarrollo de un TMDL es el cálculo de la capacidad de carga de las aguas impactadas identificadas en la lista 303 (d). La capacidad de carga se define como la mayor cantidad de carga que un cuerpo de agua puede recibir sin violar los ECA. La capacidad de carga, en última instancia, proporciona un punto de referencia que informa a los esfuerzos de reducción de contaminantes necesarios para cumplir con ECA. La capacidad de carga debe tener en cuenta el ECA para aguas de Puerto Rico para cada contaminante listado, como se presenta en la Sección 2. El resto de esta sección describe el enfoque utilizado para calcular la capacidad de carga para cada contaminante incluido en la lista 303 (d).

3.1 Fuentes dispersas

El monitoreo exhaustivo a escala regional de la escorrentía de fuentes dispersas, por lo general no está disponible para fuentes dispersas con la precisión espacial y la densidad temporal disponible para fuentes precisadas. Por lo tanto, las cargas de fuentes dispersas de la cuenca se estimaron usando un modelo de cuenca de simulación continua de las cargas proveniente del terreno y del transporte tanto de sedimentos y metales, el cual se utilizó para desarrollar estimaciones de carga de contaminante relativa por fuente. Estos estimados, en última instancia, apoyaron el desarrollo de las asignaciones de carga TMDL (LA) y las estrategias de implementación terrestres. El modelo hidrológico y de calidad de agua aplicado para este TMDL fue el Programa de Simulación de Cargas en C ++ (LSPC), un sistema de modelado de cuencas que se basa en varios algoritmos del Programa de Simulación Hidrológica FORTRAN (HSPF) para la simulación de la hidrología de cuencas, la erosión, los procesos de calidad del agua, y los procesos de destino y transporte en la corriente. Los estimados promedios anuales de la condición actual de cargas son presentados para cada subcuenca del modelo en la Tabla 3-1. Una discusión más detallada del proceso de desarrollo del modelo de cuencas se presenta en el Apéndice C.

Tabla 3-1. Promedio anual simulado de carga de cobre total (libras/año).

Unidad de Evaluación	Agricultura	Pastos	Zona Urbana (no-regulada)	Bosques y fuentes de fondo	Total de NPS
Cuenca de Río de la Plata					
PRER10A5	0.00	46.91	101.52	307.29	455.72
Cuenca Río Bayamón a Río Hondo					
PRER12A1	2.80	95.06	87.11	143.97	328.95
PRER12B1	0.00	0.00	264.79	8.67	273.46
Cuenca Río Grande de Loíza					
PRER14A1	13.05	820.31	373.36	842.19	2,048.91
PRER14G1	13.05	603.84	557.97	214.74	1,389.59
PRER14G2	3.27	119.17	240.66	80.33	443.42

Unidad de Evaluación	Agricultura	Pastos	Zona Urbana (no-regulada)	Bosques y fuentes de fondo	Total de NPS
PRER14J	0.00	30.99	262.51	140.38	433.87
Cuenca Río Grande de Arecibo					
PRNR7A1	84.13	96.93	413.62	866.26	1,460.93
PRNR7A2	0.00	2.41	144.95	347.86	495.22
Cuenca Río Grande de Manatí					
PRNR8A3	0.00	0.00	5.36	87.70	93.06
PRNR8C2	0.00	0.00	20.17	161.29	181.46
Cuenca Río Grande de Añasco					
PRWR83A	112.97	38.74	324.19	930.07	1,405.98
Cuenca Río Culebrinas					
PRWR95A	40.55	152.12	229.30	572.68	994.65
Total	269.82	2,006.47	3,025.50	4,703.44	10,005.23

Tabla 3-2. Promedio anual simulado de carga de plomo total (libras/año)

Unidad de Evaluación	Agricultura	Pastos	Zona Urbana (no-regulada)	Bosques y fuentes de fondo	Total de NPS
Cuenca Río de la Plata					
PRER10A5	0.00	13.88	11.76	76.74	102.38
Cuenca Río Bayamón a Río Hondo					
PRER12B1	0.00	0.66	36.04	1.34	38.04
Cuenca Río Grande de Loíza					
PRER14G2	0.96	34.93	29.33	16.65	81.87
Cuenca Río Grande de Arecibo					
PRNR7A2	0.00	0.69	16.93	66.81	84.43
Total	0.96	50.16	94.06	161.54	306.72

3.2 Permisos NPDES

Basándonos en el inventario presentado en la Sección 2.2.2 setenta y seis (76) permisos NPDES activos fueron identificados con registros disponibles para incluir en el análisis de descargas directamente a, o aguas arriba de, las unidades de evaluación listadas. Los registros DMR se obtuvieron del sistema de notificación ICIS-PCS de la USEPA para cada fuente puntual municipal identificada, los cuales contenían registros mensuales de flujo y la de la concentración de contaminantes para cada permiso. La Tabla 3-3 presenta un resumen del promedio anual del flujo y las cargas contaminantes (del 2008 al 2016) para cada instalación municipal con permiso identificado, información que fue derivada de los datos DMR disponibles. El valor límite permitido reportado se utilizó cuando no se disponía de datos de DMR. En el proceso de evaluación de las asignaciones del TMDL, se utilizarán los límites de permiso actuales.

Tabla 3-3. Inventario de los permisos NPDES activos identificados por cuencas y unidad de evaluación.

Cuena	Unidad de evaluación	Localización ¹	Tipo ²	Código NPDES	Nombre de la instalación	Flujo (MGD) ³	Cu (µg/L) ³	Pb (µg/L) ³	Hg (µg/L) ³
Río Culebrinas	PRWR95A	L	M	PR0026557	PRASA - CULEBRINAS WTP	0.753	23.93	8.09	0.017
	PRWR95A	L	M	PR0024015	PRASA - RAMEY FILTER PLT	0.044	75.66	12.25	0.010
	PRWR95A	L	M	PR0022926	PRASA PERCHAS WTP	0.011	54.46	1.45	0.010
	PRWR95A	L	M	PR0023981	SAN SEBASTIÁN FILTRATION PLANT	0.506	49.79	4.83	0.010
	PRWR95A	L	M	PR0020851	SAN SEBASTIAN STP	0.571	8.35	1.32	0.077
	PRWR95A	L	M	PRR053037	SAN SEBASTIAN WWTP	0.027	16.74	2.32	0.010
	PRWR95K	U	M	PR0024317	HOYAMALA WARD SECONDARY SCHOOL	0.006	13.70	2.99	0.010
Río de Bayamón	PREL12A2	U	M	PR0022543	CIDRA FILTRATION PLANT	0.555	20.73	3.15	0.005
	PRER12A2	U	M	PR0022896	PRASA WTP AGUAS BUENAS	0.139	28.56	2.32	0.000
Río de la Plata	PRER10A5	L	I	PRR053112	CC PALLET'S INC	0.027	0.00	2.32	0.010
	PRER10A5	L	I	PRR053114	COCA COLA PUERTO RICO BOTTLERS	0.027	0.03	2.32	0.010
	PRER10A5	L	M	PR0026077	PRASA - CAYEY WTP	0.526	13.30	1.44	0.018
	PRER10A5	L	M	PR0023779	PRASA - JARDINES EL TORITO WWTP	0.424	1.84	0.22	0.000
	PRER10A5	L	M	PR0022519	PRASA WTP CAYEY FILTER PLANT	0.093	23.47	2.94	0.010
	PREL210A5	U	M	PR0022586	PRASA GUAMANI WTP	0.004	4.00	1.10	0.010
Río Grande de Añasco	PRWR83A	L	M	PR0026701	ESPINO LARES 4.0 MGD FILTRATION PLANT	0.192	17.97	2.31	0.006
	PRWR83A	L	M	PR0022942	PRASA ANASCO WTP	0.362	85.30	8.99	0.010
	PRWL83H	U	M	PR0024333	CASA CASTANER INC	0.004	7.73	2.62	0.010
	PRWR83G	U	M	PR0026883	PRASA - BUCARABONES WTP	0.025	9.45	1.41	0.039
	PRWR83H	U	M	PR0026191	PRASA - GUILARTE WTP	0.035	5.30	1.86	0.010
	PRWR83I	U	M	PR0025194	PRASA GUAYO (INDIERA ALTA) WTP	0.068	6.11	0.79	0.006
	PRWR83E	U	M	PR0020583	PRASA LAS MARIAS	0.147	16.50	1.03	1.031
	PRWR83I	U	M	PR0025411	PRASA RIO PRIETO YAUCO FILTER	0.060	16.52	1.60	0.056

Cuenca	Unidad de evaluación	Localización ¹	Tipo ²	Código NPDES	Nombre de la instalación	Flujo (MGD) ³	Cu (µg/L) ³	Pb (µg/L) ³	Hg (µg/L) ³
Río Grande de Arecibo	PRWL83H	U	M	PR0026450	PRASA WTP LARES	0.337	33.21	5.98	0.020
	PRWR83F	U	M	PR0022951	PRASA WTP LAS MARIAS	0.021	27.97	2.41	0.010
	PRWR83G	U	M	PR0022934	PRASA WTP MONTE DEL ESTADO	0.018	15.94	1.52	0.041
	PRWR83H	U	M	PR0026948	PRASA YAHUECAS WTP	0.098	7.43	1.22	0.009
	PRNR7A2	L	M	PR0026255	PRASA - SABANA GRANDE WARD WTP	0.026	23.71	4.11	0.091
	PRNR7A2	L	M	PR0026603	PRASA UTUADO NEW WWTP	1.026	9.00	1.02	0.029
	PRNR7A2	L	M	PR0026271	PRASA WTP RONCADOR	0.114	21.18	0.34	0.006
	PRNR7A2	L	M	PR0024155	PRASA WTP UTUADO	0.220	89.18	2.60	0.010
	PRNR7A1	L	I	PR0026123	THAMES-DICK SUPERAQUEDUCT	19.059	16.74	2.32	0.010
	PRNR7A2	L	M	PR0020915	UTUADO WASTEWATER TREATMENT PLANT	0.856	8.35	1.32	0.004
	PRNR7A3	U	M	PR0020214	ADJUNTAS WASTEWATER TREATMENT PLANT	0.563	9.56	2.32	0.010
	PRNR7B1	U	M	PR0024210	ARECIBO URBANO (PRASA)	0.312	49.58	3.51	0.010
	PRNR7C1	U	I	PRR053208	BAXTER HEALTHCARE OF PUERTO RICO, INC.	0.027	9.00	0.05	0.010
	PRNR7B1	U	M	PR0024821	CAMPAMENTO CROZIER-RES FOREST	0.005	11.00	3.10	0.010
	PRNR7A3	U	M	PR0025739	PRASA - ADJUNTAS NUEVA WTP	0.012	6.14	2.32	0.010
	PRNR7C1	U	M	PR0026867	PRASA CANALIZO WTP	0.110	5.21	0.51	0.006
	PRNR7C1	U	M	PR0024121	PRASA JAYUYA URBANO	0.580	18.40	2.61	0.018
	PRNR7C2	U	M	PR0025208	PRASA MAMEYES ABAJO WTP	0.058	26.29	1.60	0.010
	PRNR7C2	U	M	PR0025224	PRASA MAMEYES ARRIBA WTP	0.036	28.52	1.78	0.006
	PRNL1-7A1	U	M	PR0025534	PRASA RIO ARRIBA WTP	0.033	43.29	2.04	0.005
	PRNR7B2	U	M	PR0022713	PRASA TANAMA WTP	0.003	21.32	3.16	0.097
	PRNR7A3	U	M	PR0022691	PRASA WTP ADJUNTAS	0.014	38.19	3.61	0.043
	PRNR7C2	U	M	PR0023132	SECOND UNIT MAMEYES SCHOOL	0.007	10.08	2.32	0.010

Cuenca	Unidad de evaluación	Localización ¹	Tipo ²	Código NPDES	Nombre de la instalación	Flujo (MGD) ³	Cu (µg/L) ³	Pb (µg/L) ³	Hg (µg/L) ³
Río Grande de Loíza	PRNL1-7A1	U	M	PRR053033	UTUADO WWTP	0.027	16.74	2.32	0.010
	PRER14G1	L	I	PR0026695	AMGEN MANUFACTURING LIMITED	0.800	19.00	8.00	0.010
	PRER14G1	L	I	PRR053017	AMGEN MANUFACTURING, INC	0.027	0.04	2.32	0.010
	PRER14J	L	M	PR0022888	CAGUAS (PRASA)	0.139	20.53	2.57	0.016
	PRER14A1	L	I	PRR053172	CANTERA CARRAIZO INC	0.027	16.74	2.32	0.010
	PRER14G2	L	M	PR0025119	CEIBA SUR-JUNCOS FILTRATION PLANT	0.081	45.18	3.94	0.002
	PRER14G2	L	I	PRR053115	CENTURY PACKING CORP	0.027	0.01	2.32	0.010
	PRER14A1	L	I	PRR053069	EATON CORPORATION	0.027	16.74	2.32	0.010
	PRER14A2	L	I	PRR053269	IFCO GURABO	0.027	15.60	0.10	0.010
	PRER14A1	L	I	PRR053073	LILLY DEL CARIBE INC. PR01	0.027	0.03	2.32	0.010
	PRER14A1	L	I	PRR053074	LILLY DEL CARIBE INC. PR05	0.027	0.02	2.32	0.010
	PRER14G1	L	I	PRR053192	MEDTRONIC PUERTO RICO OPERATION COMPANY	0.027	16.74	2.32	0.010
	PRER14G1	L	M	PR0026743	PRASA GURABO WTP	0.178	280.41	3.82	0.010
	PRER14A2	L	M	PR0025470	PRASA JAGUAL WTP	0.031	49.97	2.02	0.009
	PRER14J	L	M	PR0025101	PRASA PARCELAS BORINQUEN WWTP	0.280	7.01	0.53	0.000
	PRER14J	L	M	PR0026018	PRASA SAN SALVADOR WTP	0.032	62.73	6.47	0.047
	PRER14K	L	M	PR0022870	PRASA WTP SAN LORENZO	0.191	16.20	1.19	0.011
	PRER14A1	L	I	PRR053016	PROFESSIONAL READY MIX, INC.	0.027	16.74	2.32	0.010
	PRER14G2	L	M	PR0024309	SECOND UNIT RIVERA MOLINA SCH	0.014	23.03	2.62	0.014
	PRER14A2	L	I	PRR053134	STAR READY MIX INC.	0.027	16.74	2.32	0.010
	PRER14G1	L	I	PRR053132	WAREHOUSEHOLDING & MANAGEMENT CORP.	0.027	0.01	2.32	0.010
	PRER14H	U	I	PRR053270	IFCO CAGUAS INC.	0.027	15.60	0.10	0.010
	PREQ14E	U	M	PR0025577	LA GLORIA WARD SCHOOL	0.005	16.72	2.32	0.010
	PREQ14D	U	M	PR0026719	PLANTA FILTRACION TRUJILLO BAJO	0.072	5.54	2.32	0.005

Cuenca	Unidad de evaluación	Localización ¹	Tipo ²	Código NPDES	Nombre de la instalación	Flujo (MGD) ³	Cu (µg/L) ³	Pb (µg/L) ³	Hg (µg/L) ³
	PRER14H	U	I	PRR053128	SCHNITZER PUERTO RICO, INC. - CAGUAS	0.027	22.10	0.15	0.010
	PRER14L	U	M	PR0024287	SECONDARY SCHOOL ESPINO WARD	0.116	21.76	2.32	0.011
Río Grande de Manatí	PRNR8A3	L	M	PR0022497	PRASA BARANQUITAS WTP	0.036	42.56	3.01	0.019
	PRNR8A3	L	M	PR0022501	PRASA BARRANCAS WTP	0.222	16.74	1.71	0.010
	PRNR8A3	L	M	PR0024422	PRASA NEGROS	0.345	62.70	3.90	0.049
	PRNR8A3	L	M	PR0023124	S.U. LAJITAS WARD SCHOOL	0.015	9.67	3.17	0.012

1. L = dentro de la unidad de evaluación listada; U = aguas arriba de la unidad de evaluación listada

2. M = Municipal; I = Industrial

3. Valores en *italico* indican información no disponible. Se utilizó la media de todas las instalaciones disponibles como estimado.

3.3 Sistema de alcantarillado municipal separado (MS4)

Cuarenta y dos (42) municipios operan áreas reguladas MS4 de las cuales una porción cae dentro de las unidades de evaluación incluidas en este TMDL, como se resume en la Tabla 3-4. Una capa de sistemas de información geográfica (GIS) de las zonas urbanas del censo de 2000 se utilizó para separar las zonas urbanas en áreas urbanas MS4 y áreas urbanas no MS4, basadas en el porcentaje de cada área MS4 en comparación con la zona urbana total dentro de la unidad de evaluación.

Los TMDLs en la Sección 4 asignan el WLA a cada permiso individualmente. Debido a que la emisión de contaminantes procedentes de las zonas urbanas se estimó utilizando el modelo de cuenca LSPC (Sección 3.1), los WLAs asignados a cada tenedor del permiso MS4 fueron asignados proporcionales a la carga total urbana dentro de la unidad de evaluación dada.

Tabla 3-4. Resumen de cargas de áreas MS4 con permisos NPDES identificadas por cuenca hidrográfica.

Unidad de evaluación	Código de permiso	Municipio	Porcentaje de área urbana	Cobre total (libras/ año)	Plomo total (libras/ año)
Río de la Plata (PRER10A5)	PRR040047	Cayey	52.4%	532.7707	99.2213
	PRR040020	Cidra	25.8%	261.9436	48.7834
Río Bayamón (PRER12A1)	PRR040028	Aguas Buenas	13.8%	165.4965	
	PRR040002	Bayamón	22.8%	273.7815	
	PRR040001	Caguas	0.3%	3.3410	
	PRR040033	Cataño	0.3%	3.0509	
	PRR040020	Cidra	13.3%	159.0386	
	PRR040058	Comerío	0.0%	0.4508	
	PRR040016	Guaynabo	30.6%	367.2186	
	PRR040036	San Juan	5.4%	64.4291	
	PRR040038	Toa Baja	0.0%	0.3996	
Río Grande de Loíza (PRER14A1)	PRR040028	Aguas Buenas	3.5%	178.0310	
	PRR040001	Caguas	21.4%	1075.1855	
	PRR040032	Canóvanas	0.5%	22.6533	
	PRR040018	Carolina	6.4%	322.8184	
	PRR040047	Cayey	0.0%	0.3986	
	PRR040020	Cidra	0.9%	47.3479	
	PRR040016	Guaynabo	0.1%	4.8632	
	PRR040017	Gurabo	11.3%	566.2452	
	PRR040014	Humacao	0.0%	1.0623	
	PRR040022	Juncos	8.6%	434.7700	
	PRR040049	Las Piedras	8.0%	402.9962	
	PRR040051	Loíza	0.0%	0.0001	
	PRR040044	Naguabo	0.6%	29.2577	
	PRR040078	Patillas	0.0%	0.0080	
	PRR040036	San Juan	1.2%	61.4510	

Unidad de evaluación	Código de permiso	Municipio	Porcentaje de área urbana	Cobre total (libras/ año)	Plomo total (libras/ año)
Río Grande de Arecibo (PRNR7A1)	PRR040037	San Lorenzo	12.9%	648.5067	
	PRR040003	Trujillo Alto	7.7%	385.6214	
	PRR040081	Yabucoa	0.0%	0.1246	
Río Grande de Manatí (PRNR8A3)	PRR040029	Arecibo	7.2%	60.8795	
	PRR040073	Utuado	6.3%	52.9428	
Río Grande de Manatí (PRNR8A3)	PRR040056	Barranquitas	34.5%	35.0047	
	PRR040059	Corozal	39.3%	39.9518	
	PRR040024	Naranjito	10.5%	10.6541	
	PRR040068	Orocovis	0.0%	0.0000	
Río Bauta PRNR8C2	PRR040056	Barranquitas	0.0%	0.0003	
	PRR040057	Ciales	2.1%	1.9611	
	PRR040079	Coamo	0.0%	0.0070	
	PRR040046	Morovis	0.0%	0.0025	
	PRR040068	Orocovis	5.9%	5.6652	
	PRR040074	Villalba	0.0%	0.0029	
Río Grande de Añasco (PRWR83A)	PRR040027	Aguada	0.0%	0.0352	0.0065
	PRR040040	Añasco	7.1%	49.3087	9.0742
	PRR040082	Lares	0.7%	4.5222	0.8322
	PRR040083	Las Marías	2.2%	15.4975	2.8520
	PRR040043	Mayagüez	5.7%	39.6543	7.2976
	PRR040025	Moca	0.0%	0.0925	0.0170
	PRR040076	Rincón	0.0%	0.0058	0.0011
	PRR040072	San Sebastián	1.7%	12.1131	2.2292
Río Culebrinas (PRWR95A)	PRR040027	Aguada	15.0%	292.0789	53.8866
	PRR040015	Aguadilla	6.9%	134.2920	24.7760
	PRR040040	Añasco	0.0%	0.3145	0.0580
	PRR040063	Isabela	0.0%	0.4471	0.0825
	PRR040082	Lares	0.9%	18.0961	3.3386
	PRR040025	Moca	21.2%	413.2326	76.2387
	PRR040072	San Sebastián	31.6%	616.4649	113.7337

El sombreado gris indica que el cuerpo de agua no está en el listado 303(d) debido a este contaminante.

4 CÁLCULOS DEL TMDL Y ASIGNACIONES

Un TMDL para un cuerpo de agua y contaminante determinado incluye tres componentes fundamentales: (1) una asignación de carga (WLA) para cada fuente precisada que contribuye al cuerpo de agua, (2) una asignación de carga (LA) para la suma de todas las fuentes distribuidas (incluyendo fuentes de fondo) que contribuyen al cuerpo de agua, y (3) un margen de seguridad (MOS) que da cuenta de la incertidumbre en la respuesta del cuerpo de agua a la aplicación de las cargas de fuentes precisadas y dispersas. La ecuación básica del TMDL, ya desarrollado directamente para un contaminante o a través de indicadores sustitutos, se expresa comúnmente mediante el uso de tres componentes fundamentales como:

$$TMDL = WLA + LA + MOS$$

Los TMDLs a menudo también se describen como la masa total de un contaminante que un cuerpo de agua puede asimilar y todavía mantener sus usos designados, expresado a través de un objetivo TMDL, y con frecuencia relacionado directamente a un ECA numérico. En la determinación de los tres componentes de un TMDL, el total de las cargas de contaminantes permitidas de cada categoría de fuente (o fuente individual, donde corresponda) que contribuye al cuerpo de agua debe ser menor que o igual al objetivo TMDL. De acuerdo con el 40 CFR 130.2 (1), los TMDLs se pueden expresar en términos de cargas de masa permisibles o en términos de concentraciones de calidad de agua que no puede ser excedida. Las siguientes secciones describen los TMDLs calculados para Puerto Rico.

Objetivos numéricos identifican las metas o puntos finales específicos ya sea para las aguas, los sedimentos, o los tejidos de pescado, que equivalen al logro del ECA narrativo y/o numérico. Los impactos incluidos en la lista 303 (d) de los cuerpos de agua de Puerto Rico incluyen varios contaminantes diferentes, todos asociados con los criterios de la columna de agua. Dado que todos los cuerpos de agua se encuentran dentro de la clasificación *SD*, un único conjunto de ECA para cada contaminante se utiliza en este documento para todos los TMDLs. Todos los esfuerzos del TMDL se centran en reducciones de carga que lleven al logro de estos ECA. La meta del plan de implementación será identificar y priorizar los esfuerzos que llevan a la restauración de la calidad del agua a lograr los ECA.

Los TMDLs presentados en las secciones siguientes se basan cargas a escala de cuencas de cobre y de plomo. Para demostrar aún más y vincular las concentraciones y cargas modeladas a los ECA numéricos, unas curvas de duración de concentración (CDC) se desarrollaron para varias unidades de evaluación representativas (Figura 4-1 y la Figura 4-2).

Basándose en el análisis de los datos de mercurio disponible que indica una sola excedencia del ECA y la falta de cualquier evidencia que señala a fuentes específicas, ninguna carga existente, capacidad de carga, o asignación de carga fueron desarrollados para el mercurio. Por favor refiérase a la Sección 1.5.3 para un resumen de los datos disponibles de mercurio, y a la Sección 4.2 para una descripción de las razones por las cuales no se desarrolló una estimación de carga en la cuenca donde se observó la única excedencia.

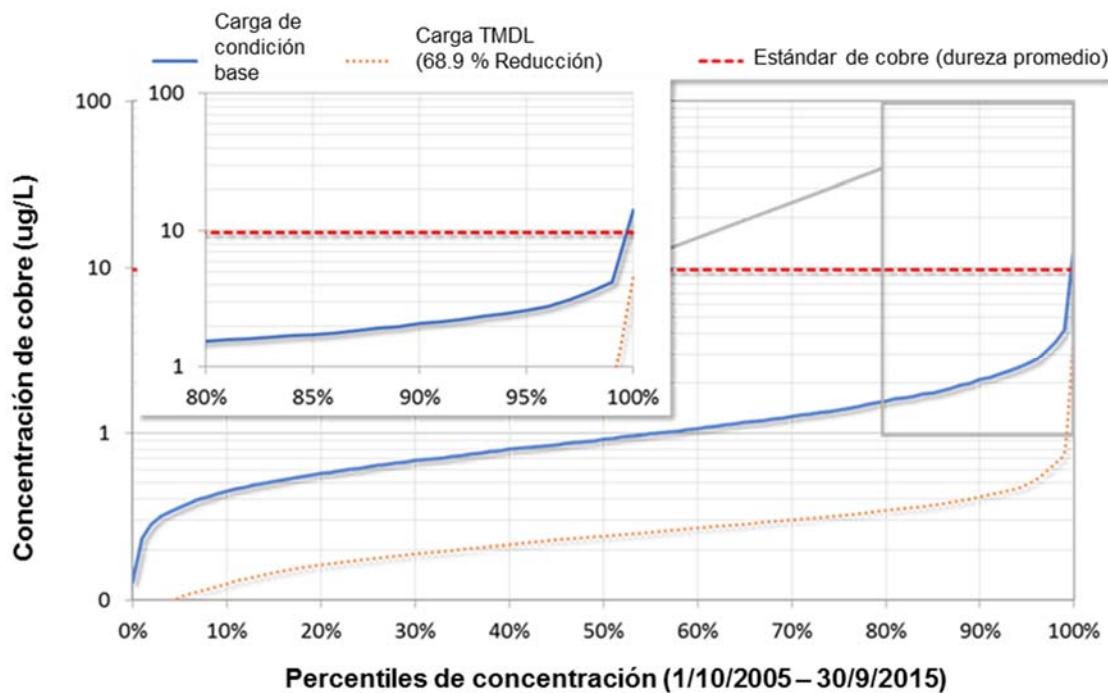


Figura 4-1. Demostración del logro de los ECA para cobre en Río Grande de Loíza (PRER14A1).

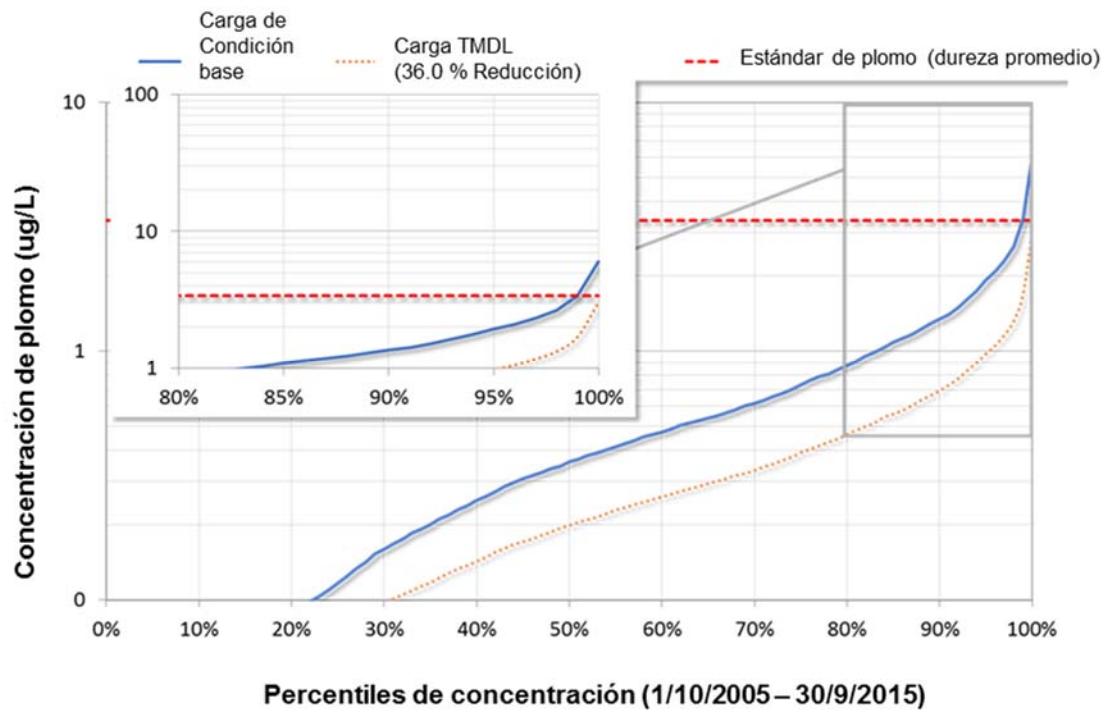


Figura 4-2. Demostración del logro de los ECA para plomo en Río Valenciano (PRER14G2).

4.1 Margen de seguridad

El margen de seguridad (MOS) es la porción de un TMDL que da cuenta de cualquier incertidumbre en la relación entre la carga de contaminantes y la calidad del agua. Este factor está incluido en la asignación del TMDL para dar cuenta de las incertidumbres inherentes en el análisis debido a las limitaciones en los datos disponibles, la escala del análisis y las suposiciones hechas durante el desarrollo del modelo. La orientación proveniente de la USEPA sugiere dos enfoques para implementar un margen de seguridad, ya sea (1) incorporar implícitamente el MOS utilizando supuestos conservadores para desarrollar las asignaciones; o (2) designar explícitamente una parte de la capacidad de carga como el MOS y utilizar el resto para las asignaciones (EPA 1999). Los TMDLs presentados en las siguientes secciones incorporan un MOS explícito del 5%, que se aplicó a los ECA, en conjunto con suposiciones conservadoras en el modelo de cuenca que incluían:

- Las pérdidas en la corriente en el modelo LSPC se fijan en manera conservadora para ambos cobre y plomo para minimizar los impactos de la pérdida de contaminante mediante el transporte. Las pérdidas en la corriente de metales particulados probablemente ocurrirían a través de sorción y el asentamiento con el sedimento. Los procesos de transporte de sedimento dentro de la corriente no se simularon en detalle.
- El período de tiempo utilizado para el análisis de la capacidad de carga (WY 2006 a WY 2015) incluye una gama de regímenes de flujo y condiciones climáticas, incluyendo la precipitación de varios huracanes. Por consiguiente, el cálculo TMDL incluye lograr el máximo de excedencia durante este marco de tiempo.

4.2 Río de La Plata (PRER10A5)

Los TMDLs de cobre total y plomo total para la unidad de evaluación Río de la Plata (PRER10A5), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-1 y Tabla 4-2, respectivamente. Los TMDLs se calcularon utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). Los TMDLs y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

El análisis de los datos de muestreo de mercurio total para la unidad de evaluación Río de la Plata (PRER10A5) presentado en la Sección 1.5.3 demostró que sólo una única muestra de mercurio tomada en los 10 años anteriores tuvo una excedencia cuando se compara con el ECA de 0.5 g/L. Las 8 muestras restantes mostraron niveles de mercurio muy por debajo del ECA, y en algunos casos por debajo del límite de detección. El análisis adicional presentado en la Tabla 1-8 de las unidades de evaluación listadas incluidas en este TMDL muestra que la mediana y el percentil 75 de muestras de mercurio caen muy por debajo del ECA para todas las unidades de evaluación. Del mismo modo, el percentil 90 de las muestras también cae por debajo del ECA en todas menos una unidad de evaluación. En adición, los datos de DMR de permisos municipales o industriales no muestran ningún caso de excedencia del ECA que ocurre coincidente con la excedencia medida en Río de la Plata (PRER10A5). Basado en la revisión de estos datos de monitoreo disponibles, **no se ha desarrollado ninguna asignación para el mercurio**.

Tabla 4-1. TMDL de cobre para Río de La Plata (PRER10A5) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	2.3268	1.1209	51.8%
	MOS	0.0000	0.0560	0.0%
LA	Agricultura	0.0000	0.0000	0.0%
	Pastos	0.1284	0.0128	90.0%
	Bosques y fuentes de fondo	0.8413	0.8413	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.2779	0.0278	90.0%
WLA	MS4 Cayey (PRR040047)	0.6676	0.0668	90.0%
	MS4 Cidra (PRR040020)	0.3282	0.0328	90.0%
	CC PALLET'S INC (PRR053112)	0.0000	0.0000	0.0%
	COCA COLA PUERTO RICO BOTTLERS (PRR053114)	0.0000	0.0000	0.0%
	PRASA - CAYEY WTP (PR0026077)	0.0584	0.0584	0.0%
	PRASA - JARDINES EL TORITO WWTP (PR0023779)	0.0065	0.0065	0.0%
	PRASA GUAMANI WTP (PR0022586)	0.0001	0.0001	0.0%
	PRASA WTP CAYEY FILTER PLANT (PR0022519)	0.0183	0.0183	0.0%

Tabla 4-2. TMDL de plomo para Río de La Plata (PRER10A5) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Plomo (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	0.4062	0.3299	18.8%
	MOS	0.0000	0.0165	0.0%
LA	Agricultura	0.0000	0.0000	0.0%
	Pastos	0.0380	0.0190	50.0%
	Bosques y fuentes de fondo	0.2101	0.2101	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.0322	0.0161	50.0%
WLA	MS4 Cayey (PRR040047)	0.0773	0.0387	50.0%

Tipo de Carga	Fuente	Plomo (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	MS4 Cidra (PRR040020)	0.0380	0.0190	50.0%
	CC PALLET'S INC (PRR053112)	0.0005	0.0005	0.0%
	COCA COLA PUERTO RICO BOTTLERS (PRR053114)	0.0005	0.0005	0.0%
	PRASA - CAYEY WTP (PR0026077)	0.0063	0.0063	0.0%
	PRASA - JARDINES EL TORITO WWTP (PR0023779)	0.0008	0.0008	0.0%
	PRASA GUAMANI WTP (PR0022586)	0.0000	0.0000	0.0%
	PRASA WTP CAYEY FILTER PLANT (PR0022519)	0.0023	0.0023	0.0%

4.3 Río Grande de Manatí (PRNR8A3)

El TMDL de cobre total para la unidad de evaluación Río Grande de Manatí (PRNR8A3), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-3. El TMDL se calculó utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). El TMDL y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-3. TMDL de cobre para Río Grande de Manatí (PRNR8A3) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	0.5590	0.5147	7.9%
	MOS	0.0000	0.0257	0.0%
LA	Agricultura	0.0000	0.0000	0.0%
	Pastos	0.0000	0.0000	0.0%
	Bosques y fuentes de fondo	0.2401	0.2401	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.0147	0.0037	75.0%
WLA	MS4 Barranquitas (PRR040056)	0.0321	0.0080	75.0%
	MS4 Corozal (PRR040059)	0.0367	0.0092	75.0%
	MS4 Naranjito (PRR040024)	0.0098	0.0024	75.0%
	MS4 Orocovis (PRR040068)	0.0000	0.0000	75.0%
	PRASA BARANQUITAS WTP (PR0022497)	0.0127	0.0127	0.0%
	PRASA BARRANCAS WTP (PR0022501)	0.0310	0.0310	0.0%

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	PRASA NEGROS (PR0024422)	0.1807	0.1807	0.0%
	S.U. LAJITAS WARD SCHOOL (PR0023124)	0.0012	0.0012	0.0%

4.4 Río Bauta (PRNR8C2)

El TMDL de cobre total para la unidad de evaluación Río Bauta (PRNR8C2), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-4. El TMDL se calculó utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1y Apéndice C). El TMDL y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-4. TMDL de cobre para Río Bauta (PRNR8C2) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	0.5016	0.4806	4.2%
	MOS	0.0000	0.0240	0.0%
LA	Agricultura	0.0000	0.0000	0.0%
	Pastos	0.0000	0.0000	0.0%
	Bosques y fuentes de fondo	0.4416	0.4416	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.0552	0.0138	75.0%
WLA	MS4 Barranquitas (PRR040056)	0.0000	0.0000	75.0%
	MS4 Ciales (PRR040057)	0.0012	0.0003	75.0%
	MS4 Coamo (PRR040079)	0.0000	0.0000	75.0%
	MS4 Morovis (PRR040046)	0.0000	0.0000	75.0%
	MS4 Orocovis (PRR040068)	0.0036	0.0009	75.0%
	MS4 Villalba (PRR040074)	0.0000	0.0000	75.0%

4.5 Río Grande de Arecibo (PRNR7A1)

El TMDL de cobre total para la unidad de evaluación Río Grande de Arecibo (PRNR7A1), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-5. El TMDL se calculó utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). El TMDL y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-5. TMDL de cobre para Río Grande de Arecibo (PRNR7A1) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	4.4667	3.5264	21.1%
	MOS	0.0000	0.1763	0.0%
LA	Agricultura	0.2303	0.0461	80.0%
	Pastos	0.2654	0.0531	80.0%
	Bosques y fuentes de fondo	2.3717	2.3717	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	1.1324	0.5096	55.0%
WLA	MS4 Arecibo (PRR040029)	0.0945	0.0425	55.0%
	MS4 Utuado (PRR040073)	0.0822	0.0370	55.0%
	ARECIBO URBANO (PRASA) (PR0024210)	0.1293	0.1293	0.0%
	BAXTER HEALTHCARE OF PUERTO RICO, INC. (PRR053208)	0.0020	0.0020	0.0%
	CAMPAMENTO CROZIER-RES FOREST (PR0024821)	0.0004	0.0004	0.0%
	PRASA CANALIZO WTP (PR0026867)	0.0048	0.0048	0.0%
	PRASA JAYUYA URBANO (PR0024121)	0.0891	0.0891	0.0%
	PRASA MAMEYES ABAJO WTP (PR0025208)	0.0127	0.0127	0.0%
	PRASA MAMEYES ARRIBA WTP (PR0025224)	0.0085	0.0085	0.0%
	PRASA RIO ARRIBA WTP (PR0025534)	0.0118	0.0118	0.0%
	PRASA TANAMA WTP (PR0022713)	0.0005	0.0005	0.0%
	SECOND UNIT MAMEYES SCHOOL (PR0023132)	0.0006	0.0006	0.0%
	THAMES-DICK SUPERQUEDUCT (PR0026123)	0.0266	0.0266	0.0%
	UTUADO WWTP (PRR053033)	0.0038	0.0038	0.0%

4.6 Río Grande de Arecibo (PRNR7A2)

Los TMDLs de cobre total y plomo total para la unidad de evaluación Río Grande de Arecibo (PRNR7A2), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-6 y Tabla 4-7, respectivamente. Los TMDLs se calcularon utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). Los TMDLs y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-6. TMDL de cobre para Río Grande de Arecibo (PRNR7A2) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	1.7310	1.5868	8.3%
	MOS	0.0000	0.0793	0.0%
LA	Agricultura	0.0000	0.0000	0.0%
	Pastos	0.0066	0.0013	80.0%
	Bosques y fuentes de fondo	0.9524	0.9524	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.3969	0.1786	55.0%
WLA	ADJUNTAS WASTEWATER TREATMENT PLANT (PR0020214)	0.0449	0.0449	0.0%
	PRASA - ADJUNTAS NUEVA WTP (PR0025739)	0.0006	0.0006	0.0%
	PRASA - SABANA GRANDE WARD WTP (PR0026255)	0.0051	0.0051	0.0%
	PRASA UTUADO NEW WWTP (PR0026603)	0.0771	0.0771	0.0%
	PRASA WTP ADJUNTAS (PR0022691)	0.0044	0.0044	0.0%
	PRASA WTP RONCADOR (PR0026271)	0.0201	0.0201	0.0%
	PRASA WTP UTUADO (PR0024155)	0.1634	0.1634	0.0%
	UTUADO WASTEWATER TREATMENT PLANT (PR0020915)	0.0596	0.0596	0.0%

Tabla 4-7. TMDL de plomo para Río Grande de Arecibo (PRNR7A2) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Plomo (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	0.2668	0.2656	0.4%
	MOS	0.0000	0.0133	0.0%
LA	Agricultura	0.0000	0.0000	0.0%
	Pastos	0.0019	0.0013	30.0%
	Bosques y fuentes de fondo	0.1829	0.1829	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.0464	0.0324	30.0%
WLA	ADJUNTAS WASTEWATER TREATMENT PLANT (PR0020214)	0.0109	0.0109	0.0%

Tipo de Carga	Fuente	Plomo (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
PRASA	PRASA - ADJUNTAS NUEVA WTP (PR0025739)	0.0002	0.0002	0.0%
	PRASA - SABANA GRANDE WARD WTP (PR0026255)	0.0009	0.0009	0.0%
	PRASA UTUADO NEW WWTP (PR0026603)	0.0087	0.0087	0.0%
	PRASA WTP ADJUNTAS (PR0022691)	0.0004	0.0004	0.0%
	PRASA WTP RONCADOR (PR0026271)	0.0003	0.0003	0.0%
	PRASA WTP UTUADO (PR0024155)	0.0048	0.0048	0.0%
	UTUADO WASTEWATER TREATMENT PLANT (PR0020915)	0.0094	0.0094	0.0%

4.7 Río Bayamón (PRER12A1)

El TMDL de cobre total para la unidad de evaluación Río Bayamón (PRER12A1), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-8. El TMDL se calculó utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). El TMDL y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-8. TMDL de cobre para Río Bayamón (PRER12A1) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	2.5488	0.9088	64.3%
	MOS	0.0000	0.0454	0.0%
LA	Agricultura	0.0077	0.0015	80.0%
	Pastos	0.2603	0.0521	80.0%
	Bosques y fuentes de fondo	0.3942	0.3942	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.2385	0.0389	83.7%
WLA	MS4 Aguas Buenas (PRR040028)	0.2424	0.0395	83.7%
	MS4 Bayamón (PRR040002)	0.4010	0.0653	83.7%
	MS4 Caguas (PRR040001)	0.0049	0.0008	83.7%
	MS4 Cataño (PRR040033)	0.0045	0.0007	83.7%
	MS4 Cidra (PRR040020)	0.2329	0.0380	83.7%
	MS4 Comerío (PRR040058)	0.0007	0.0001	83.7%
	MS4 Guaynabo (PRR040016)	0.5378	0.0877	83.7%

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	MS4 San Juan (PRR040036)	0.0944	0.0154	83.7%
	MS4 Toa Baja (PRR040038)	0.0006	0.0001	83.7%
	CIDRA FILTRATION PLANT (PR0022543)	0.0959	0.0959	0.0%
	PRASA WTP AGUAS BUENAS (PR0022896)	0.0332	0.0332	0.0%

4.8 Río Guaynabo (PRER12B1)

Los TMDLs de cobre total y plomo total para la unidad de evaluación Río Guaynabo (PRER12B1), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-9 y Tabla 4-10, respectivamente. Los TMDLs se calcularon utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). Los TMDLs y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-9. TMDL de cobre para Río Guaynabo (PRER12B1) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día))		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	0.7487	0.1776	76.3%
	MOS	0.0000	0.0089	0.0%
LA	Agricultura	0.0000	0.0000	0.0%
	Pastos	0.0000	0.0000	0.0%
	Bosques y fuentes de fondo	0.0237	0.0237	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.7250	0.1450	80.0%

Tabla 4-10. TMDL de plomo para Río Guaynabo (PRER12B1) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Plomo (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	0.1023	0.0506	50.6%
	MOS	0.0000	0.0025	0.0%
LA	Agricultura	0.0000	0.0000	0.0%
	Pastos	0.0000	0.0000	0.0%

Tipo de Carga	Fuente	Plomo (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Bosques y fuentes de fondo	0.0037	0.0037	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.0987	0.0444	55.0%

4.9 Río Grande de Loíza (PRER14A1)

El TMDL de cobre total para la unidad de evaluación Río Grande de Loíza (PRER14A1), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-11. El TMDL se calculó utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). El TMDL y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-11. TMDL de cobre para Río Grande de Loíza (PRER14A1) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	10.7452	3.3455	68.9%
	MOS	0.0000	0.1673	0.0%
LA	Agricultura	0.0357	0.0031	91.3%
	Pastos	2.2459	0.1717	92.4%
	Bosques y fuentes de fondo	2.3058	2.3058	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	1.0222	0.1022	90.0%
WLA	MS4 Aguas Buenas (PRR040028)	0.2148	0.0215	90.0%
	MS4 Caguas (PRR040001)	1.2972	0.1297	90.0%
	MS4 Canóvanas (PRR040032)	0.0273	0.0027	90.0%
	MS4 Carolina (PRR040018)	0.3895	0.0389	90.0%
	MS4 Cayey (PRR040047)	0.0005	0.0000	90.0%
	MS4 Cidra (PRR040020)	0.0571	0.0057	90.0%
	MS4 Guayanabo (PRR040016)	0.0059	0.0006	90.0%
	MS4 Gurabo (PRR040017)	0.6832	0.0683	90.0%
	MS4 Humacao (PRR040014)	0.0013	0.0001	90.0%

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porciento de reducción
	MS4 Juncos (PRR040022)	0.5245	0.0525	90.0%
	MS4 Las Piedras (PRR040049)	0.4862	0.0486	90.0%
	MS4 Loíza (PRR040051)	0.0000	0.0000	90.0%
	MS4 Naguabo (PRR040044)	0.0353	0.0035	90.0%
	MS4 Patillas (PRR040078)	0.0000	0.0000	90.0%
	MS4 San Juan (PRR040036)	0.0741	0.0074	90.0%
	MS4 San Lorenzo (PRR040037)	0.7824	0.0782	90.0%
	MS4 Trujillo Alto (PRR040003)	0.4652	0.0465	90.0%
	MS4 Yabucoa (PRR040081)	0.0002	0.0000	90.0%
	CANTERA CARRAIZO INC (PRR053172)	0.0038	0.0038	0.0%
	EATON CORPORATION (PRR053069)	0.0038	0.0038	0.0%
	IFCO CAGUAS INC. (PRR053270)	0.0035	0.0035	0.0%
	IFCO GURABO (PRR053269)	0.0035	0.0035	0.0%
	LA GLORIA WARD SCHOOL (PR0025577)	0.0008	0.0008	0.0%
	LILLY DEL CARIBE INC. PR01 (PRR053073)	0.0000	0.0000	0.0%
	LILLY DEL CARIBE INC. PR05 (PRR053074)	0.0000	0.0000	0.0%
	PLANTA FILTRACION TRUJILLO BAJO (PR0026719)	0.0033	0.0033	0.0%
	PRASA JAGUAL WTP (PR0025470)	0.0128	0.0128	0.0%
	PRASA WTP SAN LORENZO (PR0022870)	0.0259	0.0259	0.0%
	PROFESSIONAL READY MIX, INC. (PRR053016)	0.0038	0.0038	0.0%
	SCHNITZER PUERTO RICO, INC. - CAGUAS (PRR053128)	0.0050	0.0050	0.0%
	SECONDARY SCHOOL ESPINO WARD (PR0024287)	0.0210	0.0210	0.0%
	STAR READY MIX INC. (PRR053134)	0.0038	0.0038	0.0%

4.10 Río Gurabo (PRER14G1)

El TMDL de cobre total para la unidad de evaluación Río Gurabo (PRER14G1), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-12. El TMDL se calculó utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). El TMDL y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-12. TMDL de cobre para Río Gurabo (PRER14G1) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	4.3514	1.4770	66.1%
	MOS	0.0000	0.0739	0.0%
LA	Agricultura	0.0357	0.0031	91.3%
	Pastos	1.6532	0.1125	93.2%
	Bosques y fuentes de fondo	0.5879	0.5879	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	1.5276	0.1528	90.0%
WLA	AMGEN MANUFACTURING LIMITED (PR0026695)	0.1268	0.1268	0.0%
	AMGEN MANUFACTURING, INC (PRR053017)	0.0000	0.0000	0.0%
	MEDTRONIC PUERTO RICO OPERATION COMPANY (PRR053192)	0.0038	0.0038	0.0%
	PRASA GURABO WTP (PR0026743)	0.4163	0.4163	0.0%
	WAREHOUSE HOLDING & MANAGEMENT CORP. (PRR053132)	0.0000	0.0000	0.0%

4.11 Río Valenciano (PRER14G2)

Los TMDLs de cobre total y plomo total para la unidad de evaluación Río Valenciano (PRER14G2), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-13 y Tabla 4-14, respectivamente. Los TMDLs se calcularon utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). Los TMDLs y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-13. TMDL de cobre para Río Valenciano (PRER14G2) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	1.2475	0.3691	70.4%
	MOS	0.0000	0.0185	0.0%
LA	Agricultura	0.0089	0.0004	95.0%
	Pastos	0.3263	0.0309	90.5%
	Bosques y fuentes de fondo	0.2199	0.2199	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.6589	0.0659	90.0%
WLA	CEIBA SUR-JUNCOS FILTRATION PLANT (PR0025119)	0.0307	0.0307	0.0%
	CENTURY PACKING CORP (PRR053115)	0.0000	0.0000	0.0%
	SECOND UNIT RIVERA MOLINA SCH (PR0024309)	0.0028	0.0028	0.0%

Tabla 4-14. TMDL de plomo para Río Valenciano (PRER14G2) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Plomo (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	0.2277	0.1457	36.0%
	MOS	0.0000	0.0073	0.0%
LA	Agricultura	0.0026	0.0013	50.0%
	Pastos	0.0956	0.0478	50.0%
	Bosques y fuentes de fondo	0.0456	0.0456	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.0803	0.0401	50.0%
WLA	CEIBA SUR-JUNCOS FILTRATION PLANT (PR0025119)	0.0027	0.0027	0.0%
	CENTURY PACKING CORP (PRR053115)	0.0005	0.0005	0.0%
	SECOND UNIT RIVERA MOLINA SCH (PR0024309)	0.0003	0.0003	0.0%

4.12 Río Turabo (PRER14J)

El TMDL de cobre total para la unidad de evaluación Río Turabo (PRER14J), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-15. El TMDL se calculó utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). El TMDL y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-15. TMDL de cobre para Río Turabo (PRER14J) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	1.2449	0.5492	55.9%
	MOS	0.0000	0.0275	0.0%
LA	Agricultura	0.0000	0.0000	0.0%
	Pastos	0.0848	0.0085	90.0%
	Bosques y fuentes de fondo	0.3843	0.3843	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.7187	0.0719	90.0%
WLA	CAGUAS (PRASA) (PR0022888)	0.0239	0.0239	0.0%
	PRASA PARCELAS BORINQUEN WWTP (PR0025101)	0.0164	0.0164	0.0%
	PRASA SAN SALVADOR WTP (PR0026018)	0.0168	0.0168	0.0%

4.13 Río Grande de Añasco (PRWR83A)

El TMDL de cobre total para la unidad de evaluación Río Grande de Añasco (PRWR83A), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-16. El TMDL se calculó utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). El TMDL y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-16. TMDL de cobre para Río Grande de Añasco (PRWR83A) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	4.4664	3.5680	20.1%
	MOS	0.0000	0.1784	0.0%
LA	Agricultura	0.3093	0.1083	65.0%
	Pastos	0.1061	0.0371	65.0%
	Bosques y fuentes de fondo	2.5464	2.5464	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.8876	0.2219	75.0%

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
WLA	MS4 Aguada (PRR040027)	0.0001	0.0000	75.0%
	MS4 Añasco (PRR040040)	0.0766	0.0191	75.0%
	MS4 Lares (PRR040082)	0.0070	0.0018	75.0%
	MS4 Las Marías (PRR040083)	0.0241	0.0060	75.0%
	MS4 Mayagüez (PRR040043)	0.0616	0.0154	75.0%
	MS4 Moca (PRR040025)	0.0001	0.0000	75.0%
	MS4 Rincón (PRR040076)	0.0000	0.0000	75.0%
	MS4 San Sebastián (PRR040072)	0.0188	0.0047	75.0%
	CASA CASTANER INC (PR0024333)	0.0003	0.0003	0.0%
	ESPINO LARES 4.0 MGD FILTRATION PLANT (PR0026701)	0.0287	0.0287	0.0%
	PRASA - BUCARABONES WTP (PR0026883)	0.0020	0.0020	0.0%
	PRASA - GUILARTE WTP (PR0026191)	0.0015	0.0015	0.0%
	PRASA ANASCO WTP (PR0022942)	0.2575	0.2575	0.0%
	PRASA GUAYO (INDIERA ALTA) WTP (PR0025194)	0.0035	0.0035	0.0%
	PRASA LAS MARIAS (PR0020583)	0.0202	0.0202	0.0%
	PRASA RIO PRIETO YAUCO FILTER (PR0025411)	0.0083	0.0083	0.0%
	PRASA WTP LARES (PR0026450)	0.0934	0.0934	0.0%
	PRASA WTP LAS MARIAS (PR0022951)	0.0050	0.0050	0.0%
	PRASA WTP MONTE DEL ESTADO (PR0022934)	0.0024	0.0024	0.0%
	PRASA YAHUECAS WTP (PR0026948)	0.0061	0.0061	0.0%

4.14 Río Culebrinas (PRWR95A)

El TMDL de cobre total para la unidad de evaluación Río Culebrinas (PRWR95A), y sus correspondientes asignaciones, se presentan en la Tabla 4-17. El TMDL se calculó utilizando las predicciones de carga y las reducciones aplicadas en el modelo LSPC (Sección 3.1 y Apéndice C). El TMDL y las asignaciones se expresan como cargas diarias, calculadas como el promedio de las cargas anuales del modelo de cuenca dividido por 365.25 (el número promedio de días en un año).

Tabla 4-17. TMDL de cobre para Río Culebrinas (PRWR95A) TMDL = WLA + LA+MOS.

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Carga Total	5.1146	2.9851	41.6%
	MOS	0.0000	0.1493	0.0%
LA	Agricultura	0.1110	0.0389	65.0%

Tipo de Carga	Fuente	Cobre (libras/día)		
		Carga Existente	TMDL	Porcentaje de reducción
	Pastos	0.4165	0.1458	65.0%
	Bosques y fuentes de fondo	1.5679	1.5679	0.0%
	Vertederos	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios RCRA	0.0000	0.0000	0.0%
	Sitios Superfund	0.0000	0.0000	0.0%
	Zona Urbana (no-regulada)	0.6278	0.1569	75.0%
WLA	MS4 Aguada (PRR040027)	0.3868	0.0967	75.0%
	MS4 Aguadilla (PRR040015)	0.1779	0.0445	75.0%
	MS4 Añasco (PRR040040)	0.0004	0.0001	75.0%
	MS4 Isabela (PRR040063)	0.0006	0.0001	75.0%
	MS4 Lares (PRR040082)	0.0240	0.0060	75.0%
	MS4 Moca (PRR040025)	0.5473	0.1368	75.0%
	MS4 San Sebastián (PRR040072)	0.8164	0.2041	75.0%
	HOYAMALA WARD SECONDARY SCHOOL (PR0024317)	0.0007	0.0007	0.0%
	PRASA - CULEBRINAS WTP (PR0026557)	0.1503	0.1503	0.0%
	PRASA - RAMEY FILTER PLT (PR0024015)	0.0278	0.0278	0.0%
	PRASA PERCHAS WTP (PR0022926)	0.0052	0.0052	0.0%
	SAN SEBASTIÁN FILTRATION PLANT (PR0023981)	0.2104	0.2104	0.0%
	SAN SEBASTIAN STP (PR0020851)	0.0398	0.0398	0.0%
	SAN SEBASTIAN WWTP (PRR053037)	0.0038	0.0038	0.0%

5 VARIABILIDAD E INCERTIDUMBRE

En esta sección se presenta un análisis de las condiciones variables que podrían afectar a las asignaciones que se presentan en la Sección 4. La variación estacional se describe como las condiciones que cambian en el marco de tiempo diario, mensual o anual. La influencia de estos factores se incorpora implícitamente a través de la modelación de cuencas que se presenta en el Apéndice C, el cual se utilizó como base para estimar las cargas de fuentes dispersas. El modelo incorpora datos de monitoreo que fueron observados a largo plazo y estos en sí ya incluyen variabilidad en los parámetros clave de entrada. La variabilidad y la incertidumbre en Puerto Rico se describe como los cambios sistémicos a largo plazo en la precipitación, la temperatura y otras condiciones climáticas que no se reflejan en el registro histórico. La incorporación de estas tendencias requeriría una proyección de la condición futura (s) con incertidumbre en cuanto a la dirección y magnitud de estas tendencias.

5.1 Variación estacional

Puerto Rico experimenta episodios de precipitaciones frecuentes con algunas precipitaciones que ocurren aproximadamente una vez cada 1 o 2 días, y los eventos de lluvia mayores de 0.1 pulgadas normalmente ocurren al menos una vez a la semana. Las lluvias mayores se presentan entre agosto y noviembre coincidiendo con la temporada de huracanes, que va de junio a noviembre, con la mayoría de las ocurrencias frecuentes en agosto y octubre. Los aguaceros, que pueden ser localmente fuertes, se puede esperar cualquier momento del año. La mayoría de los aguaceros tienen una corta duración. Los eventos de escorrentía son infrecuentes, repentinos, y dramáticos y se caracterizan por altos flujos. La Tabla 5-1 resume estas y otras estadísticas de las precipitaciones mensuales a largo plazo, para el aeropuerto internacional de San Juan.

Tabla 5-1. Estadísticas mensuales de la precipitación en el Aeropuerto Internacional de San Juan (011641).

Periodo	Lluvia promedio (pulg.)	Valor alto		Valor bajo		Máximo de 1 día		Número de días de lluvia promedio			
		(pulg.)	año	(pulg.)	año	(pulg.)	Fecha	≥0.01	≥0.10	≥0.50	≥1.00
enero	3.71	11.1	2010	0.7	1983	3.7	1/7/1998	18	9	2	0
febrero	2.54	6.7	1982	0.2	1983	2.1	2/17/1989	15	6	1	0
marzo	2.15	9.3	2012	0.1	2005	3.1	3/25/2012	13	5	1	0
abril	4.78	15.0	2005	0.1	1997	7.1	4/15/1988	14	7	2	1
mayo	6.46	14.6	2013	1.5	2007	4.5	5/13/1986	17	9	4	2
junio	4.65	13.6	2011	0.2	2012	3.2	6/12/2013	15	8	3	1
julio	5.55	14.2	2013	1.6	2015	9.2	7/18/2013	19	10	3	1
agosto	6.23	18.6	2011	1.8	1994	5.8	8/22/2011	20	10	4	1
septiembre	5.86	15.2	1996	1.7	1987	8.8	9/18/1989	18	10	3	1
octubre	5.39	11.9	2005	1.8	1992	4.0	10/10/2005	18	11	3	1
noviembre	6.56	12.2	2009	1.9	1980	3.7	11/4/1992	20	12	4	1
diciembre	5.25	16.8	1981	1.0	1997	7.0	12/12/1981	20	11	3	1
anual	59.1							207	107	33	13

Los TMDLs presentados en la Sección 4 para cada uno de los trece cuerpos de agua de Puerto Rico se desarrollaron en base a las condiciones climáticas a largo plazo que representan el período comprendido del 10/01/1990 al 09/30/2016. La variación estacional ha sido capturada utilizando condiciones representativas a largo plazo que inherentemente capturan una gama de años lluviosos, años secos, huracanes, y otros patrones de temporada. El uso de estos datos de largo plazo en la simulación de procesos de las cuencas y la selección de una condición crítica captura adecuadamente la variación estacional observada durante las últimas dos décadas.

5.2 Consideración de eventos climáticos extremos

Además de la variación estacional, también es importante considerar cómo los fenómenos climáticos extremos podrían afectar la carga de contaminantes, las asignaciones a las fuentes, y la planificación de la implementación. Los eventos extremos han afectado a Puerto Rico a través de un aumento en las temperaturas atmosféricas, la subida del nivel del mar, y el aumento en la intensidad de las tormentas tropicales y los huracanes (USEPA 2016). Hayhoe (2013) llevó a cabo una reducción de escala de los modelos climáticos globales para la precipitación y la temperatura y se encontró que se espera que Puerto Rico se caliente más rápido que el promedio global, se prevé que las precipitaciones van a disminuir, sobre todo en la época de lluvias, con días secos más frecuentes. La frecuencia de precipitación 'moderada-extrema' (por ejemplo, más de 1 pulgada de lluvia) se proyecta a disminuir, mientras que se espera que la precipitación más extrema (por ejemplo, más de 3 pulgadas de lluvia en un día) será más común.

Figura 5-1 presenta un análisis de precipitación anual en el aeropuerto internacional de San Juan por 50 años que muestra los percentiles 25, 50, y 75 del promedio móvil de 10 años. Los intervalos entre las percentilas 25, 50, y 75 del promedio móvil de 10 años muestran las tendencias a través del tiempo, tanto aumentando como disminuyendo, con una magnitud algo elevada durante la década más reciente. Si bien los datos no son prueba concluyente en cuanto al cambio climático a largo plazo, este análisis muestra una gama de posibles condiciones anuales, tanto más lluvioso y más seco, bajo las cuales necesitarán desempeñar las medidas de manejo implementadas.

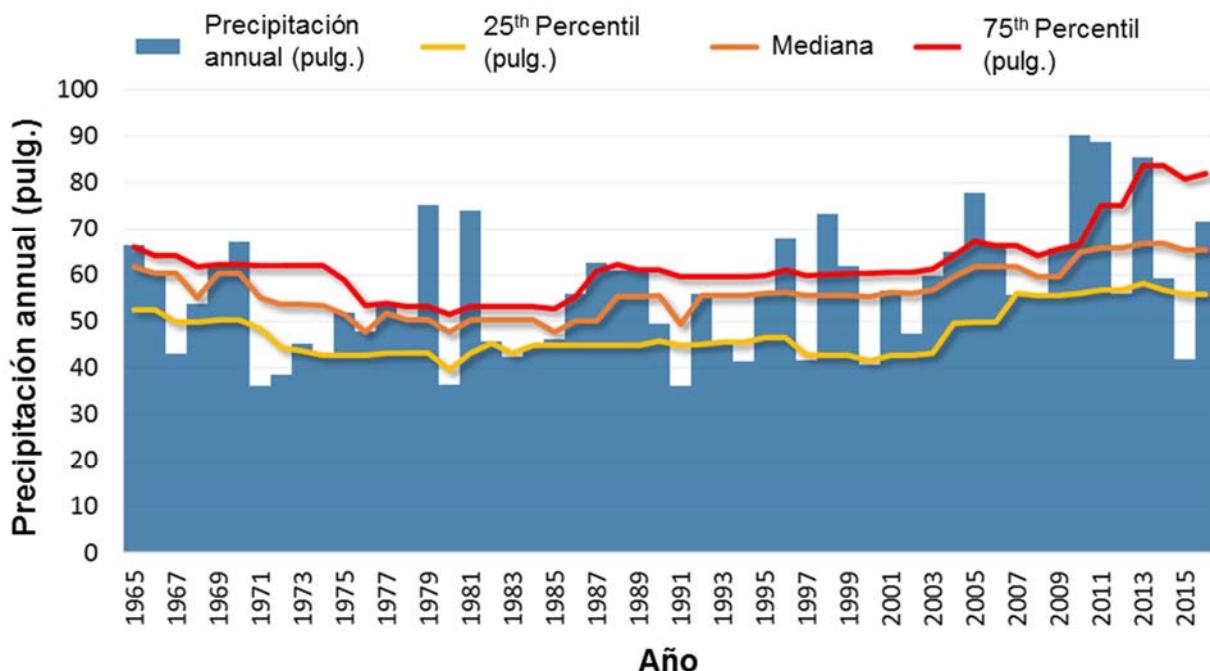


Figura 5-1. Resumen a largo plazo de la precipitación en el Aeropuerto Internacional de San Juan.

Al llevar a cabo este análisis de TMDL, no se realizó modelado con proyecciones climáticas futuras para determinar el impacto de posibles cambios a la precipitación y la temperatura sobre las cargas de cobre, plomo o mercurio. Sin embargo, al ver la variabilidad de las tendencias históricas de las excedencias de cobre se nos proporciona una idea acerca de la capacidad de adaptación del sistema bajo una serie de condiciones climatológicas tales como lluvia. Se contabilizaron los datos de muestras de cobre de todas las estaciones entre 1981 y 2015 para evaluar cómo varió el porcentaje de excedencia con la precipitación promedio anual. El objetivo de este análisis fue identificar la naturaleza de las excedencias observadas producidas durante los años promedio y extremos en el registro histórico. En primer lugar, los datos de cobre fueron contados por año hidrológico. En segundo lugar, los años se agruparon en 10 grupos por magnitud media anual de precipitaciones. Por último, el porcentaje de excedencia se calculó para cada grupo utilizando las muestras de los años dentro de cada uno de estos 10 grupos, como se presenta en la Figura 5-2. Una interpretación simple de los resultados sugiere que los años con precipitaciones cercanas a la media tienden a tener más excedencias que en años muy húmedos o extremadamente secos. Existe cierta variabilidad dentro de los años que no se aborda plenamente en esta evaluación. Por ejemplo, los grandes eventos de lluvia que se producen durante un año de precipitación promedio son posiblemente más probables que causen una excedencia. La frecuencia de excedencia también variará con las condiciones antecedentes dentro de la corriente de agua. Por lo tanto, si en el futuro prevalecerán los años más secos que el promedio (como lo sugiere Hayhoe, 2013), la evaluación de las condiciones históricas sugiere que se producirá el potencial de excedencia más alto que el promedio. Un aumento de eventos intensos en condiciones más secas también tenderá a aumentar el potencial de excedencia.

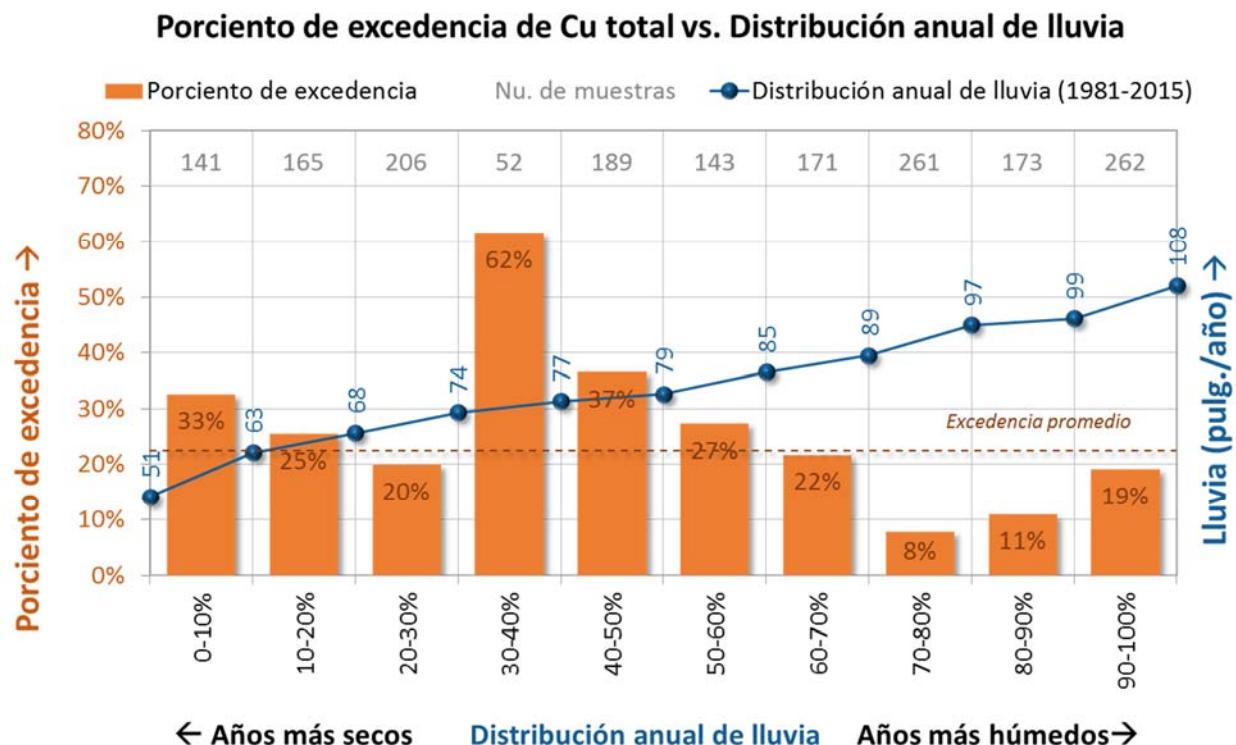


Figura 5-2. Porcentaje de excedencias vs. distribución de la precipitación anual para todas las muestras de cobre en todas las estaciones entre 1981 y 2015.

La estrategia de implementación que se discute en la Sección 8 incluye medidas que reducirán al mínimo las posibles excedencias de metales pesados debido a eventos extremos en Puerto Rico, con la intención de tener una capacidad de adaptación a través de una gama de condiciones climáticas y otros. Las acciones de implementación incluyen: un enfoque en las prácticas de aguas pluviales que infiltran el agua y el minimizar el escurrimiento de sedimentos y metales (especialmente con eventos de alta intensidad de lluvia), nuevas prácticas agrícolas para estabilizar los suelos, lo que reduce la sedimentación y la erosión, y políticas de manejo de cuerpos de agua que devuelvan los cuerpos de agua a sus condiciones más naturales y estables.

6 GARANTÍA RAZONABLE

Cuando se desarrolla un TMDL para aguas impactadas por fuentes precisadas solamente, la emisión de permisos NPDES proporciona la garantía razonable de que se logrará la WLA identificada en el TMDL. Los límites establecidos en los permisos NPDES se fijan a un nivel de protección de la calidad del agua. Los requisitos de seguimiento detallados aseguran el cumplimiento de los límites, y acciones coercitivas puede ser tomadas cuando no estén en conformidad. Cuando se desarrolla un TMDL que asigna cargas de contaminantes a fuentes precisadas y dispersas, el TMDL debe demostrar una seguridad razonable de que se conseguirán las LAs y que los ECA serán alcanzados. La razón fundamental para la seguridad razonable es asegurar que las WLAs y LAs establecidas en el TMDL no se basen en suposiciones no razonables o poco realistas en cuanto a la cantidad de la reducción de contaminantes de fuentes dispersas que se producirán. Esto es necesario porque los WLAs de fuentes precisadas se determinan, en parte, sobre la base de las contribuciones esperadas provenientes de fuentes dispersas a las reducciones totales de contaminantes necesarias para lograr los ECA. Si las reducciones representadas por las LAs no se logran plenamente debido a un fallo en la aplicación plena de los controles de contaminación de fuentes dispersas necesarios, o si se sobreestimó el potencial de reducción de las mejores prácticas de manejo propuestas (BMP), las reducciones colectivas de todas las fuentes no darán lugar al logro del ECA. En aguas afectadas por fuentes dispersas solamente y donde no se asignan WLAs, no hay ningún requisito de demostrar una seguridad razonable como condición para la aprobación del TMDL por la USEPA.

Para este TMDL, se establecieron las asignaciones para las descargas permitidas y las fuentes dispersas. Sin embargo, las LAs de fuentes dispersas componen la mayor parte de las emisiones de contaminantes y, por lo tanto, las medidas de control propuestas para fuentes dispersas serán fundamentales para cumplir los ECA.

Hay una seguridad razonable de que los objetivos de este TMDLs se pueden cumplir con los esfuerzos continuos de planificación de cuencas hidrográficas como los que se hace referencia en este documento TMDL (ver Sección 8 del Plan de Implementación). Los esfuerzos de planificación de las cuencas hidrográficas se centran en el control de sedimentos y la adhesión al *Reglamento para el Control de Erosión y Prevención de Sedimentación*, incluyendo el establecimiento de requerimientos comprensivos de permisos para reducir las cargas de sedimento, la inspección rutinaria en las fases de planificación y pre-construcción, y la disposición de inspeccionar y hacer cumplir el permiso.

Como componente de este esfuerzo de TMDL, fue creado un inventario de programas para proporcionar información sobre los tipos de programas que podrían ser aprovechados para ofrecer apoyo técnico, programático, o educativo para los esfuerzos de protección de cuencas, incluyendo la disponibilidad de fondos. A modo de ejemplo, la Sección 319 de la Ley de Agua Limpia (CWA) puede proporcionar fondos para la instalación de las BMP que previenen o reducen la frecuente contaminación de fuentes dispersas en Puerto Rico. El programa 319 se centra en la aplicación y ha sido fuente de numerosas mejoras de las cuencas hidrográficas en Puerto Rico.

7 PLAN DE MONITOREO PARA SEGUIR LA TRAYECTORIA DE LA EFICACIA DEL TMDL

Después de las acciones de manejo recomendados se han implementado, se lleva a cabo el monitoreo y seguimiento de la eficacia de la aplicación de TMDL, y se evalúa si se necesitan enfoques de manejo alternativos. Este plan de monitoreo es un componente esencial de la aplicación de TMDL que sirve como fuente de retroalimentación para perfeccionar y optimizar estos enfoques de manejo. El programa de monitoreo de calidad de agua de la JCA opera bajo un acuerdo con el Servicio Geológico de Estados Unidos para tomar muestras de agua superficial en todo Puerto Rico. La mayoría de los estados utilizan su red de monitoreo ambiental actual para evaluar la eficacia de TMDL, pero esto no siempre es ideal, ya que las redes de calidad del agua ambiental no suelen estar diseñadas para proporcionar datos específicos. En lugar de ello, a menudo se centran en la evaluación de la condición del sitio y la caracterización de condiciones existentes a una escala de cuencas. Un plan de monitoreo para evaluar la eficacia del TMDL debe basarse en los esfuerzos actuales de monitoreo de calidad del agua, además de incluir la selección de un diseño del estudio, la elección de los parámetros de calidad del agua para monitorear, y la estimación de los requisitos de tamaño de la muestra.

Hay varias consideraciones para los diseños de los estudios de seguimiento de la eficacia del TMDL. El seguimiento de las tendencias implica datos de muestreo a largo plazo, analizados con respecto a tendencias en el tiempo, a partir de muestras que se recogen en la misma ubicación a intervalos regulares. Las muestras "antes/después" se recogen antes y después de la implementación del TMDL desde la misma ubicación para comprobar si se han producido cambios en la calidad del agua. Otro diseño de estudio implica el uso de muestras de "aguas arriba/aguas abajo" que se recogen en el mismo día aguas arriba y aguas abajo de la aplicación de una acción de implementación para comprobar si se han producido cambios en la calidad del agua. Por último, un diseño de estudio de cuencas "a la par" implica muestras recogidas el mismo día en la cuenca objetivo, además de una cuenca cercana donde no se han tomado las acciones de implementación de manejo de metal. El propósito es comprobar si se han producido cambios en la calidad del agua.

Muchas variables, incluyendo la variación en la precipitación y en las descargas estacionales de la masa de contaminantes dentro de Puerto Rico afectan las concentraciones de metales. Por estas razones, puede ser útil para evaluar la eficacia del TMDL si esos parámetros están asociados estadísticamente con las concentraciones de metales. Una covarianza común para los contaminantes en las aguas superficiales, especialmente los ríos, es el caudal. A partir de una revisión de los datos disponibles para las unidades de evaluación que figuran como impactadas, se recomienda que el programa de seguimiento posterior al TMDL vuelva a evaluar los datos disponibles, incluidos los sitios de muestreo y el momento del muestreo. Además, un plan de seguimiento bien definido debe ser desarrollado que se centre en fuentes específicas de contaminación y sus impactos (usos de terreno, los puntos de descarga, áreas de actividad concentrada de barcos). Además, se debe considerar incluiré lugares de muestreo que ayuden a recopilar información de la calidad de agua de fondo y las condiciones de caudal naturales fuera de la influencia de fuentes terrestres con el propósito de entender mejor las fuentes naturales. Una vez determinadas, los lugares de muestreo deben ser utilizados para todos los eventos de muestreo y no deben ser movidos o modificados sin una razón de peso. La comprensión de las tendencias en la calidad del agua requiere consistencia en el tiempo.

También se debe considerar la posibilidad de monitoreo de la calidad del agua durante los eventos de "primera escorrentía -" en cuencas clave. El monitoreo incluiría el muestreo de los cuerpos de agua prioritarios en momentos estratégicos durante el primer evento de lluvia después de un período de sequía prolongado. El muestreo durante estos momentos proporcionará la magnitud de los

contaminantes almacenados (por ejemplo, efluentes sépticos, materiales erosionados creados, etc.) durante el período seco. Este muestreo también dará a lucir la magnitud de las cargas contaminantes terrestres almacenadas y ayudará a priorizar las cuencas para las actividades de mitigación de calidad del agua. Además, es importante tener requisitos para el tamaño de la muestra para demostrar cambios estadísticamente significativos en cada cuenca.

Dadas las típicas deficiencias observadas, se recomienda lo siguiente como una lista mínima de parámetros de muestreo. Los datos de muestreo deben incluir metadatos que documente las condiciones durante el muestreo, incluyendo las condiciones climáticas (por ejemplo, marcando muestras de tiempo seco vs. lluvioso) y la presencia de posibles fuentes de contaminación (por ejemplo, desagües), etc. Esta información proporciona información de apoyo que puede ayudar a interpretar datos, sobre todo cuando los resultados están fuera de lo común para un lugar específico.

- Dureza (como CaCO_3)
- Solidos suspendidos totales
- Sedimentos en suspensión totales
- Turbiedad
- Temperatura de agua
- pH

La dureza (como CaCO_3) es importante para el cálculo de los ECA aplicables con cada muestra. Otros parámetros, tales como sedimentos o turbidez, pueden ser útiles en la identificación de las fuentes que contribuyen a los metales y en la determinación de la forma (en partículas o disuelto) en que se originan. Por último, otros factores tales como el pH y la temperatura del agua ayudan a entender la disponibilidad biológica de las trazas de metales, lo que afecta su mecanismo de transporte de toxicidad (CSN 2015).

8 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Los TMDLs presentados en este documento establecen una reducción significativa en la carga de metales pesados a los cuerpos de agua de Puerto Rico listados. Se recomienda que unas estrategias adaptativas de manejo de la calidad del agua incluyan el control estructural y no estructural de la contaminación, los planes de monitoreo, y la participación de las partes interesadas. Esta sección describe las recomendaciones clave para la implementación del TMDL.

8.1 Manejo de aguas pluviales

La escorrentía de las superficies impermeables, tales como carreteras, estacionamientos y edificios, contribuye al impacto de los metales pesados en la mayoría de los cuerpos de agua de Puerto Rico. Las recomendaciones de manejo para reducir la carga de partículas de metales de las aguas de escorrentía pluvial son:

1. Los permisos NPDES emitidos para los programas MS4 deben ser consistentes con los WLAs presentados en este informe
2. Una evaluación de los programas MS4 de los municipios de las cuencas hidrográficas impactadas debe ser completada para determinar las estrategias locales de manejo de las aguas pluviales. Por ejemplo, las carreteras pueden ser pavimentadas, o la construcción podría detenerse o ser alterada debido a la escorrentía y la sedimentación de los cuerpos de agua locales.
3. Cualquier nuevo desarrollo o remodelación debe incorporar diseños de infraestructura verde que reduzcan el escurrimiento de las aguas pluviales y las cargas de contaminantes e imitan la hidrología natural. Por ejemplo, la instalación de canales de filtración biológica, pavimento permeable, y estanques de retención pueden reemplazar la infraestructura tradicional.
4. El alcance al público debe involucrar la educación de los dueños de propiedades de los beneficios de la infraestructura verde y la reutilización del agua para aminorar la contaminación de las aguas pluviales en zonas residenciales y comerciales cerca de los cuerpos de agua impactados.
5. Hacer inspección de carreteras sin pavimentar, proyectos de construcción en proceso, y otras áreas de alto potencial de erosión que requieran estabilización.

8.2 Agricultura y CAFO

La carga de metal pesado de la agricultura y CAFOs es el resultado de la erosión de los sedimentos, fertilizantes y residuos animales. La educación debe producirse en una variedad de niveles y debe dirigirse especialmente a los encargados de tomar decisiones (funcionarios electos, jefes de los organismos y funcionarios políticos), a los propietarios de granjas y trabajadores agrícolas, y al público en general. La importancia de proteger los recursos naturales y el impacto de la contaminación de fuentes dispersas deben ser comunicada de manera efectiva, centrándose en los vínculos entre los recursos naturales sanos, el agua potable limpia y una economía fuerte.

Las recomendaciones generales de manejo para reducir la carga de metales pesados se enumeran a continuación:

1. La aplicación adecuada de fertilizantes, recolección de estiércol, y el almacenamiento/eliminación de residuos.
2. Inspección de las aplicaciones de pesticidas y fungicidas

3. Control de la erosión de las tierras agrícolas para reducir el transporte de sedimentos de metales particulados
4. Estudio y revisión de las prácticas de manejo existentes y los planes de control de erosión.
5. Extensión y educación que implique prácticas agrícolas apropiadas y el fomento de uso de BMPs estructurales para reducir la carga de metales pesados a los cuerpos de agua impactados. Ejemplos de BMPs estructurales incluyen estanques de control de sedimentación, construcción de humedales, y prácticas de estabilización.

La educación y divulgación al público de actividades y materiales pueden adoptar una variedad de formas, dependiendo de la audiencia:

- Los encargados de tomar decisiones necesitan información general sobre los impactos de la contaminación de fuentes dispersas, cómo la contaminación de fuentes dispersas afecta al medio ambiente, las formas de control de la contaminación de fuentes dispersas, y cómo los impactos adversos de la contaminación de fuentes dispersas afectan la economía, la salud y la estética de la región.
- Los agricultores necesitan información detallada sobre cómo seleccionar y poner en práctica adecuada los BMPs no estructurales y estructurales, la operación y el manejo de los BMP estructurales, reconocer las limitaciones de la tierra y obtener el máximo rendimiento sostenible dentro de esas limitaciones, manejar adecuadamente la tierra, y desarrollar e implementar planes de control.
- El público en general tiene que entender los vínculos entre sus acciones, la contaminación de fuentes dispersas, y la degradación del medio ambiente natural.
- Los programas educativos deben adaptarse a las necesidades específicas de la comunidad, las necesidades de los agricultores, y el nivel de educación de la audiencia.

Una estrategia eficaz para la educación y la divulgación pública relacionada con las fuentes dispersas agrícolas debe incluir:

- El desarrollo de un comité o mecanismo similar para coordinar la política de educación para la región;
- Integrar los esfuerzos con el Servicio de Extensión Agrícola de Puerto Rico (PRAES) para coordinar y ofrecer conferencias y reuniones relacionadas a contaminación del agua subterránea por los plaguicidas.
- Colaborar con el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del USDA (NRCS) en la implementación de la Iniciativa Nacional de Calidad del Agua del NRCS
- Fortalecer las acciones correspondientes al manejo de los plaguicidas presentes en áreas monitoreadas en coordinación con el Departamento de Agricultura de Puerto Rico (PRDA).
- El seguimiento de otras agencias estatales y federales, así como otros asociados, para alentárlas a dirigir los esfuerzos para manejar las cuencas prioritarias identificadas como parte de la lista de prioridades desarrollada para el Programa de Manejo de Fuentes Dispersas (NPS) de la JCA
- Programas de educación comunitaria;
- Demostraciones de campo y las visitas de seguimiento al sitio;
- Talleres en escuelas y en la comunidad;
- Programas de divulgación y extensión, incluyendo cursos para los trabajadores agrícolas;
- El uso de los medios de comunicación (TV, radio, videos, etc.);

- Desarrollo de materiales de divulgación, tales como hojas de datos, documentos de orientación, y cursos para los encargados de tomar decisiones, los agricultores y el público en general;
- La educación de los líderes políticos quienes desarrollan e implementan política pública en la cuenca; y
- La designación de un organismo líder responsable de la coordinación.

8.3 Descargas municipales e industriales con permisos

El cumplimiento de las cargas de metales pesados con los límites permitidos para las descargas municipales e industriales, los vertederos, y otras fuentes precisadas es imprescindible para el logro de los estándares de calidad de agua. Las recomendaciones de manejo para reducir las cargas de metales pesados procedentes de fuentes precisadas son:

1. Las WLAs para las instalaciones con permisos NPDES deben estar señaladas en los permisos como la carga máxima permisible para el cobre, el plomo y el mercurio. Las medidas de control se deben poner a lugar donde sean aplicables y económicamente factible. Las acciones que se deben tomar incluyen la reducción de las instalaciones en envejecimiento, el tratamiento terciario, o de otros proyectos de remoción de metales pesados.
2. A las instalaciones con permisos NPDES se les debe requerir el controlar las descargas y reportar concentraciones de metales pesados de forma consistente.
3. Los esfuerzos en curso para hacer inventarios, mapas y actualización de los records de los permisos deben continuar. Los detalles de cada fuente precisada deberían incluir fechas de instalación, información de los permisos, datos de calidad del agua, agencias reguladoras, el paisaje que rodea la zona, y otros detalles pertinentes sobre las estructuras.
4. El seguimiento de las instalaciones presentes en las unidades de evaluación en el nivel de prioridad alta, de acuerdo con la lista de prioridades de fuentes dispersas de la JCA.
5. Promover en el Departamento de Agricultura la utilización de la lista de prioridades de Fuentes Dispersas como herramienta de trabajo para reducir las cargas de metales pesados de acuerdo con los niveles de prioridad.
6. Continuar la implementación del Reglamento para el Control de la Erosión y Prevención de la Sedimentación (RCEPS) como parte de Plan de Manejo de Fuentes Dispersas de la JCA 319(h) y apoyar el Programa de Fuentes Dispersas Costeras de Puerto Rico (Sección 6217).
7. Continuar la implementación del *Reglamento para el Control de los Desperdicios fecales de Animales de Empresas Pecuarias*, aprobada por la JCA en FY-09. Revisar y procesar 100 solicitudes de permisos de acuerdo con las disposiciones del reglamento de residuos de animales confinados recibidos a tiempo durante el año fiscal. Estos incluyen las solicitudes de permisos recibidas de instalaciones en las unidades de evaluación de alta prioridad en Puerto Rico

9 ACTA ADMINISTRATIVA

Una copia electrónica del expediente administrativo fue compilada para apoyar este TMDL.

10 REFERENCIAS

- Apeti, D.A. et. al. 2011. Characterization of land-based sources of pollution in Jobos Bay, Puerto Rico: status of heavy metal concentration in bed sediment. *Environmental Monitoring and Assessment*. 184:811-830.
- BASMAA (Bay Area Stormwater Management Agencies Association). 2011. 2010-11 Annual Reports for the Municipal Regional Stormwater NPDES Permit, Pollutants of Concern and Monitoring, A7- A12 Brake Pad Copper Reduction.
- CSN (Chesapeake Stormwater Network). 2015. *Potential Benefits of Nutrient and Sediment Practices to Reduce Toxic Contaminants in the Chesapeake Bay Watershed*. Prepared for the Toxics Work Group Chesapeake Bay Partnership. December 10, 2015.
- Clean Estuary Partnership. 2004. Copper Sources in Urban Runoff and Shoreline Activities. Prepared for the Clean Estuary Partnership by TDC Environmental, LLC, San Mateo, CA.
- Hayhoe, K (Department of Political Science, Texas Tech University, TX) Quantifying Key Drivers of Climate Variability and Change for Puerto Rico and the Caribbean. Final Report 1 Oct 2011-30 Sep 2012. 2013. 241 p. Agreement No.: G10AC00582. Data and relevant publications can be found at www.caribbeanlcc.org/interactivemap/
- Hopkins, B. and Ellsworth, J. 2005. Trace Metal Toxicity from Manure in Idaho: Emphasis on Copper. Idaho Alfalfa and Forage Conference, Moscow, ID.
- Gelabert, P.A. 2004. Minería en Puerto Rico.
- Holmgren, M.W. et al. 1993. Cadmium, Lead, Zinc, Copper, and Nickel in Agricultural Soils of the United States of America. *Journal of Environmental Quality*. 22:335-348.
- New York Academy of Sciences. 2006. The fate of heavy metals in landfills: A Review. New York Academy of Sciences, New York, NY.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Agency). 2000. NOAA/EPA Approve Puerto Rico's New Polluted Runoff Program. National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD.
- PREQB (Puerto Rico Environmental Quality Board). 2007. Total Maximum Daily Loads (TMDL) Rio Grande de Loíza Watershed: Fecal Coliform, Copper, Biochemical Oxygen Demand/Ammonia. Puerto Rico Environmental Quality Board, San Juan, Puerto Rico.
- PREQB (Puerto Rico Environmental Quality Board). 2014a. Puerto Rico Water Quality Standards Regulation. Adopted August 19, 2014.
- PREQB (Puerto Rico Environmental Quality Board). 2014b. Puerto Rico 305(b)/303(d) Integrated Report. Puerto Rico Environmental Quality Board, San Juan, Puerto Rico.
- PREQB (Puerto Rico Environmental Quality Board). 2016. Puerto Rico 305(b)/303(d) Integrated Report. Puerto Rico Environmental Quality Board, San Juan, Puerto Rico.
- TDC (TDC Environmental). 2013. Estimate of Urban Runoff Copper Reduction in Los Angeles County from the Brake Pad Copper Reductions Mandated by SB 346. February.
- ULAR WMG (Upper Los Angeles River Watershed Management Group). 2016. *Enhanced Watershed Management Program (EWMP) for the Upper Los Angeles River*. Prepared for the ULAR WMG by Black and Veatch, Los Angeles, CA.

- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1991. Guidance for Water Quality-based Decisions: The TMDL Process. EPA 440/4-91-001.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2004. Risk Management Evaluation for Concentrated Animal Feeding Operations. EPA/600/R-04/042.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2016. What Climate Change Means for Puerto Rico. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2017. *National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) Permits for the Phase 2 Stormwater Program in Puerto Rico*. <https://www3.epa.gov/region02/water/npdes/permits/>. Accessed May 12, 2017.
- USGS (United States Geological Survey). 2010. Understanding Processes Affecting Mineral Deposits in Humid Environments. United States Geologic Survey, Reston, VA.
- Waddell, J.E. and A.M. Clarke (eds.), 2008. The State of Coral Reef Ecosystems of the United States and Pacific Freely Associated States: 2008. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 73. NOAA/NCCOS Center for Coastal Monitoring and Assessment's Biogeography Team. Silver Spring, MD. 569 pp.