Carga Máxima Total Diaria de Bacterias Coliformes Fecales (TMDL), Río Culebrinas, Puerto Rico

Número de Contrato EP-C-08-004
Orden de Trabajo 2008-8

Traducción al Español

Abril 2010

Preparado para la
Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Región 2
y la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico

Preparado por:

Tetra Tech, Inc.
10306 Eaton Place, Suite 340
Fairfax, VA 22030

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 1
2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 2
2.1 Trasfondo 2
2.2 Criterios de Calidad de Agua 4
2.3 Fuentes de Contaminación 5
2.3.1 Fuentes Precisadas 6
2.3.2 Fuentes Dispersas 8
2.4 Condiciones Actuales 14
3 ANÁLISIS DE DATOS 15
3.1 Datos de Monitoría 15
3.2 Condiciones Críticas 19
4 ENFOQUE ANALITICO 20
4.1 Configuración del Modelo de Cuenca 22
4.1.1 Delineación de Subcuencas 22
4.1.2 Configuración de Componentes Integrales del Modelo de Cuenca 25
4.1.3 Calibración y Validación del Modelo de Cuenca 35
4.1.4 Calibración del Componente de Calidad de Agua 41
4.2 Modelo de Prisma de Marea 43
4.3 Premisas y Limitaciones 46
5 CÁLCULOS DEL TMDL Y ASIGNACIONES 47
5.1 Objetivo Numérico para Bacterias Coliformes Fecales 47
5.2 Margen de Seguridad 49
5.3 TMDLs de Bacterias Coliformes Fecales 50
5.4 Asignaciones de Carga (AC) 56
5.5 Asignaciones de Cargas de Contaminantes (WLA) 56
6 GARANTÍA RAZONABLE E IMPLEMENTACIÓN DEL TMDL 59
6.1 Garantía Razonable 59
6.2 Implementación 59
6.2.1 Plan de Manejo: Áreas Agrícolas 61
6.2.2 Plan de Manejo: Áreas Urbanas 66
6.2.3 Plan de Manejo: Sistemas Sépticos 69
6.2.4 Efectividad de Medidas Propuestas para el Manejo de Cuenca 70
7 REFERENCIAS 73
Apéndice A: Tipo de Sistema Sanitario 74
Apéndice B: Modelo de Prisma de Marea 76
Apéndice C: Archivo LSPC Calibrado 79
Apéndice D: Uso de Terreno por Subcuenca 107

FIGURAS

Figura 2-1. Cuenca del Río Culebrinas y municipios adyacentes 3
Figura 2-2. Instalaciones con permisos NPDES en la cuenca del Río Culebrinas. 6
Figura 3-1. Estaciones de flujo y calidad de agua en la cuenca del río Culebrinas. 16
Figura 3-2. Datos de bacterias coliformes fecales en la estación USGS 50147600 agrupados por percentila de flujo..... 17
Figura 3-3. Datos de bacterias coliformes fecales en la estación USGS 50147600 agrupados por mes 18
Figura 4-1. Subcuencas y red de Ríos y quebradas modelados. 24
Figura 4-2. Distribución de cobertura de terreno en la cuenca del Río Culebrinas 28
Figura 4-3. Datos de tipo de suelos STATSGO utilizados en el modelo de cuenca LSPC. 30
Figura 4-4. Estaciones metereológicas utilizadas en el proceso de modelaje de la cuenca del río Culebrinas. 32
Figura 4-5. Calibración hidrológica del modelo LSPC del 1995–1999 en USGS 50147800: Río Culebrinas en carretera 404 cerca de Moca, Puerto Rico. 37
Figura 4-6. Validación hidrológica del modelo LSPC del 2000-2004 en USGS 50147800: Río Culebrinas en carretera 404 cerca de Moca, Puerto Rico. 38
Figura 4-7. Calibración de la calidad de agua en USGS 50147600: Río Culebrinas cerca de San Sebastián, Puerto Rico. 42
Figura 4-8. Validación de la calidad de agua en USGS station 50147600: Río Culebrinas cerca de San Sebastián, Puerto Rico. 43
Figura 4-9. Diagrama conceptual del modelo de prisma de marea..... 44
Figura 4-10. Datos de cuña de sal utilizados para estimar la extensión de la intrusión de agua de mar e influencia de mareas en el Río Culebrinas. 45
Figura 5-1. Patrones de precipitación, 1980–2004 y período de asignación seleccionado para el TMDL. 49
Figura 5-2. Ejemplo de las series de tiempo diarias y de media geométrica de 5 días modeladas para las condiciones del TMDL en la salida del Río Culebrinas..... 50
Figura 5-3. Unidades de evaluación junto a las subcuencas modeladas en la cuenca del Río Culebrinas. 52

TABLAS

Tabla 2-1. Unidades de evaluación de la cuenca del Río Culebrinas, incluyendo las identificadas en la lista 303(d) de aguas impactadas de Puerto Rico. 4
Tabla 2-2. Cargas permitidas de las instalaciones NPDES..... 6
Tabla 2-3. Carga de bacterias coliformes fecales estimadas para las áreas MS4 7
Tabla 2-4. Instalaciones de animales de cría en la cuenca del Río Culebrinas..... 8
Tabla 2-5. Tasa de carga de bacterias coliformes fecales para las áreas urbanas..... 11
Tabla 2-6. Carga de bacterias coliformes fecales estimadas para las áreas urbanas sin permisos 11
Tabla 2-7. Carga de bacterias coliformes fecales provenientes de sistemas sépticos averiados estimados para cada subcuenca 13
Tabla 3-1. Medidores de flujo del USGS en la cuenca del Río Culebrinas..... 15
Tabla 3-2. Datos de bacterias coliformes fecales en la estación USGS 50147600 (Río Culebrinas cerca de San Sebastián) agrupados por percentila de flujo 17
Tabla 3-3. Datos de bacterias coliformes fecales en la estación USGS 50147600 (Río Culebrinas cerca de San Sebastián) agrupados por mes 18
Tabla 4-1. Subcuencas definidas para el modelo de cuenca del Río Culebrinas..... 22
Tabla 4-2. Data de cobertura del terreno de la cuenca del Río Culebrinas y su agrupación en categorías de uso de terreno en el modelo 26
Tabla 4-3. Características de las estaciones metereológicas representadas en el modelo de cuenca 31
Tabla 4-4. Comparación estadística del balance hídrico del 1995–1999 en USGS 50147800: Río Culebrinas en carretera 404 cerace de Moca, Puerto Rico 39
Tabla 4-5. Comparación estadística del balance hídrico del 2000-2004 en USGS 50147800: Río Culebrinas en carretera 404 cerace de Moca, Puerto Rico 40
Tabla 4-6. Tasas de acumulación y límite de bacterias coliformes fecales por uso de terreno modelado 42
Tabla 5-1. Resumen de condición base por unidad de evaluación 54
Tabla 5-2. Resumen de condición TMDL por unidad de evaluación..... 55
Tabla 5-3. Cargas de bacterias para el componente MS4 de los WLAs..... 58
Tabla 5-4. WLAs para las instalaciones permitidas NPDES..... 58

1 INTRODUCCIÓN

La Sección 303 (d) de la Ley de Agua Limpia y los Reglamentos de Planificación y Manejo de Calidad del Agua de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (Título 40 del Código de Reglamentos Federales [CFR] Parte 130) exige a los estados a desarrollar cargas máximas totales diarias (TMDLs, por sus siglas en inglés) para cuerpos de agua que no cumplen con sus usos designados, a pesar de que las fuentes de contaminantes han implementado controles de contaminación basados en la tecnología. Un TMDL establece la carga permitida de un contaminante o de otros parámetros cuantificables a base de la relación entre fuentes contaminantes y la calidad del agua. Un TMDL proporciona la base científica para los estados poder establecer controles de contaminación basados en la calidad del agua para reducir la contaminación, tanto de fuentes precisadas como dispersas, y restablecer y mantener la calidad de los recursos hídricos del estado (USEPA 1991).

La Región 2 de la EPA y la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (JCAPR) han coordinado una evaluación de la cuenca hidrográfica y un análisis de la calidad del agua en la cuenca del Río Culebrinas de Puerto Rico para apoyar el cálculo del TMDL para bacterias coliformes fecales en los cuerpos de agua de la cuenca. Estos cuerpos de agua están incluidos en la lista de aguas impactadas de la sección 303 (d) de Puerto Rico. Este documento presenta los resultados del estudio TMDL y proporciona la base técnica para el cálculo del TMDL.

2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Trasfondo

El Río Culebrinas nace en el noroeste de Puerto Rico y discurre en dirección noroeste hacia el Océano Atlántico, drenando aproximadamente 109 millas cuadradas de tierra . La cuenca del Río Culebrinas es parte de la Unidad de Catalogación de 10 dígitos número 2101000301 del US Geological Survey (USGS). La Figura 2-1 muestra la ubicación de la cuenca del río Culebrinas.

Los principales afluentes al Río Culebrinas son: Río Guatemala, Río Sonador, Quebrada Grande, Río Cañas, Quebrada Las Marías, Quebrada Yagruma, Quebrada Lasalle, Quebrada El Salto, Quebrada Grande de la Majagua, y Quebrada Salada. La cuenca del Río Culebrinas se encuentra entre los municipios de Aguadilla, Aguada, Moca, San Sebastián y Lares. El uso del terreno en la cuenca se compone de una mezcla de zonas urbanas y rurales, pastos y bosques. El punto más alto en la cuenca es de 522 metros sobre el nivel del mar. El punto más bajo de la cuenca es su salida al nivel del mar. La elevación promedio de la cuenca es de 124 metros sobre el nivel del mar.

La cuenca del Río Culebrinas tiene un clima tropical. Las temperaturas y la precipitación se ven afectadas por los vientos alisios del noreste. La humedad es relativamente alta en el verano. La mayoría de las lluvias se producen entre mayo y diciembre. Los aguaceros, que pueden ser localmente fuertes, se pueden esperar en cualquier época del año. La mayoría de los aguaceros tienen una corta duración. La temporada de huracanes es de junio a noviembre, pero los huracanes ocurren con mayor frecuencia entre agosto y octubre.

Debido a fuentes precisadas municipales, fallos en sistemas de recolección, la escorrentía urbana, operaciones de animales confinados, las prácticas agrícolas y los sistemas de aguas residuales in situ, el sistema del Río Culebrinas ha dejado de cumplir con los estándares de calidad del agua para Puerto Rico (PRWQSR Sección 3.2.4 [B][2]). Como resultado, las unidades de evaluación (UE) de la cuenca hidrográfica del Río Culebrinas están incluídas en la lista de Puerto Rico del 2008 de aguas impactadas de la sección 303(d) de la Ley de Agua Limpia debido a que sus cuerpos de agua están impactados por bacterias de coliformes fecales (Tabla 2-1).

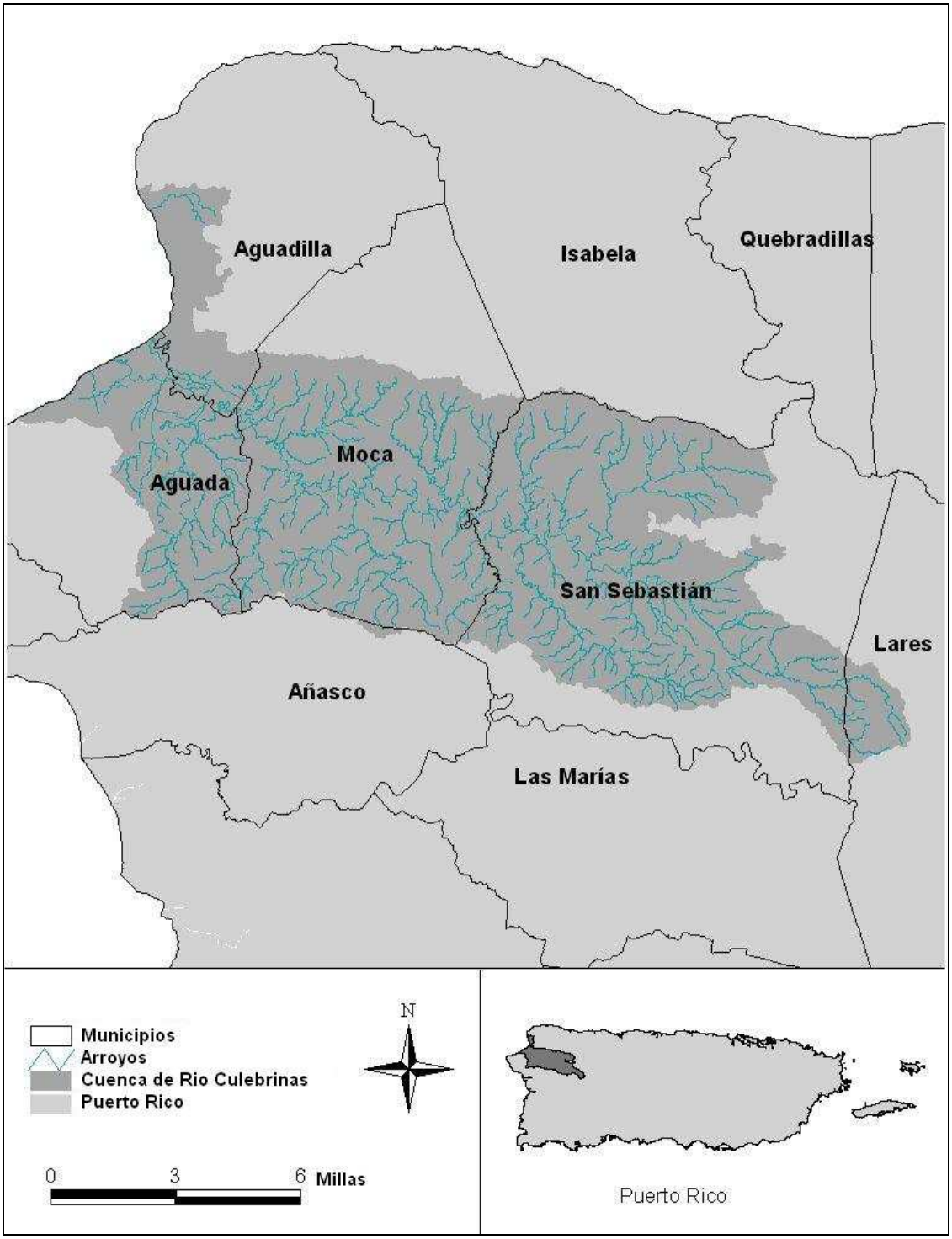

Figura 2-1. Cuenca del río Culebrinas y municipios adyacentes

Tabla 2-1. Unidades de evaluación de la cuenca del Río Culebrinas, incluyendo las identificadas en la lista 303(d) de aguas impactadas de Puerto Rico.

Cuenca	2008 Unidad de evaluación	Daño asignado por el estado	Estaciones asociadas
RÍO CULEBRINAS	Río Culebrinas (PRWR95A)	Coliformes fecales (1700)	50146675 50146800 50147050 50147600 50147800 50148050 50149100
	Río Caño (Río Cañas) (PRWR95B)	Coliformes fecales (1700)	50148500 50148700
	Quebrada Grande (Sector Cuchillas) (PRWQ95C)	Coliformes fecales (1700)	50147997
	Quebrada Las Marías (PRWQ95D)	Coliformes fecales (1700)	50147900
	Quebrada Yagruma (PRWQ95E)	No listadas	--
	Quebrada La Salle (PRWQ95F)	Coliformes fecales (1700)	50147675
	Quebrada El Salto (PRWQ95G)	Coliformes fecales (1700)	50147630
	Quebrada Grande de la Majagua (PRWQ95H)	Coliformes fecales (1700)	--
	Quebrada Salada (PRWQ95I)	Coliformes fecales (1700)	50147475
	Río Sonador (PRWR95J)	Coliformes fecales (1700)	50147400 50147450
	Río Guatemala (PRWR95K)	Coliformes fecales (1700)	50147200
	PR Unnamed 1 (417)	No listadas	--
	PR Unnamed 2 (401, PRWR0304a)	No listadas	--
	PR Unnamed 3 (418, PRWE0303)	No listadas	--
	PR Unnamed 4 (419)	No listadas	--

2.2 Criterios de Calidad de Agua

Los cuerpos de agua impactados en el sistema del Río Culebrinas se clasifican como *SD* y están sujetos a las metodologías de evaluación y los usos designados descritos en la categoría *Ríos* de la sección 303(d) de la lista de aguas impactadas de Puerto Rico. Cuatro categorías de uso designados se identifican aquí: Recreación de Contacto Primario (R1), Recreación de Contacto Secundario (R2), Vida Acuática (AL), y Fuente de Abasto de Agua Potable (DW).

De las 15 unidades de evaluación identificadas en la Tabla 2-1, 10 están listadas debido a bacterias coliformes fecales. Ninguna de estas 10 unidades de evaluación cumple plenamente con los usos designados de vida acuática o fuente de abasto de agua potable. Mientras 3 de las 10 unidades de evaluación cumplen con el uso designado de recreación

de contacto secundario, ninguna de ellas cumple con el uso designado de recreación de contacto primario. Los estándares de calidad de agua que se aplican son los siguientes:

- Sección 3.2.4. (A) del Reglamento de Estándares de Calidad de Agua (PRWQSR) incluye el siguiente uso designado a las aguas de clase *SD*: *"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."*

- Sección 3.2.4 (B)(2) de la PRWQSR, modificada en marzo de 2003, incluye los siguientes criterios para bacterias coliformes: *"Coliformes: La media geométrica de una serie de muestras representativas (por lo menos cinco muestras) de las aguas tomadas secuencialmente no será superior a 10,000 colonias/100mL de coliformes totales por 100 ml, o 200 colonias/100 ml de coliformes fecales. No más del 20 porciento de las muestras deberá exceder de 400 colonias/100mL de coliformes fecales."*

Los cuerpos de agua están impactados debido a bacterias coliformes fecales, por lo que los criterios numéricos descritos anteriormente definirán el objetivo de calidad de agua identificado para la determinación del TMDL. Debido a que el enfoque para el desarrollo del TMDL utiliza un modelo de cuenca para comparar las concentraciones de bacterias de coliformes fecales, en contra del objetivo de la calidad del agua, las quebradas que presenten concentraciones que exceden los objetivos de calidad de agua se considerarán impactadas por bacterias de coliformes fecales y requerirán TMDLs aún si no fueron específicamente identificadas en la lista 303(d). El modelo de cuenca muestra concentraciones de bacterias de coliformes fecales que exceden a los estándares de calidad de agua en todas las 15 unidades de evaluación de la Tabla 2-1. Por lo tanto, los 15 cuerpos de agua están impactados por coliformes fecales, y requieren TMDLs.

2.3 Fuentes de Contaminación

Las fuentes potenciales que contribuyen bacterias coliformes fecales pueden agruparse en dos categorías: las fuentes precisadas y las fuentes dispersas. Las fuentes precisadas incluyen descargas autorizadas que se han calculado a base de los límites permitidos para cada instalación por el Sistema Nacional de Eliminación de Descargas (NPDES, por sus siglas en inglés) y las descargas de alcantarillados pluviales permitidos bajo el Permiso General NPDES PRR040000 para las descargas procedentes de Sistemas de Alcantarillados Pluviales Pequeños y Separados (MS4). Las fuentes dispersas son fuentes difusas e incluyen las contribuciones de la cuenca hidrográfica (por ejemplo, las escorrentías pluviales sin permiso y las contribuciones de sistemas sépticos), fuentes locales y fuentes de transfondo.

2.3.1 Fuentes Precisadas

Una fuente precisada, de acuerdo con 40 CFR 122.3, es cualquier transmisión discernible, confinada y discreta, incluyendo cualquier tubería, zanja, canal, túnel, conducto, pozo, fisura específica, contenedor, material rodante, operaciones de alimentación de animales confinados, sistema de recolección de lixiviados de vertederos, y otros buques o artefactos flotantes, de los cuales los contaminantes son o pueden ser descargados. El programa NPDES, establecido en virtud de Ley de Agua Limpia (partes 318, 402, y 405), requiere permisos para la descarga de contaminantes procedentes de fuentes precisadas.

La información sobre los permisos NPDES se obtuvo utilizando la base de datos del Sistema de Conformidad de Permisos (PCS, por sus siglas en inglés) de la EPA y fue verificada con información provista por PREQB para cuatro instalaciones en la cuenca del Río Culebrinas. Los datos de PCS incluyen la ubicación, límites de permiso, y datos de monitoría de descargas de las cuatro (4) instalaciones. Estos datos fueron compilados y utilizados para configurar el modelo de cuenca Loading Simulation Program C ++ (LSPC). Para la ubicación de estas instalaciones, ver la Figura 2-2, y para obtener información sobre cómo las fuentes precisadas se contabilizan en el TMDL, véase las secciones 4 y 5. La Tabla 2-2 muestra los flujos permitidos, las concentraciones permitidas, y las cargas de bacterias de coliformes fecales calculadas para cada instalación. En la Tabla 2-2 se incluyen las plantas de filtración, porque éstas tienen permisos NPDES para descargar coliformes fecales. Sin embargo, esto no significa que estas instalaciones están descargando sobre sus límites de permiso, solo que están permitidas a descargar hasta una determinada concentración en su efluente.

Tabla 2-2. Cargas permitidas de las instalaciones NPDES

NPDES ID	AU	Nombre de la instalación	Flujo actual (MGD)	Flujo actual (pcs)	Flujo permitido (MGD)	Flujo permitido (pcs)	Coliformes fecales actuales (#/100mL)	Coliformes fecales permitidos (#/100 ml)	Coliformes fecales actuales (#/día)	Coliformes fecales permitidos (#/día)
PR0020851	PRWR95A	PRASA SAN SEBASTIAN	0.3536	0.5470	0.4	0.6188	2409	2000	3.23E+10	3.03E+10*
PR0023981	PRWR95A	PRASA WTP SAN SEBASTIAN	0.0227	0.0351	0.3024	0.4678	2.60	400	2.23E+06	4.58E+09
PR0024317	PRWR95K	HOYAMALA WARD SECONDARY SCHOOL	0.0080	0.0124	0.007	0.0108	639	2000	1.93E+08	5.30E+08
PR0025551	PRWR95A	PRASA SAN SEBASTIAN WWTP	0.5904	0.9133	1.0	1.5470	1008	2000	2.25E+10	7.57E+10

Nota: La notación científica se utiliza para mostrar el # / día de bacterias de coliformes fecales, esta es una manera de escribir los números que se adapten a los valores demasiado grandes o pequeños como para ser convenientemente escritos en notación decimal estándar. La letra E representa diez veces más elevado a la potencia señalada. Ejemplo:1.23E+6 = 1,230,000. Esto aplica en cualquier lugar en el que un valor de este tipo aparezca.Figura 2-2. Instalaciones con permisos NPDES en la cuenca del Río Culebrinas.

La escorrentía de las áreas urbanizadas (UAs)[1], designadas por la Oficina del Censo de Estados Unidos, es definida como una fuente precisada de descarga, mientras que la escorrentía de las zonas urbanas fuera de las UAs se considera una descarga de fuentes dispersas. La capa del sistema de información geográfica (GIS) de las áreas urbanizadas del censo de 2000 se utilizó para separar las zonas urbanas entre sistemas de alcantarillados municipales separados (MS4) y otras zonas urbanas que no son MS4. La Tabla 2-3 presenta las cargas de bacterias de coliformes fecales estimadas para las áreas MS4 de la cuenca del Río Culebrinas. Las cargas de coliformes fecales base estimadas para las áreas MS4 fueron calculadas utilizando la carga por unidad de área para los usos de terreno urbanos estimada por el modelo LSPC, y aplicado a las áreas urbanas dentro de las UAs definidas por el censo.

Tabla 2-3. Carga de bacterias coliformes fecales estimadas para las áreas MS4

Área urbanizada	Pueblo	Código (AU)	Unidad de evaluación	Carga base (#/día coliformes fecales)
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRUNNAMED1	2.21E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguadilla	631	PRUNNAMED1	2.35E+10
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRUNNAMED2	1.62E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRUNNAMED3	5.08E+08
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRUNNAMED4	3.12E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95C	9.91E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRWQ95D	1.76E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95D	1.60E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95E	2.31E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95F	7.18E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95G	3.56E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWQ95G	2.24E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95H	1.73E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWQ95H	1.66E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWQ95I	4.53E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRWR95A	1.10E+10
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguadilla	631	PRWR95A	4.30E+09
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWR95A	2.41E+10
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWR95A	2.51E+10
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRWR95B	1.37E+10
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWR95B	5.24E+07
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWR95J	6.47E+09

[1] http://cfpub.epa.gov/npdes/stormwater/urbanmapresult.cfm?state=PR

Área urbanizada	Pueblo	Código (AU)	Unidad de evaluación	Carga base (#/día coliformes fecales)
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWR95K	1.70E+10
			TOTAL:	1.69E+11

2.3.2 Fuentes Dispersas

Las fuentes dispersas se consideran fuentes difusas de contaminación. Estas pueden contribuir (aportar) cargas a un cuerpo de agua a través de los procesos de precipitación y escorrentía o difusamente en condiciones secas. Las siguientes subsecciones describen las posibles fuentes dispersas de bacterias coliformes fecales en el sistema del Río Culebrinas e identifican las fuentes contribuyentes. Estas fuentes son, las que en última instancia serán utilizadas como base para la estimación de las cargas y la determinación del TMDL.

2.3.2.1 Agricultura

Las tierras agrícolas, que normalmente consisten en tierras de cultivo, pastos y áreas de manejo de animales, representan un porcentaje significativo de la superficie total de la cuenca hidrográfica. La información de uso de terreno se obtuvo utilizando la capa de cobertura de terreno GIS producida por el Instituto Internacional de Silvicultura (IITF) desarrollada a base de imágenes ERDAS[2] del año 2000. En la cuenca del río Culebrinas, se identificaron 1,685 acres de tierras agrícolas y 30,739 acres de pastizales (véase Tabla 4-2). Esta superficie representa el 46.4 porciento de la cuenca y es probable que tenga un impacto significativo en los niveles de bacterias coliformes fecales río abajo. La Tabla 2-4 proporciona la población de animales en la única operación de animales de cría identificada en la cuenca. Las cargas de bacterias coliformes fecales de estos animales se combinaron con el estimado de las cargas de trasfondo durante el proceso de modelaje para resultar en un mejor estimado de la carga de bacterias coliformes fecales a las tierras agrícolas.

Tabla 2-4. Instalaciones de animales de cría en la cuenca del río Culebrinas

Subcuenca	Unidad de Evaluación	Animal	Número de instalaciones	Número de animales	Uso de terreno
406	PRWR95A	Cerdos	1	347	Agricultura

[2] AERDAS Imagine@ is a specific format of geospatial imagery. The imagery used was provided by the International Institute of Tropical Forestry (IITF). IITF=s work is documented in the following reference:
Helmer, E.H., O. Ramos, T. del Mar Lopez, M. Quiñones,and W. Diaz. 2002. *Mapping forest type and land cover of Puerto Rico, a component of the Caribbean biodiversity hotspot.* Caribbean Journal of Science 38:165-183.

La herramienta indicadora de bacterias de la EPA (Bacterial Indicator Tool) señala que los cerdos producen 1.08E10 colonias / animal / día de bacterias de coliformes fecales (10,800,000,000 colonias/animal/día de bacterias coliformes fecales). La superficie agrícola de la subcuenca dónde se encuentra esta instalación es de 472.6 acres. Contabilizando los 347 cerdos, el resultado es una tasa de acumulación de coliformes fecales de 7.93E09 colonias / acre / día (7,930,000,000 colonias / acres/día). Después de añadir las fuentes de trasfondo, (6.26E07 colonias / acre / día) (62,600,000 colonias/acre/día) la tasa de acumulación de las zonas agrícolas se estimó como 7.99E09 colonias / acre / día (7,990,000,000 colonias/acres/dia). Debido a que no hay información disponible sobre el número de caballos y / o vacas en esta cuenca, se utilizó para pastizales la misma tasa de carga calculada para las zonas agrícolas.

2.3.2.2 Escorrentía urbana sin permiso

Las zonas urbanas son, por lo general, caracterizadas por porcentajes altos de materiales impermeables debido a que la superficie terrestre es cubierta por pavimento, hormigón, y los edificios. Los porcentajes de superficie impermeable altos, si no se manejan adecuadamente, resultan en un aumento del potencial de escorrentía superficial debido a la disminución de la capacidad del agua para infiltrarse en el suelo durante eventos de precipitación. Cuando el agua discurre sobre el terreno y las superficies pavimentadas, los desechos y contaminantes son arrastrados y posteriormente desembocan en las zanjas y desagües pluviales que conducen a las aguas superficiales. Las bacterias y los virus procedentes de los desechos de mascotas arrastrados por la escorrentía urbana y llevados a los cuerpos de agua pueden contribuir a la contaminación de mariscos, dañar otras formas de vida acuática, y amenazar la salud humana. Los estudios han demostrado que los niveles de bacterias de coliformes fecales son generalmente altos en la escorrentía urbana (USEPA 2001) y, por tanto, la escorrentía urbana puede ser una fuente importante de contaminación de la cuenca del sistema del Río Culebrinas.

La herramienta indicadora de bacterias de la EPA presenta tasas de acumulación para usos de terreno residencial unifamiliar de baja densidad, residencial unifamiliar de alta densidad y residencial multifamiliar. La tasa de acumulación del uso de terreno residencial de densidad baja a media utilizada en el modelo fue determinada como el valor promedio entre la tasa de acumulación residencial unifamiliar de baja densidad y residencial unifamiliar de alta densidad. También, se estimó la tasa de acumulación del uso de terreno residencial de densidad media a alta densidad como el valor promedio entre la tasa de acumulación residencial unifamiliar de alta densidad y residencial multifamiliar, como se muestra en la

Tabla 2-5. La Tabla 2-6 presenta el estimado de la carga de bacterias de coliformes fecales en las aguas pluviales urbanas sin permiso para cada Unidad de Evaluación y tipo de uso de terreno para la cuenca Culebrinas.

Tabla 2-5. Tasa de carga de bacterias coliformes fecales para las áreas urbanas

Uso de terreno	Tasa de carga del FECAL TOOL (#/acre/día)	Uso de terreno modelado	Tasa de carga promedio (#/acre/día)
Residencial unifamiliar de baja densidad	1.03E+07		
		Densidad urbana baja a media	1.35E+07
Residencial unifamiliar de alta densidad	1.66E+07		
		Densidad urbana media a alta	2.00E+07
Residencial multifamiliar	2.33E+07		

Tabla 2-6. Carga de bacterias de coliformes fecales estimadas para las áreas urbanas sin permisos

Tipo de uso de terreno	Unidades	Código de identificación de la unidad de evaluación						
		PR UNNAMED 1	PR UNNAMED 2	PR UNNAMED 3	PR UNNAMED 4	PRWQ95C	PRWQ95D	PRWQ95E
Densidad urbana alta	(#/día coliformes fecales)	5.04E+07	1.11E+07	1.23E+07	1.26E+06	0.00E+00	0.00E+00	6.49E+06
Densidad urbana baja	(#/día coliformes fecales)	0.00E+00	0.00E+00	4.42E+03	0.00E+00	0.00E+00	2.30E+08	3.41E+09
Tipo de uso de terreno	**Unidades**	**Código de identificación de la unidad de evaluación**						
		PRWQ95F	**PRWQ95G**	**PRWQ95H**	**PRWQ95I**	**PRWR95A**	**PRWR95B**	**PRWR95J**
Densidad urbana alta	(#/día coliformes fecales)	1.75E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.67E+07	9.66E+03	0.00E+00
Densidad urbana baja	(#/día coliformes fecales)	1.23E+08	3.61E+07	6.18E+08	9.81E+08	8.25E+09	6.18E+06	1.99E+09
Tipo de uso de terreno	**Unidades**	**Código de identificación de la unidad de evaluación**						
		PRWR95K						
Densidad urbana alta	(#/día coliformes fecales)	9.01E+05						
Densidad urbana baja	(#/día coliformes fecales)	3.66E+08						

2.3.2.3 Aguas usadas

Además de las contribuciones de escorrentía urbana, otras posibles fuentes de bacterias de coliformes fecales provenientes de los desechos humanos a la cuenca del Río Culebrinas son las siguientes:

- Descargas ilegales de aguas residuales sin tratamiento
- Transporte de aguas provenientes de pozos filtrantes hacia un cuerpo de agua
- Escape de aguas residuales de los alcantarillados sanitarios

Estos procesos son más comunes en las zonas con mayor población, por ejemplo, en zonas residenciales o comerciales. Los sistemas sépticos residenciales tratan los desechos humanos mediante un sistema de recolección que descarga residuos líquidos al suelo a través de una serie de líneas de distribución que componen el campo de drenaje. Las bacterias de coliformes fecales mueren mientras el efluente se filtra a través del subsuelo

a las aguas subterráneas. Estos sistemas eliminan eficazmente las bacterias de coliformes fecales cuando están instalados y mantenidos adecuadamente. Un fallo del sistema séptico se produce cuando hay un desborde de residuos a la superficie del suelo transportandose a través de las aguas superficiales. Los sistemas sépticos averiados pueden suministrar altas cargas de bacterias a las aguas superficiales, dependiendo de la proximidad de la descarga a los cuerpos de agua y la ocurrencia de eventos de precipitación. Los fallos en los sistemas sépticos suelen ocurrir en los sistemas más antiguos que no están adecuadamente mantenidos con drenajes periódicos.

Los fallos en sistemas sépticos pueden ser una significativa fuente de bacterias de coliformes fecales en la cuenca, de acuerdo con los datos del censo para la región. Según la base de datos del censo de 2000, la población estimada en la cuenca es de 115,562. El Censo 1990 provee información sobre el porcentaje de viviendas que cuentan con servicios de alcantarillados, séptico u otros (ver Apéndice A, estos porcentajes no están disponibles en el Censo 2000). Se estima que aproximadamente el 61 por ciento (70,178) de la población en esta cuenca cuenta con los servicios de sistemas sépticos, y aproximadamente el 6 por ciento (7,398) son servidos por los sistemas de letrinas. El término “sistema de letrinas” se asumió que son los hogares que no cuentan con un sistema séptico. El resto de la población (37,987) se estima está servida por alcantarillados de aguas usadas.

Para calcular la carga de bacterias de coliformes fecales de los sistemas sépticos averiados, se ha utilizado un 100 porciento de las letrinas y un 10 porciento de los sistemas sépticos (tasas también utilizadas en el TMDL para Demanda Bioquímica de Oxígeno de la bahía de Salt River, Virgin Islands, USEPA 2004). El Manual de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (USEPA 2002) proporciona un estimado del promedio diario de los flujos de aguas residuales en sistemas residenciales de entre 50 y 70 galones per cápita por día (gpcd) para viviendas construidas antes de 1994, y entre 40 y 60 gpcd para viviendas construidas después de 1994 (las normas de Ley de Política Energética EE.UU. entraron en vigor en 1994). Teniendo en cuenta la naturaleza de las viviendas de las zonas sin alcantarillados en Puerto Rico, un estimado de 50 gpcd fue seleccionado para desarrollar un estimado de flujos basado en la población. Horsley y Witten (1996) estima que la descarga de sistemas sépticos contienen una concentración de 10,000 colonias /100 ml, mientras que Metcalf y Eddy (1991) estima que la concentración típica en las aguas residuales no tratadas es de 1,000,000 colonias /100 ml. A base de estos dos estimados, un valor medio de 100,000 colonias /100 ml fue seleccionado para su uso en el TMDL. La Tabla 2-7 presenta las tasas de carga estimada para sistemas sépticos por cada subcuenca modelada. El mapa de subcuencas del modelo se muestra en la Figura 4-1.

Tabla 2-7. Carga de bacterias de coliformes fecales provenientes de sistemas sépticos averiados estimados para cada subcuenca

Subcuenca	Unidad de Evaluación	Población	Población con alcantarillado	Población con pozos sépticos	Población con letrinas	Población en las sistemas sépticos averiados	Sobrecarga de flujo (gal/persona/día))	Flujo total (pcs)	Coliformes fecales concentración (#/100mL)	Carga de coliformes fecales (#/día)
401	PRUNNAMED2	2733	743	1780	209	387	50	0.029966	1.00E+05	7.33E+10
402	PRWR95A	6914	2194	4240	480	904	50	0.069946	1.00E+05	1.71E+11
403	PRWR95A	9980	2908	6393	679	1319	50	0.102019	1.00E+05	2.50E+11
404	PRWR95A	4110	1048	2764	298	574	50	0.044401	1.00E+05	1.09E+11
405	PRWR95A	3375	1087	2079	209	417	50	0.032251	1.00E+05	7.89E+10
406	PRWR95A	15849	5105	9715	1030	2001	50	0.154820	1.00E+05	3.79E+11
407	PRWR95K	9262	3001	5691	571	1140	50	0.088178	1.00E+05	2.16E+11
408	PRWR95J	3718	1204	2284	229	457	50	0.035392	1.00E+05	8.66E+10
409	PRWQ95I	2730	884	1677	168	336	50	0.025991	1.00E+05	6.36E+10
410	PRWQ95H	2359	680	1521	159	311	50	0.024033	1.00E+05	5.88E+10
411	PRWQ95G	2247	634	1460	153	299	50	0.023152	1.00E+05	5.66E+10
412	PRWQ95E	4500	1169	3009	323	624	50	0.048258	1.00E+05	1.18E+11
413	PRWQ95F	3897	994	2621	282	544	50	0.042108	1.00E+05	1.03E+11
414	PRWQ95D	2579	673	1716	190	362	50	0.027995	1.00E+05	6.85E+10
415	PRWQ95C	7061	1801	4748	511	986	50	0.076288	1.00E+05	1.87E+11
416	PRWR95B	10285	2797	6701	788	1458	50	0.112780	1.00E+05	2.76E+11
417	PRUNNAMED1	20878	10227	9770	882	1859	50	0.143784	1.00E+05	3.52E+11
418	PRUNNAMED3	1039	282	677	80	147	50	0.011391	1.00E+05	2.79E+10
419	PRUNNAMED4	2044	556	1332	157	290	50	0.022418	1.00E+05	5.48E+10
							Totals:	**1.115170**		2.73E+12

2.3.2.4 Condiciones de trasfondo

Las cargas de coliformes fecales de trasfondo son cargas naturales no provenientes de humanos. Sus contribuciones pueden ser descargadas directamente a un cuerpo de agua de la cuenca o a la superficie del terreno, discurriendo finalmente hacia un cuerpo de agua. Las contribuciones de las fuentes de trasfondo a las cuencas hidrográficas pueden ser estimadas a partir de datos de calidad del agua recogidos en las estaciones río arriba, en lugares dónde el área de captación consiste casi en su totalidad del paisaje natural con poca o ninguna influencia humana. Sin embargo, no existen estaciones de monitoría de este tipo en el área de la cuenca del Río Culebrinas. Las aves nativas y otros animales que residen en los alrededores de los ríos y quebradas, también pueden aportar bacterias de coliformes fecales directamente al río. Del mismo modo, las bandadas de aves migratorias o nativas pueden aterrizar durante un corto tiempo, y contribuir a la carga de bacterias antes de partir.

La tasa de acumulación de coliformes fecales de trasfondo se ha calculado utilizando un estimado de 10 animales pequeños por milla cuadrada. Se utilizó una tasa de 8.02E9 colonias / animal / día (8,020,000,000 colonias/animal/día). Este valor es el promedio de las tasas de carga para animales pequeños de la herramienta indicadora de bacterias. Se estima que el 50 por ciento de la carga acumulada en la superficie estará disponible para su transporte por la escorrentía a los cuerpos de agua. Utilizando estos insumos, el estimado para la tasa de acumulación de bacterias de coliformes fecales para los bosques es de 6.26E7 colonias / acre / día (62,600,000 colonias/animal/día).

2.4 Condiciones Actuales

Los TMDLs para la cuenca del Río Culebrinas se han desarrollado a base de las condiciones que existían a partir de 1995 a 2004. Este período de tiempo es concurrente con la mayoría de los datos de calidad del agua y de flujo disponibles. Aunque los datos fueron recogidos durante un plazo de tiempo significativo y en intérvalos regulares, los mismos no demuestran elementos que puedan sugerir mejoras o deterioro en este período de tiempo. Sin embargo, se observan tendencias de temporada. La Sección 3 resume los datos disponibles.

3 ANÁLISIS DE DATOS

3.1 Datos de Monitoría

El sistema del Río Culebrinas tiene altas concentraciones de bacterias de coliformes fecales. Los datos de una estación representativa de la cuenca del Río Culebrinas se examinaron para obtener una evaluación inicial de las condiciones críticas en la cuenca. Las estaciones de calidad de agua en lugares concurrentes con la medida de flujo son muy útiles para este análisis inicial, porque el flujo, también proporciona información sobre las condiciones meteorológicas y, por tanto, las fuentes que afectan al cuerpo de agua.

En la cuenca del Río Culebrinas, existen dos medidores de flujo del USGS, que están incluidos en la Tabla 3-1. La ubicación de las estaciones del USGS y las estaciones de calidad del agua que mantiene PREQB se muestran en la Figura 3-1 y han sido verificadas por el personal de PREQB.

Tabla 3-1. Medidores de flujo del USGS en la cuenca del río Culebrinas

ID de la estación	Nombre de la estación	Elevación (pies)	Área de drenaje (mi^2)
50147800	Río Culebrinas a Carretera 404 cerca Moca, PR	45	71.2
50148890	Río Culebrinas a Margarita Represa cerca Aguada, PR	14.8	94.6

La estación de calidad de agua USGS 50147600, localizada en el Río Culebrinas cerca de San Sebastián, ofrece datos de bacterias (n = 128) recogidos entre 1980 y 2008. Esta estación provee la mayor cantidad de datos de calidad del agua en la cuenca, por lo que se utilizó para investigar más a fondo las condiciones del caudal (y por tanto, de temporada) en la cuenca del Río Culebrinas. No hay estaciones en la cuenca que provean una cantidad significativa de datos de bacterias de coliformes fecales y flujo en el mismo lugar, por lo tanto, el caudal estimado para la estación de la calidad del agua USGS 50147600 se calculó ponderado por área basado en mediciones de flujo en USGS 50147800, cerca de Moca. La Tabla 3-2 presenta los datos en formato tabular y clasifica los datos por percentil de flujo. Los mismos datos se presentan gráficamente en la Figura 3-2.

Los datos mostrados en la Tabla 3-2 y la Figura 3-2 sugieren que la mayoría de la carga de bacterias de coliformes fecales se produce durante las condiciones de flujo alto en la cuenca. Aunque la Tabla 3-2 y Figura 3-2 claramente sugieren que los flujos bajos (0-30mo percentil), y también los flujos más elevados (80-100mo percentil) presentan altas concentraciones de bacterias de coliformes fecales, todos los niveles de flujo presentan concentraciones promedio más elevadas que el criterio de media geométrica de 200 colonias/100 ml. Por lo tanto, tanto las fuentes precisadas, como las fuentes dispersas son, probablemente, fuentes significativas de bacterias en esta cuenca. La sección 2.3 discute las posibles fuentes precisadas y dispersas en la cuenca.

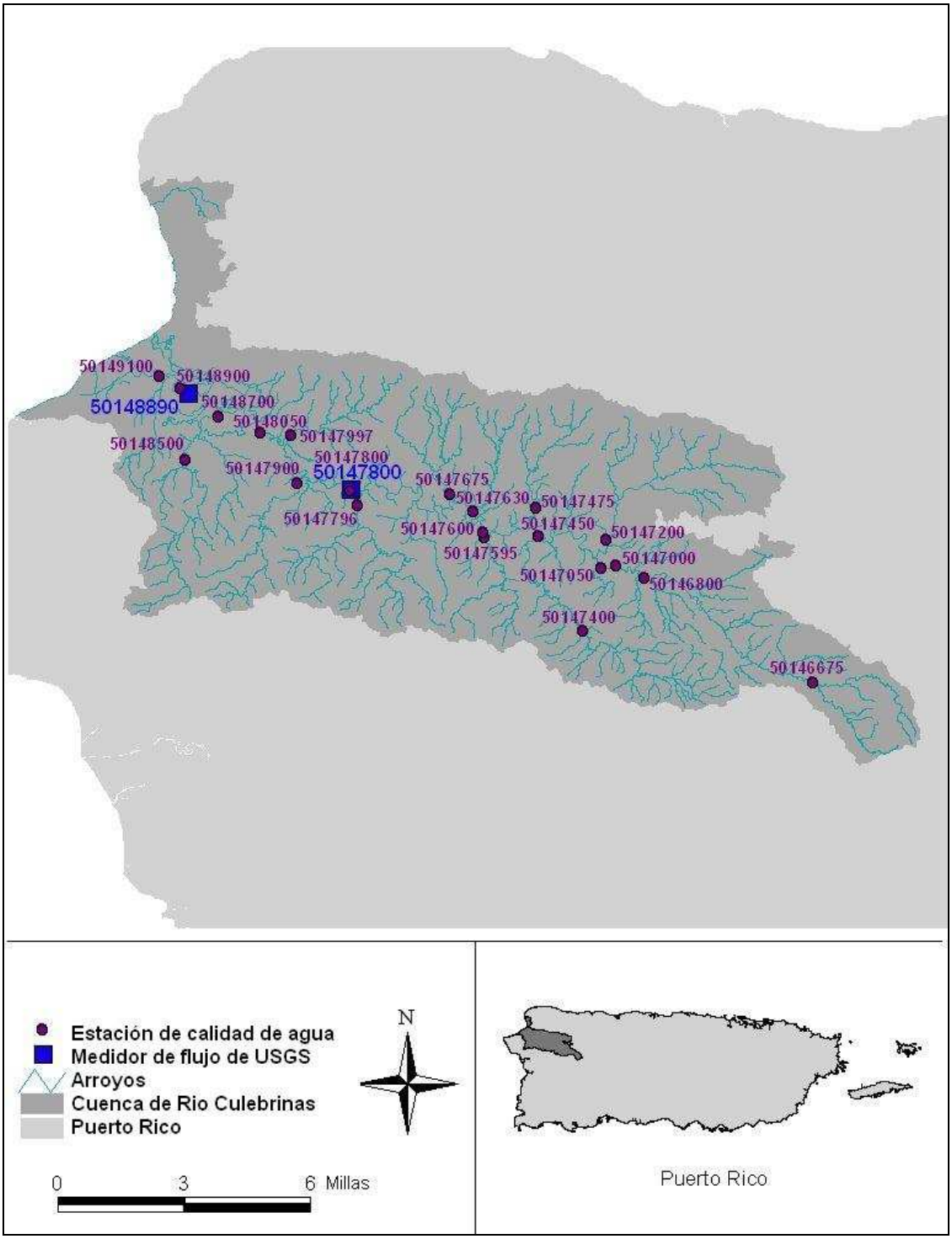

Figura 3-1. Estaciones de flujo y calidad de agua en la cuenca del Río Culebrinas.

Tabla 3-2. Datos de bacterias coliformes fecales en la estación USGS 50147600 (Río Culebrinas cerca de San Sebastián) agrupados por percentila de flujo

Rango de flujo	# Obs	Flujo (pcs)			Concentración (#/100mL)			
Percentila	*Cantidad*	*Promedio*	*Min*	*Max*	*Promedio*	*Media*	*Min*	*Max*
0-10	13	29.427	22.070	34.331	521	380	70	1,700
10-20	13	44.392	38.419	49.045	5,645	960	200	60,000
20-30	13	57.659	50.680	62.941	12,755	1,400	200	70,000
30-40	12	71.251	63.758	77.654	10,205	3,250	270	64,000
40-50	13	98.530	80.924	108.716	9,087	6,000	810	45,000
50-60	13	134.811	112.803	156.126	16,675	4,100	470	66,000
60-70	12	185.690	161.848	227.242	7,771	4,850	520	24,000
70-80	13	267.043	232.963	308.983	12,796	5,300	1,600	54,000
80-90	13	391.982	317.157	574.643	25,914	8,100	230	140,000
90-100	13	1829.502	578.730	4855.449	27,787	10,000	3,700	150,000

Nota: Los datos de: 3/20/1980 a 8/19/2008 (128 Observaciones)

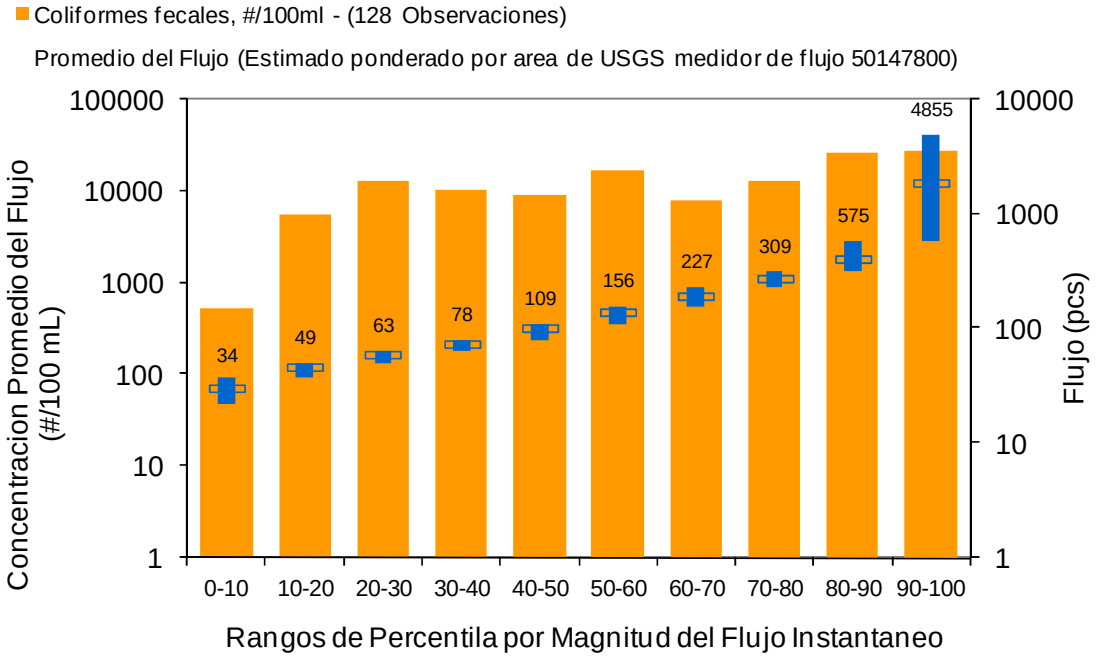

Figura 3-2. Datos de bacterias de coliformes fecales en la estación USGS 50147600 agrupados por percentila de flujo

Tabla 3-3. Datos de bacterias de coliformes fecales en la estación USGS 50147600 (Río Culebrinas cerca de San Sebastián) agrupados por mes

Período	**# Obs**	**Flujo (pcs)**			**Concentración (#/100 ml)**		
Mes	*Cantidad*	*Promedio*	*Min*	*Max*	*Promedio*	*Min*	*Max*
Enero	4	68.050	51.497	102.994	17304.83	570.00	60000.00
Febrero	15	233.508	27.792	2852.781	46924.00	70.00	60000.00
Marzo	12	47.887	22.070	127.517	9283.61	170.00	70000.00
Abril	8	51.497	26.157	171.657	2415.73	260.00	4600.00
Mayo	12	485.136	49.045	3122.528	8055.66	300.00	47000.00
Junio	11	309.801	50.680	1626.657	17229.53	520.00	60000.00
Julio	4	174.110	103.812	328.601	9089.44	2500.00	12400.00
Agosto	19	501.463	66.211	4855.449	15093.64	230.00	140000.00
Septiembre	9	176.108	66.211	293.452	11657.19	600.00	24000.00
Octubre	9	344.859	105.447	1046.292	14972.93	3900.00	28000.00
Noviembre	13	628.593	98.090	2542.163	41127.08	1600.00	150000.00
Diciembre	12	258.440	58.037	2002.669	27441.66	430.00	64000.00

Nota: Los datos de 3/20/1980 a 8/19/2008 (128 Observaciones)

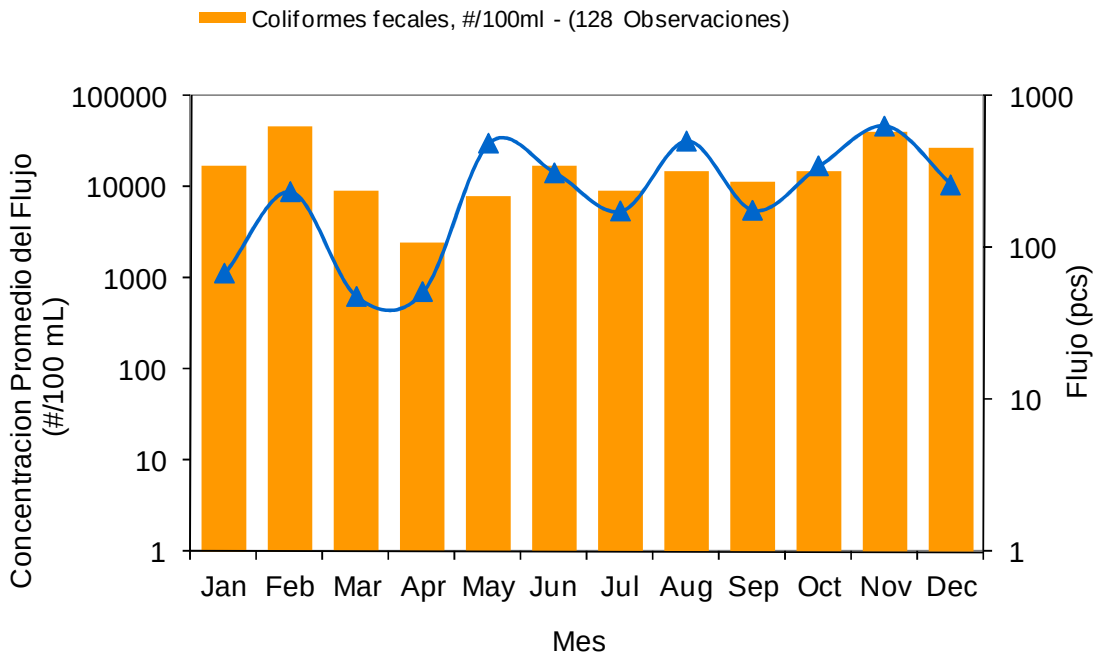

Figura 3-3. Datos de bacterias de coliformes fecales en la estación USGS 50147600 agrupados por mes

3.2 Condiciones Críticas

El objetivo del TMDL es determinar la capacidad de asimilativa de un cuerpo de agua de acuerdo a los estándares establecidos e identificar los posibles escenarios de asignación de carga que permitan a los cuerpos de agua alcanzar los estándares. La condición crítica es el conjunto de condiciones ambientales, para lo cual los controles diseñados para proteger la calidad del agua garantizarán el logro de los objetivos de todas las demás condiciones. Este, suele ser el período de tiempo en el que el deterioro de los cuerpos de agua presenta más vulnerabilidad.

Puerto Rico experimenta relativamente alta humedad en el verano, y la mayoría de las lluvias se producen entre mayo y diciembre. Los aguaceros, que pueden ser localmente fuertes, se pueden esperar en cualquier época del año. La mayoría de los aguaceros tienen una corta duración. La temporada de huracanes se extiende desde junio hasta noviembre pero los huracanes ocurren con mayor frecuencia entre agosto y octubre.

Los datos de flujo de la cuenca se utilizaron para determinar si los niveles elevados de bacterias de coliformes fecales ocurren durante los eventos de lluvias (y son probablemente transportadas por la escorrentía) o durante las condiciones secas. Los datos disponibles en la cuenca fueron evaluados con respecto a su cambio estacional para identificar posibles tendencias y condiciones críticas. Como se muestra en la sección 3.1, los datos sugieren que condiciones de flujo bajo y los períodos de flujo alto son ambos los períodos críticos en la cuenca.

El marco analítico del TMDL (que se describe más detalladamente en las secciones siguientes) predice las concentraciones de bacterias de coliformes fecales en el flujo y en partes del sistema, influenciados por las mareas a base de todas las fuentes presentes. Note que el enfoque analítico del TMDL considera todas las condiciones para su determinación, no sólo el estado crítico. Asimismo, considera fuentes durante los períodos secos (por ejemplo, fallas del sistema séptico), además de las fuentes impulsadas por la precipitación.

4 ENFOQUE ANALITICO

El establecimiento de la relación entre las fuentes de cargas y la calidad del agua es un componente crítico del desarrollo del TMDL. Este permite la evaluación de opciones de manejo que permitirán alcanzar la reducción de carga necesaria para cumplir con los estándares de calidad de agua. El vínculo puede establecerse a través de una serie de técnicas, desde supuestos basados en principios científicos sólidos hasta técnicas de modelaje sofisticadas. Idealmente, el vínculo será apoyado por los datos de monitoría que nos permitan al desarrollar el TMDL, asociar ciertas respuestas con el flujo de agua y condiciones de carga. Esta sección presenta el enfoque adoptado para desarrollar el vínculo entre las fuentes y el efecto en los cuerpos de agua para el desarrollo del TMDL en la cuenca del Río Culebrinas.

Un modelo de cuencas es una herramienta útil para establecer un vínculo cuantitativo entre las fuentes y el efecto en los cuerpos de agua. El modelo es esencialmente una serie de algoritmos aplicados a las cuencas hidrográficas y los datos meteorológicos para simular los procesos naturales terrestres durante un período prolongado, procesos que incluyen la hidrología y el transporte de contaminantes. Muchos modelos de las cuencas hidrográficas también son capaces de simular procesos dentro de los cuerpos de agua utilizando los cálculos superficiales y subterráneos como datos de entrada. Después de que el modelo ha sido creado de manera adecuada y calibrado para una cuenca, puede ser utilizado para cuantificar la carga de contaminantes existentes en las subcuencas o por los diferentes usos de terreno y también pueden utilizarse para evaluar los efectos de una variedad de escenarios de manejo.

Para apoyar los objetivos de desarrollo del TMDL y evaluar la relación entre las fuentes de bacterias de coliformes fecales y la calidad de los cuerpos de agua, Tetra Tech ha creado un marco analítico que combina un modelo detallado de las cuencas hidrográficas y un modelo de prisma de mareas en áreas influenciadas por éstas. El modelo LSPC fue utilizado para simular la carga y la atenuación de las fuentes de bacterias de coliformes fecales en la cuenca, y los resultados del modelo se aplicaron a un prisma de mareas, o modelo de caja, para la representación de las áreas influenciadas por la marea.

Los siguientes factores técnicos fueron fundamentales para la selección de un modelo adecuado de cuencas hidrográficas para apoyar el desarrollo del TMDL para la cuenca del Río Culebrinas:

- El modelo debe ser capaz de abordar una variedad de contaminantes, entre ellos los contaminantes de interés (bacterias de coliformes fecales).
- El modelo debe ser capaz de simular los procesos e interacciones en la superficie y del subsuelo.
- El modelo debe ser capaz de abordar las cuencas hidrográficas que contienen una mezcla de usos de terreno.
- El modelo debe proporcionar un intervalo de tiempo suficiente en la estimación del flujo (no demasiado simplificado) para proporcionar una

representación precisa de eventos de precipitación y escorrentía pico resultante.

- El modelo debe ser capaz de simular diferentes mecanismos de transporte de contaminantes (por ejemplo, contribuciones de agua subterránea, capa de flujo, fuentes precisadas).

El modelo LSPC (USEPA 2003a) fue seleccionado para la simulación de hidrología y de calidad del agua. La versión actual de LSPC incluye algorítmos para simular la acumulación de contaminantes y el arrastre de la superficie terrestre. LSPC es un componente de las herramientas de modelaje para TMDL de la EPA (Toolbox, USEPA 2003b) que ha sido desarrollado a través de un esfuerzo conjunto entre la EPA y TetraTech. LSPC integra una base de datos comprensiva y capacidades de manejo de cuencas hidrográficas con un modelo dinámico de cuencas (una nueva versión del código de la EPA del Programa Hidrológico de Simulación - FORTRAN [HSPF] [Bicknell et al. 1996] del cual no hay requisitos de software).

Debido a que LSPC se basa en una nueva versión del código de HSPF, una breve reseña de HSPF es provista aquí. HSPF es un modelo integrado de cuenca hidrográfica y de calidad de agua que se desarrolló originalmente a mediados de los años 1970. Durante los últimos años, HSPF se ha utilizado para desarrollar cientos de TMDLs aprobados por la EPA, y por lo general se considera el más avanzado modelo de cuencas hidrológicas y de carga disponible. La porción hidrológica del HSPF se basa en el Modelo de Cuenca de Stanford (Stanford Watershed Model, Crawford y Linsley 1966), que fue uno de los modelos pioneros de cuencas hidrográficas desarrollados en la década de 1960. El HSPF tiene un marco modular que se desarrolla con diferentes componentes que pueden montarse de diferentes maneras, dependiendo de los objetivos del proyecto. El modelo incluye tres módulos principales:

- PERLND para simular los procesos de las cuencas hidrográficas en las zonas terrestres permeables
- IMPLND para la simulación de procesos en áreas de terrenos impermeable
- RCHRES para simular los procesos en los ríos y quebradas y lagos mezclados verticalmente

Los tres módulos incluyen muchas subrutinas que permiten calcular los diferentes procesos hidrológicos y la calidad del agua de la cuenca. Muchas opciones están disponibles para simplificar y detallar las formulaciones de los procesos. La cuenca se divide espacialmente en una serie de subcuencas que representan el drenaje de las áreas que contribuyen al flujo de cada uno de los segmentos de las quebradas. Estas subcuencas se subdividen en sectores que representan diferentes usos de terreno.

Para las áreas desarrolladas, los segmentos de uso de terreno se subdividen en fracciones permeables (PERLND) e impermeables (IMPLND). El flujo de la red (RCHRES) vincula las contribuciones de escorrentía superficial y del flujo de agua subterránea de cada una de las subcuencas, y los transporta a través de los cuerpos de agua utilizando técnicas de transporte y almacenamiento de flujo. El modelo de corrientes incluye precipitación y evaporación de las aguas superficiales, así como las contribuciones de flujo de la cuenca,

de afluentes, y aguas arriba de la cuenda. El modelo también da cabida a las retiradas de flujo. La red hidrológica se construye para representar a todos los principales afluentes y las diferentes partes de los ríos y quebradas en los que ocurren cambios significativos en la calidad del agua.

4.1 Configuración del Modelo de Cuenca

El modelo LSPC fue configurado para las áreas que contribuyen a cuerpos de agua impactados por bacterias de coliformes fecales de la cuenca del Río Culebrinas, y luego utilizado para simular una serie de subcuencas conectadas hidrológicamente. La configuración del modelo incluyó la subdivisión de la cuenca hidrográfica, seguido de la simulación del flujo y luego de la calidad del agua utilizando datos meteorológicos, de uso de terreno, de suelos, de flujo, y de monitoría de bacterias de coliformes fecales. El desarrollo y aplicación del modelo de cuenca para abordar los objetivos del proyecto incluyó los siguientes pasos, que se discuten más adelante:

1. Delimitación de cuencas hidrográficas
2. Configuración de los principales componentes del modelo
3. Calibración y validación del modelo de cuenca

4.1.1 Delineación de Subcuencas

La delineación de cuencas hidrográficas se refiere a la subdivisión de la totalidad de la cuenca en pequeñas subcuencas para el modelaje y el análisis. LSPC calcula los procesos de las cuencas hidrográficas a base de las subcuencas hidrológicamente conectadas, las cuales son definidas por el usuario. Esta subdivisión se basa principalmente en redes de flujo y en la variabilidad topográfica y, en segundo lugar, en las estaciones de monitoría de flujo y de la calidad de las aguas para facilitar la calibración del modelo. Diecinueve subcuencas fueron definidas para la cuenca del Río Culebrinas, como se muestra en la Tabla 4-1 y Figura 4-1.

Tabla 4-1. Subcuencas definidas para el modelo de cuenca del Río Culebrinas

Subcuenca	Código (AU)	Nombre de la unidad de evaluación	Área (acre)
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	841
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	3,289
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	5,559
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	3,866
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	2,988
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	11,373
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	6,801
408	PRWR95J	RIO SONADOR	5,308
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	2,840
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	2,547
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	1,753
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	4,857
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	2,811

Subcuenca	Código (AU)	Nombre de la unidad de evaluación	Área (acre)
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	2,352
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	3,101
416	PRWR95B	RIO CANAS	5,181
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	3,762
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	312
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	335

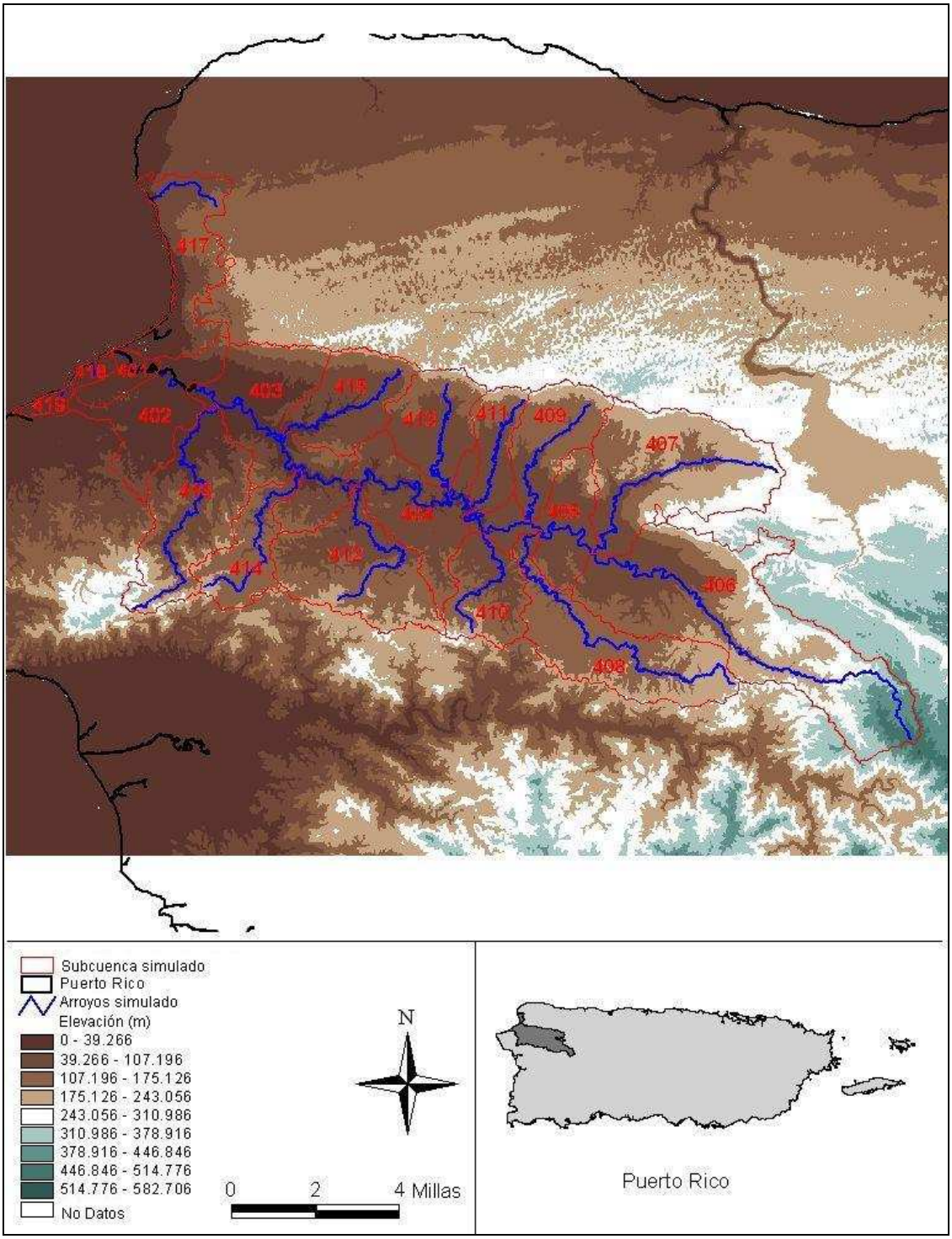

Figura 4-1. Subcuencas y red de ríos y quebradas modelados.

4.1.2 Configuración de Componentes Integrales del Modelo de Cuenca

La configuración del modelo de las cuencas hidrográficas involucradas considera los siguientes cinco componentes principales:

- Representación de los cuerpos de agua
- Representación del uso de terreno
- Datos meteorológicos
- Representación hidrológica
- Representación del contaminante de interés

Estos componentes forman la base del modelo LSPC para estimar la capacidad de flujo y la carga del contaminante. La discusión detallada sobre el desarrollo de cada uno de estos componentes para el modelo LSPC es provista en las siguientes subsecciones.

4.1.2.1 Representación de los cuerpos de agua

La representación de los cuerpos de agua se refiere a la configuración de los módulos o algoritmos del modelo LSPC utilizados para simular el flujo y transporte de contaminantes a través de quebradas, ríos y lagos. Cada subcuenca delineada está representada con un solo canal (de quebrada o río o lago). Los canales se asumen como segmentos completamente mezclados de una dimensión con una sección transversal trapezoidal constante. La base de datos nacional de hidrografía (NHD) se utilizó para seleccionar el segmento principal de cada quebrada y para calcular la longitud del segmento representativo para cada subcuenca. La longitud del segmento principal de cada subcuenca se utilizó junto con la cobertura de datos de elevación para calcular la pendiente de cada segmento.

Asumiendo geometría trapezoidal para todas las quebradas, el ancho y profundidad de cada segmento se calculó utilizando las curvas de regresión que relacionan el área de drenaje aguas arriba y las dimensiones de las quebradas (Rosgen y Silvey 1996). Los “rating curves” consistieron de una relación representantativa entre la profundidad, flujo, volumen y área de superficie de cada uno de los segmentos. Un valor de 0.02 para el coeficiente de rugosidad de Manning fue aplicado a cada segmento representativo de acuerdo a los valores típicos de la literatura para canales naturales (Chapra 1997).

4.1.2.2 Representación de Uso de Terreno

El modelo de cuenca LSPC requiere una base para la distribución de los diferentes parámetros y de carga de contaminantes. La variabilidad hidrológica en una cuenca está influenciada por las características de la superficie terrestre y del subsuelo. La variabilidad en la carga de los contaminantes es muy correlacionada con las prácticas de uso de terreno. La representación del uso de terreno proporciona la base más adecuada para la distribución de las características de carga de los contaminantes en toda la cuenca. Los datos de cobertura de terreno se obtuvieron a partir de la información provista por IITF y se utilizaron como base para la estimación de la carga de contaminante de las

fuentes dispersas. Estos datos proporcionan la cobertura terrestre de datos a partir del año 2000, el cual cae dentro de los períodos de calibración y validación (1995-2004) descritos más adelante en esta sección. La distribución de uso de terreno en cada una de las subcuencas modeladas es provista en el Apéndice D: .

Los algoritmos de LSPC requieren que los usos de terreno se dividan en categorías permeables e impermeables separadas para el modelaje. Esta división se hizo para los usos de terreno necesarios (principalmente áreas urbanas) para representar zonas impermeables y zonas permeables por separado. La división se basa en el porcentaje impermeable típicos de los distintos tipos de uso de terreno del manual TR-55 del Servicio de Conservación de Suelos (USDA, 1986). La distribución del uso de terreno en la cuenca del Río Culebrinas se muestra en la Tabla 4-2 y la Figura 4-2.

Tabla 4-2. Data de cobertura del terreno de la cuenca del Río Culebrinas y su agrupación en categorías de uso de terreno en el modelo

ID	Descripción de cobertura del terreno	Uso de terreno modelado	Área (acre)	%
0	Transfondo/agua	Agua	312	0.45%
1	Densidad urbana media a alta	Densidad urbana alta	1,286	1.84%
2	Densidad urbana baja a media	Densidad urbana baja	10,713	15.33%
3	Agricultura herbácea - tierras de cultivo	Agricultura	0	0.00%
4	Café al sol activo y agricultura leñosa mixta	Agricultura	1,685	2.41%
5	Pastos, heno o agricultura inactive (por ejemplo, caña de azúcar abandonada)	Pastos	0	0.00%
6	Pastos, heno u otras áreas verdes (por ejemplo, campos de fútbol)	Pastos	30,739	43.99%
7	Bosque seco deciduo abierto	Bosque	0	0.00%
8	Bosque seco deciduo denso	Bosque	2	0.00%
9	Bosque deciduo, perenne costero y mixto o matorral con suculentas	Bosque	0	0.00%
10	Bosque semi-deciduo y seco deciduo en aluvión y substratos no carbonados	Bosque	20	0.03%
11	Bosque semi-deciduo y seco deciduo en terreno cárstico (incluye bosque semi-perenne)	Bosque	465	0.67%
12	Bosque seco deciduo, semi-deciduo y perenne estacional en serpentina	Bosque	0	0.00%
13	Bosque perenne estacional y semi-deciduo en terreno cárstico	Bosque	3,815	5.46%
14	Bosque perenne y perenne estacional	Bosque	20,445	29.26%
15	Bosque perenne estacional con palma de coco	Bosque	2	0.00%
16	Bosque perenne y perenne estacional en terreno cárstico	Bosque	1	0.00%
17	Bosque perenne en serpentina	Bosque	0	0.00%
18	Bosque enano, palma de sierra, transición y bosque nuboso alto	Bosque	0	0.00%
19	Humedales emergentes incluyendo pastos estacionalmente inundados	Humedales	128	0.18%
20	Llanos de sal o fango	Humedales	0	0.00%
21	Manglar	Humedales	29	0.04%
22	Sabanas y bosques inundados estacionalmente	Humedales	0	0.00%
23	Pantano Pterocarpus	Humedales	0	0.00%
24	Arbustos enanos inundados por las mareas y vegetación "forb"	Humedales	0	0.00%
25	Canteras	Terreno baldío	0	0.00%

ID	Descripción de cobertura del terreno	Uso de terreno modelado	Área (acre)	%
26	Arena y roca costera	Terreno baldío	28	0.04%
27	Suelo desnudo (incluyendo las tierras arrasadas)	Terreno baldío	205	0.29%
	TOTAL		**69,875**	**100.00%**

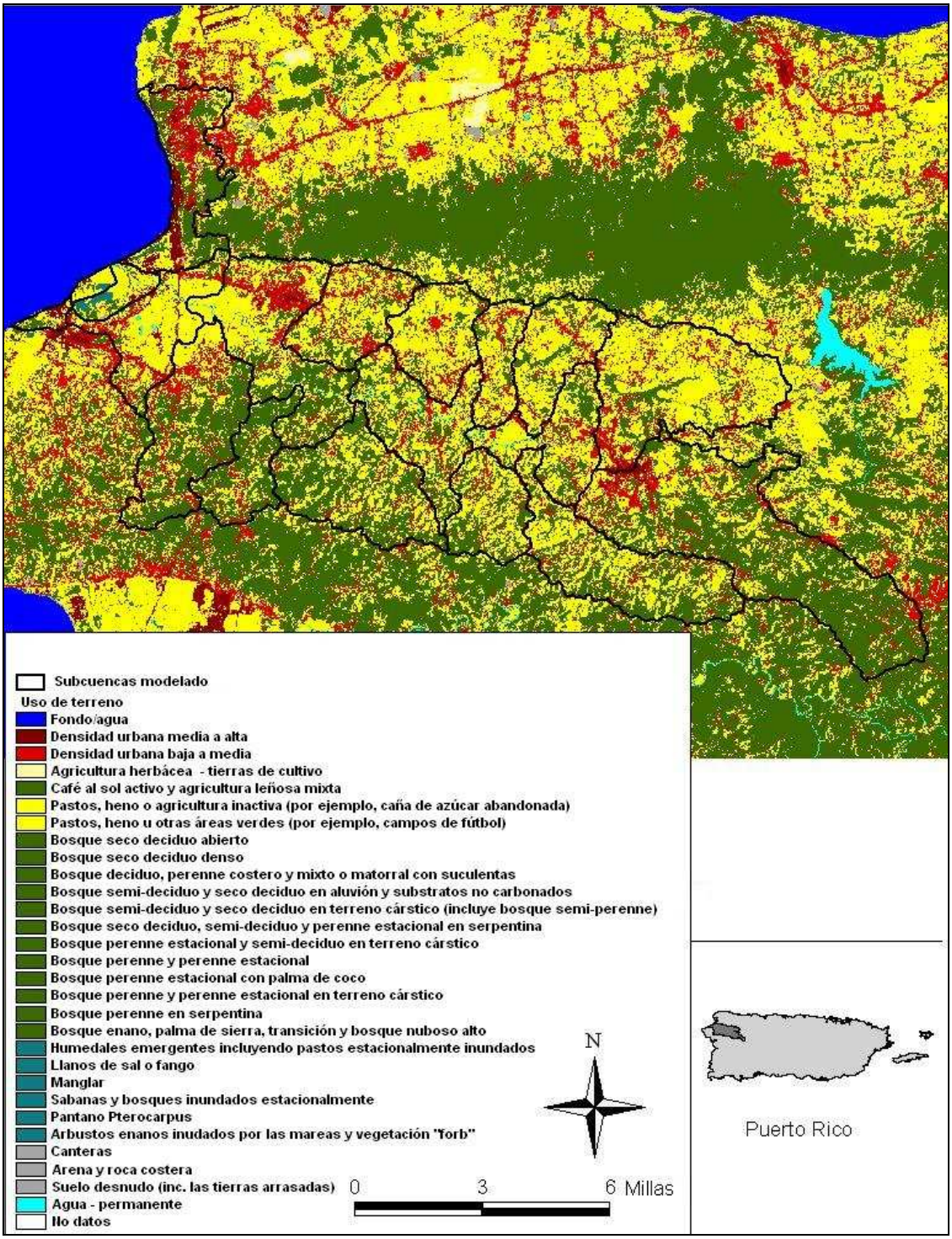

Figura 4-2. Distribución de cobertura de terreno en la cuenca del Río Culebrinas

4.1.2.3 Representación Hidrológica

La representación hidrológica se refiere a la configuración de los módulos o algoritmos de LSPC utilizados para simular los procesos hidrológicos (por ejemplo, la escorrentía superficial, la evapotranspiración y la infiltración). Los módulos PWATER (simulación de balance hídrico para los segmentos de terrenos permeables) e IWATER (simulación de balance hídrico para los segmentos de tierras impermeables) de LSPC, que son idénticos a los de HSPF, se utilizaron para representar la hidrología en todas las unidades de terrenos permeables e impermeables (Bicknell et al. 1996). La designación de los principales parámetros hidrológicos en los módulos PWATER e IWATER de LSPC es necesaria. Estos parámetros están relacionados con la infiltración, el flujo de agua subterránea y la escorrentía. La base de datos STATSGO del Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de EU sirvió como punto de partida para la designación de parámetros de infiltración y de flujo de agua en el subsuelo. La cobertura de tipos de terreno de STATSGO se muestra en la Figura 4-3. Para los valores de los parámetros que no son fácilmente obtenidos por fuentes determinísticas, se utilizó documentación sobre las más recientes aplicaciones de LSPC en Puerto Rico. Los valores iniciales fueron refinados a través del proceso de calibración hidrológica (que se describe en la Sección 4.1.3.1).

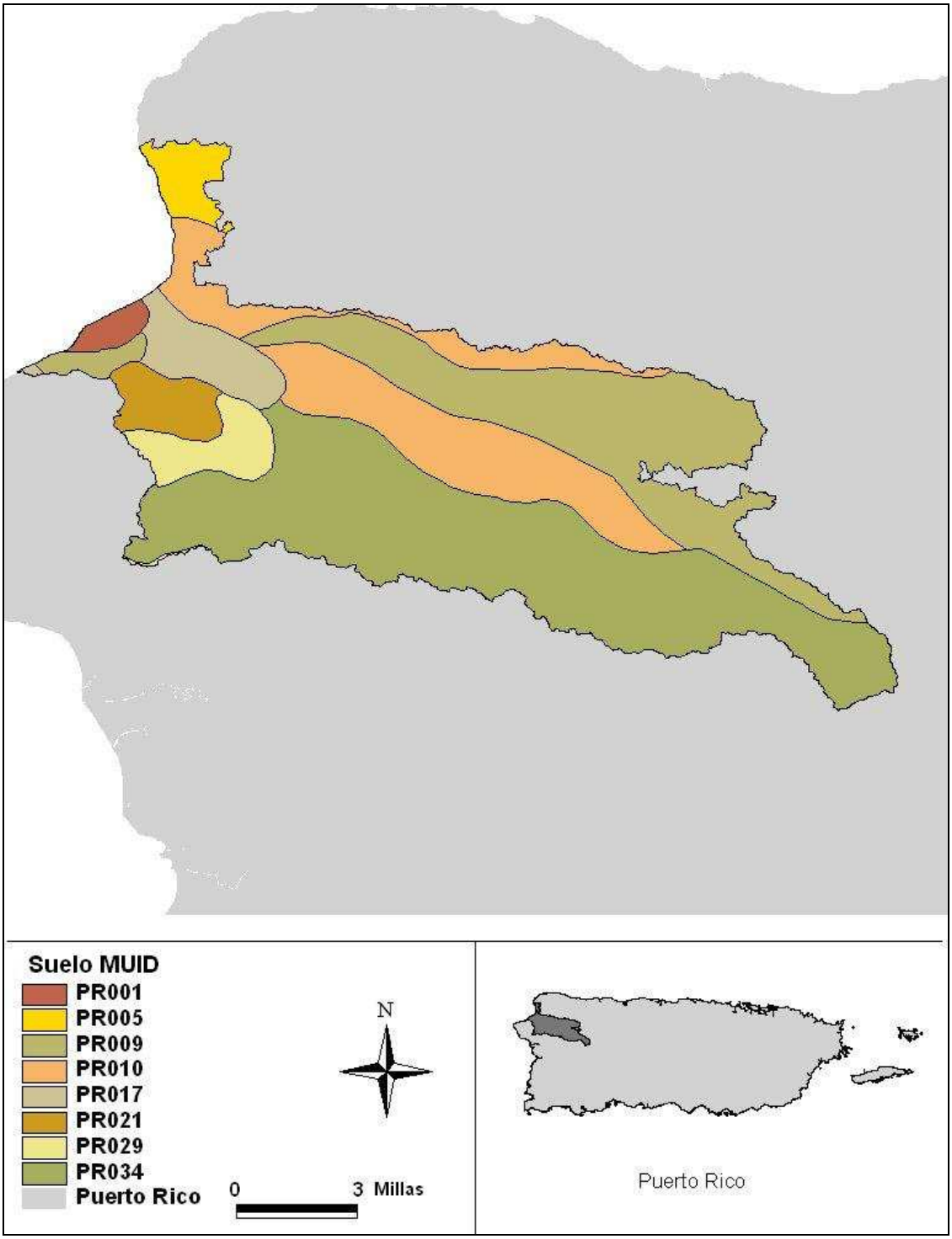

Figura 4-3. Datos de tipo de suelos STATSGO utilizados en el modelo de cuenca LSPC.

4.1.2.4 Representación Meteorológica

Los datos meteorológicos son un componente crítico del modelo de la cuenca, y la representación adecuada de la precipitación y la evapotranspiración es necesaria para desarrollar un sistema de modelaje válido. Estos datos proporcionan insumos necesarios en los algoritmos de LSPC para la representación hidrológica y de calidad de agua. Los datos meteorológicos han sido accesados para dos estaciones meteorológicas, en un esfuerzo para desarrollar el conjunto de datos más representativo para la cuenca del Río Culebrinas. Un resumen de las características de cada estación meteorológica se recoge en la Tabla 4-3, y la localización de éstas se muestra en la Figura 4-4. La precipitación en intervalos de una hora y la temperatura diaria máxima y mínima de cada estación fueron adquiridas de los registros de clima EarthInfo. La fuente original de los datos es el Centro Nacional de Datos Climáticos de EU.

Tabla 4-3. Características de las estaciones metereológicas representadas en el modelo de cuenca

Parámetro	ID de la estación	Nombre de la estación	Lat (gd)	Long (gd)	Ene	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (in)	PR2801	Coloso	18.383056	-67.160833	2.06	2.43	2.82	4.66	9.50	9.18	7.39	9.65	9.10	8.69	4.88	2.72
Precipitación (in)	PR8881	San Sebastian 2WNW	18.346944	-67.011667	2.90	2.52	4.17	7.74	11.95	9.48	7.31	11.22	10.99	11.61	6.60	2.78
Temperatura (min)	668881	San Sebastian 2WNW	18.346944	-67.011667	60.53	60.57	61.90	63.59	66.26	67.38	67.32	67.57	66.88	66.58	65.05	62.49
Temperatura (max)	668881	San Sebastian 2WNW	18.346944	-67.011667	87.57	87.83	88.79	89.81	90.73	91.67	92.12	92.58	92.22	91.74	89.70	87.81

LSPC requiere la utilización de datos de precipitación y evapotranspiración potencial. En general, se recomienda utilizar datos de precipitación a intervalos de una hora en el modelaje hidrológico para ayudar a evaluar la carga de contaminantes (aunque en algunos casos, como las cuencas pequeñas y muy urbanizadas datos de cada 15 minutos podrían ser necesarios). Por lo tanto, sólo las estaciones meteorológicas con datos registrados por hora se han considerado en el proceso de selección de datos de precipitación. Los procesos de precipitación-escorrentía para cada subcuenca modelada fueron impulsados por los datos de precipitación de la estación metereológica más representativa. Los datos meteorológicos de las dos estaciones dentro de la cuenca del Río Culebrinas fueron evaluados para el modelo de cuenca.

Durante la fase de procesamiento de los datos, se identificaron períodos de tiempo sin datos, y datos poco confiables que podrían tergiversar las condiciones observadas. Los períodos de tiempo sin información y los valores poco confiables se identificaron en los conjuntos de datos de precipitación y temperatura. Los períodos ausentes o con errores se han corregido con un programa que cubre los valores con los datos de estaciones de entorno, y los valores poco razonables fueron eliminados para permitir ser corregidos. Los datos meteorológicos corregidos fueron posteriormente procesados para su uso en el proceso de modelaje.

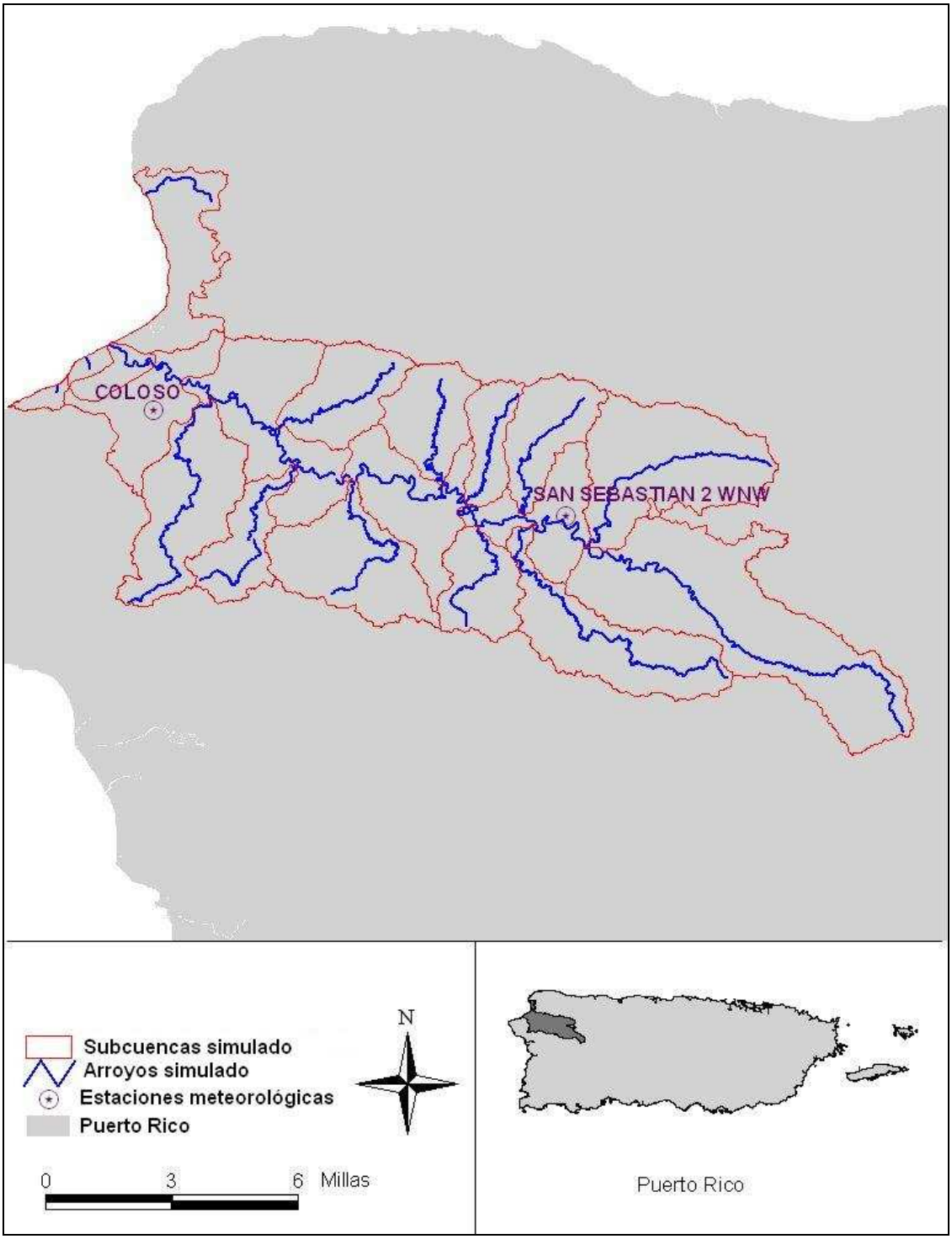

Figura 4-4. Estaciones metereológicas utilizadas en el proceso de modelaje de la cuenca del Río Culebrinas.

La evapotranspiración potencial se calculó utilizando el método Hamon. Este método genera la evapotranspiración potencial diaria (en pulgadas), utilizando la temperatura del aire, un coeficiente variable mensual, el número de horas de sol (a partir de latitud), y la humedad absoluta (a partir de la temperatura del aire). Los cálculos se basan en la fórmula Hamon (1961):

$$PET = CTS \times DYL \times DYL \times VDSAT$$

dónde

PET = evapotranspiración potencial diaria (en pulgadas)
CTS = coeficiente variable mensual
DYL = posibles de horas de sol, en unidades de 12 horas, calculado en función de la latitud y la época del año
VDSAT = densidad de vapor de agua saturado (humedad absoluta) en la temperatura media del aire (g/cm^3)

$$VDSAT = (216.7 \times VPSAT) / (TAVC + 273.3)$$

dónde

VPSAT = presión de vapor saturado a la temperatura del aire
TAVC = media diaria de la temperatura del aire, a partir de los datos de máximos y mínimos diarios (C)

$$VPSAT = 6.108 \times \mathrm{EXP}\ ((17{,}26939 \times TAVC) / (TAVC + 237{,}3))$$

Hamon (1961) sugiere un valor constante de 0.0055 para el *CTS*.

Una función *seno* se usa para desglosar el *PET* durante el día. Las horas de luz natural se calculan en función de la latitud, la fecha, y la forma de la tierra.

El conjunto final de archivos de datos climatológicos para LSPC incluye los datos de precipitación por hora y la evapotranspiración potencial calculada para el período de tiempo a partir del 1/1/1980 hasta el 12/31/2004. El modelo se ejecuta utilizando un intervalo de paso por hora.

4.1.2.5 Representación del Contaminante de Interés

Según el análisis de los datos de la calidad del agua en la cuenca del Río Culebrinas y la lista de las posibles fuentes que se incluye en la lista de aguas impactadas 303(d), las fuentes que contribuyen al deterioro de la calidad de agua incluyen: fuente municipales, rellenos sanitarios, sistemas de aguas residuales averiados, la escorrentía urbana, alcantarillas, fuentes industriales menores, las operaciones de alimentación de animales confinados, las prácticas agrícolas y los sistemas de aguas residuales in situ.

Las bacterias de coliformes fecales son el contaminante principal representado en el modelo de cuenca para el cálculo de cargas al Río Culebrinas. Los módulos PQUAL (simulación de constituyentes de calidad de agua para los segmentos de terrenos permeables) e IQUAL (simulación de constituyentes de calidad de agua para los

segmentos de terrenos impermeables) de LSPC, que son idénticos a los de HSPF, se utilizaron para representar los procesos de carga de contaminantes. Estos módulos simulan la acumulación de bacterias en la superficie terrestre y su transporte en la escorrentía, la cual es relacionada con el volumen de agua que fluye sobre la superficie terrestre.

Representación de Fuentes Precisadas
Las contribuciones de flujo y carga de bacterias de coliformes fecales fueron incorporadas en el modelo para representar a las fuentes precisadas descritas en la Sección 2.3. Flujos y concentraciones representativas de bacterias coliformes fecales fueron utilizados durante la calibración. Esta información fue obtenida a partir de datos de monitoría de las descargas permitidas. Durante el escenario de condición base se utilizaron los flujos y las concentraciones más altas permitidas bajo los permisos NPDES para representar las condiciones más desfavorables en virtud de los límites permitidos.

Representación de Fuentes Dispersas
El modelo de cuenca distribuye los parámetros hidrológicos y de calidad de agua según los usos de terreno para representar apropiadamente la variabilidad hidrológica en toda la cuenca. Esta variabilidad puede estar influenciada por el uso de la tierra y las características del subsuelo. También es necesario representar la variabilidad en la generación y el transporte de la carga contaminante, la cual está altamente correlacionada con las prácticas de uso de terreno. Como se discutió en la Sección 4.1.2.2, los datos de uso de terreno del IITF se utilizaron para configurar el modelo de cuenca LSPC del Río Culebrinas. Los algoritmos del modelo LSPC que simulan los procesos hidrológicos y de generación y transporte de la carga contaminante en suelos permeables e impermeables se aplicaron a las correspondientes unidades de terreno.

El transporte de contaminantes en la cuenca es dirigido por el comportamiento hidrológico superficial y de subsuelo. La distribución de la precipitación entre los componentes superficiales y de subsuelo determina el volumen de escorrentías, y el transporte de las bacterias de coliformes fecales hasta alcanzar el cuerpo de agua. Dentro de los cuerpos de agua, las bacterias de coliformes fecales están sujetas a la descomposición a medida que viajan a través de la red de flujo simulada.

Las bacterias de coliformes fecales se modelaron como un contaminante que se acumula en la superficie y es arrastrado por la escorrentía. El modelo LSPC puede simular contaminantes asociados a los sedimentos y/o utilizando una relación de acumulación y arrastre. La hidrología debe ser simulada y calibrada antes de la simulación de las bacterias de coliformes fecales. Una vez que este paso se haya completado, las tasas de acumulación de la superficie terrestre son asignadas para identificar la cantidad del contaminante que estará disponible para ser arrastrado. Mientras la lluvia remueve las bacterias de la superficie terrestre, estas son descargadas a las aguas receptoras proporcionalmente al flujo de escorrentías en la superficie.

Las tasas de acumulación de cargas de bacterias de coliformes fecales se obtuvieron utilizando la información de la herramienta indicadora de bacterias de la EPA, que es una

hoja de cálculo que estima la contribución de las bacterias de coliformes fecales procedentes de múltiples fuentes.

Thomann y Mueller (1987) presenta una tasa de descomposición para diferentes tipos de organismos y condiciones. La tasa de mortandad promedio para bacterias de coliformes fecales en el agua dulce es de 0.8 ^{1}/día. Un valor un poco más bajo y más conservador de 0.7 ^{1}/día se utilizó en el modelo.

4.1.3 Calibración y Validación del Modelo de Cuenca

La calibración y validación de la hidrología y la calidad del agua del modelo se realizaron después de la configuración inicial del modelo de cuenca. La calibración se refiere a la adaptación o ajuste de los parámetros de modelaje para reproducir las observaciones. La validación se realiza para diferentes estaciones de monitoría o fechas diferentes a las utilizadas para la calibración, sin ajustes adicionales para garantizar que el modelo pueda representar a otras localidades o períodos de tiempo, así como lo hace en el lugar y período de tiempo utilizado para la calibración. Los años 1995-1999 fueron utilizados para calibrar la calidad del agua y la hidrología. El período 2000-2004 se utilizó para la validación. Los criterios de selección para estos períodos de tiempo se examinan a continuación.

4.1.3.1 Calibración y Validación del Componente Hidrológico

La calibración hidrológica se realizó después de la configuración inicial del modelo. En el modelo LSPC, la calibración es un procedimiento iterativo de evaluación y refinamiento de parámetros, como resultado de la comparación de valores de interés observados y simulados. Es necesario calibrar los parámetros que no pueden ser seleccionados de manera determinista por características topográficas, climáticas, físicas y químicas de la cuenca y de los compuestos de interés. La calibración se basa en varios años de simulación para evaluar los parámetros bajo una variedad de condiciones climáticas. El procedimiento de calibración resulta en parámetros con valores que producen el mejor acuerdo global entre los flujos simulados y los observados a lo largo del periodo de calibración. Dos estaciones de medición de flujo USGS proporcionaron suficientes datos para calibrar y validar el modelo LSPC. La estación de flujo *Río Culebrinas en carretera 404 cerca de Moca, Puerto Rico, USGS 050147800,* se ha utilizado para ilustrar la comparación en esta sección. Su área de captación y altitud se recogen en la Tabla 3-1.

Los años de calibración y validación fueron seleccionados a base de un análisis de la variabilidad de precipitación anual y la disponibilidad de los datos de observación de flujo. Los períodos fueron escogidos para representar las condiciones hidrológicas comunes en la región con respecto a los regímenes de caudal estacional. La calibración de estas condiciones es necesaria para garantizar que el modelo predice con precisión la gama de condiciones de temporada durante todo el período de simulación.

Durante la calibración, los parámetros que influyen en la simulación de la escorrentía, la infiltración y la evapotranspiración se ajustaron en función de los usos del terreno y los

tipos de suelo. Los parámetros del modelo fueron variados para reflejar las tendencias temporales y las características del suelo y de la cubierta vegetal. Los parámetros de modelaje se han mantenido dentro de las directrices incluídas en la Nota Técnica BASINS 6 (USEPA 2000). Las consideraciones clave en la calibración de la hidrología incluyen el balance de agua, distribución de flujos altos y bajos, volúmenes de flujo de tormentas y la variación estacional. Tres criterios de comparación se han utilizado para la calibración: la comparación volumétrica, la comparación gráfica, y el método de error relativo. Las gráficas con los resultados de la calibración y validación y los análisis de balance de agua para estos períodos se muestran en la Figura 4-5 y Figura 4-6, y la Tabla 4-5 y Tabla 4-6, respectivamente.

Las comparaciones gráficas para los periodos de calibración y validación del flujo de agua se muestran en la Figura 4-5 y Figura 4-6. Además, el resumen de las comparaciones estadísticas para los períodos de calibración y validación se muestra en la Tabla 4-4 y Tabla 4-5. Tomando en cuenta las condiciones criticas del TMDL, los criterios más relevantes para evaluar la calibración fueron el porcentaje de error en (1) el volumen total, (2) el 50 por ciento de flujos más bajos y (3) el 10 por ciento de flujos más altos. En el periodo de calibración, el resultado de éstos errores fue -7.44 porciento, -12.12 porciento y -11.73 porciento, respectivamente. Los errores de volumen total y del 10 por ciento de flujos más altos caen dentro de los criterios recomendados. El error en el 50 por ciento de flujos más bajos (-12.12 por ciento) cae un poco fuera de los criterios recomendados para ésta comparación (10 por ciento). Esto significa que los flujos bajos que el modelo predijo son un poco menores a los flujos observados durante el periodo de calibración (6.56 in vs 7.46 in). El resultado de la ligera subestimación en el 50 por ciento de flujos más bajos es un margen extra de seguridad, ya que significa que en el modelo existe una capacidad de carga ligeramente inferior durante estas condiciones comparado con lo que se observó en el río. Para el período de validación, el resultado de errores fue 4.54 por ciento, 0.43 por ciento y -5.94 por ciento. Todos estos porcentajes de error están dentro de los criterios recomendados.

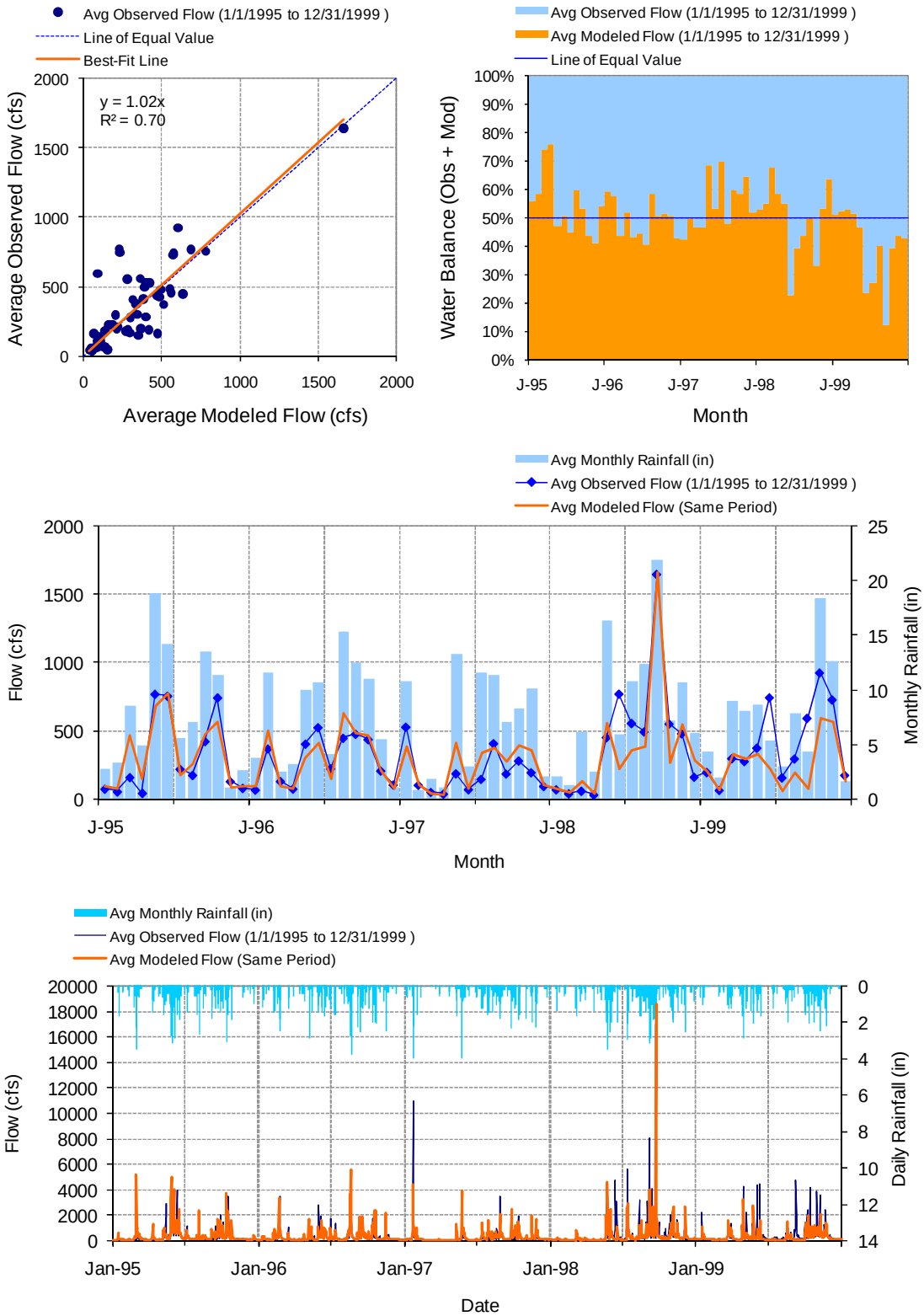

Figura 4-5. Calibración hidrológica del modelo LSPC del 1995–1999 en USGS 50147800: Río Culebrinas en carretera 404 cerca de Moca, Puerto Rico.

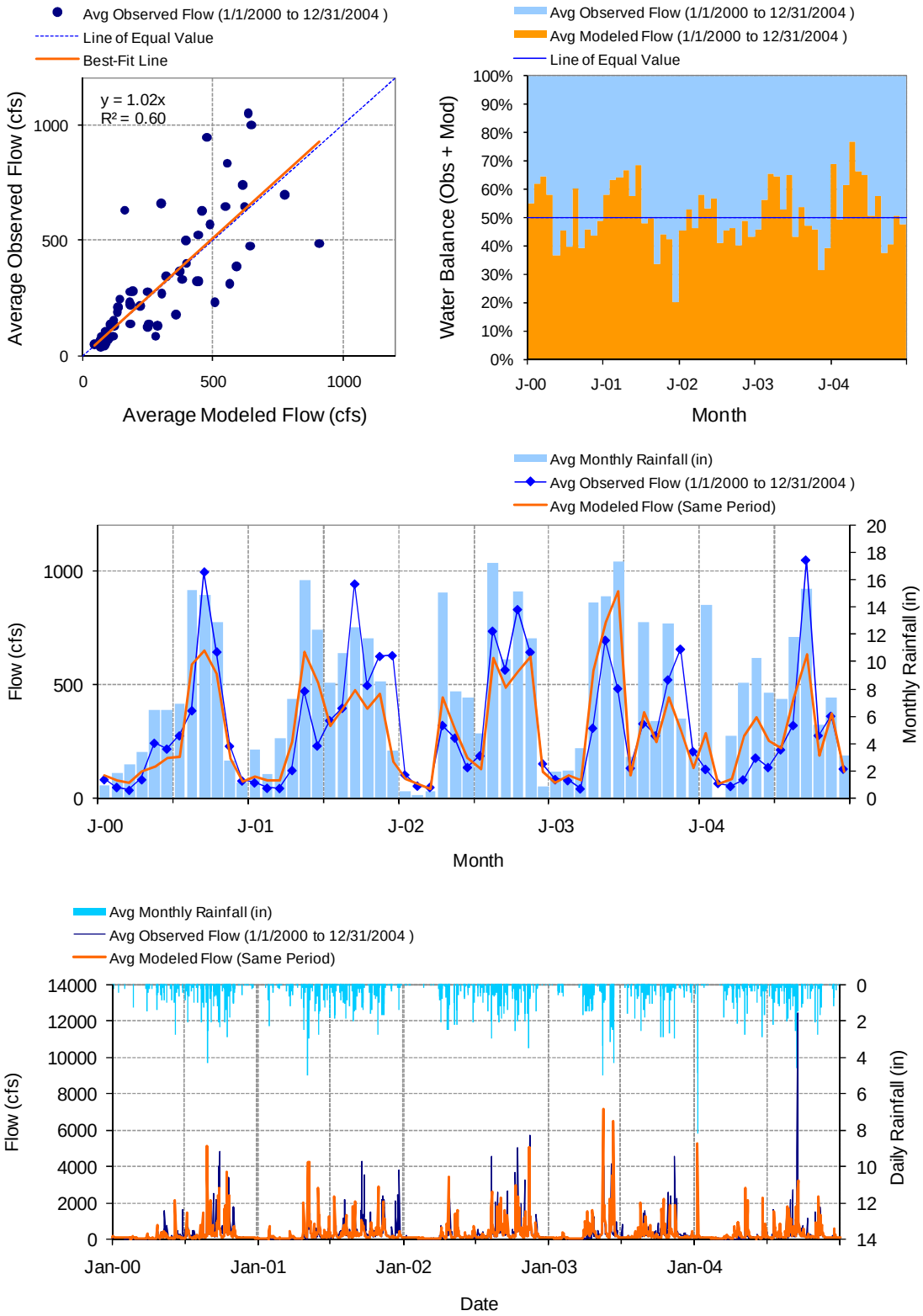

Figura 4-6. Validación hidrológica del modelo LSPC del 2000-2004 en USGS 50147800: Río Culebrinas en carretera 404 cerca de Moca, Puerto Rico.

Tabla 4-4. Comparación estadística del balance hídrico del 1995–1999 en USGS 50147800: Río Culebrinas en carretera 404 cerace de Moca, Puerto Rico

LSPC Flujo Simulado		**Medidor de Flujo Observado**	
FLUJO DE LA SUBCUENCA 404 Período de análisis de 5 año: 1/1/1995 - 12/31/1999 Volúmenes de flujo (pulgadas/año) son para áreas de drenaje aguas arriba		**USGS 50147800 RIO CULEBRINAS A CARRETERA 404 CERCA MOCA, PR** Código de Unidad Hidrológica: 21010003 Latitud: 18.35967037 Longitud: -67.09212429 área de drenaje (mi cuadradas): 71.2	
Total de Flujo Simulado:	**58.00**	Total de flujo observado:	**62.67**
Total de simulación del 10% de flujos más altos:	**30.09**	Total de observación del 10% de flujos más altos:	**34.09**
Total de simulación del 50% de flujos más bajos:	**6.56**	Total de observación del 50% de flujos más bajos:	**7.46**
Volumen de flujo simulado, verano (meses 7-9):	**19.00**	Volumen de flujo observado, verano (7-9):	**20.64**
Volumen de flujo simulado, otoño (meses 10-12):	**15.38**	Volumen de flujo observado, otoño (10-12):	**17.08**
Volumen de flujo simulado, invierno (meses 1-3):	**8.83**	Volumen de flujo observado, invierno (1-3):	**7.30**
Volumen de flujo simulado, primavera (meses 4-6):	**14.80**	Volumen de flujo observado, primavera (4-6):	**17.63**
Volumen total de tormentas simuladas:	**30.08**	Volumen total de tormentas observadas:	**33.26**
Volumen total de tormentas simuladas, verano (7-9):	**10.80**	Volumen total de tormentas observadas, verano (7-9):	**11.82**
Errores (Simulado-Observado)	*% Error*	*Criterios Recomendados*	
Error en el volumen total:	-7.44	10	
Error en el 50% de flujos más bajos:	-12.12	10	
Error en el 10% de flujos más altos:	-11.73	15	
Error en el volumen estacional - Verano:	-7.97	30	
Error en el volumen estacional - Otoño:	-9.99	30	
Error en el volumen estacional - Invierno:	20.88	30	
Error en el volumen estacional - Primavera:	-16.08	30	
Error en los volúmenes de tormenta:	-9.55	20	
Error en los volúmenes de tormentas de verano:	-8.70	50	

Tabla 4-5. Comparación estadística del balance hídrico del 2000-2004 en USGS 50147800: Río Culebrinas en carretera 404 cerace de Moca, Puerto Rico

LSPC Flujo Simulado		**Medidor de Flujo Observado**	
FLUJO DE LA SUBCUENCA 404 Período de análisis de 5 año: 1/1/2000 - 12/31/2004 Volúmenes de flujo (pulgadas/año) son para áreas de drenaje aguas arriba		**USGS 50147800 RIO CULEBRINAS A CARRETERA 404 CERCA MOCA, PR** Código de Unidad Hidrológica: 21010003 Latitud: 18.35967037 Longitud: -67.09212429 área de drenaje (mi cuadradas): 71.2	
Total de Flujo Simulado:	**56.83**	Total de flujo observado:	**59.52**
Total de simulación del 10% de flujos más altos:	**28.86**	Total de observación del 10% de flujos más altos:	**30.68**
Total de simulación del 50% de flujos más bajos:	**7.51**	Total de observación del 50% de flujos más bajos:	**7.48**
Volumen de flujo simulado, verano (meses 7-9):	**18.75**	Volumen de flujo observado, verano (7-9):	**22.83**
Volumen de flujo simulado, otoño (meses 10-12):	**14.90**	Volumen de flujo observado, otoño (10-12):	**20.80**
Volumen de flujo simulado, invierno (meses 1-3):	**4.43**	Volumen de flujo observado, invierno (1-3):	**3.17**
Volumen de flujo simulado, primavera (meses 4-6):	**18.74**	Volumen de flujo observado, primavera (4-6):	**12.73**
Volumen total de tormentas simuladas:	**28.82**	Volumen total de tormentas observadas:	**31.39**
Volumen total de tormentas simuladas, verano (7-9):	**10.00**	Volumen total de tormentas observadas, verano (7-9):	**13.47**
Errores (Simulado-Observado)	*% Error*	*Criterios Recomendados*	
Error en el volumen total:	-4.54	10	
Error en el 50% de flujos más bajos:	0.43	10	
Error en el 10% de flujos más altos:	-5.94	15	
Error en el volumen estacional - Verano:	-17.85	30	
Error en el volumen estacional - Otoño:	-28.36	30	
Error en el volumen estacional - Invierno:	39.73	30	
Error en el volumen estacional - Primavera:	47.25	30	
Error en los volúmenes de tormenta:	-8.20	20	
Error en los volúmenes de tormentas de verano:	-25.76	50	

4.1.4 Calibración del Componente de Calidad de Agua

Después de que la hidrología fue debidamente calibrada, se realizó la calibración de calidad del agua. La calibración de la calidad del agua consistió en la ejecución del modelo de cuencas hidrográficas, la comparación de la calidad del agua modelada con los datos de observación disponibles, y el ajuste de parámetros relacionados al transporte de la carga de contaminantes dentro de un margen razonable. Los datos de calidad de agua más recientes se utilizaron en el proceso de calibración para captar las condiciones actuales. Especificamente, los años 1995-1999 se utilizaron para la calibración, y los años 2000-2004 se utilizaron para validar el modelo para mantener la coherencia con la calibración de la hidrología.

Los datos de calidad de agua de las estaciones que se muestran en la Figura 3-1 se utilizaron para evaluar la calidad del agua modelada durante la calibración y validación de LSPC. Estas estaciones se seleccionaron a base de la cantidad y la resolución temporal de los datos. La calibración de la calidad del agua se realizó variando las concentraciones en la escorrentía y el flujo interín. Las concentraciones de bacterias de coliformes fecales predictas por el modelo se evaluaron gráficamente en comparación con los valores observados. Una vez que el modelo fue calibrado para el flujo y la calidad del agua, el mismo fue validado mediante la comparación de los resultados del modelo durante otro período de tiempo con diferentes condiciones hidrológicas. Tabla 4-6 presenta el insumo de bacterias de coliformes fecales para cada uso de terreno modelado.

La validación del modelo se realiza en distintos lugares o por distintos períodos, sin ajustar los parámetros del modelo. Si el modelo exhibe una validación pobre, el proceso de calibración es revisado. Después de completar la calibración y validación en determinados lugares y períodos, se ha obtenido un conjunto de parámetros calibrados que contiene los valores de los parámetros de uso de la tierra y el tipo de suelo. La validación de los resultados de LSPC fue de naturaleza rudimentaria debido a la escasa frecuencia de la recogida de datos. Los datos de coliformes fecales que se utilizaron son datos de monitoría recogidos trimestralmente. Por lo tanto, las concentraciones modeladas fueron verificadas mediante la comparación visual de los datos de monitoría y las concentraciones modeladas. El modelo captura la dinámica espacial y temporal de las concentraciones de coliformes fecales, incluyendo la relación de causa y efecto entre las fuentes (cargas) y las concentraciones en el agua. El modelo también predijo un exceso en las concentraciones de coliformes fecales durante ciertos flujos bajos en comparación con los valores de monitoría ambiental. Las tasas de acumulación de bacterias de coliformes fecales en la superficie y su valor límite para cada uso de terreno modelado se presenta en la Tabla 4-6. Los resultados de la calibración de la calidad del agua en la estación USGS 50147600 se muestran en la Figura 4-7. La validación de los resultados se muestra en la Figura 4-8.

Tabla 4-6. Tasas de acumulación y límite de bacterias coliformes fecales por uso de terreno modelado

Uso de terreno modelado	Acumulación en la superficie (#/día/acre)	Límite de acumulación (#/día/acre)
Agua	0.000E+00	0.000E+00
Bosque	6.263E+07	1.127E+08
Agricultura	7.992E+09	1.439E+10
Pastos	7.992E+09	1.439E+10
Humedales	6.263E+07	1.127E+08
Terreno baldío	1.996E+05	3.592E+05
Densidad urbana alta _ permeable	1.996E+07	3.592E+07
Densidad urbana baja _ permeable	1.347E+07	2.425E+07
Densidad urbana alta _ impermeable	1.996E+07	3.592E+07
Densidad urbana baja _ impermeable	1.347E+07	2.425E+07

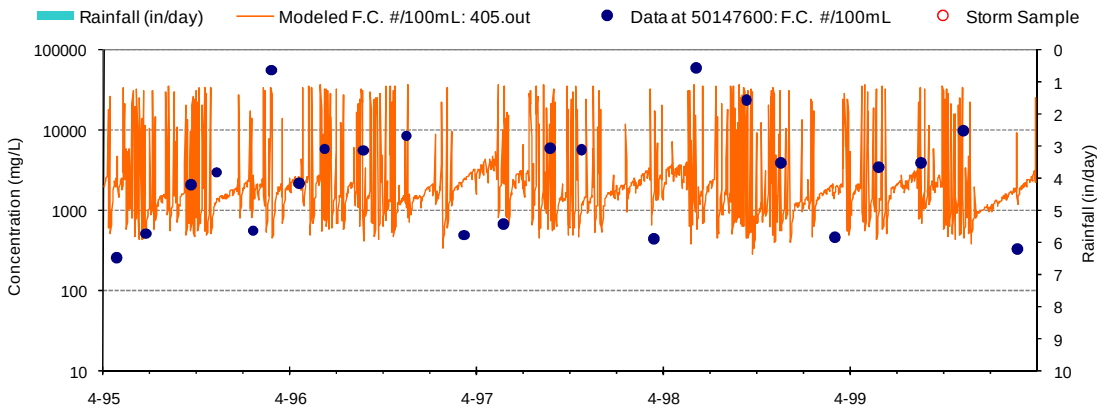

Figura 4-7. Calibración de la calidad de agua en USGS 50147600: Río Culebrinas cerca de San Sebastián, Puerto Rico.

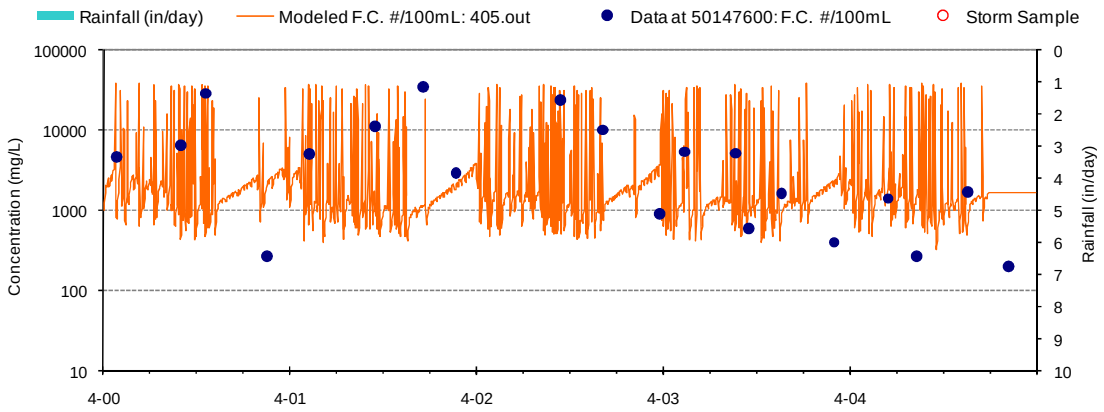

Figura 4-8. Validación de la calidad de agua en USGS station 50147600: Río Culebrinas cerca de San Sebastián, Puerto Rico.

En general, la calibración de la calidad del agua en este lugar muestra que el modelo LSPC representa bien la cuenca del Río Culebrinas. Las tendencias estacionales observadas en los datos de bacterias de coliformes fecales están representadas por el modelo, y la simulación captura la variabilidad esperada debido a la precipitación y los períodos de sequía que es cuando las fuentes precisadas tienen mayor influencia. Hay un gran rango de valores de concentración de bacterias de coliformes fecales observados. El modelo captura la mayor parte de esta variabilidad, aun cuando algunos de los datos observados son más altos y algunos son más bajos. Aunque siempre hay limitaciones inherentes en la modelación de las bacterias de coliformes fecales, la calibración de la calidad del agua se considera un éxito.

4.2 Modelo de Prisma de Marea

Las cargas diarias de bacterias de coliformes fecales que representan todas las contribuciones de diversas fuentes fueron introducidas al modelo de prisma de marea para predecir los niveles de bacterias de coliformes fecales en la porción del Río Culebrinas influenciado por las mareas. El concepto del modelo de prisma de mareas se muestra en la Figura 4-9. En el sistema del Río Culebrinas, el flujo (Q_b) y el reflujo (Q_o) de la marea mueven agua intercambiando y mezclando las aguas entre dos lugares. Aparte de esto, la cantidad de descarga de agua dulce en el estuario (Q_f) es también una de las influencias dominantes en el transporte de bacterias de coliformes fecales.

El método del prisma de mareas para la estimación de las concentraciones de bacterias de coliformes fecales utiliza el volumen de las masas de agua y se ajusta para el "tidal-flushing", la afluencia de agua dulce (Q_f), la carga de bacterias de coliformes fecales (L_f) y la descomposición de bacterias (k) para establecer las condiciones existentes en el estuario. Los componentes conceptuales y matemáticos del modelo de prisma de mareas se describen con más detalle en el Apéndice A.

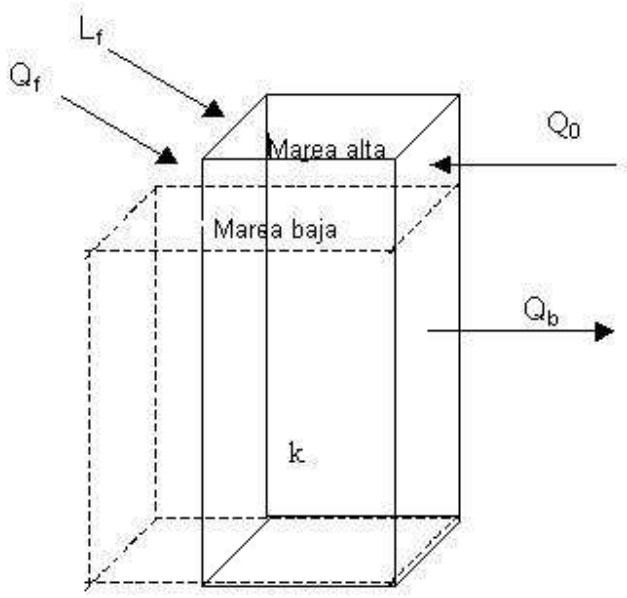

Figura 4-9. Diagrama conceptual del modelo de prisma de marea.

La porción influenciada por mareas de la cuenca del Río Culebrinas se estimó a base de los datos obtenidos de la USGS. Estos datos estiman la extención de la cuña de agua salada, o sea, aguas de mayor salinidad que la escorrentía de las cuencas hidrográficas. El USGS desarrolló estimados preliminares de la intrusión de agua salada en los ríos costeros de Puerto Rico a la base de la variación de la marea de datos locales (San Juan, PR estación [NOAA/NOS # 9755371]). Sin embargo, se reconoce que estos mapas son estáticos y no reflejan los patrones estacionales. La Figura 4-10 ilustra la extensión de aguas de alta salinidad de acuerdo a los datos del USGS. Estos datos fueron utilizados para estimar el volumen del prisma de mareas, en conjunto con el método de estimación de geometría croseccional de Rosgen, como se explica en la Sección 4.1.2.1

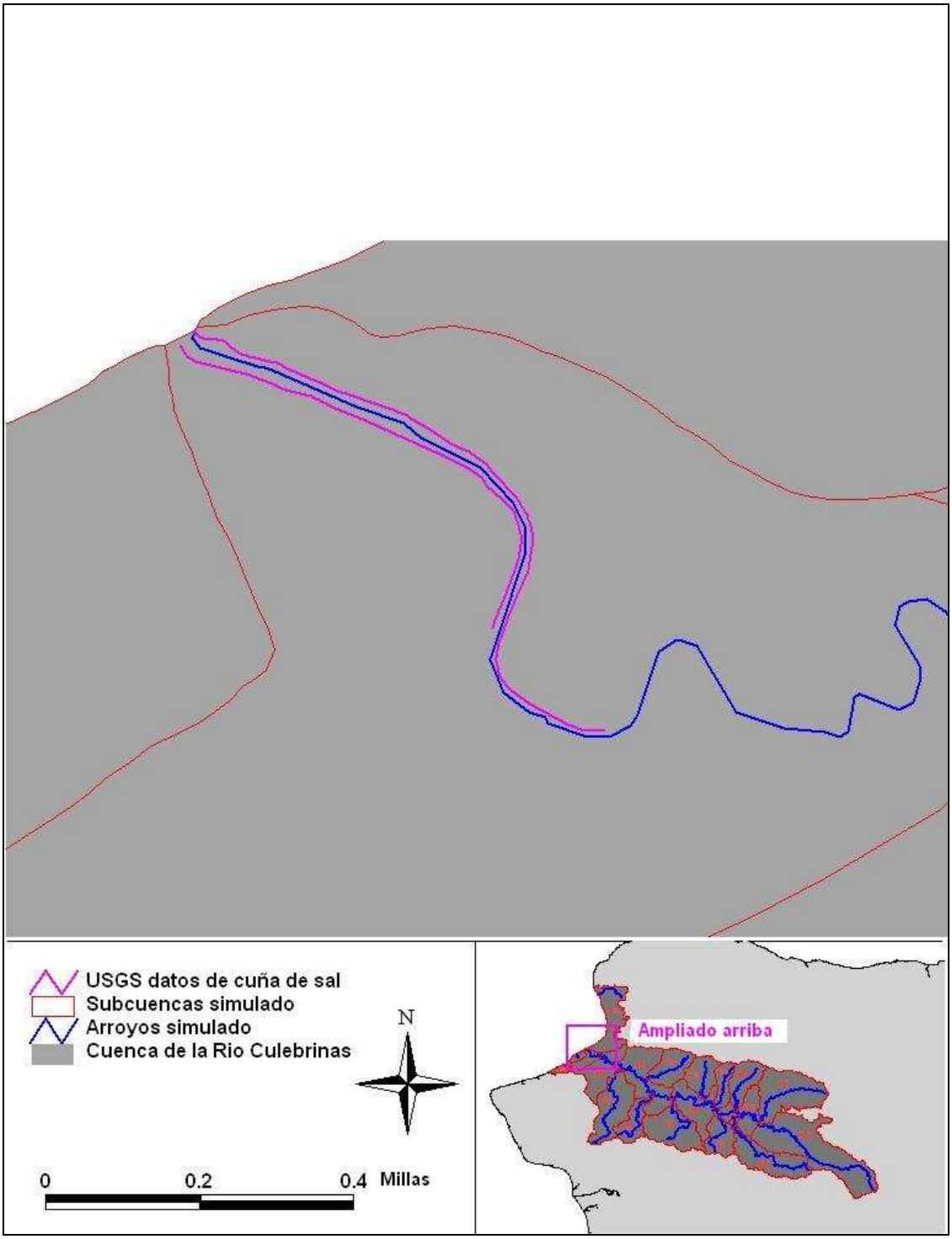

Figura 4-10. Datos de cuña de sal utilizados para estimar la extensión de la intrusión de agua de mar e influencia de mareas en el Río Culebrinas.

4.3 Presunciones y Limitaciones

Algunas de las principales premisas para este análisis son las siguientes:

- Las cuencas hidrográficas se basan en la delimitación utilizando datos topográficos y las capas de GIS de los ríos y quebradas y canales disponibles. Datos relativos a la desviación del flujo hacia o desde otras cuencas no estaban disponibles y, por tanto, no se consideraron en el análisis.
- La regeneración de las bacterias de coliformes fecales no es una fuente significativa.
- Después de que el modelo fue calibrado y validado utilizando los flujos y concentraciones representativas para las instalaciones reguladas, los valores de flujo y concentración fueron cambiados para reflejar sus límites de permiso. Esta fue la ejecucion del modelo que se comparó contra los objetivos del TMDL. Este es el peor de los escenarios de cargas en las instalaciones reguladas.
- Los flujos y cargas estimadas para los sistemas sépticos se asumen que son descargadas a los ríos y quebradas. Esta es una hipótesis conservadora, ya que se espera que una parte de estas cargas no podrán tener acceso a los cuerpos de agua.
- La tasa media de decaimiento de bacterias de coliformes fecales (0.7 ^{1}/día) no varía estacionalmente o por condiciones meteorológicas. Esta es una hipótesis conservadora, porque la tasa de decaimiento posiblemente sea mayor en las cálidas aguas de esta cuenca.
- Las concentraciones de bacterias estimadas por el modelo de prisma de mareas contienen el supuesto de que el volumen está completamente mezclado, y que las concentraciones son el promedio de forma horizontal y vertical.

Una serie de limitaciones son inherentes al proceso de análisis por el método seleccionado. Estas limitaciones se identifican a continuación. A pesar de estas limitaciones estar presentes, el enfoque seguido en la identificación de los TMDL se realizó con éxito. Estas limitaciones se podrían abordar con datos adicionales de la cuenca del Río Culebrinas

- La comparación entre los resultados del modelo de prisma de mareas y los resultados de monitoría es de naturaleza rudimentaria debido a la escasa frecuencia de la toma de datos y la metodología simple utilizada.
- Las estimaciones de población de la cuenca se calcularon utilizando datos de los bloques del censo de Puerto Rico del 2000.

5 CÁLCULOS DEL TMDL Y ASIGNACIONES

Un TMDL para un contaminante en un cuerpo de agua determinado se compone de la suma de las asignaciones individuales de cargas de contaminantes (WLA) para fuentes precisadas de carga y las asignaciones de carga (LA) para fuentes dispersas y los niveles de trasfondo naturales. Además, el TMDL debe incluir un margen de seguridad (MOS), ya sea implícita o explícitamente, para tener en cuenta la incertidumbre en la relación entre las cargas contaminantes y la calidad en el cuerpo de agua y fuentes futuras. Conceptualmente, esta definición está representada por la ecuación

$$TMDL = \sum WLAs + \sum LAs + MOS$$

El TMDL es la cantidad total de contaminante que pueden ser asimilados por el cuerpo de agua sin sobrepasar los objetivos de calidad de agua.. Durante el desarrollo del TMDL, deben establecerse las cargas admisibles de fuentes contaminantes que cumulativamente sobrepasen el TMDL. Esto proporciona la base para establecer controles basados en la calidad del agua. Según el 40 CFR 130.2 (l) los TMDLs puede expresarse en términos de masa de carga (por ejemplo, colonias de bacterias por día) o como una concentración (por ejemplo, colonias de bacterias por 100 ml).

5.1 Objetivo Numérico para Bacterias de Coliformes Fecales

El objetivo del TMDL de la cuenca del Río Culebrinas es un doble objetivo; (1) media geométrica de 200 colonias/100 ml o menos, y (2) una concentración de 400 colonias/100 ml que no podrá superarse más de 20 por ciento del tiempo. Este objetivo se seleccionó a base de los criterios de calidad de agua discutidos en la sección 2.2. Las cuencas hidrográficas y los segmentos influenciados por las mareas no podrán exceder estos límites para la condición del TMDL.

El cumplimiento de los objetivos del TMDL se evaluó utilizando los resultados del modelo LSPC y el modelo de prisma de mareas. Las series de resultados diarios de las concentraciones de bacterias de coliformes fecales fueron reducidas hasta que un 80 por ciento de los valores fuesen inferiores a 400 ml colonias/100 ml. Entonces, se calculó la media geométrica de las concentraciones para cada 5 días consecutivos. Estos valores fueron reducidos hasta que ninguna de las medias geométricas estuviese sobre 200 colonias/100 ml.

Los datos meteorológicos del período de 1998-2000 se utilizaron en el modelo para calcular las asignaciones. Este período de tiempo exhibió los dos extremos con respecto a la precipitación. La Figura 5-1 muestra la precipitación anual en San Sebastián 2 NW, Puerto Rico (estación número PR8881) para los años 1980-2004. Los años seleccionados para la calibración y los utilizados para las asignaciones del TMDL son también identificados. Los años seleccionados para la calibración y los años seleccionados para las asignaciones del TMDL fueron seleccionados por la disponibilidad de datos, y para abarcar las diversas condiciones de precipitación crítica y, por tanto, condiciones de flujo críticas en la cuenca. El año 1998 ocurrió el huracán Georges y proporcionó el período

más húmedo de los utilizados en la calibración y validación, y el segundo año más húmedo en todo el conjunto de datos disponibles. El año 2000 fue el más seco de la calibración y validación, y el tercer año más seco de todo el conjunto de datos disponibles. El año 1999 fue uno promedio con respecto a la precipitación. Como se discutió en la Sección 3.2, el período crítico en la cuenca del Río Culebrinas se produce durante los períodos de alto y de bajo flujo. Por lo tanto, un período de tiempo que contenga ambas condiciones fue necesario para el escenario de asignaciones para este TMDL. La razón para seleccionar un período de asignación relativamente corto fue para hacer más eficiente la ejecución del modelo durante el proceso de asignación de carga. El proceso de asignación es iterativo y se lleva a cabo en una forma de aguas arriba hacia aguas abajo. Las unidades de evaluación aguas arriba fueron evaluadas primero. Las fuentes de carga fueron reducidas hasta que las concentraciones en el flujo del cuerpo de agua alcanzaron con los objetivos del TMDL, luego se evaluó la siguiente unidad de evaluación aguas abajo, y así sucesivamente. El objetivo más riguroso fue el de la media geométrica de 5 días de 200 c/100ml. El paso final de las asignaciones fue evaluar todas las unidades de evaluación durante el período de tiempo modelado (1994-2004). Todas las unidades de evaluación cumplieron con los objetivos del TMDL. El período más crítico se produce cuando una gran tormenta sigue un largo período seco. Durante el período seco, las concentraciones de coliformes fecales son elevadas debido a las cargas de sistemas sépticos y fuentes precisadas tienen menor dilusión, y una vez que llega la tormenta y genera escorrentía, el primer arrastre de las bacterias de coliformes fecales que se habían acumulado sobre el terreno proveniente de las fuentes dispersas y de los MS4 se añade a la corriente del cuerpo de agua.

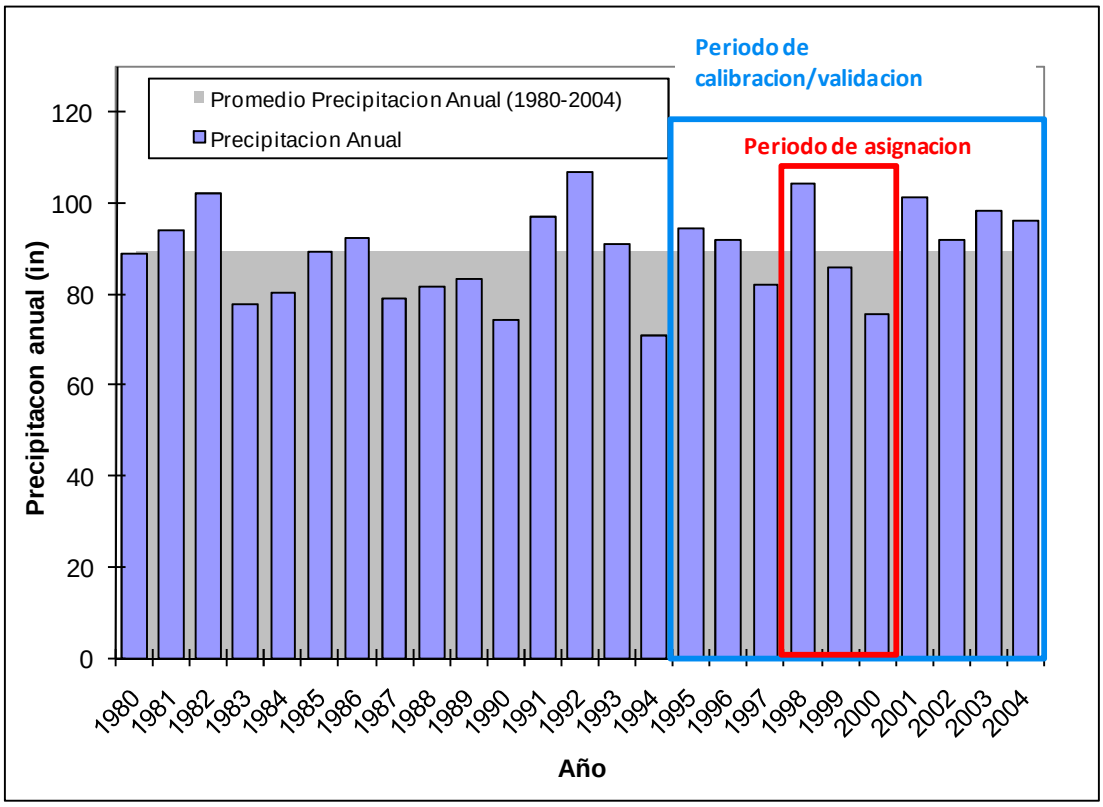

Figura 5-1. Patrones de precipitación, 1980–2004 y período de asignación seleccionado para el TMDL.

Para la cuenca en su conjunto, un 98.9 por ciento de reducción en la carga de bacterias de coliformes fecales reunió los objetivos del TMDL en el sistema del Río Culebrinas. Por lo tanto, esta es la reducción necesaria para cumplir con el TMDL. Las asignaciones a las fuentes de las bacterias de coliformes fecales se examinan a continuación.

5.2 Margen de Seguridad

Existen dos métodos para la incorporación de la MOS (USEPA 1991):

- Incorporar el MOS implícitamente en el modelo utilizando supuestos conservadores para desarrollar las asignaciones
- Especificar explícitamente una parte del total de TMDL como el MOS y el resto para las asignaciones

En el sistema del Río Culebrinas se ha utilizado un MOS implícito de varias maneras. Durante el proceso de desarrollo del TMDL, fueron realizados supuestos conservadores que fungen como MOS implícito (véase la lista de supuestos en la sección). Además, un 10 por ciento de la carga LA se incluyó como MOS explícito del TMDL. Los objetivos del TMDL descritos en la sección 5.1 se seleccionaron a base de los estándares de calidad de agua que se discutieron en la sección 2.2.

5.3 TMDLs de Bacterias Coliformes Fecales

Los TMDLs de bacterias de coliformes fecales para la cuenca del Río Culebrinas desarrollados utilizando el modelo LSPC, y los objetivos del TMDL se basaron en los criterios de calidad del agua existentes, tal como se describe en la sección 2.2. Las cargas existentes y el TMDL de la cuenca del Río Culebrinas se generaron a partir del modelo calibrado de LSPC. Los objetivos del TMDL fueron logrados ajustando iterativamente las tasas de cargas hasta que los flujos simulados exhibiesen concentraciones no excedentes a los estándares de calidad de agua. Una concentración máxima de bacterias de coliformes fecales de 200 colonias/100 ml para la media geométrica de 5 días, y no más de 20 por ciento de las concentraciones diarias excedentes a 400 colonias/100 ml se utilizaron como criterios de valoración, que representan directamente a los criterios discutidos en la sección 2.2. La Figura 5-2 ilustra el cumplimiento de los objetivos de calidad de agua durante las condiciones TMDL. La meta del máximo de media geométrica fue la más rigurosa.

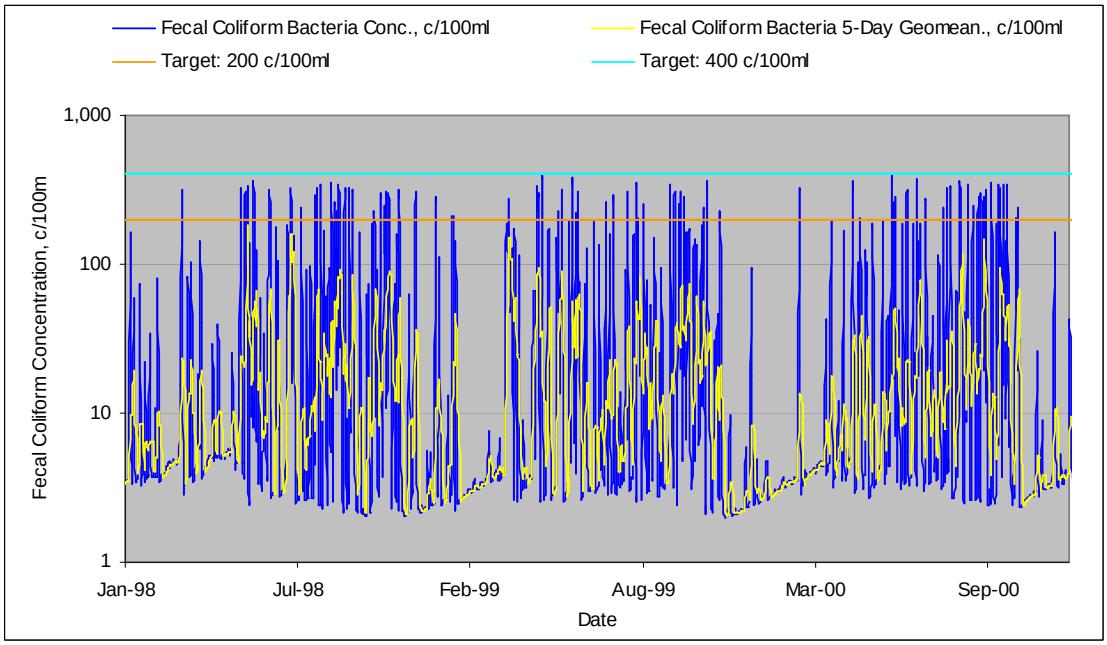

Figura 5-2. Ejemplo de las series de tiempo diarias y de media geométrica de 5 días modeladas para las condiciones del TMDL en la salida del Río Culebrinas

La Figura 5-3 identifica las unidades de evaluación en la cuenca y proporciona el vínculo entre las subcuenca del modelo y unidades de evaluación. Las Tabla 5-1 y Tabla 5-2 proveen los resúmenes de la condición base de referencia y la condición de TMDL, respectivamente, para cada una de las unidades de evaluación.

Una unidad de evaluación para la cual se desarrolló un TMDL dentro de la cuenca del Río Culebrinas no estaba incluída en la lista de las aguas impactadas del 303(d) de Puerto Rico. La unidad de evaluación PRWQ95E no aparece como impactada en la lista del 2008 de la sección 303 (d) aguas impactadas (Figura 5-3). Además, cuatro unidades de evaluación sin nombre (llamadas *Unnamed 1, Unnamed 2, Unnamed 3,* y *Unnamed 4* en éste documento TMDL) no se incluyeron en la lista de aguas impactadas. Sin embargo,

debido a que estas 5 unidades de evaluación están en la cuenca del río Culebrinas, éstas fueron simuladas en el modelo LSPC. A base de los resultados de los modelos, la calidad de agua en estas 5 unidades de evaluación no se cumplió con los estándares de calidad de agua y, por tanto, se calcularon TMDLs para estas unidades también.

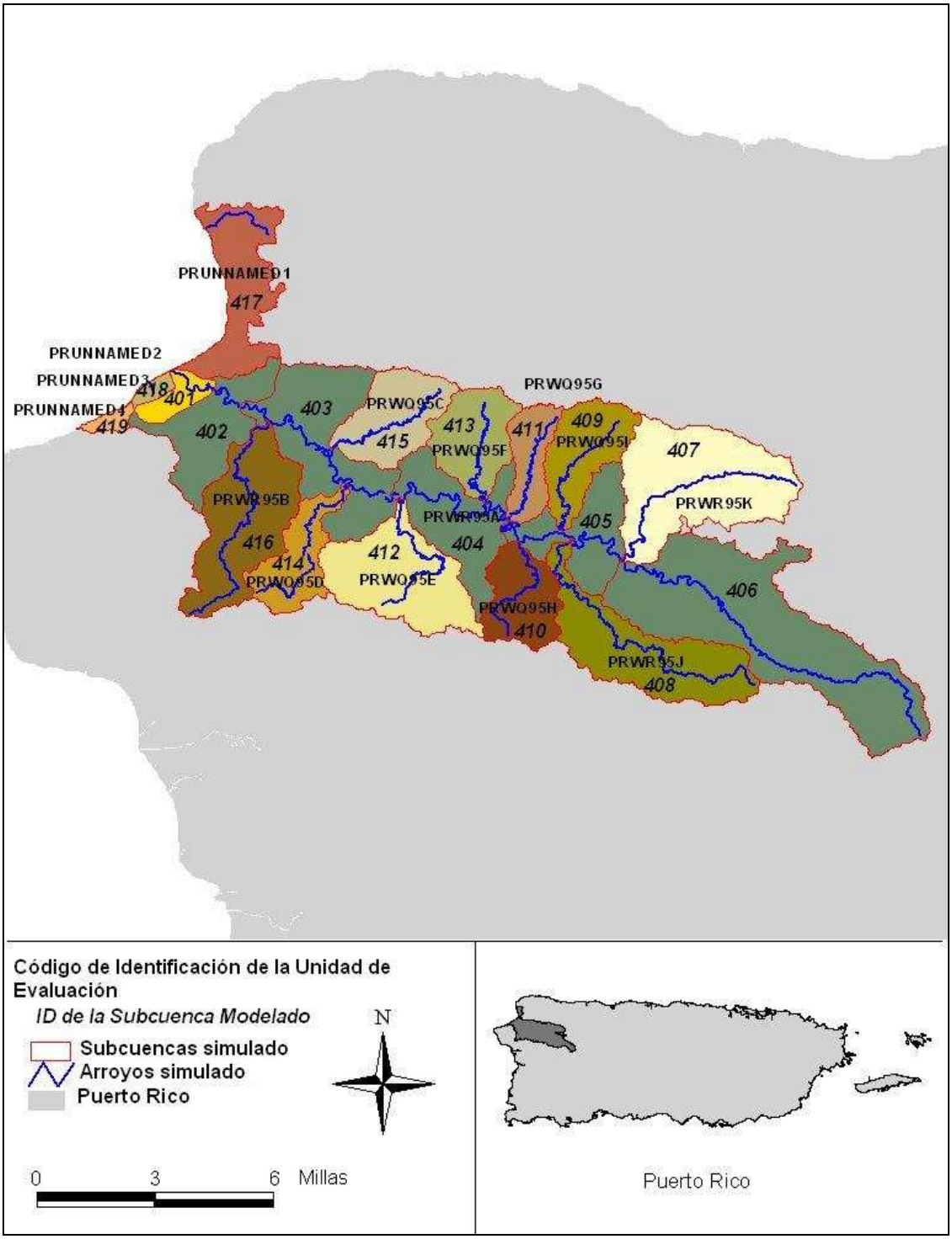

Figura 5-3. Unidades de evaluación junto a las subcuencas modeladas en la cuenca del Río Culebrinas.

La carga base para los sistemas sépticos que se presenta en la Tabla 5-1 es la suma de las cargas de sistemas sépticos estimadas por subcuencas de la Tabla 2-7 para todas las subcuencas que componen la unidad de evaluación. La carga base presentada para los permisos NPDES en la Tabla 5-1 es la suma de la carga permitida a partir de la Tabla 2-2 para todas las instalaciones en las subcuencas que componen la unidad de evaluación. La carga base para los permisos MS4 presentados en la Tabla 5-1 se calcula como la suma de las cargas de todas las áreas MS4 de las subcuencas que componen la unidad de evaluación (ver Tabla 2-3).

Las cargas del TMDL para sistemas sépticos presentadas en la Tabla 5-2 se basan en una eliminación completa de la carga de sistemas sépticos a los cuerpos de agua (es decir, arreglando las fallas de los sistemas sépticos a fin de que realicen de manera adecuada su función). Las cargas del TMDL para los permisos NPDES presentadas en la Tabla 5-1 son la suma de los WLA de la Tabla 5-4 para todas las instalaciones en las subcuencas que componen la unidad de evaluación. Las cargas del TMDL presentadas para los MS4 en la Tabla 5-2 son la suma de los WLA de todas las áreas MS4 en las subcuencas que componen la unidad de evaluación, véase el Tabla 5-3.

Tabla 5-1. Resumen de condición base por unidad de evaluación

	Uso de Terreno	PRUNNAM ED1	PRUNNAM ED2	PRUNNAM ED3	PRUNNAM ED4	PRWQ95C	PRWQ95D	PRWQ95E	PRWQ95F	PRWQ95G	PRWQ95H	PRWQ95I	PRWR95A	PRWR95B	PRWR95J	PRWR95K
		(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)
Fuentes Dispersas	Agricultura	3.49E+11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.89E+12	3.04E+14	6.61E+14	2.15E+12	3.01E+12	3.40E+14	3.82E+12	1.15E+15	1.84E+14	4.99E+14	1.37E+13
	Terreno baldío	4.72E+09	5.23E+08	9.26E+07	3.39E+08	3.49E+08	1.02E+08	9.72E+07	1.39E+08	2.15E+07	0.00E+00	7.43E+07	2.24E+09	3.92E+08	5.43E+07	2.28E+08
	Bosque	1.75E+13	1.81E+12	2.74E+11	1.03E+12	9.75E+12	1.74E+13	3.71E+13	7.17E+12	5.10E+12	1.34E+13	1.03E+13	1.52E+14	3.33E+13	3.23E+13	1.72E+13
	Pastos	1.34E+15	7.64E+14	2.51E+14	1.79E+14	2.57E+15	9.51E+14	3.27E+15	3.52E+15	1.97E+15	2.35E+15	3.37E+15	2.00E+16	2.58E+15	4.60E+15	8.35E+15
	Densidad Urbana alta	1.84E+10	4.04E+09	4.48E+09	4.59E+08	0.00E+00	0.00E+00	2.37E+09	6.38E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.76E+09	3.53E+06	0.00E+00	3.29E+08
	Densidad Urbana baja	0.00E+00	0.00E+00	1.61E+06	0.00E+00	0.00E+00	8.40E+10	1.24E+12	4.48E+10	1.32E+10	2.26E+11	3.58E+11	3.01E+12	2.25E+09	7.28E+11	1.33E+11
	Agua	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	Humedales	2.38E+11	1.31E+12	2.78E+11	2.13E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	Pozos sépticos	1.29E+14	2.68E+13	1.02E+13	2.00E+13	6.81E+13	2.50E+13	4.31E+13	3.76E+13	2.07E+13	2.14E+13	2.32E+13	3.61E+14	1.01E+14	3.16E+13	7.88E+13
Fuentes Precisadas Con permiso	NPDES	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.04E+13	0.00E+00	0.00E+00	1.93E+11
	Urbana MS4	9.37E+12	5.90E+11	1.85E+11	1.14E+12	3.62E+12	1.23E+12	8.43E+11	2.62E+12	2.12E+12	1.24E+12	1.65E+12	2.35E+13	5.03E+12	2.36E+12	6.21E+12
Carga total existente		1.50E+15	7.95E+14	2.62E+14	2.01E+14	2.66E+15	1.30E+15	4.01E+15	3.57E+15	2.00E+15	2.73E+15	3.41E+15	2.17E+16	2.90E+15	5.17E+15	8.47E+15

Tabla 5-2. Resumen de condición TMDL por unidad de evaluación

	Landuse	PRUNNAMED1	PRUNNAMED2	PRUNNAMED3	PRUNNAMED4	PRWQ95C	PRWQ95D	PRWQ95E	PRWQ95F	PRWQ95G	PRWQ95H	PRWQ95I	PRWR95A	PRWR95B	PRWR95J	PRWR95K
		(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)	(#/yr)
AC	Agricultura	1.75E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.95E+10	6.08E+11	1.32E+12	1.07E+10	1.51E+10	1.02E+12	1.91E+10	5.76E+12	5.53E+11	1.50E+12	6.86E+10
	Terreno baldío	4.72E+09	5.23E+08	9.26E+07	3.39E+08	3.49E+08	1.02E+08	9.72E+07	1.39E+08	2.15E+07	0.00E+00	7.43E+07	2.24E+09	3.92E+08	5.43E+07	2.28E+08
	Bosque	1.75E+13	1.81E+12	2.74E+11	1.03E+12	9.75E+12	1.74E+13	3.71E+13	7.17E+12	5.10E+12	1.34E+13	1.03E+13	1.52E+14	3.33E+13	3.23E+13	1.72E+13
	Pastos	6.68E+12	3.82E+12	1.25E+12	8.94E+11	1.29E+13	1.90E+12	6.54E+12	1.76E+13	9.83E+12	7.04E+12	1.68E+13	9.96E+13	7.75E+12	1.38E+13	4.18E+13
	Densidad urbana alta	9.17E+07	2.02E+07	2.24E+07	2.29E+06	0.00E+00	0.00E+00	4.74E+06	3.18E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.89E+07	1.06E+04	0.00E+00	1.65E+06
	Densidad urbana baja	0.00E+00	0.00E+00	8.06E+03	0.00E+00	0.00E+00	1.68E+08	2.48E+09	2.24E+08	6.58E+07	6.79E+08	1.79E+09	1.50E+10	6.76E+06	2.18E+09	6.67E+08
	Agua	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	Humedales	2.38E+11	1.31E+12	2.78E+11	2.13E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	Pozos sépticos[1]	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WLA	NPDES[2]	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.70E+12	0.00E+00	0.00E+00	1.93E+10
	Urbana MS4	4.68E+10	2.95E+09	9.26E+08	5.68E+09	1.81E+10	2.45E+09	1.68E+09	1.31E+10	1.06E+10	3.72E+09	8.26E+09	1.18E+11	1.51E+10	7.09E+09	3.11E+10
MOS	Margen de seguridad[3]	2.72E+12	7.71E+11	2.00E+11	2.17E+11	2.52E+12	2.21E+12	5.00E+12	2.75E+12	1.66E+12	2.38E+12	3.01E+12	2.91E+13	4.62E+12	5.29E+12	6.57E+12
TMDL	Carga máxima diaria total (TMDL)	2.72E+13	7.71E+12	2.00E+12	2.17E+12	2.52E+13	2.21E+13	5.00E+13	2.75E+13	1.66E+13	2.38E+13	3.01E+13	2.91E+14	4.62E+13	5.29E+13	6.57E+13
Porciento de reducción		98.28%	98.18%	99.03%	99.24%	98.92%	99.05%	98.30%	98.76%	99.23%	99.17%	99.13%	99.12%	98.66%	98.41%	98.98%

[1]Basado en una reducción del 100% de bacterias provenientes de los sistemas sépticos averiados.
[2]Basado en una reducción en los limites de permiso a 200 colonias/100 ml.
[3]Un margen de seguridad de 10% fue aplicado al componente AC del TMDL.
[4]Los WLAs individuales se presentan en las Tablas 5-3 and 5-4.

5.4 Asignaciones de Carga (AC)

Las AC son la parte del TMDL que se asigna a fuentes dispersas. Tabla 5-1 y Tabla 5-2 muestran el total de cargas por uso de terreno y unidad de evaluación. Estas tablas incluyen las cargas MS4. Para obtener información adicional con respecto a las cargas de MS4, véase la siguiente sección.

A base de los análisis realizados, las principales contribuciones de fuentes dispersas de la cuenca del Río Culebrinas provienen de la superficie terrestre. Las reducciones fueron basadas a través de un proceso iterativo de evaluación examinando las posibles reducciones de las cargas de bacterias de cada una de las fuentes y asegurando que los objetivos del TMDL fuesen logrados. Específicamente, se redujeron las cargas de las fuentes dispersas por unidad de evaluación hasta que las concentraciones de bacterias de coliformes fecales en ese segmento cumplieran con los objetivos del TMDL descritos en la sección 5.3.

Las AC se realizaron mediante una metodología de reducción de *arriba hacia abajo*. Esta metodología implica la aplicación de reducciones aguas arriba, en primer lugar, hasta que las aguas en estas subcuencas alcanzaran los objetivos del TMDL. Este método tiene también el efecto de reducción en las concentraciones en la corriente río abajo debido a la descarga de aguas de mayor calidad a la red simulada. Estas aguas sirven para diluir la carga de bacterias de coliformes fecales que entran aguas abajo del río.

Sin embargo, esta metodología requiere algunas veces grandes reducciones en las subcuencas de cabecera. Esto ocurre cuando una fuente significativa de un contaminante existe en las subcuencas hidrográficas aguas arriba y no existe una gran capacidad de dilución de las corrientes en esa subcuenca. Se requieren mayores reducciones en estas subcuencas para satisfacer los objetivos del TMDL. Reducciones de más de un 90 por ciento son necesarias en zonas donde se han observado concentraciones excesivas de bacterias de coliformes fecales.

Por ejemplo, las Figura 4-7 y Figura 4-8 muestran una calibración de la calidad del agua en donde se han observado concentraciones de más de 20,000 colonias/100 ml. El estándar de la media geométrica para la calidad del agua de bacterias de coliformes fecales es de 200 colonias/100 ml, por lo que una simple reducción de 20,000 colonias a 200 colonias requiere un 99 por ciento de reducción. En este ejemplo se presenta a la magnitud del problema y justifica las reducciones que se muestran en las Tabla 5-1 y Tabla 5-2.

Las AC están separadas por uso de terreno, y separados de las cargas de sistemas sépticos, que también se consideran un componente de la AC.

5.5 Asignaciones de Cargas de Contaminantes (WLA)

Los reglamentos federales (40 CFR 130.7) requieren que en los TMDLs se incluya un WLA individual para cada fuente precisada. Además, los reglamentos de aguas de lluvia de la EPA exigen a los municipios a obtener permisos para todas las descargas de aguas

pluviales urbanas MS4. El memorando del 22 de noviembre de 2002de la EPA proveniente de Robert Wayland y James Hanlon, Directores de la División de Administración del Agua (http://www.epa.gov/boston/npdes/stormwater/) aclaró los requisitos reglamentarios para MS4 relacionados con TMDLs. Los puntos clave son los siguientes:

- Descargas MS4 reguladas deben incluirse en el WLA del TMDL y no pueden ser abordadas en el componente AC del TMDL.
- Puede ser una asignación generalizada y no es necesario que se distribuya a los puntos de descarga.
- Permisos industriales de agua de lluvia deben estar basados en la tecnología en la calidad del agua.

De acuerdo con este memorando, los MS4 dentro de la cuenca del Río Culebrinas fueron tratados como fuentes precisadas para propósitos del TMDL y de permisos NPDES, y la carga de bacterias de coliformes fecales generada dentro de los límites de las zonas MS4 se le asignó un WLA. También existen cuatro instalaciones de fuentes precisadas, y una comunidad MS4 en la cuenca del Río Culebrinas, todos los cuales requieren WLA. Los componentes de la WLA se resumen a continuación.

WLA: Municipios con MS4

En la cuenca del Río Culebrinas, las cargas pluviales de bacterias están cubiertas por la Fase II del Programa NPDES Pluvial y se consideraron WLA en este momento. La escorrentía de las zonas residenciales y urbanas durante eventos de precipitación puede ser una importante fuente de bacterias de coliformes fecales a los cuerpos de agua. Los reglamentos de agua de lluvia de la EPA requieren que las entidades públicas obtengan permisos NPDES para las descargas de aguas pluviales en determinadas áreas urbanas de MS4. La Tabla 5-3 presenta un resumen de los componentes MS4. A pesar de que existe una sóla área urbana según el censo, ésta se solapa con las unidades de evaluación y los municipios, por lo que hay 23 componentes MS4 en total.

WLA: Instalaciones Reguladas

Las concentraciones de WLA para las instalaciones permitidas NPDES, se calcularon utilizando una concentración de 200 colonias/100ml y el flujo actual permitido. La Tabla 5-4 presenta la carga base, los WLA, y el porcentaje de las reducciones necesarias para cumplir los objetivos TMDL. La carga base de las instalaciones se calcula utilizando los flujos y las concentraciones permitidas. El porcentaje de reducción es la reducción desde la condición base hasta la condición de TMDL.

Tabla 5-3. Cargas de bacterias para el componente MS4 de los WLAs

Área urbanizada	Pueblo	Código (AU)	Unidad de evaluación	Base (#/día coliformes fecales)	TMDL (#/día coliformes fecales)	Porciento de reducción
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRUNNAMED1	2.21E+09	1.1027E+07	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguadilla	631	PRUNNAMED1	2.35E+10	1.1720E+08	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRUNNAMED2	1.62E+09	8.0762E+06	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRUNNAMED3	5.08E+08	2.5369E+06	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRUNNAMED4	3.12E+09	1.5575E+07	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95C	9.91E+09	4.9488E+07	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRWQ95D	1.76E+09	3.5233E+06	99.8%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95D	1.60E+09	3.1943E+06	99.8%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95E	2.31E+09	4.6040E+06	99.8%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95F	7.18E+09	3.5891E+07	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95G	3.56E+09	1.7814E+07	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWQ95G	2.24E+09	1.1225E+07	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWQ95H	1.73E+09	5.1982E+06	99.7%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWQ95H	1.66E+09	4.9968E+06	99.7%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWQ95I	4.53E+09	2.2636E+07	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRWR95A	1.10E+10	5.4939E+07	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguadilla	631	PRWR95A	4.30E+09	2.1494E+07	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWR95A	2.41E+10	1.2023E+08	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWR95A	2.51E+10	1.2554E+08	99.5%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Aguada	631	PRWR95B	1.37E+10	4.1178E+07	99.7%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	Moca	631	PRWR95B	5.24E+07	1.5731E+05	99.7%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWR95J	6.47E+09	1.9416E+07	99.7%
Aguadilla--Isabela--San Sebastian, PR	San Sebastian	631	PRWR95K	1.70E+10	8.5126E+07	99.5%
			TOTAL:	1.69E+11	7.8107E+08	**99.5%**

Tabla 5-4. WLAs para las instalaciones permitidas NPDES

Permiso NPDES	Nombre de la instalación	Unidad de evaluación	Permiso (#/día coliformes fecales)	TMDL (#/día coliformes fecales)	TMDL (colonias/ 100mL)	Porciento de reducción
PR0020851	Prasa San Sebastian	PRWR95A	3.03E+10	3.03E+09	200	90%
PR0023981	Prasa WTP San Sebastian	PRWR95A	4.58E+09	2.29E+09	200	50%
PR0025551	Prasa San Sebastian WWTP	PRWR95A	5.30E+08	5.30E+07	200	90%
PR0024317	Hoyamala Ward Escuela Secundaria	PRWR95K	7.57E+10	7.57E+09	200	90%
		TOTAL:	1.11E+11	1.29E+10		

6 GARANTÍA RAZONABLE E IMPLEMENTACIÓN DEL TMDL

6.1 Garantía Razonable

Hay una garantía razonable de que los objetivos de estos TMDLs pueden ser satisfechos con una adecuada planificación de las cuencas hidrográficas, con la aplicación de las mejores prácticas de manejo de reducción de la contaminación (BMPs), y un firme compromiso político y los mecanismos financieros. Los TMDLs establecidos requerirán una solución amplia, con enfoque de adaptación que se ocupa de lo siguiente:

- Contaminación de fuentes dispersas, incluídos los sistemas sépticos
- Fuentes existentes y futuras
- Regulación y enfoques voluntarios

Los TMDLs representan un intento de cuantificar la carga de contaminantes que pueden estar presente en un cuerpo de agua y aún así asegurar el logro y el mantenimiento de los estándares de calidad de agua. Los TMDLs identifican la reducción global de la carga de las bacterias coliformes fecales que causan impactos a los usos beneficiosos y distribuyen las reducciones a las fuentes adecuadas. Los objetivos de reducción establecidos en estas TMDLs se producirán a través del control de fuentes dispersas para lograr los AC y control de los permisos NPDES para lograr los WLAs.

Los controles de fuentes dispersas pueden ser implementados a través de una serie de programas existentes tales como el artículo 319 de la Ley de Aguas Limpias, comúnmente conocida como el Programa de Fuentes Dispersas. Este programa puede ayudar con la implementación de los BMPs que previenen o reducen la contaminación de fuentes dispersas a un nivel compatible con los objetivos de calidad del agua.

Según 40 CFR 122.44 (d) (1) (vii) (B), la limitación de efluentes para un permiso NPDES debe ser consistente con los supuestos y requisitos de cualquier WLA disponible para descargar, elaborado por el Estado y aprobado por la EPA. Además, la EPA tiene la autoridad para oponerse a la emisión de un permiso NPDES que sea incompatible con las WLAs establecidas para las fuentes precisadas. Esto se aplica a las fuentes tradicionales, así como fuentes dispersas, tales como sistemas de MS4 regulados.

6.2 Implementación

Estos TMDLs se basan en el logro de un flujo con la media geométrica de la concentración de bacterias de coliformes fecales de 200 ml colonias/100 (mínimo cinco muestras) y un doble objetivo de no más de 20 por ciento de las muestras de más de 400 ml colonias/100. El TMDL en este informe cumple con estos estándares, se han calculado en cada unidad de evaluación de punto de gota, y requieren de entre 73.6 por ciento y 99.0 por ciento de reducciones en la carga de bacterias de coliformes fecales para cumplir con el estandar. El plan de aplicación se centra en el aumento de las reducciones de las fuentes existentes de bacterias de coliformes fecales. El manejo de las fuentes futuras,

tales como nuevos desarrollos, entra en la categoría de planificación de las cuencas hidrográficas.

La planificación eficaz de las cuencas hidrográficas es un componente crítico para el cumplimiento de los estándares de calidad del agua en el futuro. Se reconoce que la aplicación de estrategias de manejo de las cuencas hidrográficas ya ha ocurrido en cierta medida en la cuenca. Sin embargo, para cumplir con el objetivo de la reducción de la carga, más prácticas de manejo deben producirse en el futuro.

Varios asuntos críticos deben atenderse durante la fase de ejecución del TMDL. Estos se presentan como una base para evaluar una estrategia de aplicación y asegurar que se asignen los recursos adecuados para alcanzar los objetivos de reducción de las bacterias de coliformes fecales especificada en la Sección 5. Algunos de los principales programas de preguntas y respuestas se enumeran a continuación, en éstas se incluyen las siguientes:

¿Cuánto debe reducirse las bacterias de coliformes fecales?
Sección 5 indica la carga de bacterias de coliformes fecales necesaria para la reducción de toda la cuenca, enumeradas por unidad de evaluación y fuente, calculado como parte de este análisis de TMDL. Para cumplir con los estándares de calidad del agua existentes, las unidades de evaluación deben reducir la carga de bacterias de coliformes fecales en un rango de entre 98.3 y 99.3 por ciento.

¿Existen programas y organizaciones para manejar las reducciones de las fuentes dispersas?
Un plan de manejo eficaz debe tener la capacidad de manejar programas locales y federales para aplicar las estrategias de manejo recomendadas en la ejecución de este plan. Identificar y asignar acciones a las organizaciones apropiadas es parte de la implementación de este plan. Algunas de esas organizaciones podrían incluir la EPA, JCA, , Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de Puerto Rico, Oficinas de Extensión Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, las asociaciones locales de cuencas hidrográficas, los grupos ambientales, y otros organismos gubernamentales.

¿Qué información de monitoreo o seguimiento podría ayudar o contribuir a alcanzar las reducciones necesarias?
Este TMDL presenta las fuentes de bacterias de coliformes fecales en la carga a base de monitoreo del flujo, los resultados de los modelos, y datos de uso de terreno. La recopilación de otra data relacionada a fuentes específicas puede ser utilizada para afinar o mejorar el plan de manejo. Por ejemplo, el porciento de pozos sépticos con fallas se asumió que es uniforme en toda la cuenca, debido a la falta de datos o registro de los mismos. Además, la recolección de datos para perfeccionar el porciento de pozos con fallas en la cuenca podría ser realizada para verificar el porciento asumido y ayudar a centrar de manera más eficaz la aplicación de BMPs. Para los supuestos y limitaciones con respecto a estos TMDLs, véase la sección 4.3.

¿Cómo debería darse prioridad a la reducción de la carga?
Aunque hay variaciones en el porciento de las reducciones necesarias para alcanzar el

cumplimiento TMDL por unidad de evaluación, la carga contaminante está uniformemente distribuida a través de toda la cuenca. Así pues, las siguientes recomendaciones son para el manejo de la cuenca en su conjunto.

6.2.1 Plan de Manejo: Áreas Agrícolas

La agricultura incluye el cultivo de plantas y la ganadería. Debido a que grandes extensiones de tierra son dedicas a estas actividades, estas tienen un impacto significativo sobre la calidad del agua y los recursos hídricos. Los efectos agrícolas sobre los recursos hídricos en general envuelven a varios tipos de contaminantes: (1) los nutrientes, (2) plaguicidas (3), las bacterias y los virus (4), sedimentos, y (5) erosión. A los efectos del presente plan de manejo, la reducción de las bacterias será el principal enfoque de las recomendaciones de manejo. Sin embargo, dado que muchas de las mismas prácticas de manejo también contribuirán a la reducción de la carga de otros contaminantes, la aplicación de las medidas de manejo propuestas contribuirán a mejorar la calidad en general del agua de la cuenca. Para mejorar la calidad del agua, los agricultores pueden aplicar una serie de medidas para reducir al mínimo la escorrentía de los materiales potencialmente peligrosos (por ejemplo, los desechos animales) de los terrenos agrícolas adyacentes a ríos y quebradas y, en última instancia, las aguas superficiales en la cuenca.

6.2.1.1 Implementación: Áreas Agrícolas

Para lograr unas reducciones realistas en la carga de bacterias de coliformes fecales y las concentraciones en la cuenca, el siguiente marco general es provisto:

1. Uso de datos de “GIS’’ de uso de terreno y los datos del censo de animales, localizar e identificar las actividades agrícolas más importantes y las zonas de origen con el mayor potencial de carga de bacterias de coliformes fecales.
2. Desarrollar un conjunto de recursos educativos, técnicos y financieros para atender los asuntos que se consideran más importantes, entre ellos los siguientes:
    - Elaborar un itinerario de implementación de proyectos piloto y de demostración y monitorear los resultados.
    - Reevaluar el itinerario de implementación como consecuencia de los resultados del monitoreo y por consiguiente revisar el programa.
    - Implementar acciones sobre fuentes de menor prioridad en tanto que fuentes de mayor prioridad se hayan completado, evaluado, y comiencen a entrar en cumplimiento.

Se reconoce que los programas actuales se han puesto en práctica en los últimos años para dirigirnos hacia el objetivo de reducir la carga de bacterias de coliformes fecales en las aguas receptoras. Sin embargo, a base del monitoreo o seguimiento del flujo y los resultados de los modelos, la implementación de BMP adicionales deben tener lugar para responder a las reducciones de carga especificadas en el presente TMDL.

6.2.1.2 BMPs Recomendados: Áreas Agrícolas

La educación debe producirse en variedad de niveles y incluyendo personas con autorización en la toma de decisiones (funcionarios electos, jefes de organismos, y nombramientos políticos), los propietarios de granjas y trabajadores agrícolas, y el

público en general. La importancia de proteger los recursos naturales y el efecto de la contaminación de las fuentes dispersas deben ser comunicados de manera eficaz, centrándose en los vínculos entre la salud de los recursos naturales, agua potable, y una economía fuerte.

La educación pública, actividades de difusión y los materiales pueden desarrollarse de diversas formas, dependiendo de la audiencia:

- Los encargados de tomar decisiones necesitan información general sobre los efectos de la contaminación de las fuentes dispersas, cómo las fuentes dispersas de contaminación afectan al medio ambiente, las formas de control de las fuentes dispersas de contaminación, y cómo los efectos adversos de las fuentes dispersas de contaminación afectan la economía y la estética de la región.
- Los agricultores necesitan información detallada sobre cómo seleccionar e implementar adecuadamente los BMP no estructurales y estructurales, el funcionamiento y el mantenimiento estructural de los BMP, reconocer las limitaciones de los terrenos y obtener el máximo rendimiento sostenible dentro de las limitaciones, manejar adecuadamente los terrenos , y desarrollar e implementar planes de control.
- El público en general tiene que entender los vínculos entre sus acciones, las fuentes dispersas de contaminación 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 pública y divulgación relacionada con las fuentes dispersas de contaminación agrícola debe incluir lo siguiente:

- Desarrollo de una comisión o mecanismo similar para coordinar la política educativa para la región
- Programas de educación comunitaria
- Demostraciones en los predios y visitas de seguimiento a los mismos.
- Grupos de trabajos escolares y comunitarios
- Difusión y programas de extensión, incluyendo cursos para los trabajadores agrícolas.
- Uso de los medios de comunicación (televisión, radio, videos).
- Requerir un currículo escolar de educación ambiental.
- Desarrollo de materiales de divulgación, tales como hojas informativas, opúsculos y cursos para los encargados de tomar decisiones, los agricultores y para el público en general.
- Educar a los líderes políticos y a los que desarrollan e implementan la política pública en la cuenca.
- Designar una agencia u organismo responsable o coordinador.
- Incentivos económicos para la ejecución de programas de educación.

Lograr el éxito de la aplicación de las BMP por parte de los agricultores depende de que se les demuestre a ellos que la adopción de estas prácticas les puede ahorrar dinero, recursos y tiempo.

Los programas de divulgación y educación deben centrarse en trabajar con los agricultores y otros para aplicar las siguientes BMP, que hacen hincapié en la reducción de la carga de bacterias de coliformes fecales:

Mantener fuera del agua al ganado. Impidiendo el acceso del ganado a las quebradas, estanques, ríos con vallas, se reducirá el contacto de los animales con bacterias en el agua y se minimiza la descarga de bacterias proveniente de las heces fecales de los animales.

Proporcionar áreas de bebederos alternos . Para disuadir el pastoreo de ganado, los agricultores deben proporcionar una fuente alterna de agua potable para su ganado.

Disposición de ganado muerto. El ganado muerto debe ser eliminado adecuadamente para reducir el potencial de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas con patógenos. Estos deben ser eliminados de los ríos y quebradas y predios aislados hasta que su disposición sea posible. Métodos adecuados incluyen la disposición adecuada de composta e incineración. Instalaciones de incineración requieren una planificación más detallada y deben desarrollarse bajo la consulta de los entes locales, territoraiales, y las autoridades nacionales para garantizar la correcta construcción, operación y mantenimiento.

Desvío de las aguas de escorrentía. Desvío de agua limpia alrededor de un corral previene la erosión excesiva de los abonos orgánicos sólidos del lote y aumenta la eficacia de la solución de las cuencas u otro tipo de equipo de separación sólido-líquido. Impedir la entrada del agua de lluvia mediante el uso de canales para manejar el agua procedente del techo de los edificios o estructuras.

Manejo del estiércol. Un completo sistema de manejo de estiércol implica la recogida, el almacenamiento (temporal o a largo plazo), y disposición final o uso. Un plan de manejo debe establecer planes para usar el estiércol de manera eficaz.

Almacenamiento de los desperdicios pecuarios ("Livestock") adecuadamente. Estructuras de almacenamiento de residuos no deben estar cerca de las aguas superficiales. Además, los agricultores deben tomar precauciones especiales al almacenar los residuos en las estructuras de tierra para evitar que los desechos se filtren a través fondo del embalse hacia las aguas superficiales o subterráneas. Las zonas de almacenamiento de estiércol deben ser cubiertas cuando sea posible.

El compostaje de estiércol. Esta práctica es un proceso aeróbico de biodegradación controlada de desechos de animales, que reduce los patógenos y estabiliza los nutrientes. Se trata de una técnica costo-efectiva del manejo de desechos, la producción de una valiosa mercancía, y la reducción potencial de la contaminación de recursos hídricos. La composta requiere un manejo activo para producir una modificación útil del suelo.

Franjas de filtro. Se trata de zonas con vegetación alrededor de una instalación de animales confinados o cultivo activo que atrapa los sedimentos, desechos orgánicos y

otros contaminantes en las aguas de escorrentía. Los agricultores deben mantener regularmente para funcionar con eficacia. Humedales construidos en las zonas bajas, también pueden servir un propósito similar.

Área de protección de uso intensivo . Esta práctica contempla la construcción de superficies duras en zonas muy utilizadas. Los materiales para la construcción pueden ser de hormigón, asfalto, grava compactada o tierra compactada, en función de los objetivos de manejo de residuos. El endurecimiento de zonas de uso intenso previene o retarda la degradación de su estado físico y facilita la recogida y uso de desechos animales, siendo este último vital para la protección de los recursos hídricos.

Zonas de almacenamiento temporero de estiércol. Estas áreas son lugares temporales para el almacenamiento de los desechos de animales en el predio antes de su aplicación. Su propósito es complementar el volumen de las instalaciones de almacenamiento construidas en espera de las condiciones favorables para su aplicación sobre el terreno.

Instalaciones de almacenamiento de estiércol. Este BMP implica el uso de estructuras permanentes para almacenar temporalmente los desechos de animales. También, captura la escorrentía contaminada y, por lo tanto, son un medio útil para prevenir o reducir al mínimo el transporte de sedimentos y contaminantes a las aguas superficiales.

Planes de utilización de desperdicios y abono. Estos son los planes que formulan un enfoque para reciclar los desechos de animales en beneficio de la producción de cultivos, garantizando al mismo tiempo la calidad del medio ambiente. Se pueden utilizar en conjunción con planes de manejo de nutrientes para minimizar la cantidad de fertilizantes comerciales aplicados a las tierras de cultivo.

Otras BMPs que podrían ser útiles en el manejo de los desechos de animales son las siguientes:

- Uso de los estanques de almacenamiento de residuos y charcas de tratamiento de residuos
- Reutilización de agua de escorrentía o estiércol para los cultivos agrícolas o plantaciones
- Contrato con otorgación comercial o servicio de disposición de los residuos

La reducción de aguas residuales y escorrentías proveniente de las instalaciones de animales confinados. Se trata de la limitación de las aguas superficiales de escorrentía y de la descarga de los animales confinados en instalaciones adyacentes a ríos o quebradas. Esto puede hacerse mediante el almacenamiento de, los residuos y de las escorrentía de agua de lluvia y manejando la escorrentía y contaminantes almacenados, a través de un sistema de utilización adecuada de los residuos. Algunos BMP para reducir la escorrentía en las instalaciones de animales confinados son las siguientes:

- Uso de los diques, desvíos, vías verdes y
- Protección de zonas de uso intensivo
- Utilizar “liner” sobre las áreas donde discurren las aguas o las salidas de éstas.
- Manejo de la escorrentía de las zonas pavimentadas y de los techos

- Pendientes con cortes en forma de terrazas
- Uso de las charcas de almacenamiento de residuos o estructuras de almacenamiento de residuos, tales como lagunas de tratamiento de residuos
- Reutilización de agua de escorrentía o estiércol para los cultivos agrícolas o plantaciones
- El uso y el reciclado de residuos
- Proporcionar una instalación de compostaje
- Contratación comercial para la eliminación de residuos
- Incineración de residuos
- Uso de áreas aprobadas para enterrar
- Uso de estructuras para atrapar los sedimentos y contaminantes asociados (embalse de control de aguas y sedimentos)
- Uso de barreras vegetativas y humedales construidos para atrapar los sedimentos y contaminantes asociados.

Manejo de pastoreo. Esta BMP protege los recursos hídricos mediante el manejo de la ganadería, pastos, tierras de pastoreo y otros para reducir la erosión, la sedimentación y el transporte de contaminantes en las siguientes maneras:

- Uso de pastoreo diferido y la planificación del pastoreo de manera que permita que los recursos hídricos y la tierra se recuperen del uso intensivo que puede dañar la calidad del agua
- La correcta utilización del pastoreo
- Bosque o áreas de pastoreo apropiados
- Uso de tuberías, pozos, charcas, canales para llevar agua potable para el ganado en lugar de llevarlos al rio o quebrada

Manejo del Agua de Riego. Este BMP reduce la contaminación dispersa de las aguas superficiales y subterráneas causada por el riego. Tales medidas incluyen los siguientes:

- Elmanejo del agua de riego y la programación
- Uso de aparatos de medición de agua de riego
- Uso de datos del suelo y de los cultivos
- Sistema de riego, sistema de riego por goteo, asperjadotes superficiales y de subsuelo
- Zanja de irrigación de predio, barrera vegetativa como filtro
- Superficie campo, zanja de drenaje, zanja o dique de drenaje de las aguas superficiales del predio
- Sub-drenaje
- Control del nivel freático
- Drenajes controlados
- Prácticas de prevención de flujo en retroceso

Incentivos financieros. Los incentivos financieros deben ser un componente del plan de manejo agrícola. Las subvenciones y programas de gobierno podrían ser dirigidas a los agricultores para la implementación de las BMP. Por ejemplo, las agencias de gobierno pueden aplicar los programas de reciclaje de estiércol, por medio de la compra de abono

proveniente de las granjas de ganadería y el almacenamiento del estiércol adecuadamente hasta que puedan ser donados como fertilizante. Otras medidas para compartir los costos deben ser ofrecidas para incentivar la implementación de BMP.

6.2.2 Plan de Manejo: Áreas Urbanas

El desarrollo de los terrenos y las actividades de construcción suelen incluir la limpieza y eliminación de vegetación, nivelación de la superficie terrestre, excavación del terreno, remoción del suelo, la construcción de estructuras impermeables hechas por el hombre utilizando los materiales de construcción, la instalación de servicios públicos, la construcción de sistemas sépticos o de alcantarillado sanitario, construcción de carreteras y jardinería. Estas actividades, también afectan la calidad del agua como resultado de la eliminación de la vegetación protectora, las aguas de escorrentía provenientes de areas desprovistas de cobertura vegetal y áreas de céspedes , derrames de pintura u otros compuestos químicos asociados a la construcción, levantamiento de material particulado y polvo de los materiales de construcción, y los fertilizantes y plaguicidas utilizados en el diseño de los paisajes y jardinería.

Los usos existentes del suelo urbano contribuyen a la carga de contaminantes de las fuentes dispersas provenientes de diversas fuentes y actividades, incluyendo el aumento del flujo y lavado de contaminantes acumulados procedentes de las superficies impermeables, de la erosión proveniente de las terrenos altos y las zanjas formadas sobre el terreno, desperdicios de mascotas, desbordamientos de los sistemas de alcantarillado sanitario y combinados y fallas en los sistemas sépticos.

6.2.2.1 Implementación: Áreas Urbanas

Para lograr reducciones realistas en la carga y concentraciones de las bacterias de coliformes fecales en la cuenca, se provee el siguiente marco general:

1. Un programa debe ser desarrollado para evaluar los efectos de las cargas reguladas y las que no lo están (MS4) de las zonas urbanas.
2. Usar datos de SIG sobre uso del terreno, localizar e identificar las fuentes más significativas en las áreas de uso de terreno con el potencial mayor de carga.
3. Desarrollar un conjunto de recursos de educación, técnicos y financieros para atender los asuntos más significativos incluyendo los siguientes::
    - Elaborar un calendario para la implementación de ordenanzas, proyectos piloto, proyectos de demostración y seguimiento de los resultados
    - Reevaluar el itinerario de implementación como consecuencia de los resultados del monitoreo y por consiguiente revisar el programa.
    - Implementar acciones sobre fuentes de menor prioridad mientras fuentes de mayor prioridad son completadas, evaluadas, y comienzan a entrar en cumplimiento.

6.2.2.2 BMPs Recomendados: Áreas Urbanas

Los BMPs para los usos de los terrenos urbanos están diseñados para reducir los efectos de estas fuentes sobre las aguas superficiales. Después de la implementación de las BMP, su efectividad debería evaluarse en relación con los WLAs (MS4) prescritos, y las condiciones de permiso futuras se establecerán con el objetivo del cumplimiento de las

normas de calidad de agua. Las medidas típicas en las obras de construcción incluyen: trampas y embalses de sedimentación, cercas de sedimentación; ; control de la erosión por efectos del viento y controles de sedimentos, químicos y nutrientes. Aunque estas BMP tienen como objetivo los sedimentos, las bacterias también son un objetivo inherente porque las mismas están asociadas con los sedimentos. Debido a que la urbanización está en curso, es de utilidad considerar que los BMPs manejen las UAS existente, así como el crecimiento futuro. Por lo tanto, las BMPs para los usos de l terreno urbano debe ser considerado en tres fases de desarrollo: Pre-construcción (o de Planificación), la construcción, y posterior a la construcción.

La educación centrada en los habitantes de las áreas urbanas, los negocios, y los encargados de adoptar decisiones son esenciales para el éxito de las BMP. Al igual que con las BMPs agrícolas, la educación pública y las actividades de divulgación se pueden realizar de diversas formas, dependiendo del público o de la audiencia receptora.

- Los encargados de adoptar decisiones y los residentes necesitan información general sobre los efectos de la contaminación de las fuentes dispersas, y como las fuentes dispersas de contaminación afecta al medio ambiente, las formas de control de contaminación de éstas y cómo los efectos adversos de la contaminación de las fuentes dispersas afectan la economía y la estética de la región.
- Las empresas y los usuarios comerciales necesitan información detallada y centrada sobre cómo seleccionar y aplicar adecuadas BMPs no estructurales y estructurales, el funcionamiento y mantenimiento estructural de las BMP, el manejo adecuadamente de los terrenos, y desarrollar e implementar los planes para el control de sedimentos.
- Los programas educativos deben adaptarse a las necesidades específicas de la comunidad y el nivel de educación de la audiencia receptora.

Una estrategia eficaz para la educación pública y la divulgación relacionada con las fuentes dispersas de contaminación urbana debe incluir lo siguiente:

- Desarrollo de una comisión o mecanismo similar para coordinar la política educativa para la región
- Programas de educación comunitaria
- Demostraciones sobre el terreno y el seguimiento de las visitas
- Grupos de trabajo (workshop) escolares y talleres comunitarios
- Divulgación y programas de educación continua, incluyendo cursos para usuarios comerciales, industriales y residenciales.
- Uso de los medios de comunicación (televisión, radio, videos y otros)
- Requerir un currículo escolar de educación ambiental
- Desarrollar materiales de divulgación, tales como hojas informativas, opúsculos, documentos de orientación, y cursos para los encargados de adoptar decisiones, residentes, empresas y para el público en general
- Educar a los líderes políticos y a los que desarrollan e implementan la política pública en la cuenca.
- Designar a una agencia u organismo responsable u organismo coordinador
- Incentivos económicos para la ejecución de programas de educación

Para lograr el éxito de la aplicación de las BMP por parte de los ciudadanos depende de que se les demuestre que la adopción de estas prácticas les puede ahorrar dinero, recursos y tiempo. Los programas de educación y programas de divulgación se pueden centrar en el trabajo en conjunto con los ciudadanos y otros para implementar las siguientes BMP.

Pre-Construcción (Planificación) Fase:

Desarrollar un plan de respuesta a derrames que describa claramente los procedimientos a seguir si se produce un derrame accidental durante la construcción (por ejemplo, daño en la línea de alcantarillado sanitario).

Plan de carreteras de acceso para reducir cruces sobre caudales y así reducir al mínimo la cantidad de sedimentos que arrastran los contaminantes asociados a los afluentes.

Fase de construcción:

Localizar en el área del proyecto las fuentes de contaminación lejos de los cursos de drenaje para evitar que los contaminantes sean lavados y arrastrados hacia los ríos y quebradas y durante eventos de lluvia.

Instalar embalses de sedimentación para recoger la escorrentía de aguas de lluvia provenientes de actividades de construcción.

Instalar pacas que requieren anclado sobre todo en pendientes de más de 5 por ciento y en las que se concentran las zonas de flujo, tales como las vías navegables y los canales de desviación). Ejemplos de "mulch" incluye esteras, abonos químicos y abonos orgánicos (paja, virutas de madera, tallos de maíz triturados.

Barreras de sedimentos (pacas de heno, mallas para retener sedimentos) Estas son instaladas a lo largo del contorno de la pendiente (en la misma elevación) terminando en la falda de la pendiente para capturar exitosamente la escorrentía.

Minimizar la alteración del suelo En proyectos de construcción en zonas con pendientes escarpadas y próximas a las aguas superficiales es necesario reducir la cantidad de accesos y suelos expuestos.

Construir una plataforma a la entrada de las obras de construcción.

Lavado de vehículos mantiene los sedimentos en el área de la construcción.

Fase posterior a la construcción:

Filtro de franjas de vegetación son áreas del terreno con vegetación natural o para recibir el escurrimiento del flujo laminal de la escorrentía proveniente del desarrollo

gradiente arriba.. La función principal de las bandas es eliminar contaminantes de la corriente antes de que lleguen a las aguas superficiales.

Cienegas con césped son zanjas construidas por el hombre, poco profundas y con vegetación diseñadas para que la parte inferior esté sobre el nivel freático para permitir la inflitración de la escorrentía en el terreno.

Vías verdes (canales poco profundos anchos revestidos con césped) a menudo se utilizan como puntos de salida de las aguas de escorrentía provenientes de la terrazas. .

Charcas de detención prolongada son estructuras que están diseñadas para mantener temporalmente agua de lluvia hasta un máximo de 24 horas, período suficientemente largo para permitir el asentamiento de partículas. Estascharcas están normalmente seco entre tormentas, pero puede tener un pantano bajo en la zona de detención.

Charcas húmedas están diseñadas para tener una piscina de agua permanente con capacidad adicional para retener agua de lluvia. La piscina evita la resuspensión de los sedimentos de eventos de lluvias anteriores en la charca . Las charcas húmedas pueden alcanzar un alto grado de eliminación de contaminantes y la reducción de picos de descarga pluvial.

Humedales construidos son sistemas que han sido diseñados para reproducir algunas de las funciones beneficiosas de los humedales naturales para tratar y contener la escorrentía pluvial y reducir los contaminantes del flujo máximo. Los humedales artificiales son sistemas complejos y requieren una cuidadosa planificación si se quiere que funcione correctamente.

Prácticas de infiltración incluyendo las charcas y trincheras se han diseñado para permitir que se recojan y penetren las aguas de lluvia hacia el subsuelo. Por la infiltración de la escorrentía, los contaminantes se mantendrán en el suelo. Sin embargo, un grave inconveniente en cuanto a las prácticas de infiltración es el alto requisito de mantenimiento.

6.2.3 Plan de Manejo: Sistemas Sépticos

Los sistemas sépticos eliminan eficazmente las bacterias de coliformes fecales cuando están instaladas y mantenidas según las bacterias de coliformes fecales naturalmente mueren, mientras que el efluente se filtra a través del suelo a las aguas subterráneas. Estos sistemas fallan cuando hay una descarga de desperdicios sobre la superficie del terreno, el cual está expuesto a ser arrastrado y transportado hacia las aguas superficiales.

Los sistemas sépticos con fallas pueden transportar hacia los cuerpos de agua superficiales altas cargas de bacterias, dependiendo de la proximidad de la descarga al cuerpo de agua y el tiempo de duración del evento de lluvia. Los fallos en el sistema séptico suelen ocurrir en los sistemas más antiguos que no han tenido un mantenimiento adecuado o un vaciado periódico de los mismos.

6.2.3.1 Implementación: Sistemas Sépticos

Estrategias para el manejo de sistemas sépticos incluyen:

- Programas de inspecciones y pruebas para identificar sistemas sépticos con falla;
- La educación sobre el mantenimiento adecuado de los sistemas sépticos;
- Estímulos para hacer las reparaciones necesarias en el sistema, y
- Estudios para evaluar de alternativas.

Las fallas de los sistemas sépticos a menudo no evidentes, y la identificación de los sistemas sépticos deben representar una parte significativa de la implementación de un plan. Según los sistemas con fallos sean identificados, la reparación o sistemas alternos pueden ser estimulados e incorporados.

La educación pública en relación con el uso adecuado y mantenimiento de sistemas sépticos, también es importante en el proceso de aplicación. Un número significativo de pozos sépticos con fallas pueden prevenirse si se realiza un mantenimiento adecuado de los mismos. Por lo tanto, un componente de servicio público debe ser empleado, de manera que se mantenga a la ciudadanía orientada.

Los estudios de alternativas sépticas pueden proporcionar suficiente información para ayudar en la evaluación de alternativas a los sistemas sépticos. Los estudios de conveniencia para la selección de sistemas sépticos adecuados (letrinas vs tanques sépticos o fosas de infiltración) pueden ser desarrollados a base del tipo de suelo y otras características físicas que puedan proporcionar los criterios de selección.

6.2.3.2 BMPs Recomendados: Sistemas Sépticos

Si, es necesario controles de reducción de sistemas sépticos adicionales, más allá de los descritos anteriormente, se recomienda que se realicen estudios para evaluar la reducción de coliformes fecales como consecuencia de la propuesta de alternativas de los sistemas sépticos. La Junta de Calidad Ambiental (JCA) en consulta con las agencias pertinentes determinará la necesidad de implementar tratamientos adicionales, tales como tratamiento agrupado y / o actualizaciones en el sitio, o alcantarillado con el tratamiento centralizado y su descarga fuera de las cuencas hidrográficas son necesarias para alcanzar dichos TMDLs.

La eficacia de los BMP eliminando contaminantes de los sistemas sépticos depende en gran medida de las características específicas del sitio que determinan el diseño y la colocación de estas en el predio. Por lo tanto, las recomendaciones para las BMP debe hacerse sobre una base de caso por caso, o agrupadas en función del tipo de manejo.

6.2.4 Efectividad de Medidas Propuestas para el Manejo de Cuenca

La eficacia potencial de la propuesta de medidas de manejo dependerá en gran medida del éxito de la implementación en toda la cuenca, así como la eficacia de las prácticas individuales. La cantidad de las investigaciones realizadas sobre la eficacia de las BMP

en la reducción de transporte de contaminantes hacia las aguas receptoras ha aumentado de forma constante en los últimos años.

Sin embargo, el uso de los terrenos basado en la eficiencia de las BMP para eliminar contaminantes depende en gran medida de las características específicas del sitio que determinan el diseño y la localización de éstas. Los datos de eficiencia a base de la implementación de BPM locales deben ser revisados en lugar de los valores de la literatura o los datos de eficiencia regionales para orientar el proceso de implementación.. A base de estimaciones precisas de eliminación de contaminantes, una estrategia para la realización de los TMDL puede ser desarrollada, aplicada y verificada por monitoreos o seguimientos en el futuro

El monitoreo futuro recomendado incluyen las estaciones calibradas (véase la Figura 3-1), y en el punto de descarga de cada unidad de evaluación (ver Figura 5-3). El monitoreo en la estación de calibración proporcionará un registro continuo de flujo que proporcione los datos históricos y actualización durante el proceso de implementación del TMDL. El monitoreo realizado a la unidad de evaluación proporcionará estimados de la implementación.

Aunque idealmente todas las subcuencas deben ser monitoreadas en sus puntos de descarga, la escasez de recursos puede limitar el establecimiento de muestreos durante un año en cada una de las estaciones de muestreo recomendados. Si los recursos no están disponibles, se sugiere que el año de recopilación de datos debería centrarse en las estaciones listadas en la Tabla 6-1 y presentes en la Figura 6-1. La información detallada para estas estaciones se incluye en la Tabla 6-2. Un resumen de los datos actuales disponibles de bacterias de coliformes fecales para las estaciones recomendadas (para días después de 1/1/1980) están incluídas en laTabla 6-3.

Las estaciones recomendadas fueron seleccionadas en base a su localización y la disponibilidad de los datos a largo plazo. Es recomendable que monitoreo futuro se enfoque en las condiciones del tiempo (época seca vs época mojada) y régimen de flujo (flujo bajo, flujo alto y frujo promedio).

El flujo en los ríos y quebradas deberían ser medidos simultáneamente y la condición meteorológica deberá ser anotada. El itinerario actual de muestreo para estas estaciones es tres veces al año, por lo que un aumento en la frecuencia del muestreo es recomendado. Las muestras de coliformes fecales serán colectadas por personal debidamente adiestrado y analizadas por un laboratorio certificado. El método de análisis deberá ser el siguiente: método M-FC MF (0.7 micron), agua, colonias por 100 mililitros.

Tabla 6-1. Estaciones de monitoría recomendadas para el enfoque de esfuerzos en la cuenca del Río Culebrinas

Agency	Site No.	Station name	Municipality
USGS	50147050	RÍO CULEBRINAS AT COLINAS VERDES, PR	San Sebastian
USGS	50147600	RÍO CULEBRINAS NR SAN SEBASTIAN, PR	San Sebastian
USGS	50149100	RÍO CULEBRINAS NR AGUADA, PR	Aguadilla

Tabla 6-2. Detalles de las estaciones de monitoría recomendadas para el enfoque de esfuerzos en la cuenca del río Culebrinas

Agency	Site no	Latitude	Longitude	Elevation , ft	Drainage area, mi^2
USGS	50147050	18.33317225	-67.00101169	164.0	16.8
USGS	50147600	18.34550467	-67.04406799	65.6	58.2
USGS	50149100	18.39883520	-67.16073620	13.1	97.0

Tabla 6-3. Resumen de datos de monitoría (comenzando en 1980) en las estaciones recomendadas

Site No.	Count	Min date	Max date	Min conc. c/100ml	Ave conc. c/100ml	Max conc. c/100ml
50147050	2	3/6/2007	8/30/2007	5,700	18,850	32,000
50147600	76	1/29/1980	3/17/2009	6	64,007	3,800,000
50149100	74	1/17/1980	3/18/2009	40	31,128	650,000

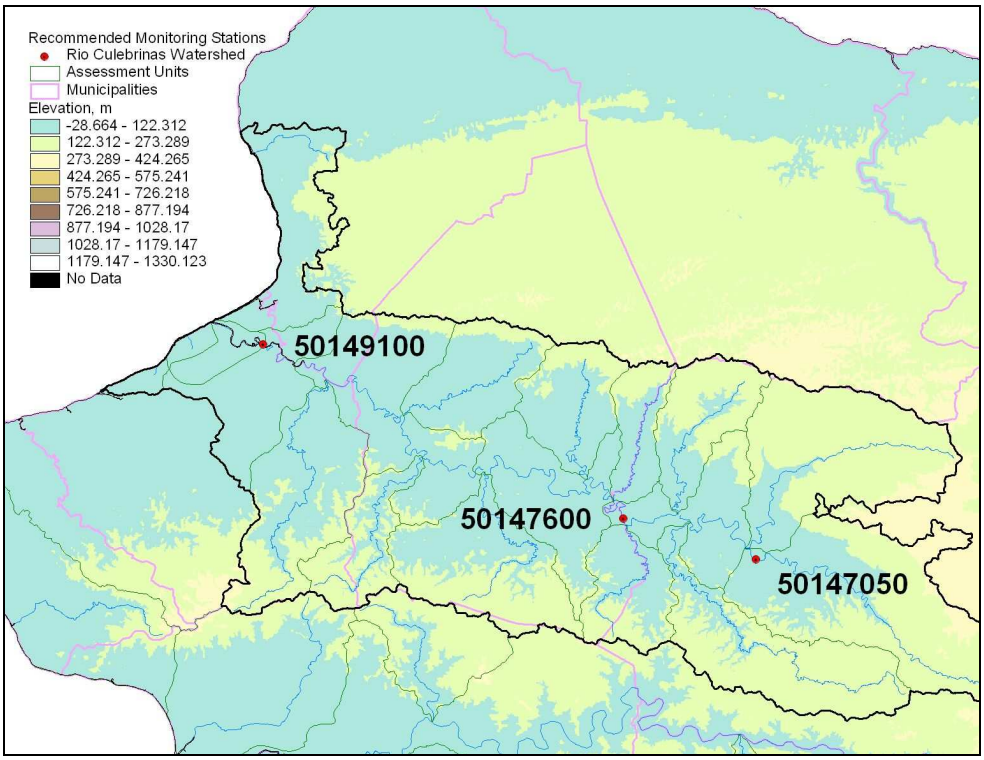

Figura 6-1. Estaciones de monitoría recomendadas para el enfoque de esfuerzos en la cuenca del Río Culebrinas

7 REFERENCIAS

Bicknell, B.R., J.C. Imhoff, J.L. Kittle, Jr., A.S. Donigian, Jr., and R.C. Johanson. 1996. Hydrological Simulation Program - FORTRAN. User's Manual for Release 11. U.S. EPA Environmental Research Laboratory, Athens, GA, in cooperation with U.S. Geological Survey, Office of Surface Water, Reston, VA.

Chapra, S. 1997. *Surface Water-Quality Modeling*. McGraw-Hill Companies, Inc., New York, NY.

Crawford, N.H., and R.K Linsley. 1966. *Digital simulation in hydrology: Stanford Watershed Model IV*. Technical Report No. 39. Stanford University, Palo Alto, CA.

Hamon, W.R. 1961. Estimating Potential Evapotranspiration. *J Hydraul Div Proc Am Soc Civil Eng* 87:107–120.

Horsley and Witten. 1996. *Identification and evaluation of nutrient and bacterial loadings to Maquoit Bay, New Frunswick and Freeport, Maine*.

Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. 3rd ed. Revised by G. Tchobanoglous and F.L. Burton. McGraw-Hill, Inc., Singapore.

Rosgen, D., and H.L. Silvey. 1996. *Applied River Morphology*. Wildland Hydrology, Pagosa Springs, CO.

USDA (U.S. Department of Agriculture). 1986. *Urban Hydrology for Small Watershed*. Technical Release 55. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, DC.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1991. *Guidance for Water Quality-based Decisions: The TMDL Process*. EPA 440/-4-91-001. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2002. *Onsite Wastewater Treatment Systems Manual*. EPA-625-R-00-008. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

VIDPNR (Virgin Islands Department of Planning and Natural Resources), 2004. *Dissolved Oxygen TMDL for Salt River Bay, St. Croix*. Public Draft.

APÉNDICE A: TIPO DE SISTEMA SANITARIO

	Viviendas, Censs 1990			Porciento		
Municipio	**Alcantarillado**	**Sistema Septico**	**Otros**	**Alcantarillado**	**Sistema Septico**	**Otros**
Aguada	3,223	7,722	908	27%	65%	8%
Aguadilla	10,592	9,359	810	51%	45%	4%
Lares	2,911	5,642	771	31%	61%	8%
Moca	2,667	7,030	757	26%	67%	7%
San Sebastian	4,385	8,317	834	32%	61%	6%

APÉNDICE B: MODELO DE PRISMA DE MAREA

The tidal prism model assumes that a single control volume can represent a waterbody and that the pollutant is well-mixed in the waterbody system.

The mass balance of water can be written as follows (Guo and Lordi 2000):

$$\frac{dV}{dT} = (Q_0 - Q_b + Q_f) \quad (1)$$

where

Q_0 is the quantity of water that enters the embayment on the flood tide through the ocean boundary (m^3 per tidal cycle)
Q_b is the quantity of mixed water that leaves the bay on the ebb tide that did not enter the bay on the previous flood tide (m^3 per tidal cycle)
Q_f is total freshwater input (m^3 per tidal cycle)
V is the volume of the bay (m^3)
T is the dominant tidal period (hours)

It is further assumed that Q_0 is the pure ocean water that did not flow out of the embayment on the previous ebb tide and that Q_b is the embayment water that did not enter into the system on the previous flood tide. The mass balance for the fecal coliform bacteria can then be written as follows:

$$V\frac{dC}{dT} = Q_0C_0 - Q_bC + L_f - kVC \quad (2)$$

where

L_f ($Q_f . C_f$) is the loading from upstream in the tidal cycle
k is the fecal coliform bacteria decay rate (or a damped parameter for the net loss of fecal coliform bacteria)
C is fecal coliform bacteria concentration in the embayment
C_0 is the fecal coliform bacteria concentration from outside the embayment

In a steady-state condition, the mass balance equations for the water can be written as follows:

$$Q_b = Q_0 + Q_f \quad (3)$$

A numerical solution for equation (2) can be developed for the fecal coliform bacteria concentration to simulate a time-variable result by substituting finite difference approximations for the derivatives. The fecal coliform bacteria concentration in the embayment can be calculated from equation (2) as follows:

$$Q_0C_0 - Q_bC^{i+1} + Q_fC_f - kVC^{i+1} = V\frac{C^{i+1} - C^i}{\Delta t} \quad (4)$$

$$C^{i+1} = \frac{[\Delta t/V\,(Q_0C_0 + L_f) + C_i]}{[1 + \Delta t/V\,(Q_b + kV)]} \quad (5)$$

The daily load can be estimated on the basis of the dominant tidal period in the area. The dominant tidal period was assumed to be approximately 12 hours. If fecal coliform bacteria concentration is in MPN/100 ml, the daily load (counts day^{-1}) can be estimated as follows:

$$Load = Load_T \times \frac{24}{12} \times 10000 \quad (6)$$

Because Q_0 (the quantity of water that enters the embayment on the flood tide through the ocean boundary) is unknown, it was determined indirectly.

Usually Q_0 is not known, and the only known quantity at the ocean boundary is the tidal range of the tidal embayment. A tidal range time series was computed for the dominant tidal period using observed hourly data from the San Juan, PR, station (NOAA/NOS # 9755371). From that, Q_T (the total ocean water entering the bay on the flood tide) can be calculated. Q_T can then be used to calculate Q_0 (the volume of new ocean water entering the embayment on the flood tide) by using the ocean tidal exchange ratio β:

$$Q_0 = \beta \cdot Q_T \quad (7)$$

where β is the exchange ratio, and Q_T is the total ocean water entering the bay on the flood tide. The numerical value of β is usually smaller than 1, and it represents the fraction of new ocean water entering the embayment.

In general, the exchange ratio values range from 0.3 to 0.7 (VDEQ 2005; Kuo et al. 1998; Shen et al. 2002). A value of 0.8 was used for the exchange ratio in the Río Culebrinas system. Once Q_0 is known, Q_b can be calculated from equation (3).

References

Kuo, A., A. Butt, S. Kim, and J. Ling. 1998. *Application of a tidal prism water quality model to Virginia Small Coastal Basins*. SRAMSOE No. 348.

Shen, J., H. Wang, and M. Sisson. 2002. *Application of an integrated watershed and tidal prism model to the Poquoson Coastal Embayment*. Virginia Institute of Marine Science Special Report 380. Prepared for the Virginia Department of Environmental Quality, Gloucester Point, VA.

Virginia Department of Environmental Quality (VDEQ) (2005). *Urbanna Creek Total Maximum Daily Load (TMDL) Report for Shellfish Condemnation Areas Listed Due to Bacteria Contamination.*

APÉNDICE C: ARCHIVO LSPC CALIBRADO

```
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c LSPC -- Loading Simulation Program, C++
c Version 4.01 - Feb 22, 2007
c
c Designed and maintained by:
c   Tetra Tech, Inc.
c   10306 Eaton Place, Suite 340
c   Fairfax, VA 22030
c   (703) 385-6000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c LSPC MODEL INPUT FILE
c This input file was created at 11:32:48am on 02/06/2009
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c0  general control
c
c  snowfg  if = 1 run snow module
c  pwatfg  if = 1 run pwater
c  sedfg  if = 1 run sediment
c  pqalfg  if = 1 run general quality
c  tempfg  if = 1 run temperature module
c  oxfg   if = 1 run DO-BOD module
c  nutfg  if = 1 run nutrients module
c  plkfg  if = 1 run plank module
c  phfg   if = 1 run pH-CO2 module
c  mstlfg  if = 1 run mstlay module
c  pestfg  if = 1 run pest module
c  nitrfg  if = 1 run nitr module
c  phosfg  if = 1 run phos module
c  tracfg  if = 1 run tracer module
c  mdasfg  if = 1 run mdas module
c  basefg  if = 0 run tmdl (reduction) mode
c      if = 1 run baseline mode
c  calibfg if = 1 run calibration mode
c
c                snowfg          pwatfg          sedfg           pqalfg          tempfg          oxfg            nutfg           plkfg           phfg            mstlfg          pestfg  nitrfg
phosfg  tracfg  mdasfg  basefg  calibfg
                 0               1               0               1               0               0               0               0               0               0               0
                 0               0               0               0               0               1
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c20 weather station name and path (file path specified in card 30)
c
c  wstnum   weather station id
c  filename  weather station file name
c  wst_desc  weather station name (notation)
c
c                wstnum   filename   wst_desc
                 1                PR2801.air      COLOSO
                 2                PR8881.air      SAN SEBASTIÁN 2 WNW
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c30              output file path   input (weather) file path (each must be a continuous string)
                 D:\PR_Culebrinas_2009\LSPC\output\        D:\PR_Culebrinas_2009\LSPC\weather\
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c35              point source file path   point source file name (each must be a continuous string)
                 D:\PR_Culebrinas_2009\LSPC\               LSPC_PR_Fecal_Culebrinas.mdb
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c40              general watershed controls
c
c  nsubbasin  number of subcuenca
c  nrchid   number of stream channels (corresponds with number of subcuenca)
c  nrgid    number of stream groups to assign parameters
c  ndefid   number of land groups to assign parameters
c  ndeluid   maximum number of land use
c
c                nsws  nrch  nrgroup  nlgroup  nlandp
                 19              19              1               1               10
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c45 general output controls
c
c  Standard  Output standard model parameters
c  Snow   Output snow related parameters
c  Hydrology   Output hydrology related parameters
c  Sediment  Output sediment related parameters
c  GQUAL                   Output general water quality related parameters
c  AGCHEM                  Output agricultural water quality related parameters
c  RQUAL                   Output biochemical water quality related parameters
c  Custom   Output user specified parameters
c  Landuse   Output landuse summary
c                                                          if = 0 no output
c                                                          if = 1 average annual output
c                                                          if = 2 yearly output
c                                                          if = 3 monthly output
c  Stream   Output stream summary
c                                                          if = 0 no output
c                                                          if = 1 average annual output
c                                                          if = 2 yearly output
c                                                          if = 3 monthly output
c  Threshold  Output threshold analysis summary
c                                                          if = 0 no output
c                                                          if = 1 average monthly output
c
c                Standard Snow Hydrology Sediment GQUAL  AGCHEM  RQUAL Custom Landuse Stream Threshold
                 0               0               0               0               0               0               0               1               1               1               1
```

```
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c46 user specified output parameter list
c
c  PRECP  AIRTMP SNOTMP SNOWF  RAINF  PRAIN  MELT  SNOWE WYIELD PACK  PACKF  PACKW  PACKI  PDEPTH COVINDX  NEGHTS XLNMELT
RDENPKF  SKYCLEAR  SNOCOV DULLNESS  ALBEDO  PAKTEMP  DEWTMP SURS  UZS  LZS  AGWS  SURO  IFWO AGWO  PERO  TAET  PERC  INFIL  GWI
IGWI  AGWI  DEP  AVDEP  HRAD  AVVEL  SAREA  VOLUME  RO TAU  WSSD  SCRSD  SOSED SOBER  SSEDC LSSED  LRSED LBEDDEP LDEPSCR  LROSED
SQO  WASHQS SCRQS  SOQO  POQUAL SOQUAL IOQUAL  GOQUAL POQC CONC CONCOUT MATSQAL MATIN  MATOUT  MATOSQAL  DOX  DOXMIN
DOXMAX  DOXAV  DOXX  BOD  BODX  NO3  NO3X  TAM  TAMX  NO2  NO2X  PO4  PO4X  SNH4  SNH4X  SPO4  SPO4X  PHYTO  PHYTOX  PHYCLA  BENAL
ORN  ORNX  ORP  ORPX  ORC  ORCX  PH  ALK  TIC  TICX  CO2  CO2X  TEMP  MDASNH4  MDASNO3  MDASSO4  MDASDFe  MDASTFe  MDASDAl  MDASTAl
MDASpH  MDASACID  MDASALK  MDASOrgN  MDASH2O  MDASH  MDASCa  MDASCO3  MDASOrg  MDASNO2
        0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        1       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        1       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        0       0       0       0       0       0       0       0       0       0       0
        0       0       0
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c50 model simulation time period
c
c  mstart  model start day.
c  mend   model end day.
c  delt   time step in minutes.
c  mostart model output start day.
c  moend  model output end day.
c  optlevel if = 1 general output (daily)
c      if = 2 output per time interval (min)
c
c       mstart  mend  delt      mostart  moend  optlevel
        1/1/1996        12/31/2000      60      1/1/1998        12/31/2000      1
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c60 group information
c
c  subbasin subbasin id
c  defid   group parameter id
c  nwst   number of weather stations assigned to the watershed (<=5)
c  for i = 1 up to 5
c   wsti = station id
c   wti = weighting to calculate input
c
c       subbasin  defid  nwst wst1  wt1  wst2  wt2  wst3  wt3  wst4  wt4  wst5  wt5
        401     1       1       1       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        402     1       1       1       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        403     1       1       1       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        404     1       1       2       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        405     1       1       2       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        406     1       1       2       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        407     1       1       2       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        408     1       1       2       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        409     1       1       2       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        410     1       1       2       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        411     1       1       2       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        412     1       1       2       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        413     1       1       2       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        414     1       1       1       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        415     1       1       1       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        416     1       1       1       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        417     1       1       1       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        418     1       1       1       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
        419     1       1       1       1.000000        0       0.000000        0       0.000000        0       0.000000
        0       0.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c70 modeled land use names
c
c  deluid   landuse id
c  deluname  landuse name
c
c       deluid  deluname
        0       Water
        1       Forest
```

```
            2           Agriculture
            3           Pasture
            4           Wetland
            5           Barren
            6           Urban_HighD_Per
            7           Urban_LowD_Per
            8           Urban_HighD_Imp
            9           Urban_LowD_Imp
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c80 land use to stream routing
c
c  defid    landuse default group id
c  deluid   land use id
c  route_suro fraction of surface runoff that routes to the stream (0-1)
c  route_ifwo fraction of interflow outflow that routes to the stream (0-1)
c  route_agwo fraction of groundwater outflow that routes to the stream (0-1)
c
c  Note: The remaining fraction is routed directly to the next downstream reach segment(s)
c
c defid deluid route_suro route_ifwo route_agwo
            1           0           1.000000    1.000000    1.000000
            1           1           1.000000    1.000000    1.000000
            1           2           1.000000    1.000000    1.000000
            1           3           1.000000    1.000000    1.000000
            1           4           1.000000    1.000000    1.000000
            1           5           1.000000    1.000000    1.000000
            1           6           1.000000    1.000000    1.000000
            1           7           1.000000    1.000000    1.000000
            1           8           1.000000    1.000000    1.000000
            1           9           1.000000    1.000000    1.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c90 land use information
c
c  subbasin  subbasin id
c  deluid   land use id
c  deluname  land use name
c  perimp   1 imperivous land (subsurface processes disabled)
c        2 pervious land (subsurface processes activated)
c  area_ac  area (acres)
c  slsur   slope of overland flow plane (none)
c  lsur    length of overland flow plane (feet)
c
c subbasin deluid deluname perimp area_ac slsur lsur
            401         0           Water       1           20.431000   0.071455    212.189681
            401         1           Forest      2           144.128000  0.071455    212.189681
            401         2           Agriculture 2           0.000000    0.071455    212.189681
            401         3           Pasture     2           477.466000  0.071455    212.189681
            401         4           Wetland     2           104.377000  0.071455    212.189681
            401         5           Barren      2           13.102000   0.071455    212.189681
            401         6           Urban_HighD_Per         2           18.321500   0.071455    212.189681
            401         7           Urban_LowD_Per          2           33.645000   0.071455    212.189681
            401         8           Urban_HighD_Imp         1           18.321500   0.071455    212.189681
            401         9           Urban_LowD_Imp          1           11.215000   0.071455    212.189681
            402         0           Water       1           35.587000   0.083696    211.851475
            402         1           Forest      2           336.293000  0.083696    211.851475
            402         2           Agriculture 2           5.116000    0.083696    211.851475
            402         3           Pasture     2           2063.804000 0.083696    211.851475
            402         4           Wetland     2           0.000000    0.083696    211.851475
            402         5           Barren      2           29.804000   0.083696    211.851475
            402         6           Urban_HighD_Per         2           66.057500   0.083696    211.851475
            402         7           Urban_LowD_Per          2           514.950000  0.083696    211.851475
            402         8           Urban_HighD_Imp         1           66.057500   0.083696    211.851475
            402         9           Urban_LowD_Imp          1           171.650000  0.083696    211.851475
            403         0           Water       1           69.164000   0.166499    229.883468
            403         1           Forest      2           1737.109000 0.166499    229.883468
            403         2           Agriculture 2           49.594000   0.166499    229.883468
            403         3           Pasture     2           2531.940000 0.166499    229.883468
            403         4           Wetland     2           0.000000    0.166499    229.883468
            403         5           Barren      2           18.459000   0.166499    229.883468
            403         6           Urban_HighD_Per         2           62.714500   0.166499    229.883468
            403         7           Urban_LowD_Per          2           770.757000  0.166499    229.883468
            403         8           Urban_HighD_Imp         1           62.714500   0.166499    229.883468
            403         9           Urban_LowD_Imp          1           256.919000  0.166499    229.883468
            404         0           Water       1           65.136000   0.189567    252.888974
            404         1           Forest      2           1230.479000 0.189567    252.888974
            404         2           Agriculture 2           48.241000   0.189567    252.888974
            404         3           Pasture     2           1898.961000 0.189567    252.888974
            404         4           Wetland     2           0.000000    0.189567    252.888974
            404         5           Barren      2           0.889000    0.189567    252.888974
            404         6           Urban_HighD_Per         2           1.000500    0.189567    252.888974
            404         7           Urban_LowD_Per          2           465.014250  0.189567    252.888974
            404         8           Urban_HighD_Imp         1           1.000500    0.189567    252.888974
            404         9           Urban_LowD_Imp          1           155.004750  0.189567    252.888974
            405         0           Water       1           47.611000   0.136521    239.248423
            405         1           Forest      2           775.569000  0.136521    239.248423
            405         2           Agriculture 2           30.035000   0.136521    239.248423
            405         3           Pasture     2           1575.387000 0.136521    239.248423
            405         4           Wetland     2           0.000000    0.136521    239.248423
            405         5           Barren      2           0.445000    0.136521    239.248423
            405         6           Urban_HighD_Per         2           3.893500    0.136521    239.248423
            405         7           Urban_LowD_Per          2           413.647500  0.136521    239.248423
            405         8           Urban_HighD_Imp         1           3.893500    0.136521    239.248423
            405         9           Urban_LowD_Imp          1           137.882500  0.136521    239.248423
```

406	0	Water	1	3.336000	0.203212	255.255471	
406	1	Forest	2	6262.556000	0.203212	255.255471	
406	2	Agriculture	2	472.633000	0.203212	255.255471	
406	3	Pasture	2	2978.145000	0.203212	255.255471	
406	4	Wetland	2	0.000000	0.203212	255.255471	
406	5	Barren	2	4.448000	0.203212	255.255471	
406	6	Urban_HighD_Per	2	63.833500	0.203212	255.255471	
406	7	Urban_LowD_Per	2	1142.994000	0.203212	255.255471	
406	8	Urban_HighD_Imp	1	63.833500	0.203212	255.255471	
406	9	Urban_LowD_Imp	1	380.998000	0.203212	255.255471	
407	0	Water	1	1.780000	0.143174	357.159054	
407	1	Forest	2	1173.326000	0.143174	357.159054	
407	2	Agriculture	2	7.342000	0.143174	357.159054	
407	3	Pasture	2	4472.391000	0.143174	357.159054	
407	4	Wetland	2	0.000000	0.143174	357.159054	
407	5	Barren	2	4.894000	0.143174	357.159054	
407	6	Urban_HighD_Per	2	43.827500	0.143174	357.159054	
407	7	Urban_LowD_Per	2	790.227000	0.143174	357.159054	
407	8	Urban_HighD_Imp	1	43.827500	0.143174	357.159054	
407	9	Urban_LowD_Imp	1	263.409000	0.143174	357.159054	
408	0	Water	1	1.334000	0.189907	184.466129	
408	1	Forest	2	2109.077000	0.189907	184.466129	
408	2	Agriculture	2	255.268000	0.189907	184.466129	
408	3	Pasture	2	2353.228000	0.189907	184.466129	
408	4	Wetland	2	0.000000	0.189907	184.466129	
408	5	Barren	2	1.112000	0.189907	184.466129	
408	6	Urban_HighD_Per	2	0.000000	0.189907	184.466129	
408	7	Urban_LowD_Per	2	440.938500	0.189907	184.466129	
408	8	Urban_HighD_Imp	1	0.000000	0.189907	184.466129	
408	9	Urban_LowD_Imp	1	146.979500	0.189907	184.466129	
409	0	Water	1	2.666000	0.163403	278.266810	
409	1	Forest	2	687.602000	0.163403	278.266810	
409	2	Agriculture	2	1.999000	0.163403	278.266810	
409	3	Pasture	2	1761.329000	0.163403	278.266810	
409	4	Wetland	2	0.000000	0.163403	278.266810	
409	5	Barren	2	1.555000	0.163403	278.266810	
409	6	Urban_HighD_Per	2	0.666500	0.163403	278.266810	
409	7	Urban_LowD_Per	2	287.760000	0.163403	278.266810	
409	8	Urban_HighD_Imp	1	0.666500	0.163403	278.266810	
409	9	Urban_LowD_Imp	1	95.920000	0.163403	278.266810	
410	0	Water	1	0.000000	0.212883	240.936732	
410	1	Forest	2	880.821000	0.212883	240.936732	
410	2	Agriculture	2	175.542000	0.212883	240.936732	
410	3	Pasture	2	1211.240000	0.212883	240.936732	
410	4	Wetland	2	0.000000	0.212883	240.936732	
410	5	Barren	2	0.000000	0.212883	240.936732	
410	6	Urban_HighD_Per	2	0.000000	0.212883	240.936732	
410	7	Urban_LowD_Per	2	209.650500	0.212883	240.936732	
410	8	Urban_HighD_Imp	1	0.000000	0.212883	240.936732	
410	9	Urban_LowD_Imp	1	69.883500	0.212883	240.936732	
411	0	Water	1	0.667000	0.169881	217.736372	
411	1	Forest	2	336.130000	0.169881	217.736372	
411	2	Agriculture	2	1.556000	0.169881	217.736372	
411	3	Pasture	2	1015.058000	0.169881	217.736372	
411	4	Wetland	2	0.000000	0.169881	217.736372	
411	5	Barren	2	0.445000	0.169881	217.736372	
411	6	Urban_HighD_Per	2	3.890500	0.169881	217.736372	
411	7	Urban_LowD_Per	2	293.780250	0.169881	217.736372	
411	8	Urban_HighD_Imp	1	3.890500	0.169881	217.736372	
411	9	Urban_LowD_Imp	1	97.926750	0.169881	217.736372	
412	0	Water	1	1.557000	0.237282	234.542177	
412	1	Forest	2	2435.031000	0.237282	234.542177	
412	2	Agriculture	2	339.570000	0.237282	234.542177	
412	3	Pasture	2	1681.395000	0.237282	234.542177	
412	4	Wetland	2	0.000000	0.237282	234.542177	
412	5	Barren	2	2.001000	0.237282	234.542177	
412	6	Urban_HighD_Per	2	0.111000	0.237282	234.542177	
412	7	Urban_LowD_Per	2	297.708000	0.237282	234.542177	
412	8	Urban_HighD_Imp	1	0.111000	0.237282	234.542177	
412	9	Urban_LowD_Imp	1	99.236000	0.237282	234.542177	
413	0	Water	1	1.559000	0.163751	234.652718	
413	1	Forest	2	474.455000	0.163751	234.652718	
413	2	Agriculture	2	1.113000	0.163751	234.652718	
413	3	Pasture	2	1826.128000	0.163751	234.652718	
413	4	Wetland	2	0.000000	0.163751	234.652718	
413	5	Barren	2	2.894000	0.163751	234.652718	
413	6	Urban_HighD_Per	2	2.671500	0.163751	234.652718	
413	7	Urban_LowD_Per	2	374.543250	0.163751	234.652718	
413	8	Urban_HighD_Imp	1	2.671500	0.163751	234.652718	
413	9	Urban_LowD_Imp	1	124.847750	0.163751	234.652718	
414	0	Water	1	0.668000	0.233961	241.625057	
414	1	Forest	2	1329.892000	0.233961	241.625057	
414	2	Agriculture	2	182.290000	0.233961	241.625057	
414	3	Pasture	2	570.240000	0.233961	241.625057	
414	4	Wetland	2	0.000000	0.233961	241.625057	
414	5	Barren	2	2.448000	0.233961	241.625057	
414	6	Urban_HighD_Per	2	0.000000	0.233961	241.625057	
414	7	Urban_LowD_Per	2	200.151750	0.233961	241.625057	
414	8	Urban_HighD_Imp	1	0.000000	0.233961	241.625057	
414	9	Urban_LowD_Imp	1	66.717250	0.233961	241.625057	
415	0	Water	1	0.000000	0.165441	294.585124	
415	1	Forest	2	770.479000	0.165441	294.585124	
415	2	Agriculture	2	4.889000	0.165441	294.585124	

```
415    3    Pasture        2    1593.406000  0.165441  294.585124
415    4    Wetland        2    0.000000     0.165441  294.585124
415    5    Barren         2    8.667000     0.165441  294.585124
415    6    Urban_HighD_Per     2    10.111500    0.165441  294.585124
415    7    Urban_LowD_Per      2    527.357250   0.165441  294.585124
415    8    Urban_HighD_Imp     1    10.111500    0.165441  294.585124
415    9    Urban_LowD_Imp      1    175.785750   0.165441  294.585124
416    0    Water          1    0.222000     0.255603  222.918030
416    1    Forest         2    2529.108000  0.255603  222.918030
416    2    Agriculture    2    109.642000   0.255603  222.918030
416    3    Pasture        2    1538.326000  0.255603  222.918030
416    4    Wetland        2    0.000000     0.255603  222.918030
416    5    Barren         2    9.341000     0.255603  222.918030
416    6    Urban_HighD_Per     2    12.565500    0.255603  222.918030
416    7    Urban_LowD_Per      2    726.573750   0.255603  222.918030
416    8    Urban_HighD_Imp     1    12.565500    0.255603  222.918030
416    9    Urban_LowD_Imp      1    242.191250   0.255603  222.918030
417    0    Water          1    59.803000    0.143947  350.000000
417    1    Forest         2    1420.811000  0.143947  350.000000
417    2    Agriculture    2    0.222000     0.143947  350.000000
417    3    Pasture        2    849.019000   0.143947  350.000000
417    4    Wetland        2    19.341000    0.143947  350.000000
417    5    Barren         2    120.272000   0.143947  350.000000
417    6    Urban_HighD_Per     2    292.121000   0.143947  350.000000
417    7    Urban_LowD_Per      2    530.886750   0.143947  350.000000
417    8    Urban_HighD_Imp     1    292.121000   0.143947  350.000000
417    9    Urban_LowD_Imp      1    176.962250   0.143947  350.000000
418    0    Water          1    0.000000     0.006166  304.944299
418    1    Forest         2    31.384000    0.006166  304.944299
418    2    Agriculture    2    0.000000     0.006166  304.944299
418    3    Pasture        2    225.257000   0.006166  304.944299
418    4    Wetland        2    31.830000    0.006166  304.944299
418    5    Barren         2    3.339000     0.006166  304.944299
418    6    Urban_HighD_Per     2    9.682500     0.006166  304.944299
418    7    Urban_LowD_Per      2    0.333750     0.006166  304.944299
418    8    Urban_HighD_Imp     1    9.682500     0.006166  304.944299
418    9    Urban_LowD_Imp      1    0.111250     0.006166  304.944299
419    0    Water          1    0.222000     0.119691  377.100472
419    1    Forest         2    85.957000    0.119691  377.100472
419    2    Agriculture    2    0.000000     0.119691  377.100472
419    3    Pasture        2    116.527000   0.119691  377.100472
419    4    Wetland        2    1.772000     0.119691  377.100472
419    5    Barren         2    8.861000     0.119691  377.100472
419    6    Urban_HighD_Per     2    51.507000    0.119691  377.100472
419    7    Urban_LowD_Per      2    13.624500    0.119691  377.100472
419    8    Urban_HighD_Imp     1    51.507000    0.119691  377.100472
419    9    Urban_LowD_Imp      1    4.541500     0.119691  377.100472
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c92 SNOW-FLAGS
c defid   parameter group id
c deluid  landuse id
c iceflag  0 = Ice formation in the snow pack is not simulated
c      1 = Ice formation is simulated
c forest  0.0 - 1.0 Fraction of LAND covered by Forest (winter transpiration)
c                 defid LUID ICEFLAG FOREST
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c93 SNOW-PARM
c LAT   Latitude of the pervious land segment (PLS) - ENERGY BALANCE METHOD ONLY (degree)
c     Positive for the northern hemisphere, negative for southern
c MELEV  Mean elevation of LAND above sea level - ENERGY BALANCE METHOD ONLY (ft)
c SHADE  Fraction of LAND shaded from solar radiation (i.e. by trees) - ENERGY BALANCE METHOD ONLY
c SNOWCF  Precipitation-to-snow multiplier (accounts for poor gage-catch efficiency during snow)
c COVIND  Maximum snowpack (water equivalent) at which the entire LAND is covered with snow (in)
c                 defid LUID    LAT   MELEV   SHADE  SNOWCF  COVIND
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c94 SNOW-PARM2
c RDCSN  Density of cold, new snow relative to water (For snow falling at temps below freezing.
c     At higher temperatures the density of snow is adjusted)
c TSNOW  Air temperature below which precipitation will be snow, under saturated conditions (deg F)
c     Under non-saturated conditions the temperature is adjusted slightly.
c SNOEVP  Adapts sublimation equation to field conditions - ENERGY BALANCE METHOD ONLY
c CCFACT  Adapts snow condensation/convection melt equation to field conditions - ENERGY BALANCE METHOD ONLY
c MWATER  Maximum water content of the snow pack, in depth of water per depth of water.
c MGMELT  Maximum rate of snowmelt by ground heat, in depth of water per day (in/day)
c     This is the value which applies when the pack temperature is at the freezing point.
c                 defid LUID   RDCSN   TSNOW  SNOEVP  CCFACT  MWATER  MGMELT
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c96 SNOW-INIT
c  Pack-snow  Initial quantity of snow in the pack (water equivalent).
c  Pack-ice  Initial quantity of ice in the pack (water equivalent).
c  Pack-watr  Initial quantity of liquid water in the pack.
c  RDENPF   Density of the frozen contents (snow and ice) of the pack, relative to water.
c  DULL    Index of the dullness of the snow pack surface, from which albedo is estimated - ENERGY BALANCE METHOD ONLY
c  PAKTMP   Mean temperature of the frozen contents of the snow pack.
c
c  COVINX   Current snow pack depth (water equivalent) required to obtain complete areal coverage of LAND.
c       If the pack is less than this amount, areal coverage is prorated (PACKF/COVINX).
c  XLNMLT   Current remaining possible increment to ice storage in the pack.
c       Relevant when Ice formation is simulated (iceflag = 1)
c  SKYCLR   Fraction of sky which is assumed to be clear at the present time.
c                 defid LUID Pack-snow Pack-ice Pack-watr  RDENPF   DULL  PAKTMP
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c100 pwat-parm1
```

```
c  pervious and impervious land hydrology control
c
c  (value of 0 = use constant pwat-parm4; 1 = use corresponding monthly variable card)
c
c  vcsfg  interception storage capacity                                    (card 150)
c  vuzfg  upper zone nominal storage                                                    (card 160)
c  vnnfg  manning's n for the overland flow plane          (card 170)
c  vifwfg  interflow inflow parameter                                                   (card 180)
c  vircfg  interflow recession constant                                    (card 190)
c  vlefg  lower zone evapotranspiration (e-t) parameter      (card 200)
c
c                vcsfg vuzfg vnnfg vifwfg vircfg vlefg
                 0     0     0     0      0      1
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c110 pwat-parm2
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  lzsn  lower zone nominal soil moisture storage (inches)
c  infilt index to the infiltration capacity of the soil (in/hr)
c  kvary  variable groundwater recession (1/inches)
c  agwrc  base groundwater recession (none)
c
c                defid deluid lzsn   infilt   kvary   agwrc
                 1     0      8.000000 0.200000 0.000000 0.990000
                 1     1      8.000000 0.200000 0.000000 0.990000
                 1     2      8.000000 0.200000 0.000000 0.990000
                 1     3      8.000000 0.200000 0.000000 0.990000
                 1     4      8.000000 0.200000 0.000000 0.990000
                 1     5      8.000000 0.200000 0.000000 0.990000
                 1     6      8.000000 0.200000 0.000000 0.990000
                 1     7      8.000000 0.200000 0.000000 0.990000
                 1     8      8.000000 0.200000 0.000000 0.990000
                 1     9      8.000000 0.200000 0.000000 0.990000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c120 pwat-parm3
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  petmax air temperature below which e-t will is reduced (deg F)
c  petmin air temperature below which e-t is set to zero (deg F)
c  infexp exponent in the infiltration equation (none)
c  INFILD ratio between the maximum and mean infiltration capacities over the PLS (none)
c  deepfr fraction of groundwater inflow that will enter deep groundwater (none)
c  basetp fraction of remaining potential e-t that can be satisfied from baseflow (none)
c  agwetp fraction of remaining potential e-t that can be satisfied from active groundwater (none)
c
c                defid deluid  petmax   petmin   infexp   infild   deepfr   basetp   agwetp
                 1     0       45.000000 35.000000 2.000000 2.000000 0.300000 0.070000 0.050000
                 1     1       45.000000 35.000000 2.000000 2.000000 0.300000 0.070000 0.050000
                 1     2       45.000000 35.000000 2.000000 2.000000 0.300000 0.070000 0.050000
                 1     3       45.000000 35.000000 2.000000 2.000000 0.300000 0.070000 0.050000
                 1     4       45.000000 35.000000 2.000000 2.000000 0.300000 0.070000 0.050000
                 1     5       45.000000 35.000000 2.000000 2.000000 0.300000 0.070000 0.050000
                 1     6       45.000000 35.000000 2.000000 2.000000 0.300000 0.070000 0.050000
                 1     7       45.000000 35.000000 2.000000 2.000000 0.300000 0.070000 0.050000
                 1     8       45.000000 35.000000 2.000000 2.000000 0.300000 0.070000 0.050000
                 1     9       45.000000 35.000000 2.000000 2.000000 0.300000 0.070000 0.050000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c130 pwat-parm4
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  cepsc  interception storage capacity (inches)
c  uzsn  upper zone nominal storage (inches)
c  nsur  Manning's n for the assumed overland flow plane (none)
c  intfw  interflow inflow parameter (none)
c  irc   interflow recession parameter (none)
c  lzetp  lower zone e-t parameter (none)
c
c                defid deluid  cepsc   uzsn   nsur    intfw    irc    lzetp
                 1     0       0.300000 0.500000 0.200000 2.000000 0.600000 0.500000
                 1     1       0.300000 0.500000 0.200000 2.000000 0.600000 0.500000
                 1     2       0.300000 0.500000 0.200000 2.000000 0.600000 0.500000
                 1     3       0.300000 0.500000 0.200000 2.000000 0.600000 0.500000
                 1     4       0.300000 0.500000 0.200000 2.000000 0.600000 0.500000
                 1     5       0.300000 0.500000 0.200000 2.000000 0.600000 0.500000
                 1     6       0.300000 0.500000 0.200000 2.000000 0.600000 0.500000
                 1     7       0.300000 0.500000 0.200000 2.000000 0.600000 0.500000
                 1     8       0.300000 0.500000 0.200000 2.000000 0.600000 0.500000
                 1     9       0.300000 0.500000 0.200000 2.000000 0.600000 0.500000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c140 pwat-state1
c  initial conditions for the simulation
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  ceps  initial interception storage.
c  surs  initial surface (overland flow) storage.
c  uzs   initial upper zone storage.
c  ifws  initial interflow storage.
c  lzs   initial lower zone storage.
c  agws  initial active groundwater storage.
```

```
c  gwvs  initial index to groundwater slope.
c
c                defid deluid ceps   surs    uzs   ifws    lzs   agws   gwvs
                 1              0              0.000000       0.000000       0.300000       0.000000       4.000000       1.000000       0.000000
                 1              1              0.000000       0.000000       0.300000       0.000000       4.000000       1.000000       0.000000
                 1              2              0.000000       0.000000       0.300000       0.000000       4.000000       1.000000       0.000000
                 1              3              0.000000       0.000000       0.300000       0.000000       4.000000       1.000000       0.000000
                 1              4              0.000000       0.000000       0.300000       0.000000       4.000000       1.000000       0.000000
                 1              5              0.000000       0.000000       0.300000       0.000000       4.000000       1.000000       0.000000
                 1              6              0.000000       0.000000       0.300000       0.000000       4.000000       1.000000       0.000000
                 1              7              0.000000       0.000000       0.300000       0.000000       4.000000       1.000000       0.000000
                 1              8              0.000000       0.000000       0.300000       0.000000       4.000000       1.000000       0.000000
                 1              9              0.000000       0.000000       0.300000       0.000000       4.000000       1.000000       0.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c150 mon-interception storage (cepscm)
c  only required if vcsfg=1 in pwat-parm1 (see card 100)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec interception storage capacity at start of each month (inches)
c
c                defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c160 mon-upper zone nominal storage (uzsnm)
c  only required if vuzfg=1 in pwat-parm1 (see card 100)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec upper zone nominal storage at start of each month (inches)
c
c                defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c170 mon-Manning's roughness coefficient (nsurm)
c  only required if vnnfg=1 in pwat-parm1 (see card 100)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec Manning's roughness coefficient at start of each month (none)
c
c                defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c180 mon-interflow inflow parameter (intfwm)
c  only required if vifwfg=1 in pwat-parm1 (see card 100)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec interflow inflow parameter at start of each month (none)
c
c                defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c190 mon-interflow recession constant (ircm)
c  only required if vircfg=1 in pwat-parm1 (see card 100)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec interflow recession constant at start of each month (none)
c
c                defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c200 mon-lower zone evapotranspiration parameter (lzetpm)
c  only required if vlefg=1 in pwat-parm1 (see card 100)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec lower zone evapotranspiration parameter at start of each month (none)
c
c                defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
                 1              0              0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000
                 0.500000       0.500000       0.500000
                 1              1              0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000
                 0.500000       0.500000       0.500000
                 1              2              0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000
                 0.500000       0.500000       0.500000
                 1              3              0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000
                 0.500000       0.500000       0.500000
                 1              4              0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000
                 0.500000       0.500000       0.500000
                 1              5              0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000
                 0.500000       0.500000       0.500000
                 1              6              0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000
                 0.500000       0.500000       0.500000
                 1              7              0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000
                 0.500000       0.500000       0.500000
                 1              8              0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000
                 0.500000       0.500000       0.500000
                 1              9              0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000       0.500000
                 0.500000       0.500000       0.500000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c201  Irrigation Application Option Flags
cIrrigation flag decide whether to run irrigation
c
c  irrigfg  if = 1 run irrigation option
c  petfg   if = 1 use constant PET rather than time series from the air file
```

```
c  monVaryIrrig  if = 1 use monthly varying ET coefficient
c
c                 irrigfg          petfg monVaryIrrig
                  0                0     0
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c202 Irrigation PET Value
c  defid    Group ID number.
c  petval    Constant PET value to calculate actual ET (in/hr)
c
c                 defid            petval
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c203 Irrigation Application Options
c  defid    Group ID number.
c  deluid    Landuse ID number
c  startmonth  startmonth of irrigation requirement
c  endmonth   endmonth of irrigation requirement
c  fraction1  fraction of irrigation requirement applied over the canopy.
c  fraction2  fraction of irrigation water applied directly to the soil surface.
c  fraction3  fraction of irrigation water applied to the upper soil zone via buried systems
c  fraction4  fraction of irrigation water likewise applied to the lower soil zone.
c  fraction5  fraction of irrigation water entering directly into the local groundwater, such as seepage irrigation.
c  etcoeff   Coefficient to calculate actual ET, based on PET.
c  etdays    Number of threshold days to calculate irrigation demand (pet*etcoeff - precip)
c       (if etdays = 0 then irrigation demand = pet * etcoeff)
c
c                 defid            deluid           startmonth       endmonth       fraction1        fraction2        fraction3        fraction4        fraction5        etcoeff          etdays
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c204 Monthly-variable ET coefficients
c  defid    Group ID number.
c  deluid    Landuse ID number
c  monetcs   Monthly-variable coefficient to calculate actual ET for Jan..Dec
c
c                 defid            deluid           monETCs1     monETCs2     monETCs3     monETCs4     monETCs5     monETCs6     monETCs7     monETCs8     monETCs9
                  monETCs10   monETCs11   monETCs12
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c205 Irrigation Withdrawal Options
c                 Irrigation withdrawal information for each watershed
c  subbasin  subbasin id
c  rchid    reach id from where water is withdrawn (if reach is does not exist then
c       etdemand is assumed to be satisfied from an external source)
c  irrigdep  depth of irrigation withdrawal pipe (ft)
c
c                 subbasin         rchid
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c250 general quality constituent control
c
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  qname  name of qual (must be a continuous string)
c  qunit  units for quality constituent output (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c  qsdfg  if = 0 no sediment associated qual
c                                  if = 1 sediment associated in pervious/impervious land (qsdfg should be > 0 in card 281)
c                                  if = 2 sediment associated in pervious/impervious land
c                                    and sediment associated qual is added to the dissolved part
c  gqsdfg  if = 0 general quality constituent
c      if = 1 general quality constituent simulated as a sediment (only one qual can be simulated as a sediment in each group)
c  qsofg  if = 1 then then accumulation and removal occur daily
c      if = 2 then then accumulation and removal occur every interval
c
c                 defid dwqid  qname qunit qsdfg gqsdfg qsofg
                  1                12               FECAL                            (#/100ml)        0                0                1
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
C255 subsurface quality control
c
c  (value of 0 = use constant qual-input; 1 = use corresponding monthly variable card)
c
c  vqofg    if = 1 the accumulation rate and limiting storage of QUALOF varies monthly  (cards 270, 271)
c  qsowfg   if = 1 the constituent is a QUALSURO (surface flow associated).
c  vsqcfg   if = 1 the concentration of this constituent in surface outflow varies monthly  (card 272)= 1 read Tabla 272
c  qifwfg   if = 1 the constituent is a QUALIF (interflow associated).
c  viqcfg   if = 1 the concentration of this constituent in interflow outflow varies monthly  (card 273)= 1 read Tabla 273
c  qagwfg   if = 1 the constituent is a QUALGW (groundwater associated).
c  vaqcfg   if = 1 the concentration of this constituent in groundwater outflow varies monthly (card 274)
c  adfglnd   if = 1 atmosperic deposition on land
c  maddfglnd  if = 1 atmosperic dry deposition varies monthly on land (card 275)
c  mawdfglnd  if = 1 atmosperic wet deposition varies monthly on land (card 276)
c
c                 vqofg qsowfg vsqcfg qifwfg viqcfg qagwfg vaqcfg adfglnd maddfglnd mawdfglnd
                  1                1                1                1                1                1                1                1                0                0
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
C260 qual-input
c  storage on surface and nonseasonal parameters
c
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  deluid landuse id
c  sqo   initial storage of QUALOF on surface (lb or #)
c  potfw  washoff potency factor if qsdfg > 0, card 250 (lb or #)/ton-sediment
c  potfs  scour potency pactor if qsdfg > 0, card 250 (lb or #)/ton-sediment
c  potfc  background concentration potency pactor if qsdfg > 0, card 250 (lb or #)/ton-sediment
c  acqop  accumulation rate of QUALOF on surface (lb or #)/acre/day
c  sqolim maximum storage of QUALOF on surface (lb or #)/acre
c  wsqop  rate of surface runoff that removes 90% of stored QUALOF per hour (in/hr)
```

```
c  soqc  concentration of constituent in surface outflow (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c  ioqc  concentration of constituent in interflow outflow (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c  aoqc  concentration of constituent in groundwater outflow (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c  addc  atmospheric dry deposition flux (lb/acre/day or #/acre/day)
c  awdc  atmospheric wet deposition concentration (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c
c               the units of the following parameters are as follow:
c               if in card 250, the unit is mg/l or ug/l, then M is lbs
c               if in card 250, the unit is #/100ml, then M is #, in this case the unit for
c               soqc, ioqc and aoqc should be #/100ml instead of mg/l
c
c               defid deluid dwqid  sqo   potfw   potfs  potfc  acqop  sqolim  wsqop          soqc  ioqc  aoqc  addc awdc
                1          12         0          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000001   1.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         1          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000001   1.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         2          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000001   1.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         3          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000001   1.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         4          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000001   1.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         5          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000001   1.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         6          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000001   1.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         7          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000001   1.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         8          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000001   1.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         9          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000001   1.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c270 mon-accumulation rate (monaccum)
c  only required if vqofg =1 (see card 255)
c
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  deluid landuse id
c  jan-dec accumulation rate at start of each month (lb/acre/day)
c               if in card 250, the unit is #/100ml, the above unit should be #/acre/day
c
c               defid dwqid  deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
                1          12         0          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         1          62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000
                62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000
                62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000
                1          12         2          7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000
                7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000
                7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000
                1          12         3          7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000
                7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000
                7992384245.960000      7992384245.960000      7992384245.960000
                1          12         4          62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000
                62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000
                62633928.570000        62633928.570000        62633928.570000
                1          12         5          199575.350000          199575.350000          199575.350000          199575.350000
                199575.350000          199575.350000          199575.350000          199575.350000          199575.350000
                199575.350000          199575.350000          199575.350000
                1          12         6          19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000
                19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000
                19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000
                1          12         7          13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000
                13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000
                13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000
                1          12         8          19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000
                19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000
                19957534.800000        19957534.800000        19957534.800000
                1          12         9          13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000
                13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000
                13471335.990000        13471335.990000        13471335.990000
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c271 mon-storage limit of quality constituent (monsqolim)
c  only required if vqofg = 1 (see card 255)
c
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  deluid landuse id
c  jan-dec maximum storage at start of each month (lb/acre)
c               if in card 250, the unit is #/100ml, the above unit should be #/acre
c
c               defid dwqid  deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
                1          12         0          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                1          12         1          112741071.430000       112741071.430000       112741071.430000       112741071.430000
                112741071.430000       112741071.430000       112741071.430000       112741071.430000       112741071.430000
                112741071.430000       112741071.430000       112741071.430000
                1          12         2          14386291642.740000     14386291642.740000     14386291642.740000     14386291642.740000
                14386291642.740000     14386291642.740000     14386291642.740000     14386291642.740000     14386291642.740000
                14386291642.740000     14386291642.740000     14386291642.740000
```

```
            1           12          3           14386291642.740000  14386291642.740000  14386291642.740000  14386291642.740000
            14386291642.740000  14386291642.740000  14386291642.740000  14386291642.740000  14386291642.740000
            14386291642.740000  14386291642.740000  14386291642.740000
            1           12          4           112741071.430000    112741071.430000    112741071.430000    112741071.430000
            112741071.430000    112741071.430000    112741071.430000    112741071.430000    112741071.430000
            112741071.430000    112741071.430000    112741071.430000
            1           12          5           359235.630000       359235.630000       359235.630000       359235.630000
            359235.630000       359235.630000       359235.630000       359235.630000       359235.630000
            359235.630000       359235.630000       359235.630000
            1           12          6           35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000
            35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000
            35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000
            1           12          7           24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000
            24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000
            24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000
            1           12          8           35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000
            35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000
            35923562.640000     35923562.640000     35923562.640000
            1           12          9           24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000
            24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000
            24248404.780000     24248404.780000     24248404.780000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c272 mon-surfaceflow concentration (monsuroconc)
c  only required if vsqcfg = 1 (see card 255)
c
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  deluid landuse id
c  jan-dec concentration of constituent in surface flow at start of each month (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c           if in card 250, the unit is #/100ml, the above unit should be #/100ml
c
c           defid dwqid  deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
            1           12          0           0.000000    0.000000    0.000000    0.000000    0.000000    0.000000    0.000000    0.000000
            0.000000    0.000000    0.000000    0.000000
            1           12          1           626.340000  626.340000  626.340000  626.340000  626.340000  626.340000  626.340000  626.340000
            626.340000  626.340000  626.340000  626.340000
            1           12          2           79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000
            79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000
            1           12          3           79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000
            79923.840000 79923.840000 79923.840000 79923.840000
            1           12          4           626.340000  626.340000  626.340000  626.340000  626.340000  626.340000  626.340000  626.340000
            626.340000  626.340000  626.340000  626.340000
            1           12          5           2.000000    2.000000    2.000000    2.000000    2.000000    2.000000    2.000000    2.000000
            2.000000    2.000000    2.000000    2.000000
            1           12          6           199.580000  199.580000  199.580000  199.580000  199.580000  199.580000  199.580000  199.580000
            199.580000  199.580000  199.580000  199.580000
            1           12          7           134.710000  134.710000  134.710000  134.710000  134.710000  134.710000  134.710000  134.710000
            134.710000  134.710000  134.710000  134.710000
            1           12          8           199.580000  199.580000  199.580000  199.580000  199.580000  199.580000  199.580000  199.580000
            199.580000  199.580000  199.580000  199.580000
            1           12          9           134.710000  134.710000  134.710000  134.710000  134.710000  134.710000  134.710000  134.710000
            134.710000  134.710000  134.710000  134.710000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c273 mon-interflow concentration (moninterconc)
c  only required if viqcfg = 1 (see card 255)
c
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  deluid landuse id
c  jan-dec concentration of constituent in interflow at start of each month (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c           if in card 250, the unit is #/100ml, the above unit should be #/100ml
c
c           defid dwqid  deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
            1           12          0           0.000000    0.000000    0.000000    0.000000    0.000000    0.000000    0.000000    0.000000
            0.000000    0.000000    0.000000    0.000000
            1           12          1           4.180000    4.180000    4.180000    4.180000    4.180000    4.180000    4.180000    4.180000
            4.180000    4.180000    4.180000    4.180000
            1           12          2           532.830000  532.830000  532.830000  532.830000  532.830000  532.830000  532.830000  532.830000
            532.830000  532.830000  532.830000  532.830000
            1           12          3           532.830000  532.830000  532.830000  532.830000  532.830000  532.830000  532.830000  532.830000
            532.830000  532.830000  532.830000  532.830000
            1           12          4           4.180000    4.180000    4.180000    4.180000    4.180000    4.180000    4.180000    4.180000
            4.180000    4.180000    4.180000    4.180000
            1           12          5           0.010000    0.010000    0.010000    0.010000    0.010000    0.010000    0.010000    0.010000
            0.010000    0.010000    0.010000    0.010000
            1           12          6           1.330000    1.330000    1.330000    1.330000    1.330000    1.330000    1.330000    1.330000
            1.330000    1.330000    1.330000    1.330000
            1           12          7           0.900000    0.900000    0.900000    0.900000    0.900000    0.900000    0.900000    0.900000
            0.900000    0.900000    0.900000    0.900000
            1           12          8           1.330000    1.330000    1.330000    1.330000    1.330000    1.330000    1.330000    1.330000
            1.330000    1.330000    1.330000    1.330000
            1           12          9           0.900000    0.900000    0.900000    0.900000    0.900000    0.900000    0.900000    0.900000
            0.900000    0.900000    0.900000    0.900000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c274 mon-groundwater concentration (mongmdconc)
c  only required if vaqcfg = 1 (see card 255)
c
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  deluid landuse id
c  jan-dec concentration of constituent in groundwater at start of each month (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c           if in card 250, the unit is #/100ml, the above unit should be #/100ml
c
```

```
c                 defid dwqid  deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
                  1          12         0          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  1          12         1          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  1          12         2          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  1          12         3          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  1          12         4          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  1          12         5          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  1          12         6          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  1          12         7          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  1          12         8          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  1          12         9          0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
                  0.000000   0.000000   0.000000   0.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c275 mon-atmospheric dry deposition flux
c  only required if maddfglnd = 1 (see card 255)
c
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  deluid landuse id
c  jan-dec flux of constituent in dry deposition at start of each month (lb/acre/day or #/acre/day)
c
c                 defid dwqid  deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c276 mon-atmospheric wet deposition concentration
c  only required if mawdfglnd = 1 (see card 255)
c
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  deluid landuse id
c  jan-dec concentration of constituent in atmospheric wet deposition at start of each month (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c
c                 defid dwqid  deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
C280 stream water quality control
c
c  adfgrch   if = 1 atmosperic deposition on reach (0 for no atmospheric deposition)
c  maddfgrch  if = 1 atmosperic dry deposition varies monthly on reach (card 282)
c  mawdfgrch  if = 1 atmosperic wet deposition varies monthly on reach (card 283)
c
c                 adfgrch maddfgrch mawdfgrch
                  0          0          0
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c281 general quality constituent control
c
c  rgid   stream parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  qsdfg  if = 0 no sediment associated qual
c                                  if = 1 sediment associated in stream, adsorption/desorption of qual is simulated
c  iniCond initial instream concentration at start of simulation by group (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c  decay  general first-order instream loss rate of qual by reach group (1/day)
c  tcdecay temperature correction coefficient for first-order decay of qual (min=1, max=2)
c  addc   atmospheric dry deposition flux (lb/acre/day or #/acre/day)
c  awdc   atmospheric wet deposition concentration (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c  potber  scour potency pactor for stream bank erosion if qsdfg > 0, (lb or #)/ton-sediment
c
c                 rgid dwqid  qsdfg  iniCond decay tcdecay  addc  awdc  potber
                  1          12         0          0.000000   0.700000   1.000000   0.000000   0.000000   0.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c282 mon-atmospheric dry deposition flux
c  only required if maddfgrch = 1 (see card 280)
c
c  rgid  reach group id
c  dwqid  general quality id
c  jan-dec flux of constituent in dry deposition at start of each month (lb/acre/day or #/acre/day)
c
c                 rgid dwqid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c283 mon-atmospheric wet deposition concentration
c  only required if mawdfgrch = 1 (see card 280)
c
c  rgid  reach group id
c  dwqid  general quality id
c  jan-dec concentration of constituent in atmospheric wet deposition at start of each month (mg/l), (ug/l), or (#/100ml)
c
c                 defid dwqid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c285 parameters for decay of contaminant adsorbed to sediment
c  only required if qsdfg > 0 (see card 281)
c
c  rgid   reach group id
c  dwqid  general quality id
c  addcpm1  decay rate for qual adsorbed to suspended sediment (/day)
c  addcpm2  temperature correction coefficient for decay of qual on suspended sediment (range from 1.0 to 2.0)
c  addcpm3  decay rate for qual adsorbed to bed sediment (/day)
```

```
c  addcpm4  temperature correction coefficient for decay of qual on bed sediment (range from 1.0 to 2.0)
c
c  rgid dwqid  addcpm1  addcpm2  addcpm3  addcpm4
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c286 adsorption coefficients of qual
c  only required if qsdfg > 0 (see card 281)
c
c  rgid   reach group id
c  dwqid   general quality id
c  adpm1   distribution coefficients for qual with suspended sand (l/mg)
c  adpm2   distribution coefficients for qual with suspended silt (l/mg)
c  adpm3   distribution coefficients for qual with suspended clay (l/mg)
c  adpm4   distribution coefficients for qual with bed sand (l/mg)
c  adpm5   distribution coefficients for qual with bed silt (l/mg)
c  adpm6   distribution coefficients for qual with bed clay (l/mg)
c
c  rgid dwqid  adpm1  adpm2  adpm3  adpm4  adpm5  adpm6
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c287 adsorption/desorption rate parameters
c  only required if qsdfg > 0 (see card 281)
c
c  rgid   reach group id
c  dwqid   general quality id
c  adpm1   transfer rates between adsorbed and desorbed states of qual with suspended sand (/day)
c  adpm2   transfer rates between adsorbed and desorbed states of qual with suspended silt (/day)
c  adpm3   transfer rates between adsorbed and desorbed states of qual with suspended clay (/day)
c  adpm4   transfer rates between adsorbed and desorbed states of qual with bed sand (/day)
c  adpm5   transfer rates between adsorbed and desorbed states of qual with bed silt (/day)
c  adpm6   transfer rates between adsorbed and desorbed states of qual with bed clay (/day)
c
c  rgid dwqid  adpm1  adpm2  adpm3  adpm4  adpm5  adpm6
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c288 adsorption/desorption temperature correction parameters
c  only required if qsdfg > 0 (see card 281)
c
c  rgid   reach group id
c  dwqid   general quality id
c  adpm1   temperature correction coefficients for adsorption/desorption on suspended sand (range from 1.0 to 2.0)
c  adpm2   temperature correction coefficients for adsorption/desorption on suspended silt (range from 1.0 to 2.0)
c  adpm3   temperature correction coefficients for adsorption/desorption on suspended clay (range from 1.0 to 2.0)
c  adpm4   temperature correction coefficients for adsorption/desorption on bed sand (range from 1.0 to 2.0)
c  adpm5   temperature correction coefficients for adsorption/desorption on bed silt (range from 1.0 to 2.0)
c  adpm6   temperature correction coefficients for adsorption/desorption on bed clay (range from 1.0 to 2.0)
c
c  rgid dwqid  adpm1  adpm2  adpm3  adpm4  adpm5  adpm6
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c289 initial concentrations on sediment
c  only required if qsdfg > 0 (see card 281)
c
c  rgid   reach group id
c  dwqid   general quality id
c  sqal1   initial concentrations of qual on suspended sand (concu/mg)
c  sqal2   initial concentrations of qual on suspended silt (concu/mg)
c  sqal3   initial concentrations of qual on suspended clay (concu/mg)
c  sqal4   initial concentrations of qual on bed sand (concu/mg)
c  sqal5   initial concentrations of qual on bed silt (concu/mg)
c  sqal6   initial concentrations of qual on bed clay (concu/mg)
c
c  rgid dwqid  sqal1  sqal2  sqal3  sqal4  sqal5  sqal6
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
C310 soil-data
c  only required if nitrfg = 1 or phosfg = 1 (see card 0)
c  soil layer depths, bulk densities, and wilting point
c
c  defid   parameter group id
c  deluid  landuse id
c  dep_sl  depth of surface layer (in)
c  dep_ul  depth of upper layer (in)
c  dep_ll  depth of lower layer (in)
c  dep_gwl  depth of groundwater layer (in)
c  bd_sl   bulkdensity of surface layer (lb/ft3)
c  bd_ul   bulkdensity of upper layer (lb/ft3)
c  bd_ll   bulkdensity of lower layer (lb/ft3)
c  bd_gwl  bulkdensity of groundwater layer (lb/ft3)
c  wp_sl   wiltingpoint of surface layer (fraction)
c  wp_ul   wiltingpoint of upper layer (fraction)
c  wp_ll   wiltingpoint of lower layer (fraction)
c  wp_gwl  wiltingpoint of groundwater layer (fraction)
c
c  defid deluid depth_sl  depth_ul  depth_ll  depth_gwl  bd_sl  bd_ul  bd_ll  bd_gwl  wp_sl  wp_ul  wp_ll  wp_gwl
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
C311 mstlay-parm
c  factors used to adjust solute leaching rates
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  slmpf  factor used to adjust solute percolation rate from the surface layer storage to the upper layer principal storage
c  ulpf  factor used to adjust solute percolation rate from the upper layer principal storage to the lower layer storage
c  llpf  factor used to adjust solute percolation rate from the lower layer storage to the active and inactive groundwater
c
c  defid  deluid slmpf   ulpf   llpf
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
C312 mst-topstor
```

```
c  initial moisture storage in each topsoil layer
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  smstm  initial moisture content in the surface storage (lb/ac)
c  umstm  initial moisture content in the upper principal storage (lb/ac)
c  imstm  initial moisture content in the upper transitory (interflow) storages (lb/ac)
c
c  defid  deluid smstm   umstm   imstm
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C313 mst-topflx
c  initial fractional fluxes in each topsoil layer
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  fso   initial values of the fractional fluxes of soluble chemicals through the topsoil layers of a PLS (/ivl)
c  fsp   initial values of the fractional fluxes of soluble chemicals through the topsoil layers of a PLS (/ivl)
c  fii   initial values of the fractional fluxes of soluble chemicals through the topsoil layers of a PLS (/ivl)
c  fup   initial values of the fractional fluxes of soluble chemicals through the topsoil layers of a PLS (/ivl)
c  fio   initial values of the fractional fluxes of soluble chemicals through the topsoil layers of a PLS (/ivl)
c
c  defid  deluid fso   fsp   fii  fup   fio
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C314 mst-substor
c  initial moisture storage in each topsoil layer
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  lmstm  initial moisture storages in the lower layer (lb/ac)
c  amstm  initial moisture content in the active groundwater layers (lb/ac)
c
c  defid  deluid lmstm   amstm
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C315 mst-subflx
c  initial fractional fluxes in each topsoil layer
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  flp   initial fractional fluxes of soluble chemicals through the subsoil layers (/ivl)
c  fldp  initial fractional fluxes of soluble chemicals through the subsoil layers (/ivl)
c  fao   initial fractional fluxes of soluble chemicals through the subsoil layers (/ivl)
c
c  defid  deluid flp   fldp   fao
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C341 initial storage of nitrogen in the surface layer
c  only required if nitrfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  lorgn  initial storage of labile organic nitrogen (lb/acre)
c  amad  initial storage of adsorbed ammonium (lb/acre)
c  amsu  initial storage of solution ammonium (lb/acre)
c  no3   initial storage of nitrate (lb/acre)
c  pltn  initial storage of nitrogen stored in plants (lb/acre)
c  rorgn  initial storage of refractory organic nitrogen (lb/acre)
c
c  defid deluid lorgn  amad  amsu  no3  pltn  rorgn
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C342 initial storage of nitrogen in the upper layer
c  only required if nitrfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  lorgn  initial storage of labile organic nitrogen (lb/acre)
c  amad  initial storage of adsorbed ammonium (lb/acre)
c  amsu  initial storage of solution ammonium (lb/acre)
c  no3   initial storage of nitrate (lb/acre)
c  pltn  initial storage of nitrogen stored in plants (lb/acre)
c  rorgn  initial storage of refractory organic nitrogen (lb/acre)
c
c  defid deluid lorgn  amad  amsu  no3  pltn  rorgn
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C343 initial storage of nitrogen in the transitory layer
c  only required if nitrfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  iamsu  initial storage of solution ammonium (lb/acre)
c  ino3  initial storage of nitrate (lb/acre)
c  islon  initial storage of solution labile organic nitrogen (lb/acre)
c  isron  initial storage of solution refractory organic nitrogen (lb/acre)
c  agpltn initial storage of above-ground plant nitrogen (lb/acre)
c  littrn initial storage of litter nitrogen (lb/acre)
c
c  defid deluid iamsu  ino3  islon  isron  agpltn  littrn
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C344 initial storage of nitrogen in the lower layer
c  only required if nitrfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  lorgn  initial storage of labile organic nitrogen (lb/acre)
c  amad  initial storage of adsorbed ammonium (lb/acre)
```

```
c  amsu  initial storage of solution ammonium (lb/acre)
c  no3   initial storage of nitrate (lb/acre)
c  pltn  initial storage of nitrogen stored in plants (lb/acre)
c  rorgn  initial storage of refractory organic nitrogen (lb/acre)
c
c  defid deluid lorgn  amad  amsu  no3  pltn  rorgn
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C345 initial storage of nitrogen in the groundwater layer
c  only required if nitrfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  lorgn  initial storage of labile organic nitrogen (lb/acre)
c  amad  initial storage of adsorbed ammonium (lb/acre)
c  amsu  initial storage of solution ammonium (lb/acre)
c  no3   initial storage of nitrate (lb/acre)
c  pltn  initial storage of nitrogen stored in plants (lb/acre)
c  rorgn  initial storage of refractory organic nitrogen (lb/acre)
c
c  defid deluid lorgn  amad  amsu  no3  pltn  rorgn
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C361 initial phosphorus storage in the surface layer
c  only required if phosfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  orgp  initial storage of organic phosphorus (lb/acre)
c  p4ad  initial storage of adsorbed phosphate (lb/acre)
c  p4su  initial storage of solution phosphate (lb/acre)
c  pltp  initial storage of phosphorus stored in plants (lb/acre)
c
c  defid deluid orgp  p4ad  p4su  pltp
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C362 initial phosphorus storage in the upper layer
c  only required if phosfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  orgp  initial storage of organic phosphorus (lb/acre)
c  p4ad  initial storage of adsorbed phosphate (lb/acre)
c  p4su  initial storage of solution phosphate (lb/acre)
c  pltp  initial storage of phosphorus stored in plants (lb/acre)
c
c  defid deluid orgp  p4ad  p4su  pltp
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C363 initial phosphorus storage in the transitory layer
c  only required if phosfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  ip4su  initial storage of solution phosphate (lb/acre)
c
c  defid deluid ip4su
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C364 initial phosphorus storage in the lower layer
c  only required if phosfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  orgp  initial storage of organic phosphorus (lb/acre)
c  p4ad  initial storage of adsorbed phosphate (lb/acre)
c  p4su  initial storage of solution phosphate (lb/acre)
c  pltp  initial storage of phosphorus stored in plants (lb/acre)
c
c  defid deluid orgp  p4ad  p4su  pltp
c-----------------------------------------------------------------------------------------
C365 initial phosphorus storage in the groundwater layer
c  only required if phosfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  orgp  initial storage of organic phosphorus (lb/acre)
c  p4ad  initial storage of adsorbed phosphate (lb/acre)
c  p4su  initial storage of solution phosphate (lb/acre)
c  pltp  initial storage of phosphorus stored in plants (lb/acre)
c
c  defid deluid orgp  p4ad  p4su  pltp
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c390 atmosphere to stream mapping (read if mdasfg = 1 and adfgrch = 1)
c
c  rgid  reach parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  OrgN  organic nitrogen fraction in pqual
c  NH4S  ammonium solution fraction in pqual
c  NH4E  ammonium exchange fraction in pqual
c  NO3   nitrate fraction in pqual
c  NO2   nitrite fraction in pqual
c  SO4   sulfate fraction in pqual
c
c                  defid dwqid  OrgN  NH4S  NH4E  NO3  NO2  SO4
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c391 land surface to land sub-surface mapping (read if mdasfg =1)
c
```

```
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  deluid landuse id
c  OrgN  organic nitrogen fraction in pqual
c  NH4S  ammonium solution fraction in pqual
c  NH4E  ammonium exchange fraction in pqual
c  NO3   nitrate fraction in pqual
c  NO2   nitrite fraction in pqual
c  SO4   sulfate fraction in pqual
c
c                    defid dwqid  deluid  OrgN  NH4S  NH4E  NO3  NO2  SO4
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c392 land to stream mapping (read if mdasfg=1)
c
c  rgid  stream parameters group id
c  dwqid  general quality id
c  lutype landuse type flow id (1 = impervious surfaceflow,
c     2 = pervious surfaceflow, 3 = pervious interflow, 4 = pervious groundflow)
c  PFe   Particulate iron fraction in pqual
c  DFe   Dissolved iron fraction in pqual
c  PAl   Particulate aluminum fraction in pqual
c  DAl   Dissolved aluminum fraction in pqual
c  CO3   CO3(2-) fraction in pqual
c
c                    rgid  dwqid  lutype  PFe  DFe  PAl  DAl  CO3
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
C393 calibration parameters for the surfcae layer
c  only required if mdasfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  crfg  chemical reaction flag
c     0 = no chemical reaction
c     1 = only nitrogen transformation
c     2 = full chemical reactions
c  kes   nitrogen transformation (NH4E to NH4S) rate (per day)
c  kse   nitrogen transformation (NH4S to NH4E) rate (per day)
c  k1   nitrogen transformation (NH4S to NO2) rate (per day)
c  k2   nitrogen transformation (NO2 to NO3) rate (per day)
c  k3   nitrogen transformation (plant uptake NO3) rate (per day)
c  k4   nitrogen transformation (plant uptake NH4S) rate (per day)
c  k6   nitrogen transformation (OrgN to NH4S) rate (per day)
c  kk6   nitrogen transformation (NH4S to OrgN) rate (per day)
c  kk8   nitrogen transformation (NO3 to OrgN) rate (per day)
c  K_Al  Aluminum solubility constant
c  Ks   selectivity coefficient
c  CaX   base saturation percentage (fraction)
c  THETA  temperature correction coefficient for nitrogen transformation for surface layer (range from 1.0 to 2.0)
c
c  defid deluid crfg kes  kse  k1  k2  k3  k4  k6  kk6  kk8 K_Al Ks CaX  theta
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
C394 calibration parameters for the upper layer
c  only required if mdasfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  crfg  chemical reaction flag
c     0 = no chemical reaction
c     1 = only nitrogen transformation and sulfate adsorption
c     2 = full chemical reactions
c  kes   nitrogen transformation (NH4E to NH4S) rate (per day)
c  kse   nitrogen transformation (NH4S to NH4E) rate (per day)
c  k1   nitrogen transformation (NH4S to NO2) rate (per day)
c  k2   nitrogen transformation (NO2 to NO3) rate (per day)
c  k3   nitrogen transformation (plant uptake NO3) rate (per day)
c  k4   nitrogen transformation (plant uptake NH4S) rate (per day)
c  k6   nitrogen transformation (OrgN to NH4S) rate (per day)
c  kk6   nitrogen transformation (NH4S to OrgN) rate (per day)
c  kk8   nitrogen transformation (NO3 to OrgN) rate (per day)
c  Km   maximum adsorbable amount of sulfate(mol/kg)
c  OneH  value to use to determine a half saturation
c  DESORP desorption rate (per day)
c  K_Al  Aluminum solubility constant (log K_Al)
c  Ks   selectivity coefficient (Log Ks)
c  CaX   base saturation percentage (fraction)
c  PeakMon growing season peak month
c  THETA  temperature correction coefficient for nitrogen transformation for upper layer (range from 1.0 to 2.0)
c
c  defid deluid crfg kes  kse  k1  k2  k3  k4  k6  kk6  kk8  Km  OneH  DESORP K_Al Ks CaX PeakMon theta
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
C395 calibration parameters for the lower layer
c  only required if mdasfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  crfg  chemical reaction flag
c     0 = no chemical reaction
c     1 = only nitrogen transformation and sulfate adsorption
c     2 = full chemical reactions
c  kes   nitrogen transformation (NH4E to NH4S) rate (per day)
c  kse   nitrogen transformation (NH4S to NH4E) rate (per day)
c  k1   nitrogen transformation (NH4S to NO2) rate (per day)
c  k2   nitrogen transformation (NO2 to NO3) rate (per day)
```

```
c  k3   nitrogen transformation (plant uptake NO3) rate (per day)
c  k4   nitrogen transformation (plant uptake NH4S) rate (per day)
c  k6   nitrogen transformation (OrgN to NH4S) rate (per day)
c  kk6   nitrogen transformation (NH4S to OrgN) rate (per day)
c  kk8   nitrogen transformation (NO3 to OrgN) rate (per day)
c  Km   maximum adsorbable amount of sulfate(mol/kg)
c  OneH  value to use to determine a half saturation
c  DESORP desorption rate (per day)
c  K_Al  Aluminum solubility constant (Log K_Al)
c  Ks   selectivity coefficient (Log Ks)
c  CaX   base saturation percentage (fraction)
c  PeakMon growing season peak month
c  THETA  temperature correction coefficient for nitrogen transformation for lower layer (range from 1.0 to 2.0)
c
c  defid deluid crfg kes  kse  k1  k2  k3  k4  k6  kk6  kk8  Km  OneH  DESORP K_Al Ks CaX PeakMon theta
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
C396 calibration parameters for the reach
c  only required if mdasfg = 1 (see card 0)
c
c  rgid  reach group id
c     0 = no chemical reaction
c     1 = only nitrogen transformation and sulfate adsorption
c     2 = full chemical reactions
c  k1   nitrogen transformation (NH4S to NO2) rate (per day)
c  k2   nitrogen transformation (NO2 to NO3) rate (per day)
c  k3   nitrogen transformation (NO3 to ?) rate (per day)
c  k6   nitrogen transformation (OrgN to NH4S) rate (per day)
c  kk1   sulfate transformation rate (per day)
c  FEK   metal (iron) dissolution constants
c  AlK   metal (alluminium) dissolution constants
c  PCO   co2 value (per day)
c  FR_3  precipitation rate for Ca(2+) (per day)
c  FR_4  precipitation rate for CO3(2-) (per day)
c  FR_5  precipitation rate for dissolved iron (per day)
c  FRP_5  precipitation rate for particulate iron (per day)
c  FR_8  precipitation rate for dissolved alluminium (per day)
c  FRP_8  precipitation rate for particulate alluminium (per day)
c  FR_9  precipitation rate for Org (per day)
c  THETA  temperature correction coefficient for nitrogen transformation for the stream (range from 1.0 to 2.0)
c
c  rgid  crfg k1  k2  k3  k6  kk1 FEK  AlK PCO  FR_3  FR_4  FR_5  FRP_5  FR_8  FRP_8  FR_9 theta
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
C397 initial storage in the top layer
c  only required if mdasfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  OrgN_S initial storage of organic nitrogen in the surface layer (lb/acre)
c  OrgN_U initial storage of organic nitrogen in the upper layer (lb/acre)
c  OrgN_I initial storage of organic nitrogen in the transitory layer (lb/acre)
c  NH4S_S initial storage of solution ammonium in the surface layer (lb/acre)
c  NH4S_U initial storage of solution ammonium in the upper layer (lb/acre)
c  NH4S_I initial storage of solution ammonium in the transitory layer (lb/acre)
c  NH4E_S initial storage of exchange ammonium in the surface layer (lb/acre)
c  NH4E_U initial storage of exchange ammonium in the upper layer (lb/acre)
c  NH4E_I initial storage of exchange ammonium in the transitory layer (lb/acre)
c  NO3_S  initial storage of nitrate in the surface layer (lb/acre)
c  NO3_U  initial storage of nitrate in the upper layer (lb/acre)
c  NO3_I  initial storage of nitrate in the transitory layer (lb/acre)
c  NO2_S  initial storage of nitrite in the surface layer (lb/acre)
c  NO2_U  initial storage of nitrite in the upper layer (lb/acre)
c  NO2_I  initial storage of nitrite in the transitory layer (lb/acre)
c  SO4_S  initial storage of sulfate in the surface layer (lb/acre)
c  SO4_U  initial storage of sulfate in the upper layer (lb/acre)
c  SO4_I  initial storage of sulfate in the transitory layer (lb/acre)
c
c  defid deluid OrgN_S  OrgN_U  OrgN_I  NH4S_S  NH4S_U  NH4S_I  NH4E_S  NH4E_U  NH4E_I  NO3_S  NO3_U  NO3_I  NO2_S  NO2_U  NO2_I  SO4_S  SO4_U
SO4_I
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
C398 initial storage in the sub layer
c  only required if mdasfg = 1 (see card 0)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  OrgN_L initial storage of organic nitrogen in the lower layer (lb/acre)
c  OrgN_A initial storage of organic nitrogen in the groundwater layer (lb/acre)
c  NH4S_L initial storage of solution ammonium in the lower layer (lb/acre)
c  NH4S_A initial storage of solution ammonium in the groundwater layer (lb/acre)
c  NH4E_L initial storage of exchange ammonium in the lower layer (lb/acre)
c  NH4E_A initial storage of exchange ammonium in the groundwater layer (lb/acre)
c  NO3_L  initial storage of nitrate in the lower layer (lb/acre)
c  NO3_A  initial storage of nitrate in the groundwater layer (lb/acre)
c  NO2_L  initial storage of nitrite in the lower layer (lb/acre)
c  NO2_A  initial storage of nitrite in the groundwater layer (lb/acre)
c  SO4_L  initial storage of sulfate in the lower layer (lb/acre)
c  SO4_A  initial storage of sulfate in the groundwater layer (lb/acre)
c
c  defid deluid OrgN_L  OrgN_A  NH4S_L  NH4S_A  NH4E_L  NH4E_A  NO3_L  NO3_A  NO2_L  NO2_A  SO4_L  SO4_A
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
C399 initial concentration in the stream
c  only required if mdasfg = 1 (see card 0)
c
c  defid parameter group id
```

```
c  OrgN initial conc of organic nitrogen in the stream (mg/l)
c  H2O  initial conc of H2O in the stream (mg/l)
c  H   initial conc of H(+) in the stream (mg/l)
c  Ca  initial conc of Ca(2+) in the stream (mg/l)
c  CO3  initial conc of CO3(2-) in the stream (mg/l)
c  Fe  initial conc of Fe(3+) in the stream (mg/l)
c  NO3  initial conc of nitrate in the stream (mg/l)
c  NH4  initial conc of ammonium in the stream (mg/l)
c  Al  initial conc of aluminum in the stream (mg/l)
c  Org  initial conc of Torg in the stream (mg/l)
c  SO4  initial conc of sulfate in the stream (mg/l)
c  PF  initial conc of ParF in the stream (mg/l)
c  PA  initial conc of ParA in the stream (mg/l)
c  NO2  initial conc of nitrite in the stream (mg/l)
c
c  defid OrgN  H2O  H  Ca  CO3  Fe  NO3  NH4  Al  Org  SO4  PF  PA  NO2
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c400 general channel information
c
c  admod  advection method (1 for dynamic mixing same as in HSPF and 2 for static mixing)
c  kc   crop factor associated with PEVT (used to back-calculate EVAP; EVAP = PEVT/kc)
c  sedber stream bank erosion sediment (1 for on and 0 for off)
c  vconfg a value of 1 for vconfg means that F(vol) (volume-dependent) outflow demand components are multiplied by a factor which is allowed to vary through the year.
c      These monthly adjustment factors are input in Tabla-type MON-CONVF in this section (card 401)
c
c                  admod  kc  sedber  vconfg
                   1                  0.000000        0                  0
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c401 monthly F(vol) adjustment factors
c  only required if vconfg = 1 (see card 400)
c
c  rgid   stream parameter group id
c  jan-dec F(vol) adjustment factors at the start of each month
c
c rgid             jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c405 channel routing network
c
c  rchid  reach id (same as subbasin id)
c  control output control switch for the corresponding reach
c      0 = will not write general output
c      1 = will write general output
c  NumOutlets number of downstream outlets
c  DSn   downstream outlets DS1  Ds2 .... DSn
c
c  rchid  control  NumOutlets  DS1  DS2 ..... DSn
                   401                1                  1                  -1
                   402                1                  1                  401
                   403                1                  1                  402
                   404                1                  1                  403
                   405                1                  1                  404
                   406                1                  1                  405
                   407                1                  1                  405
                   408                1                  1                  405
                   409                1                  1                  405
                   410                1                  1                  405
                   411                1                  1                  404
                   412                1                  1                  404
                   413                1                  1                  404
                   414                1                  1                  403
                   415                1                  1                  403
                   416                1                  1                  403
                   417                1                  1                  -1
                   418                1                  1                  -1
                   419                1                  1                  -1
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c410 reach geometry information
c
c  rchid  reach/lake id (same as subbasin id)
c  rgid  reach/lake group id
c  trgid  threshold reach/lake group id
c  lkfg  reach/lake flag (0 for reach otherwise lake)
c      lake flag = 1 (rectangular weir for internal option)
c      lake flag = 2 (triangular weir for internal option)
c      lake flag = 11 (BMP with rectangular weir for internal option)
c      lake flag = 12 (BMP with triangular weir for internal option)
c  idepth reach/lake initial water depth (feet)
c  length reach/lake length (miles)
c  depth  reach/lake bank full depth (feet)
c  width  reach/lake bankfull width (feet)
c  slope  reach longitudinal slope/lake infiltration rate (in/hr)
c  Mann  reach Manning's roughness coefficient/lake weir width (ft)
c  r1   reach ratio of bottom width to bank full width (bottom width = r1 * width)/lake orifice height (ft)
c  r2   reach side slope of flood plane/lake orifice diameter (ft)
c  w1   reach flood plane width factor (width of flood plane =w1*Width)/lake median particle size diameter, db50 (ft)
c  crat  ratio of maximum velocity to mean velocity in the RCHRES cross-section under typical flow conditions (greater than or equal to 1)
c  ks                the weighting factor for hydraulic routing (calibration)
c
c                  rchid              rgid trgid  lkfg idepth          length  depth width  slope   mann  r1  r2  w1  crrat ks
                   401                1                  1                  0                  5.577360        1.833734        5.577360        92.256096        0.001220        0.020000        0.200000
                   0.500000        1.500000        1.500000        0.000000
                   402                1                  1                  0                  5.554394        1.583802        5.554394        91.780380        0.002080        0.020000        0.200000
                   0.500000        1.500000        1.500000        0.000000
```

```
403     1       1       0       5.472374  8.094910  5.472374  89.884078  0.001670  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
404     1       1       0       5.016343  6.119326  5.016343  79.510188  0.002680  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
405     1       1       0       4.543908  6.302866  4.543908  69.162545  0.002390  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
406     1       1       0       3.392347  13.013975 3.392347  45.806530  0.019920  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
407     1       1       0       2.933035  6.980650  2.933035  37.292854  0.019010  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
408     1       1       0       2.732906  11.841498 2.732906  33.772555  0.009250  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
409     1       1       0       2.289998  4.993137  2.289998  26.298893  0.013260  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
410     1       1       0       2.217821  4.635320  2.217821  25.176859  0.018960  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
411     1       1       0       1.994726  4.457398  1.994726  21.682807  0.020870  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
412     1       1       0       2.664010  6.365792  2.664010  32.594748  0.017300  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
413     1       1       0       2.283437  4.719379  2.283437  26.190626  0.013070  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
414     1       1       0       2.168609  5.981917  2.168609  24.389467  0.019330  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
415     1       1       0       2.345772  4.879601  2.345772  27.237202  0.012070  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
416     1       1       0       2.713222  9.036441  2.713222  33.444475  0.016190  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
417     1       1       0       2.480285  2.273497  2.480285  29.425495  0.033190  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
418     1       1       0       1.223738  0.333677  1.223738  10.866010  0.002210  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
419     1       1       0       1.246704  0.210149  1.246704  11.177686  0.014680  0.020000  0.200000
0.500000  1.500000  1.500000  0.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c413 reach cross-section information
c       rchid  x1      y1      x2      y2...
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c415 reach discharge-volume relationship
c
c  rchid  reach id
c  depth  water depth (feet)
c  area  water surface area (acres)
c  vol   water volume (ac-ft)
c  disch(1, 2, 3, ....noutflows) outflows (cfs)
c
c       rchid depth  area  vol  disch1  disch2  ....... dischN
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c420 general point source information
c
c  nPtSource  number of individual point sources
c  nPtQuals  number of point source quals
c
c nPtSource nPtQuals
        23      1
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c425 point source
c  Qualindex point source qual index
c  Qualname  point source qual name
c  Qualid      point source qual id
c  sqalfr      point source sediment associated qual fraction (0-1)
c
c Qualindex Qualname qualid
        1       FECAL   12      0.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c430 point source withdrawal
c  subbasin point source reach id
c  permit  point source permit
c  pipe   point source pipe
c  wd_target point source withdrawal target reach id
c
c subbasin permit pipe  wd_target
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c440 sediment parameters controls
c
c  crvfg  if crvfg is 1, erosion-related cover may vary throughout the year.
c     values are supplied in Tabla-type MON-COVER (card 453)
c  vsivfg if vsivfg is 1, the rate of net vertical sediment input may vary throughout the year.
c     if vsivfg is 2, the vertical sediment input is added to the detached sediment storage only on days when no rainfall occurred during the previous day.
c     values are supplied in Tabla-type MON-NVSI (card 454)
c
c       crvfg  vsivfg
        0       0
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c450 sediment parameter group 1   (read if sedfg =1)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  smpf  supporting management practice factor
c  krer  coefficient in the soil detachment equation
c  jrer  exponent in the soil detachment equation
c  affix  fraction by which detached sediment storage decreases each day as a result of
c     soil compaction. (/day)
```

```
c  cover  fraction of land surface which is shielded from rainfall erosion
c  nvsi  rate at which sediment enters detached storage from the atmosphere (lb/ac/day)
c      negative value may be used to simulate removal by human activity or wind
c  kser  coefficient in the detached sediment washoff equation
c  jser  exponent in the detached sediment washoff equation
c  kger  coefficient in the matrix soil scour equation, which simulates gully erosion
c  jger  exponent in the matrix soil scour equation, which simulates gully erosion
c  accsdp rate at which solids accumulate on the land surface (used in impervious land)
c  remsdp fraction of solids storage which is removed each day when there is no runoff,
c      for example, because of street sweeping (used in impervious land)
c
c                    defid deluid smpf  krer  jrer affix cover  nvsi kser  jser kger jger  accsdp remsdp
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c451 sediment parameter group 2  (read if sedfg =1)
c
c  defid   parameter group id
c  deluid  landuse id
c  sed-suro background concentration associated with surface flow (mg/l)
c  sed-ifwo background concentration associated with interflow outflow (mg/l)
c  sed-agwo background concentration associated with groundwater outflow (mg/l)
c  sand_p  fraction of sand in total sediments
c  sed_p   fraction of cohesive sediment class_i (silt,clay,......)
c
c  sand + silt + clay + ...... = 1
c  Background sediment load is added to total sediment from LAND prior to applying fractions
c
c                    defid deluid sed_suro  sed_ifwo  sed_agwo  sand_p  sed_p[1]  sed_p[2]  sed_p[3] .........sed_p[n]
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c452 GQUAL-sediment to stream mapping (read if sediment as gqual)
c
c  defid  parameter group id
c  dwqid  general quality id
c  lutype landuse type flow id (1 = impervious surfaceflow,
c      2 = pervious surfaceflow, 3 = pervious interflow, 4 = pervious groundflow)
c  sand  fraction of sand in total sediments
c  sed   fraction of cohesive sediment class_i (silt,clay,......)
c
c                    defid dwqid  lutype  sand  sed[1]  sed[2]  sed[3] .........sed[n]
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c453 monthly erosion-related cover values
c  only required if crvfg = 1 (see card 440)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec erosion-related cover values at start of each month
c
c                    defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c454 monthly net vertical sediment input
c  only required if vsivfg = 1 (see card 440)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec net vertical sediment input at start of each month (lb/acre/day)
c
c                    defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c455 sed general parameters group 1
c  general sediment related parameters for instream transport
c
c  rgid   stream parameter group id
c  bedwid  bed width (ft) - this is constant for the entire simulation period
c  beddep  initial bed depth (ft)
c  por   porosity
c
c
c                    rgid bedwid beddep por
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c456 sediment class parameters group
c  cohesive suspended sediment variables for instream transport
c
c  rgid   stream parameter group id
c  sed_id  cohesive sediment class id (silt, clay, .........)
c  sedflg  cohesive sediment flag indicating sediment class as a silt or clay (1 for silt and 2 for clay)
c  sedo   initial sediment conc in fluid phase (mg/liter)
c  sedbo  initial fraction of bed depth that is either clay (card 545) or silt (card 550)
c  d    effective diameter of the particles (in)
c  w    corresponding fall velocity of the particle in still water (in/s)
c  rho   density of the particles (gm/cm^3) - 2.65 is default for silica crystals
c  taucd  critical bed shear stress for deposition - generally taucd <= taucs (lb/ft^2)
c      if tau > taucd then no deposition
c      if tau < taucd then deposition rate approaches settling velocity, w
c  taucs  critical bed shear stress for scour (lb/ft^2)
c      if tau < taucs then no scour
c      if tau > taucs then scour steadily increases
c  m    erodibility coefficient of the sediment (lb/ft^2/day)
c
c
c                    rgid sed_id sedflg                  sedo sedbo d  w rho taucd taucs m
c-----------------------------------------------------------------------------------------------------
c457 sediment parameter group 3  (read if sedfg = 1 and sedber = 1)
c
c  rchid  reach id
```

```
c  kber  coefficient for scour of the bank matrix soil (calibration)
c  jber  exponent for scour of the bank matrix soil (calibration)
c  qber  bank erosion flow threshold causing channel bank soil erosion (cfs)
c     if = -ve then threshold flow is at the bank full depth (cfs)
c  sand  fraction of sand in total bank erroded sediments
c  sed_n  fraction of cohesive sediment class_n (silt or clay)
c
c                 rchid  kber  jber  qber  sand  sed_1  sed_2  sed_3 ....sed_n
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c460 soil temperature control  (read if tempfg = 1)
c
c  msltfg if = 1 monthly vary aslt and bslt parameters in surface flow temperature calculation
c  miftfg if = 1 monthly vary aift and bift parameters in interflow temperature calculation
c  mgwtfg if = 1 monthly vary agwt and bgwt parameters in ground water temperature calculation
c
c                 msltfg   miftfg   mgwtfg
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c461 Soil Temperature  (read if tempfg =1)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  tsopfg if = 0 compute subsurface temperatures using a mean departure from air temperature plus a smoothing factor
c     if = 1 compute subsurface temperature using regression
c     if = 2 the lower/gw layer temperature is a function of upper layer temperature instead of air temperature
c  aslt  surface layer temperature when the air temperature 0 degrees C
c  bslt  slope of the surface layer temperature regression equation
c  aift  mean difference between interflow temperature and air temperature (C)
c  bift  smoothing factor in the interflow temperature calculation
c  agwt  mean difference between groundwater temperature and air temperature (C)
c  bgwt  smoothing factor in the groundwater temperature calculation
c  islt  initial surface flow temperature (C)
c  iift  initial interflow temperature (C)
c  igwt  initial groundwater temperature (C)
c
c     y = a + b * x
c                 defid deluid  tsopfg  aslt   bslt   aift   bift   agwt  bgwt islt  iift  igwt
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c462 mon-aslt
c  only required if tempfg = 1 and msltfg = 1 (see card 460)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec surface layer temperature when the air temperature 0 degrees C at start of each month (C)
c
c                 defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c463 mon-bslt
c  only required if tempfg = 1 and msltfg = 1 (see card 460)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec slope of the surface layer temperature regression equation at start of each month
c
c                 defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c464 mon-aift
c  only required if tempfg = 1 and miftfg = 1 (see card 460)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec mean difference between interflow temperature and air temperature at start of each month (C)
c
c                 defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c465 mon-bift
c  only required if tempfg = 1 and miftfg = 1 (see card 460)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec smoothing factor in the interflow temperature calculation at start of each month
c
c                 defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c466 mon-agwt
c  only required if tempfg = 1 and mgwtfg = 1 (see card 460)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec mean difference between groundwater temperature and air temperature at start of each month (C)
c
c                 defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c467 mon-bgwt
c  only required if tempfg = 1 and mgwtfg = 1 (see card 460)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec smoothing factor in the groundwater temperature calculation at start of each month
c
c                 defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c470 Temperature Parameters for Land Groups (read if tempfg =1)
c
```

```
c  subbasin  subbasin id
c  melev          the mean watershed elevation (ft)
c  eldat    difference in elevation between watershed and the air temperature gage (ft)
c  rmelev   the mean RCHRES elevation (ft)
c  reldat   difference in elevation between the RCHRES and the air temperature gage (ft)
c       (positive if RCHRES is higher than the gage).
c
c                    subbasin  melev   eldat  rmelev   reldat
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c475 Temperature Parameters for Stream Groups (read if tempfg =1)
c
c  rgid  stream parameters group id
c  cfsaex correction factor for solar radiation; fraction of RCHRES surface exposed to radiation
c  katrad longwave radiation coefficient
c  kcond  conduction-convection heat transport coefficient
c  kevap  evaporation coefficient
c
c                    rgid  cfsaex  katrad   kcond   kevap
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c500 land to stream mapping (read if oxfg =1)
c
c  rgid  stream parameters group id
c  dwqid  general quality id
c  lutype landuse type flow id (1 = impervious surfaceflow,
c     2 = pervious surfaceflow, 3 = pervious interflow, 4 = pervious groundflow)
c  bod   bod fraction in pqual
c  nox   nitrate fraction in pqual
c  tam   total ammonia fraction in pqual
c  snh4  particulate NH4-N fraction in pqual
c  po4   ortho-phosphorus fraction in pqual
c  spo4  particulate PO4-P fraction in pqual
c  orn   organic-nitrogen fraction in pqual
c  orp   organic-phosphorus fraction in pqual
c  orc   organic-carbon fraction in pqual
c
c                    rgid  dwqid  lutype  bod  nox  tam  snh4  po4  spo4  orn  orp  orc
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c502 gases control  (read if oxfg =1)
c
c  midofg if = 1 monthly very DO concentration in interflow
c  mico2fg if = 1 monthly very CO2 concentration in interflow
c  madofg if = 1 monthly very DO concentration in ground water
c  maco2fg if = 1 monthly very CO2 concentration in ground water
c
c                    midofg   mico2fg   madofg   maco2fg
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c503  DO-CO2 Control constant values (read if oxfg =1)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  sdoxp  concentration of dissolved oxygen in surface flow (mg/l)
c  sco2p  concentration of dissolved CO2 in surface flow (mg/l)
c  idoxp  concentration of dissolved oxygen in interflow outflow (mg/l)
c  ico2p  concentration of dissolved CO2 in interflow outflow (mg/l)
c  adoxp  concentration of dissolved oxygen in active groundwater outflow (mg/l)
c  aco2p  concentration of dissolved CO2 in active groundwater outflow (mg/l)
c
c                    defid deluid  sdoxp  sco2p   idoxp  ico2p   adoxp  aco2p
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c504 mon-DO (interflow) mg C/l
c  only required if oxfg = 1 and midofg = 1 (see card 502)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec interflow dissolved oxygen concentration at start of each month (mg/l)
c
c                    defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c505 mon-DO (groundwater)
c  only required if oxfg = 1 and madofg = 1 (see card 502)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec groundwater dissolved oxygen concentration at start of each month (mg/l)
c
c                    defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c506 mon-CO2 (interflow) mg C/l
c  only required if oxfg = 1 and mico2fg = 1 (see card 502)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec interflow carbon dioxide concentration at start of each month (mg/l)
c
c                    defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c507 mon-CO2 (groundwater)
c  only required if oxfg = 1 and maco2fg = 1 (see card 502)
c
c  defid  parameter group id
c  deluid landuse id
c  jan-dec groundwater carbon dioxide concentration at start of each month (mg/l)
c
```

```
c                   defid deluid  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c510 DO/BOD control
c
c  benrfg  benthic release flag (for benthic related parameters)
c  reamfg  reaeration flag (for stream reaeration function)
c
c                   benrfg   reamfg
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c511 ox-parm1
c
c  rgid  stream parameter group id
c  kbod20 bod decay rate at 20oC (1/hr)
c  tcbod  temperature adjustment coefficient for bod decay
c  kodset bod settling rate (m/hr)
c  supsat maximum allowable dissolved oxygen supersaturation (expressed as a multiple of the dissolved oxygen saturation concentration)
c  tcginv temperature correction coefficient for surface gas invasion
c  reak  empirical constant in the equation used to calculate the reaeration coefficient (1/hr)
c  expred exponent to depth in the reaeration coefficient equation
c  exprev exponent to velocity in the reaeration coefficient equation
c  cforea correction factor in the lake reaeration equation; it accounts for good or poor circulation characteristics
c
c                   rgid  kbod20  tcbod  kodset  supsat  tcginv  reak  expred  exprev  cforea
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c512 ox-parm2
c
c  rgid    stream parameter group id
c  benod   benthal oxygen demand at 20 degrees C (with unlimited DO concentration) (mg/m2/hr)
c  tcben   temperature correction coefficient for benthal oxygen demand
c  expod   exponential factor in the dissolved oxygen term of the benthal oxygen demand equation
c  brbod   benthal release rate of BOD under aerobic conditions.(mg/m2/hr)
c  brbod_inc increment to benthal release of BOD under anaerobic conditions. (mg/m2/hr)
c  expre1   the exponent in the DO term of the benthal BOD release equation
c
c                   rgid  benod  tcben  expod  brbod  brbod_inc  exprel
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c513 oxrx-initial conditions
c
c  rgid  stream parameter group id
c  dox  DO initial condition. (mg/l)
c  bod  BOD initial condition in water column. (mg/l)
c  satdo Initial DO saturation concentration. (mg/l)
c
c                   rgid  dox  bod  satdo
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c514 ox-scour parms
c
c  rgid  stream parameter group id
c  scrvel threshold velocity above which the effect of scouring on benthal release rates is considered. (m/s)
c  scrmul multiplier by which benthal releases are increased during scouring.
c
c                   rgid  scrvel  scrmul
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c520 nutrients control
c
c  tamfg  total ammonia flag
c  no2fg  nitrite flag
c  po4fg  ortho-phosphorus flag
c  amvfg  ammonia volatilization flag
c  denfg  denitrification flag
c  adnhfg  NH4 adsorption flag
c  adpofg  PO4 adsorption flag
c  mphfg  monthly pH flag (not supported in this version)
c
c                   tamfg  no2fg  po4fg  amvfg  denfg  adnhfg  adpofg  mphfg
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c521 nut-parm1
c
c  rgid  stream parameter group id
c  cvbo  conversion from milligrams biomass to milligrams oxygen (mg/mg)
c  cvbpc  conversion from biomass expressed as phosphorus to carbon (mols/mol)
c  cvbpn  conversion from biomass expressed as phosphorus to nitrogen (mols/mol)
c  bpcntc percentage of biomass which is carbon (by weight)
c  ktam20 nitrification rate of ammonia at 20 degrees C (1/hr)
c  kno220 nitrification rate of nitrite at 20 degrees C (1/hr)
c  tcnit  temperature correction coefficient for nitrification
c  kno320 nitrate denitrification rate at 20 degrees C (1/hr)
c  tcden  temperature correction coefficient for denitrification
c  denoxt dissolved oxygen concentration threshold for denitrification (mg/l)
c
c                   rgid  cvbo  cvbpc  cvbpn bpcntc  ktam20 kno220 tcnit kno320 tcden denoxt
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c522 nut-parm2
c
c  rgid     stream parameter group id
c  brtam_1   benthal release rate of ammonia under aerobic condition (mg/m2/hr)
c  brtam_2   benthal release rates of ammonia under anaerobic conditions (mg/m2/hr)
c  brpo4_1   benthal release rate of ortho-phosphorus under aerobic condition (mg/m2/hr)
c  brpo4_2   benthal release rate of ortho-phosphorus under anaerobic condition (mg/m2/hr)
c  bnh4(1-3)  constant bed concentrations of ammonia-N adsorbed to sand, silt, and clay (mg/kg)
c  bpo4(1-3)  constant bed concentrations of ortho-phosphorus-P adsorbed to sand, silt, and clay (mg/kg)
c
c                   rgid  brtam_1  brtam_2  brpo4_1  brpo4_2  bnh4_1  bnh4_2  bnh4_3  bpo4_1  bpo4_2  bpo4_3
```

```
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c523 nut-parm3
c
c  rgid     stream parameter group id
c  anaer    concentration of dissolved oxygen below which anaerobic conditions are assumed to exist (mg/l)
c  adnhpm(1-3) adsorption coefficients (Kd) for ammonia-N adsorbed to sand, silt, and clay (cm3/g)
c  adpopm(1-3) adsorption coefficients for ortho-phosphorus-P adsorbed to sand, silt, and clay (cm3/g)
c  expnvg   exponent in the gas layer mass transfer coefficient equation for NH3 volatilization
c  expnvl   exponent in the liquid layer mass transfer coefficient equation for NH3 volatilization
c
c                  rgid anaer  adnhpm_1  adnhpm_2  adnhpm_3  adpopm_1  adpopm_2  adpopm_3  expnvg  expnvl
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c524 nut-initial conditions
c
c  rgid    stream parameter group id
c  no3    initial concentration of nitrate (mg/l)
c  tam    initial concentration of total ammonia (mg/l)
c  no2    initial concentration of nitrite (as N) (mg/l)
c  po4    initial concentration of ortho-phosphorus (as P) (mg/l)
c  snh4(1-3) initial suspended concentrations of ammonia-N adsorbed to sand, silt, and clay (mg/kg)
c  spo4(1-3) initial suspended concentrations of ortho-phosphorus-P adsorbed to sand, silt, and clay (mg/kg)
c
c                  rgid  no3  tam  no2  po4  snh4_1  snh4_2  snh4_3  spo4_1  spo4_2  spo4_3
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c530 plank flags
c
c  phyfg  phytoplankton flag
c  zoofg  zooplankton flag
c  balfg  benthic algae flag
c  sdltfg  influence of sediment washload on light extinction flag
c  amrfg  ammonia retardation of nitrogen-limited growth flag
c  decfg  linkage between carbon dioxide and phytoplankton growth flag
c  nsfg   ammonia is included as part of available nitrogen supply in nitrogen limited growth calculations
c  orefg  indicates the oref parameter in card 534 as a flowrate (if = 0) otherwise velocity
c
c                  phyfg  zoofg  balfg  sdltfg  amrfg  decfg  nsfg  orefg
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c531 plank-parm1
c
c  rgid  stream parameter group id
c  ratclp ratio of chlorophyll A content of biomass to phosphorus content
c  nonref non-refractory fraction of algae and zooplankton biomass
c  litsed multiplication factor to total sediment concentration to determine sediment contribution to light extinction (l/mg/ft)
c  alnpr  fraction of nitrogen requirements for phytoplankton growth that is satisfied by nitrate
c  extb  base extinction coefficient for light (1/m)
c  malgr  maximum unit algal growth rate (1/hr)
c
c                  rgid  ratclp  nonref  litsed  alnpr  extb  malgr
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c532 plank-parm2
c
c  rgid  stream parameter group id
c  cmmlt  Michaelis-Menten constant for light limited growth (lay/min)
c  cmmn  nitrate Michaelis-Menten constant for nitrogen limited growth (mg/l)
c  cmmnp  nitrate Michaelis-Menten constant for phosphorus limited growth (mg/l)
c  cmmp  phosphate Michaelis-Menten constant for phosphorus limited growth (mg/l)
c  talgrh temperature above which algal growth ceases (C)
c  talgrl temperature below which algal growth ceases (C)
c  talgrm temperature below which algal growth is retarded (C)
c
c                  rgid  cmmlt  cmmn  cmmnp  cmmp  talgrh  talgrl  talgrm
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c533 plank-parm3
c
c  rgid  stream parameter group id
c  alr20 algal unit respiration rate at 20 degrees C (1/hr)
c  aldh  high algal unit death rate (1/hr)
c  aldl  low algal unit death rate (1/hr)
c  oxald increment to phytoplankton unit death rate due to anaerobic conditions (1/hr)
c  naldh inorganic nitrogen concentration below which high algal death rate occurs (as nitrogen) (mg/l)
c  paldh inorganic phosphorus concentration below which high algal death rate occurs (as phosphorus) (mg/l)
c
c                  rgid   alr20   aldh   aldl   oxald   naldh   paldh
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c534 plank-parm4
c
c  rgid  stream parameter group id
c  phycon constant inflow concentration of plankton from land to reach (mg/l)
c  seed  minimum concentration of plankton not subject to advection (i.e., at high flow) (mg/l)
c  mxstay concentration of plankton not subject to advection at very low flow (mg/l)
c  oref  velocity/outflow at which the concentration of plankton not subject to advection is midway between SEED and MXSTAY, see card 530 (m/s or m3/s)
c  claldh chlorophyll a concentration above which high algal death rate occurs (ug/l)
c  physet phytoplankton settling rate (m/hr)
c  refset settling rate for dead refractory organics (m/hr)
c  cfsaex This factor is used to adjust the input solar radiation to make it applicable to the RCHRES;
c      for example, to account for shading of the surface by trees or buildings
c  mbal  maximum benthic algae density (as biomass) (mg/m2)
c  cfbalr ratio of benthic algal to phytoplankton respiration rate
c  cfbalg ratio of benthic algal to phytoplankton growth rate
c
c                  rgid  phycon  seed  mxstay  oref  claldh  physet  refset cfsaex mbal  cfbalr  cfbalg
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c535 plank-initial conditions
```

```
c
c  rgid  stream parameter group id
c  phyto initial phytoplankton concentration, as biomass (mg/l)
c  benal initial benthic algae density, as biomass (mg/m2)
c  orn  initial dead refractory organic nitrogen concentration (mg/l)
c  orp  initial dead refractory organic phosphorus concentration (mg/l)
c  orc  initial dead refractory organic carbon concentration (mg/l)
c
c                  rgid  phyto  benal  orn  orp  orc
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c540 pH controls
c
c  phffg1  value of 0 indicates that the removal factor for total inorganic carbon is constant, given as phfrc1
c                                                    a value of 1 indicates the monthly removal factors
c  phffg2  value of 0 indicates that the removal factor for dissolved carbon dioxide is constant, given as phfrc2
c      a value of 1 indicates the monthly removal factors
c  phfrc1  removal fraction for total inorganic carbon
c  phfrc2  removal fraction for dissolved carbon dioxide
c
c                  phffg1  phffg2  phfrc1  phfrc2
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c541 pH-parm
c
c  rgid  stream parameter group id
c  phcnt          maximum number of iterations used to solve for the pH
c  alkcon         number of the conservative substance which is used to simulate alkalinity
c     Alkalinity must be simulated in order to obtain valid results
c  cfcinv         ratio of the carbon dioxide invasion rate to the oxygen reaeration rate
c  brco2_1        benthal release rate of CO2 (as carbon) for aerobic conditions (mg/m2/hr)
c  brco2_2 benthal release rate of CO2 (as carbon) for anaerobic conditions (mg/m2/hr)
c
c                  rgid  phcnt  alkcon  cfcinv  brco2_1  brco2_2
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c542 pH-initial conditions
c
c  rgid           stream parameter group id
c  tic                           initial total inorganic carbon (mg/l)
c  co2                           initial carbon dioxide (as carbon) (mg/l)
c  ph                            initial pH
c
c                  rgid  tic  co2  ph
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c543 mon-tic (monthly removal fraction for total inorganic carbon)
c  only required if phfg = 1 and phffg1 = 1 (see card 502 and card 540)
c
c  rgid  stream parameter group id
c  jan-dec total inorganic carbon removal fraction at the start of each month
c
c rgid            jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c544 mon-co2 (monthly removal fraction for dissolved carbon dioxide)
c  only required if phfg = 1 and phffg2 = 1 (see card 502 and card 540)
c
c  rgid  stream parameter group id
c  jan-dec dissolved carbon dioxide removal fraction at the start of each month
c
c rgid            jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c600 TMDL control flags
c
c  ncpt    if > 0 then use point sources control card 660
c  ncland   if > 0 then use landuse control card 670
c       if = 1 then apply reduction to only surface output
c       if = 2 then apply reduction to total land output
c  ncrch    if > 0 then use reach control card 680 and 690
c  ntrgp    number of threshold groups in Card 410 and 610
c  ntnum    number of defined thresholds for analysis
c       if > 0 then use threshold control cards 605 and 610
c
c  ncpt ncland ncrch ntrgp ntnum
                  23              2               0               1               3
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c605 TMDL threshold mapping (used if ntnum > 0 in card 600)
c
c  tnum    threshold ordinal number
c  tqsd    threshold qual (1 for dissolved only and 2 for total)
c  tcount   number of water quality constituent to aggregate
c  tqid    list of tqid to aggregate - number of tqid in list = tcount (GQUAL/RQUAL IDs)
c
c  tnum  tqsd  tcount  tqid1  tqid2  ....... tqidn
                  1               2               1               12
                  2               2               1               12
                  3               2               1               12
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c610 TMDL threshold definitions (used if ntnum > 0 in card 600)
c
c  trgid   threshold reach group ID (corresponds to trgid on Card 410)
c  tnum    threshold number (corresponds to tnum on Card 605)
c  ttype   threshold type (possible values: 0, 1, 2, 3 or -1, -2, -3)
c       0 = no standard to be applied for the trgid
c       1 = instantaneous values > threshold
c       2 = arithmetic mean > threshold
c       3 = geometric mean > threshold
```

```
c       -1 = instantaneous values < threshold
c       -2 = arithmetic mean < threshold
c       -3 = geometric mean < threshold
c  tdays   number of days over model output is aggregated and/or is compared
c       if tdays = 0 then threshold becomes percent of time
c  jan-dec  twelve monthly values for threshold (for constant, use same value 12 times)
c       (units are same as in card 250)
c
c  examples: ttype tdays description/interpretation
c        1   1 at least one instantaneous value within a 1-day running period > threshold
c       -1   1 at least one instantaneous value within a 1-day running period < threshold
c        1   0 percent of time that instantaneous value > threshold
c        2   4 4-day running arithmetic mean > threshold
c        3   30 30-day running geometric mean > threshold (for previous 30-days)
c
c trgid tnum  ttype tdays  jan  feb  mar  apr  may  jun  jul  aug  sep  oct  nov  dec
                1           1           1           0           400.000000  400.000000  400.000000  400.000000  400.000000  400.000000  400.000000
                400.000000  400.000000  400.000000  400.000000  400.000000
                1           2           3           5           200.000000  200.000000  200.000000  200.000000  200.000000  200.000000  200.000000
                200.000000  200.000000  200.000000  200.000000  200.000000
                1           3           1           0           4000.000000 4000.000000 4000.000000 4000.000000 4000.000000 4000.000000 4000.000000
                4000.000000 4000.000000 4000.000000 4000.000000 4000.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c660 TMDL point source control (used if ncpt > 0 on card 600)
c
c  rchid    reach id
c  permit    point source index (level1)
c  pipe     point source index qualifier (level2)
c  reduction   reduction of pollutant from point source (in fraction)
c
c  rchid  permit  pipe  reduction_flow...reduction_qual1...reduction_qual2...reduction_qualn
                401         septics_401 1           0.000000    0.000000
                402         septics_402 1           0.000000    0.000000
                403         septics_403 1           0.000000    0.000000
                404         septics_404 1           0.000000    0.000000
                405         PR0025551   1           0.000000    0.000000
                405         septics_405 1           0.000000    0.000000
                406         PR0020851   1           0.000000    0.000000
                406         PR0023981   1           0.000000    0.000000
                406         septics_406 1           0.000000    0.000000
                407         PR0024317   1           0.000000    0.000000
                407         septics_407 1           0.000000    0.000000
                408         septics_408 1           0.000000    0.000000
                409         septics_409 1           0.000000    0.000000
                410         septics_410 1           0.000000    0.000000
                411         septics_411 1           0.000000    0.000000
                412         septics_412 1           0.000000    0.000000
                413         septics_413 1           0.000000    0.000000
                414         septics_414 1           0.000000    0.000000
                415         septics_415 1           0.000000    0.000000
                416         septics_416 1           0.000000    0.000000
                417         septics_417 1           0.000000    0.000000
                418         septics_418 1           0.000000    0.000000
                419         septics_419 1           0.000000    0.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------
c670 TMDL land-based control (used if ncland > 0 on card 600)
c
c  subbasin  subcuenca id
c  deluid   land use id
c  luname   land use name
c  reduction reduction of pollutant from corresponding landuse and subcuenca
c
c               subbasin deluid pluname reduction
                401         0           Water       0.000000    0.000000
                401         1           Forest      0.000000    0.000000
                401         2           Agriculture 0.000000    0.000000
                401         3           Pasture     0.000000    0.000000
                401         4           Wetland     0.000000    0.000000
                401         5           Barren      0.000000    0.000000
                401         6           Urban_HighD_Per         0.000000    0.000000
                401         7           Urban_LowD_Per          0.000000    0.000000
                401         8           Urban_HighD_Imp         0.000000    0.000000
                401         9           Urban_LowD_Imp          0.000000    0.000000
                402         0           Water       0.000000    0.000000
                402         1           Forest      0.000000    0.000000
                402         2           Agriculture 0.000000    0.000000
                402         3           Pasture     0.000000    0.000000
                402         4           Wetland     0.000000    0.000000
                402         5           Barren      0.000000    0.000000
                402         6           Urban_HighD_Per         0.000000    0.000000
                402         7           Urban_LowD_Per          0.000000    0.000000
                402         8           Urban_HighD_Imp         0.000000    0.000000
                402         9           Urban_LowD_Imp          0.000000    0.000000
                403         0           Water       0.000000    0.000000
                403         1           Forest      0.000000    0.000000
                403         2           Agriculture 0.000000    0.000000
                403         3           Pasture     0.000000    0.000000
                403         4           Wetland     0.000000    0.000000
                403         5           Barren      0.000000    0.000000
                403         6           Urban_HighD_Per         0.000000    0.000000
                403         7           Urban_LowD_Per          0.000000    0.000000
                403         8           Urban_HighD_Imp         0.000000    0.000000
                403         9           Urban_LowD_Imp          0.000000    0.000000
```

404	0	Water	0.000000	0.000000	
404	1	Forest	0.000000	0.000000	
404	2	Agriculture	0.000000	0.000000	
404	3	Pasture	0.000000	0.000000	
404	4	Wetland	0.000000	0.000000	
404	5	Barren	0.000000	0.000000	
404	6	Urban_HighD_Per		0.000000	0.000000
404	7	Urban_LowD_Per		0.000000	0.000000
404	8	Urban_HighD_Imp		0.000000	0.000000
404	9	Urban_LowD_Imp		0.000000	0.000000
405	0	Water	0.000000	0.000000	
405	1	Forest	0.000000	0.000000	
405	2	Agriculture	0.000000	0.000000	
405	3	Pasture	0.000000	0.000000	
405	4	Wetland	0.000000	0.000000	
405	5	Barren	0.000000	0.000000	
405	6	Urban_HighD_Per		0.000000	0.000000
405	7	Urban_LowD_Per		0.000000	0.000000
405	8	Urban_HighD_Imp		0.000000	0.000000
405	9	Urban_LowD_Imp		0.000000	0.000000
406	0	Water	0.000000	0.000000	
406	1	Forest	0.000000	0.000000	
406	2	Agriculture	0.000000	0.000000	
406	3	Pasture	0.000000	0.000000	
406	4	Wetland	0.000000	0.000000	
406	5	Barren	0.000000	0.000000	
406	6	Urban_HighD_Per		0.000000	0.000000
406	7	Urban_LowD_Per		0.000000	0.000000
406	8	Urban_HighD_Imp		0.000000	0.000000
406	9	Urban_LowD_Imp		0.000000	0.000000
407	0	Water	0.000000	0.000000	
407	1	Forest	0.000000	0.000000	
407	2	Agriculture	0.000000	0.000000	
407	3	Pasture	0.000000	0.000000	
407	4	Wetland	0.000000	0.000000	
407	5	Barren	0.000000	0.000000	
407	6	Urban_HighD_Per		0.000000	0.000000
407	7	Urban_LowD_Per		0.000000	0.000000
407	8	Urban_HighD_Imp		0.000000	0.000000
407	9	Urban_LowD_Imp		0.000000	0.000000
408	0	Water	0.000000	0.000000	
408	1	Forest	0.000000	0.000000	
408	2	Agriculture	0.000000	0.000000	
408	3	Pasture	0.000000	0.000000	
408	4	Wetland	0.000000	0.000000	
408	5	Barren	0.000000	0.000000	
408	6	Urban_HighD_Per		0.000000	0.000000
408	7	Urban_LowD_Per		0.000000	0.000000
408	8	Urban_HighD_Imp		0.000000	0.000000
408	9	Urban_LowD_Imp		0.000000	0.000000
409	0	Water	0.000000	0.000000	
409	1	Forest	0.000000	0.000000	
409	2	Agriculture	0.000000	0.000000	
409	3	Pasture	0.000000	0.000000	
409	4	Wetland	0.000000	0.000000	
409	5	Barren	0.000000	0.000000	
409	6	Urban_HighD_Per		0.000000	0.000000
409	7	Urban_LowD_Per		0.000000	0.000000
409	8	Urban_HighD_Imp		0.000000	0.000000
409	9	Urban_LowD_Imp		0.000000	0.000000
410	0	Water	0.000000	0.000000	
410	1	Forest	0.000000	0.000000	
410	2	Agriculture	0.000000	0.000000	
410	3	Pasture	0.000000	0.000000	
410	4	Wetland	0.000000	0.000000	
410	5	Barren	0.000000	0.000000	
410	6	Urban_HighD_Per		0.000000	0.000000
410	7	Urban_LowD_Per		0.000000	0.000000
410	8	Urban_HighD_Imp		0.000000	0.000000
410	9	Urban_LowD_Imp		0.000000	0.000000
411	0	Water	0.000000	0.000000	
411	1	Forest	0.000000	0.000000	
411	2	Agriculture	0.000000	0.000000	
411	3	Pasture	0.000000	0.000000	
411	4	Wetland	0.000000	0.000000	
411	5	Barren	0.000000	0.000000	
411	6	Urban_HighD_Per		0.000000	0.000000
411	7	Urban_LowD_Per		0.000000	0.000000
411	8	Urban_HighD_Imp		0.000000	0.000000
411	9	Urban_LowD_Imp		0.000000	0.000000
412	0	Water	0.000000	0.000000	
412	1	Forest	0.000000	0.000000	
412	2	Agriculture	0.000000	0.000000	
412	3	Pasture	0.000000	0.000000	
412	4	Wetland	0.000000	0.000000	
412	5	Barren	0.000000	0.000000	
412	6	Urban_HighD_Per		0.000000	0.000000
412	7	Urban_LowD_Per		0.000000	0.000000
412	8	Urban_HighD_Imp		0.000000	0.000000
412	9	Urban_LowD_Imp		0.000000	0.000000
413	0	Water	0.000000	0.000000	
413	1	Forest	0.000000	0.000000	
413	2	Agriculture	0.000000	0.000000	

```
413    3    Pasture        0.000000    0.000000
413    4    Wetland        0.000000    0.000000
413    5    Barren         0.000000    0.000000
413    6    Urban_HighD_Per            0.000000    0.000000
413    7    Urban_LowD_Per             0.000000    0.000000
413    8    Urban_HighD_Imp            0.000000    0.000000
413    9    Urban_LowD_Imp             0.000000    0.000000
414    0    Water          0.000000    0.000000
414    1    Forest         0.000000    0.000000
414    2    Agriculture    0.000000    0.000000
414    3    Pasture        0.000000    0.000000
414    4    Wetland        0.000000    0.000000
414    5    Barren         0.000000    0.000000
414    6    Urban_HighD_Per            0.000000    0.000000
414    7    Urban_LowD_Per             0.000000    0.000000
414    8    Urban_HighD_Imp            0.000000    0.000000
414    9    Urban_LowD_Imp             0.000000    0.000000
415    0    Water          0.000000    0.000000
415    1    Forest         0.000000    0.000000
415    2    Agriculture    0.000000    0.000000
415    3    Pasture        0.000000    0.000000
415    4    Wetland        0.000000    0.000000
415    5    Barren         0.000000    0.000000
415    6    Urban_HighD_Per            0.000000    0.000000
415    7    Urban_LowD_Per             0.000000    0.000000
415    8    Urban_HighD_Imp            0.000000    0.000000
415    9    Urban_LowD_Imp             0.000000    0.000000
416    0    Water          0.000000    0.000000
416    1    Forest         0.000000    0.000000
416    2    Agriculture    0.000000    0.000000
416    3    Pasture        0.000000    0.000000
416    4    Wetland        0.000000    0.000000
416    5    Barren         0.000000    0.000000
416    6    Urban_HighD_Per            0.000000    0.000000
416    7    Urban_LowD_Per             0.000000    0.000000
416    8    Urban_HighD_Imp            0.000000    0.000000
416    9    Urban_LowD_Imp             0.000000    0.000000
417    0    Water          0.000000    0.000000
417    1    Forest         0.000000    0.000000
417    2    Agriculture    0.000000    0.000000
417    3    Pasture        0.000000    0.000000
417    4    Wetland        0.000000    0.000000
417    5    Barren         0.000000    0.000000
417    6    Urban_HighD_Per            0.000000    0.000000
417    7    Urban_LowD_Per             0.000000    0.000000
417    8    Urban_HighD_Imp            0.000000    0.000000
417    9    Urban_LowD_Imp             0.000000    0.000000
418    0    Water          0.000000    0.000000
418    1    Forest         0.000000    0.000000
418    2    Agriculture    0.000000    0.000000
418    3    Pasture        0.000000    0.000000
418    4    Wetland        0.000000    0.000000
418    5    Barren         0.000000    0.000000
418    6    Urban_HighD_Per            0.000000    0.000000
418    7    Urban_LowD_Per             0.000000    0.000000
418    8    Urban_HighD_Imp            0.000000    0.000000
418    9    Urban_LowD_Imp             0.000000    0.000000
419    0    Water          0.000000    0.000000
419    1    Forest         0.000000    0.000000
419    2    Agriculture    0.000000    0.000000
419    3    Pasture        0.000000    0.000000
419    4    Wetland        0.000000    0.000000
419    5    Barren         0.000000    0.000000
419    6    Urban_HighD_Per            0.000000    0.000000
419    7    Urban_LowD_Per             0.000000    0.000000
419    8    Urban_HighD_Imp            0.000000    0.000000
419    9    Urban_LowD_Imp             0.000000    0.000000
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c680 TMDL reach control (used if ncrch > 0 on card 600)
c
c  rchid    controlled reach id
c  outlet   controlled reach outlet id
c  limit-flow  flow limit from the corresponding reach (cfs)
c  limit_pol   concentration limit of pollutant from the corresponding reach (mg/l or ug/l or #/100ml)
c
c  rchid  outlet  limit_flow  limit_qual1...limit_qual2...limit_qualn
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
c690 TMDL reach control (used if ncrch > 0 on card 600)
c
c  rchid    controlled reach id
c  outlet   controlled reach outlet id
c  reduction   reduction of pollutant from the corresponding reach (fraction)
c        reduction in outflow will also reduce the pollutant mass from the outflow and
c        any defined reduction to pollutant will be the additional
c
c  rchid  outlet  reduction_flow...reduction_qual1...reduction_qual2...reduction_qualn
c-----------------------------------------------------------------------------------------------
```

APÉNDICE D: USO DE TERRENO POR SUBCUENCA

Subcuenca	Unidad de Evaluación	Nombre de la Unidad de Evaluación	Código de uso de terreno	Descripción del uso de terreno	Area (acres)
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	0	Water	20.43
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	1	Forest	144.13
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	2	Agriculture	0.00
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	3	Pasture	477.47
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	4	Wetland	104.38
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	5	Barren	13.10
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	6	Urban_HighD_Per	18.32
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	7	Urban_LowD_Per	33.65
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	8	Urban_HighD_Imp	18.32
401	PRUNNAMED2	UNNAMED 2	9	Urban_LowD_Imp	11.22
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	0	Water	35.59
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	1	Forest	336.29
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	2	Agriculture	5.12
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	3	Pasture	2,063.80
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	4	Wetland	0.00
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	5	Barren	29.80
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	6	Urban_HighD_Per	66.06
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	7	Urban_LowD_Per	514.95
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	8	Urban_HighD_Imp	66.06
402	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	9	Urban_LowD_Imp	171.65
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	0	Water	69.16
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	1	Forest	1,737.11
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	2	Agriculture	49.59
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	3	Pasture	2,531.94
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	4	Wetland	0.00
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	5	Barren	18.46
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	6	Urban_HighD_Per	62.71
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	7	Urban_LowD_Per	770.76
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	8	Urban_HighD_Imp	62.71
403	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	9	Urban_LowD_Imp	256.92
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	0	Water	65.14
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	1	Forest	1,230.48
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	2	Agriculture	48.24
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	3	Pasture	1,898.96
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	4	Wetland	0.00
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	5	Barren	0.89
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	6	Urban_HighD_Per	1.00
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	7	Urban_LowD_Per	465.01
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	8	Urban_HighD_Imp	1.00
404	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	9	Urban_LowD_Imp	155.00
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	0	Water	47.61
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	1	Forest	775.57
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	2	Agriculture	30.04
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	3	Pasture	1,575.39
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	4	Wetland	0.00
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	5	Barren	0.45
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	6	Urban_HighD_Per	3.89

Subcuenca	Unidad de Evaluación	Nombre de la Unidad de Evaluación	Código de uso de terreno	Descripción del uso de terreno	Area (acres)
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	7	Urban_LowD_Per	413.65
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	8	Urban_HighD_Imp	3.89
405	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	9	Urban_LowD_Imp	137.88
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	0	Water	3.34
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	1	Forest	6,262.56
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	2	Agriculture	472.63
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	3	Pasture	2,978.15
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	4	Wetland	0.00
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	5	Barren	4.45
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	6	Urban_HighD_Per	63.83
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	7	Urban_LowD_Per	1,142.99
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	8	Urban_HighD_Imp	63.83
406	PRWR95A	RIO CULEBRINAS	9	Urban_LowD_Imp	381.00
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	0	Water	1.78
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	1	Forest	1,173.33
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	2	Agriculture	7.34
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	3	Pasture	4,472.39
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	4	Wetland	0.00
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	5	Barren	4.89
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	6	Urban_HighD_Per	43.83
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	7	Urban_LowD_Per	790.23
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	8	Urban_HighD_Imp	43.83
407	PRWR95K	RIO GUATEMALA	9	Urban_LowD_Imp	263.41
408	PRWR95J	RIO SONADOR	0	Water	1.33
408	PRWR95J	RIO SONADOR	1	Forest	2,109.08
408	PRWR95J	RIO SONADOR	2	Agriculture	255.27
408	PRWR95J	RIO SONADOR	3	Pasture	2,353.23
408	PRWR95J	RIO SONADOR	4	Wetland	0.00
408	PRWR95J	RIO SONADOR	5	Barren	1.11
408	PRWR95J	RIO SONADOR	6	Urban_HighD_Per	0.00
408	PRWR95J	RIO SONADOR	7	Urban_LowD_Per	440.94
408	PRWR95J	RIO SONADOR	8	Urban_HighD_Imp	0.00
408	PRWR95J	RIO SONADOR	9	Urban_LowD_Imp	146.98
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	0	Water	2.67
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	1	Forest	687.60
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	2	Agriculture	2.00
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	3	Pasture	1,761.33
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	4	Wetland	0.00
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	5	Barren	1.56
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	6	Urban_HighD_Per	0.67
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	7	Urban_LowD_Per	287.76
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	8	Urban_HighD_Imp	0.67
409	PRWQ95I	QUEBRADA SALADA	9	Urban_LowD_Imp	95.92
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	0	Water	0.00
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	1	Forest	880.82

Subcuenca	Unidad de Evaluación	Nombre de la Unidad de Evaluación	Código de uso de terreno	Descripción del uso de terreno	Area (acres)
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	2	Agriculture	175.54
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	3	Pasture	1,211.24
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	4	Wetland	0.00
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	5	Barren	0.00
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	6	Urban_HighD_Per	0.00
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	7	Urban_LowD_Per	209.65
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	8	Urban_HighD_Imp	0.00
410	PRWQ95H	QUEBRADA GRANDE DE LA MAJAGUA	9	Urban_LowD_Imp	69.88
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	0	Water	0.67
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	1	Forest	336.13
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	2	Agriculture	1.56
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	3	Pasture	1,015.06
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	4	Wetland	0.00
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	5	Barren	0.45
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	6	Urban_HighD_Per	3.89
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	7	Urban_LowD_Per	293.78
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	8	Urban_HighD_Imp	3.89
411	PRWQ95G	QUEBRADA EL SALTO	9	Urban_LowD_Imp	97.93
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	0	Water	1.56
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	1	Forest	2,435.03
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	2	Agriculture	339.57
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	3	Pasture	1,681.40
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	4	Wetland	0.00
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	5	Barren	2.00
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	6	Urban_HighD_Per	0.11
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	7	Urban_LowD_Per	297.71
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	8	Urban_HighD_Imp	0.11
412	PRWQ95E	QUEBRADA YAGRUMA	9	Urban_LowD_Imp	99.24
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	0	Water	1.56
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	1	Forest	474.46
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	2	Agriculture	1.11
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	3	Pasture	1,826.13
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	4	Wetland	0.00
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	5	Barren	2.89
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	6	Urban_HighD_Per	2.67
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	7	Urban_LowD_Per	374.54
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	8	Urban_HighD_Imp	2.67
413	PRWQ95F	QUEBRADA LASALLE	9	Urban_LowD_Imp	124.85
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	0	Water	0.67
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	1	Forest	1,329.89

Subcuenca	Unidad de Evaluación	Nombre de la Unidad de Evaluación	Código de uso de terreno	Descripción del uso de terreno	Area (acres)
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	2	Agriculture	182.29
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	3	Pasture	570.24
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	4	Wetland	0.00
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	5	Barren	2.45
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	6	Urban_HighD_Per	0.00
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	7	Urban_LowD_Per	200.15
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	8	Urban_HighD_Imp	0.00
414	PRWQ95D	QUEBRADA LAS MARIAS	9	Urban_LowD_Imp	66.72
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	0	Water	0.00
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	1	Forest	770.48
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	2	Agriculture	4.89
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	3	Pasture	1,593.41
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	4	Wetland	0.00
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	5	Barren	8.67
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	6	Urban_HighD_Per	10.11
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	7	Urban_LowD_Per	527.36
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	8	Urban_HighD_Imp	10.11
415	PRWQ95C	QUEBRADA GRANDE	9	Urban_LowD_Imp	175.79
416	PRWR95B	RIO CANAS	0	Water	0.22
416	PRWR95B	RIO CANAS	1	Forest	2,529.11
416	PRWR95B	RIO CANAS	2	Agriculture	109.64
416	PRWR95B	RIO CANAS	3	Pasture	1,538.33
416	PRWR95B	RIO CANAS	4	Wetland	0.00
416	PRWR95B	RIO CANAS	5	Barren	9.34
416	PRWR95B	RIO CANAS	6	Urban_HighD_Per	12.57
416	PRWR95B	RIO CANAS	7	Urban_LowD_Per	726.57
416	PRWR95B	RIO CANAS	8	Urban_HighD_Imp	12.57
416	PRWR95B	RIO CANAS	9	Urban_LowD_Imp	242.19
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	0	Water	59.80
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	1	Forest	1,420.81
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	2	Agriculture	0.22
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	3	Pasture	849.02
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	4	Wetland	19.34
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	5	Barren	120.27
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	6	Urban_HighD_Per	292.12
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	7	Urban_LowD_Per	530.89
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	8	Urban_HighD_Imp	292.12
417	PRUNNAMED1	UNNAMED 1	9	Urban_LowD_Imp	176.96
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	0	Water	0.00
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	1	Forest	31.38
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	2	Agriculture	0.00
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	3	Pasture	225.26
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	4	Wetland	31.83
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	5	Barren	3.34
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	6	Urban_HighD_Per	9.68
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	7	Urban_LowD_Per	0.33
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	8	Urban_HighD_Imp	9.68
418	PRUNNAMED3	UNNAMED 3	9	Urban_LowD_Imp	0.11

Subcuenca	Unidad de Evaluación	Nombre de la Unidad de Evaluación	Código de uso de terreno	Descripción del uso de terreno	Area (acres)
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	0	Water	0.22
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	1	Forest	85.96
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	2	Agriculture	0.00
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	3	Pasture	116.53
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	4	Wetland	1.77
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	5	Barren	8.86
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	6	Urban_HighD_Per	51.51
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	7	Urban_LowD_Per	13.62
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	8	Urban_HighD_Imp	51.51
419	PRUNNAMED4	UNNAMED 4	9	Urban_LowD_Imp	4.54