

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**EFFECTIVIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE CIENOS EN LAS PLANTAS
DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental
en Evaluación y Manejo de Riesgo Ambiental

Por
Myrek L. Núñez Jiménez

29 de abril de 2009

DEDICATORIA

A mi hijo Julián Andrés.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no se habría podido preparar sin la generosa colaboración de muchas personas a quienes expreso mi agradecimiento. Deseo extender un especial reconocimiento a mis compañeros y colegas de la Agencia de Protección Ambiental; Ingeniero José Font; Ingeniero Jorge Martínez por su dedicación y esfuerzo en la revisión de este documento desde una perspectiva técnica. Ingeniero Jaime Géliga, por las palabras de entusiasmo y apoyo y guiarme hacia los contactos correctos para la elaboración de este estudio. Ingeniero Alex O. Rivera por ofrecer sus libros y su conocimiento. A la Dra. Ivette Torres de la Universidad Metropolitana, por la estructuración de este trabajo.

Además, quisiera agradecer más que nada a Dios por brindarme la perseverancia para cumplir con esta meta académica.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
Trasfondo del problema.....	1
Problema de estudio.....	3
Justificación del estudio.....	4
Pregunta de investigación	4
Meta	4
Objetivos	5
CAPÍTULO II	6
REVISIÓN DE LITERATURA	6
Trasfondo histórico	6
Factores de riesgo ambiental de las descargas de contaminantes en las plantas de tratamiento de agua potable	11
Especificaciones de la operación de la planta Enrique Ortega (La Plata)	14
Especificaciones de la operación de la planta Sergio Cuevas	15
Estudio de Casos: Historia de ejecuciones de la AAA bajo Acciones civiles y criminales	16
E.U. vs. AAA, acción civil 92-1511	16
E.U. vs. AAA, acción civil 98-0359.....	17
E.U. vs. AAA, acción criminal 06-382.....	18
Marco legal.....	19
Ley de agua limpia (CWA).....	20
<i>National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES)</i>	21
<i>Normas para la calidad del agua</i>	23
CAPÍTULO III	24
METODOLOGÍA.....	24

<i>Objetivo 1: Evaluar los parámetros de calidad de agua posterior a la implementación del STS para determinar la efectividad del sistema.....</i>	25
<i>Objetivo 2: Investigar los factores asociados al no cumplimiento para establecer estrategias de acción.....</i>	27
Manejo de los riesgos ambientales de las descargas de contaminantes en las plantas de tratamiento de agua potable.....	28
CAPÍTULO IV.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
Objetivo 1: Evaluar los parámetros de calidad de agua posterior a la implementación del STS para evaluar la efectividad del sistema.....	29
<i>Planta de Tratamiento Enrique Ortega.....</i>	29
<i>Planta de Tratamiento Sergio Cuevas.....</i>	31
Objetivo 2: Investigar los factores asociados al no cumplimiento para establecer estrategias de acción.....	32
Manejo de Riesgo Ambiental: recomendaciones prácticas entre agencias.....	37
CAPÍTULO V.....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
Limitaciones del estudio.....	45
LITERATURA CITADA.....	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: <i>Características del efluente de la planta de tratamiento Enrique Ortega (promedio anual)</i>	51
Tabla 2: <i>Características del efluente de la planta de tratamiento Sergio Cuevas (promedio anual)</i>	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Descarga promedio de BOD (lb/d) de la planta de tratamiento Enrique Ortega durante los años 2002 al 2008.....	54
Figura 2: Descarga promedio de TDS (lb/d) de la planta de tratamiento Enrique Ortega durante los años 2002 al 2008.....	55
Figura 3: Descarga promedio de coliformes fecales (NMP/d) de la planta de tratamiento Enrique Ortega durante los años 2002 al 2008.....	56
Figura 4: Descarga promedio de BOD (lb/d) de la planta de tratamiento Sergio Cuevas durante los años 2002 al 2008.....	57
Figura 5: Descarga promedio de TDS (lb/d) de la planta de tratamiento Sergio Cuevas durante los años 2002 al 2008.....	58
Figura 6: Descarga promedio de coliformes fecales (NMP/d) de la planta de tratamiento Sergio Cuevas durante los años 2002 al 2008.....	59

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1: Diagrama de Proceso del tratamiento de agua potable y el sistema de tratamiento de cienos.....	61
Apéndice 2: Microorganismos patógenos que habitan en un medio acuático y pueden mantenerse en un medio independiente de los seres humanos.....	63
Apéndice 3: Permiso de descarga NPDES para la planta de tratamiento Enrique Ortega	65
Apéndice 4: Permiso de descarga NPDES para la planta de tratamiento Sergio Cuevas	66

LISTA DE SÍGLAS O ABREVIATURAS

Siglas	Significado
AAA	Autoridad de Acueductos y Alcantarillados
BOD	Biological Oxygen Demand
CIP	Capital Improvement Project
CWA	Clean Water Act
DMR	Discharge Monitoring Report
EPA	Environmental Protection Agency
JCA	Junta de Calidad Ambiental
Lbs/d	Libras/día
MGD	Millones de Galones Diarios
NMP/d	Número Más Probable/día
NPDES	National Pollutant Discharge Elimination System
NTU	Nephelometric Turbidity Units
RAPP	Refuse Act Permit Program
SDWA	Safe Drinking Water Act
STS	Sludge Treatment System
TDS	Total Dissolved Solids

RESUMEN

Actualmente, las descargas de aguas residuales provenientes de las plantas de tratamiento de agua potable de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) es uno de los factores que contribuyen a los problemas de contaminación de las aguas en Puerto Rico. Las acciones de cumplimiento llevadas a cabo contra la (AAA) a través de las órdenes judiciales y las acciones administrativas de la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) fueron el punto de partida para este estudio. El Sistema de Tratamiento de Cienos (STS, por sus siglas en inglés) en una planta de tratamiento de agua potable fue considerado como una medida de control ambiental para reducir las descargas de contaminantes que representan una amenaza al ambiente acuático. Este sistema provee tratamiento a las aguas residuales generadas en el proceso de potabilización del agua. El propósito de este estudio fue evaluar la efectividad que el STS provee en las plantas de tratamiento de agua potable Enrique Ortega (La Plata) y Sergio Cuevas y establecer estrategias de cumplimiento ambiental. El alcance de este estudio incluyó el desempeño de ambas plantas de la AAA con descargas directas a los cuerpos de agua superficiales desde el 2002 al 2008. Los parámetros de calidad de agua seleccionados fueron BOD, TDS y Coliformes Fecales debido a que éstos son indicadores básicos usados para medir el rendimiento de las plantas de tratamiento de agua potable y por el impacto que tienen en el ambiente acuático. Evaluamos el manejo del riesgo utilizando el STS como medida de control ambiental. Luego de evaluar la situación en ambas plantas de la AAA, encontramos que las plantas de tratamiento de agua potable y su sistema de STS estaban sobrecargadas en relación a su capacidad de diseño o requieren un mayor esfuerzo en trabajos de reparación y mantenimiento, así como de una operación adecuada de los procesos. Ambas plantas se encontraban en violación al permiso NPDES según el estudio de sus descargas. Concluimos que se debe conseguir un equilibrio entre la capacidad de diseño de tratamiento del STS, la operación y el mantenimiento de estos sistemas para lograr que esta medida de control reduzca el riesgo al ambiente acuático. Además, basados en nuestros hallazgos, podemos concluir que la AAA no ha adoptado un sistema administrativo eficiente en las plantas de tratamiento de agua potable y en los STS. Esto limita el potencial de efectividad de los STS. Recomendamos que la AAA aumente los controles optimizando la operación, el mantenimiento preventivo y correctivo para lograr el cumplimiento con el permiso de descarga y la reglamentación. De este modo, las medidas de control ambiental implementadas, serán efectivas reduciendo significativamente las descargas de contaminantes que amenazan el ambiente acuático.

ABSTRACT

One of the factors contributing to water pollution in Puerto Rico is the discharge of washwaters from the Sludge Treatment Systems (STS) from the Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority's (PRASA) drinking water plants. Since the STS was designed to control and reduce the discharge of pollutants into the environment from drinking water plants by providing treatment to its washwaters, the purpose of this study is to evaluate its effectiveness at two of PRASA's WTPs: Enrique Ortega (La Plata) and Sergio Cuevas. In addition, enforcement actions for non-compliance taken by the United States Environmental Protection Agency (EPA) against PRASA were also evaluated. The scope of this study covers the performance of both WTPs while having direct discharges to surface waters from 2002 through 2008. The water quality parameters selected were: Biological Oxygen Demand (BOD); Total Dissolved Solids (TDS); and Fecal Coliforms. These parameters were selected because of they are basic indicators to measure WTPs performance and aquatic environment impacts. This study also performed a risk management evaluation of the STS as a measure of pollution control. After evaluating both plants, it was found that the WTPs, including its STS were overloaded in relation to their design capacity, requiring a great effort from PRASA to perform repairs and maintenance, as well as adequate process operations. Both plants were also found in violation of their National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) permits. It is concluded that WTPs should strike a balance among the treatment design capacity of the STS, its operation and maintenance in order for the STS to be considered as a measure of control that reduces the risks of its discharges into the aquatic environment. In addition, based on the findings of this study, it is concluded that PRASA has not yet adopted an efficient administrative system with regards to their WTPs and the STS, which limits the STS' efficiency potential. It is recommended that PRASA increase its efficiency by optimizing its operations, including performing preventive maintenance and thorough corrective actions; as well as heightening its compliance with the NPDES permit and regulations. By doing so, PRASA's measures will then be effective in significantly reducing pollutant discharges that threaten the aquatic environment.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del problema

En Puerto Rico, la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) es la agencia gubernamental encargada de proveer servicios de agua y alcantarillados a través de toda la isla. La situación del mal manejo de las descargas en las Plantas de Tratamiento de la AAA por los últimos años y los retos que enfrentan han sido extensamente discutidos por agencias reguladoras como la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) (Géliga, 2008).

La AAA es una corporación pública del gobierno de Puerto Rico, creada por ley durante la década de 1940 para absorber una serie de sistemas de acueductos municipales y privados que daban un servicio deficiente a la comunidad (Martí, 2005). El dato más actualizado (2008) indica que en Puerto Rico existen alrededor de 130 Plantas de Tratamiento de Agua Potable (EPA, 2008). La AAA, en sus primeras décadas, tuvo grandes logros, proveyendo de agua potable segura a los núcleos poblacionales de Puerto Rico (Martí, 2005). Sin embargo, la historia de incumplimiento por parte de la AAA comienza con la expedición de permisos NPDES (National Pollutant Discharge Elimination System) para plantas de tratamiento de agua potable en el 1983 y 1984 (EPA, 1998). La Agencia de Protección Ambiental creó órdenes administrativas para la expedición de permisos de siete plantas de tratamiento de agua potable inicialmente (EPA-CWA-II-83-27) y luego en el 1984 para una planta adicional (EPA, 1998). Estas órdenes, además exigían a AAA someter dentro de los 60 días un

itinerario de cumplimiento para aquellas instalaciones que se había expedido el permiso (EPA, 1998).

Durante el periodo del 18 de julio de 1983 al 1 de diciembre de 1988 hubo un intercambio de correspondencia como parte de la negociación de modificaciones al itinerario de cumplimiento (D. Gomes, Abogada, EPA, com. pers.). La correspondencia incluía reportes de ingeniería, estudios y estimados de costos para aquellas acciones necesarias para el cumplimiento. Sin embargo, la AAA no realizó un itinerario de cumplimiento satisfactorio para las plantas de tratamiento de agua potable (EPA, 1998).

Las órdenes administrativas crecieron en gran número sin obtener acciones correctivas por parte de la AAA. Es por esto que para 1992, el gobierno de los Estados Unidos de América, bajo el pedido del Administrador de la Agencia de Protección Ambiental, presentó una denuncia contra la AAA alegando violaciones a la Ley de Agua Limpia y el Permiso de Descarga o el National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES, por sus siglas en inglés) (EPA, 1999c). El caso fue posteriormente reiterado y un Decreto de Consentimiento fue proporcionado por el Tribunal de Distrito de Puerto Rico el 5 de diciembre de 1995 (EPA, 1998). Simultáneamente, la EPA y la AAA negociaron órdenes administrativas (EPA-CWA-II-95-108 hasta 181) para unas 74 plantas adicionales.

En el Decreto de Consentimiento creado por la EPA en 1992 y en vigor para el año 1995, dicta su aplicación a las 74 Plantas de Tratamiento de agua potable entre las cuales se encuentran la Planta de Tratamiento Enrique Ortega, también conocida como La Plata y Sergio Cuevas.

Para 1992, estas plantas de filtración descargaban aguas de lavado de filtros y aguas de lavado de los tanques de sedimentación (aguas residuales sin tratar) en cuerpos de agua navegables. Para cada instalación la AAA posee un permiso de descarga NPDES el cual regula las descargas y establece otros términos y condiciones

(EPA, 1999b). Muchos de estos cuerpos de agua son tributarios de tomas de agua potable.

Este Decreto de Consentimiento de 1995 propone la construcción de un Sistema de Tratamiento de Cienos (STS, por siglas en inglés) a plantas de tratamiento de filtración. Dicho sistema tiene como propósito brindar tratamiento a las aguas de lavado de filtros y el agua de lavado de los tanques de sedimentación y brindar solución al problema de descargas de sólidos sin tratar en cuerpos de agua navegables (J.Géliga, Jefe de División de Programa de aguas Municipales, EPA, com. pers.).

Luego de intentos administrativos, la EPA refiere al Departamento de Justicia de los Estados Unidos, por violaciones criminales, las plantas de tratamiento de agua potable Enrique Ortega, Sergio Cuevas y otras seis plantas adicionales, debido a incumplimientos en el Decreto de Consentimiento de 1995 (EPA, 1999c). Para este momento (1999), la AAA se encontraba en violación con los términos establecidos en el Decreto de Consentimiento en cuanto a establecer medidas correctivas para lograr cumplimiento con la Ley de Agua Limpia y las disposiciones de los permisos NPDES, incluyendo la construcción, operación y mantenimiento adecuado de los Sistemas de Tratamiento de Cienos (EPA, 1999c).

Problema de estudio

A raíz de la creación e implementación de los Sistemas de Tratamiento de Cienos como medida de control de riesgo ambiental, dictada en el Decreto de Consentimiento de la EPA y puesto en vigor en 1995, se estudiará luego de trece años, la efectividad de dichos sistemas para mejorar las descargas de contaminantes en las plantas de tratamiento Sergio Cuevas y Enrique Ortega.

Justificación del estudio

La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico posee alrededor de 130 Plantas de Tratamiento de Agua Potable, las cuales en un pasado llegaron a descargar las aguas de lavado de filtros y sedimentadores sin ningún tipo de tratamiento a los cuerpos de agua navegables, exponiendo una amenaza al ambiente acuático. Luego del Decreto de Consentimiento en el 1995, unas 97 plantas de tratamiento operan un Sistema de Tratamiento de Cienos (EPA, 1999a). Sin embargo, actualmente, aún existen 34 plantas de tratamiento que no poseen el STS (EPA, 1999a).

Por lo tanto, evaluar la efectividad de las medidas de control puestas en vigor por EPA proveerá información sumamente necesaria que permita demostrar la posible urgencia de implementación del STS en las plantas de tratamiento que aún no poseen dicho sistema, proveyendo una herramienta de manejo de control ambiental efectiva. A la vez, proveerá un beneficio económico para el gobierno de Puerto Rico, ya que violaciones a la ley de Agua Limpia implica muchas veces en multas.

Pregunta de investigación

¿Las medidas de control ambiental implementadas para el manejo de las descargas de contaminantes ofrecen una reducción en el riesgo al ambiente acuático?

Meta

Evaluar la efectividad que el Sistema de Tratamiento de Cienos (STS) provee en las plantas de tratamiento de agua potable Enrique Ortega (La Plata) y Sergio Cuevas y establecer estrategias de cumplimiento ambiental.

Objetivos

- 1) Evaluar los parámetros de calidad de agua posterior a la implementación del STS para determinar la efectividad del sistema.
- 2) Investigar los factores asociados al no cumplimiento para establecer estrategias de acción.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Trasfondo histórico

Desde un comienzo, las personas trataban el agua con el fin de mejorar sus condiciones estéticas. Los métodos para mejorar el sabor y olor del agua potable se documentan desde 4000 A.C. (EPA, 1999b). Aspectos visibles como la turbidez en el agua, fue la motivación para iniciar el desarrollo del tratamiento de ésta. La historia describe que los Egipcios cerca de 1500 A.C. clarificaban el agua utilizando alúmina como coagulante (EPA, 2000). Este coagulante causa que las partículas se sedimenten. Durante el 1700 A.C., la filtración se estableció como método eficaz para la remoción de partículas (Sincero & Sincero ,1999). Para 1800 la filtración con arena comenzó a ser utilizada en Europa, para mejorar las condiciones estéticas en el agua (Sincero & Sincero, 1999). Más tarde, para principios de 1900 la filtración con arena comenzó a ser utilizada en los Estados Unidos en ciudades como Filadelfia (EPA, 2000).

Poco después los científicos descubrieron que la turbidez no solo era un problema estético; sino que las partículas en el agua contenían materia fecal que era la causante de muchas enfermedades (EPA, 2000). El diseño de la mayoría de las plantas de tratamiento de agua potable de los sistemas construidos en los Estados Unidos, durante el año 1900, fue impulsado por la necesidad de reducir la turbidez y a su vez la eliminación de contaminantes microbianos que estaban causando la fiebre tifoidea, la disentería y el cólera (EPA, 2000).

Mientras que la filtración probó ser un método efectivo para reducir la turbidez, para inicios de 1900 se introdujeron desinfectantes como el cloro. Éste jugó un papel importante en la reducción de brotes de enfermedades transmitidas por el consumo de agua (Clancey & Rochelle, 2006). Específicamente para el año 1908, en Nueva Jersey el cloro fue utilizado por primera vez como método de desinfección primaria (Clancey & Rochelle, 2006).

Para la década de 1960, el estándar de las técnicas de tratamiento de agua potable en los EE.UU. incluyó la aeración, floculación, y el carbón activado granular de adsorción permitiendo la eliminación de contaminantes orgánicos (EPA, 2000). En la década de 1970 y 1980, se hicieron avances en el desarrollo de filtración mediante osmosis inversa, además de nuevas técnicas de tratamiento con ozono. Para esta misma década fue evidente que los problemas estéticos, patogénicos y químicos no eran la única preocupación en la calidad del agua.

Sistemas de tratamiento de agua potable

Las plantas de tratamiento de agua adquieren este recurso de fuentes de agua superficiales como los lagos y los ríos. Debido a que el agua es el solvente universal, el mismo recoge contaminantes naturales. En su forma natural, el recurso agua no es apto para consumo sin un tratamiento previo. McGuire (2006), define el tratamiento del agua como el proceso por el cual se trata el agua para limpiarla de sus impurezas. El tratamiento brinda seguridad para que el agua alcance a ser potable.

Las operaciones de descarga de residuos en el tratamiento de agua potable deben cumplir con los siguientes objetivos (Spellman, 2003):

- prevención de enfermedades
- evitar la contaminación de los suministros de agua y aguas navegables
- mantenimiento de agua limpia para la supervivencia de los peces y la recreación

- en general, la conservación de la calidad del agua para uso futuro

La depuración del agua puede comprender diversos pasos, cuya naturaleza depende del tipo de impurezas presentes en la fuente del agua superficial (Apéndice # 1). Normalmente, los suministros de agua se depuran por medio de un proceso que consiste al menos tres o cuatro pasos. El primer paso, la instalación de aereadores que promuevan la generación de oxígeno, se lleva a cabo para evitar que esta agua se convierta en una séptica. Luego, el agua pasa a un tanque donde se aplican químicos como alúmina y cal. Estos químicos se llaman coagulantes. Los coagulantes proporcionan la unión de las partículas finas convirtiéndolas en flóculos. Este paso se conoce como coagulación o floculación.

El agua mezclada con el coagulante pasa al tanque de sedimentación y los flóculos adquieren peso lo que promueve su sedimentación por gravedad. Los flóculos se sedimentan en el fondo del tanque de sedimentación, mientras que el agua clara sobrenadante pasa al tanque de filtración. Cabe señalar que durante el proceso de filtración se eliminan hasta el 90% de las bacterias restantes (Prescott, Harley & Klein, 1999). Luego de la filtración el agua se trata con un desinfectante. Este paso suele consistir en cloración, aunque la ozonación cada vez se esta extendiendo como otra alternativa.

Sistema de tratamiento de cienos

Como resultado de la remoción de las partículas durante el tratamiento del agua superficial, se produce una acumulación de sólidos principalmente en los tanques de filtración y sedimentación. Estos tanques deben ser lavados a una frecuencia según lo requieran los programas de mantenimiento de estas unidades. El agua sucia que produce este tipo de mantenimiento debe ser tratada en un Sistema de Tratamiento de Cienos (Apéndice #1).

Según el Decreto de Consentimiento de 1995 se define Sistema de Tratamiento de Cienos (STS, por sus siglas en inglés) como la unidad que reúne y/o recicla las aguas generadas del lavado de filtros y lavado de tanques de sedimentación, así como cualquier otro vertido que esté relacionado a la integridad física y/o tratamiento químico. La función principal del STS, es remover los sólidos y la demanda bioquímica de oxígeno (BOD, por sus siglas en inglés) de estas aguas sucias de lavado de filtro y sedimentación antes de ser descargados nuevamente al cuerpo de agua superficial.

El STS generalmente está dividido en tres procesos: ecualización, espesado y secado (University of Sacramento, 1988a). El tanque ecualizador recibe las aguas sucias generadas durante el lavado de los filtros y del tanque de sedimentación. El tanque ecualizador tiene el objetivo de igualar o ecualizar los flujos y evitar el impacto en los procesos principalmente por la alteración de la hidráulica, permitiendo así, que exista una estabilidad en el sistema de tratamiento. Luego de alcanzada la estabilización de las aguas, éstas se envían al tanque espesador.

En un STS, el Espesador recibe el agua sucia estabilizada que proviene del tanque ecualizador. Las operaciones diarias de un tanque espesador incluyen, bombeo, observaciones, muestreo, control de procesos y mantenimiento (University of Sacramento, 1988a). La acumulación de sólidos en el tanque espesador forma un manto en la parte inferior debido a la sedimentación por gravedad. El sólido resultante a la salida del tanque espesador se conoce como cieno. Estos sólidos pueden ser clasificados en dos categorías basadas en su origen: orgánica e inorgánica. Algunos sólidos inorgánicos como los metales pesados, como por ejemplo, el cobre, el plomo, el zinc y el mercurio pueden crear problemas al ambiente y ser una amenaza al ser descargados (Morgan & Vesilind 2004). El agua clara sobrenadante al manto en este tanque es descargada nuevamente al cuerpo de agua superficial. Es por esta razón que las plantas de tratamiento deben solicitar un permiso de descarga NPDES. La

EPA, mediante el programa NPDES restringe la cantidad de contaminantes que pueden ser descargados (Feliciano, 1999).

El componente principal de todos los cienos es el agua. Antes de su tratamiento, muchos de los cienos contienen de 95 a 99% de agua (Spellman, 2003). Desde el punto de vista de salud ambiental, el segundo componente y probablemente el más importante componente de los cienos, es la materia sólida. Por lo tanto, los cienos son tratados con sustancias químicas para reducir el contenido de agua y de esta manera separar el agua del sólido. Esta sustancia química se conoce como polímero. El polímero es la sustancia química añadido a la salida del tanque espesador. El mismo facilita el acondicionamiento del cieno para un secado mas rápido, una vez llegue a los lechos de secado (University of Sacramento, 1988b). Debido a la presencia de estos químicos en el cieno, éstos deben ser manejado y dispuesto en un vertedero según las recomendaciones de las agencias reguladoras (Martínez, 2008).

Los lechos de secado son utilizados para secar el cieno. El cieno succionado del tanque espesador es depositado en los lechos de secado. Estos están diseñados de manera que el contenido de agua que posee el cieno percole por unos orificios de la losa del piso presente en los lechos.

Debajo de su estructura, algunos lechos de secado contienen un sistema de bombeo por succión que retorna el agua recogida al inicio del tratamiento del STS, o sea al tanque ecualizador. Mientras el agua con cieno que permanece en la parte superior se seca por medio de evaporación. Para esto, es importante incluir en el diseño de los lechos de secado, techos que impidan el retraso del desaguado del cieno por eventos climáticos (Martínez, 2008).

Factores de riesgo ambiental de las descargas de contaminantes en las plantas de tratamiento de agua potable

La Ley de Agua Potable Segura (SDWA, por sus siglas en inglés) de 1974 define el término contaminante como cualquier sustancia física, química, biológica, radiológica u alguna otra materia que se introduce en el agua y altera las condiciones nocivas de ésta. Esta definición no hace distinción entre la contaminación por fuentes antropogénicas o naturales. Además no hace distinción entre los niveles aceptables o no de contaminación.

Freeze y Cherry (1979) mencionan que todos los contaminantes que son introducidos en el medio ambiente acuático como consecuencia de la actividad humana, independientemente de si las concentraciones alcanzan niveles que provocan una degradación significativa de calidad del agua; la contaminación se produce cuando las concentraciones de contaminantes alcanzan los niveles que se consideran objetables.

Un medio ambiente acuático saludable tiene un equilibrio de vida vegetal y animal representado por una gran diversidad de especies. La contaminación altera este equilibrio, lo que resulta en una reducción en la variedad de las especies y un aumento en el predominio de la sobrevivencia (Morgan & Vesilind 2004). La ausencia total de especies que normalmente se asocian con un hábitat particular, pone de manifiesto la extrema degradación. Además, la acumulación biológica de determinados contaminantes presentes en las aguas puede dar lugar a efectos agudos en la mortandad de peces. Por ejemplo en la disminución en la biodiversidad y la invasión de plantas acuáticas. Lo que significa que todo el ecosistema está muy estrechamente entrelazado. El más mínimo cambio en cualquier composición biológica, química o física tiene la posibilidad de afectar a otros (EPA, 1999b).

Los contaminantes que se encuentran limitados en los permisos y los cuales han sido violados anteriormente por las descargas en las plantas de tratamiento de agua

potable mencionadas son: color, flujo, sólidos sedimentables, sólidos totales disueltos, temperatura, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno, grasas y aceites, fenoles, coliformes fecales, cobre, hierro, plomo, zinc, oxígeno disuelto, fluoruro, nitrógeno, pH, fósforo, sulfito, cloro total residual, manganeso, arsénico, mercurio y cianuro (EPA, 1998).

Los contaminantes de interés bajo este estudio y que se discutirán a continuación incluyen: Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD, por sus siglas en inglés), Sólidos Totales Disueltos (TDS, por sus siglas en inglés), Flujo y Bacteriología.

- Flujo - representa la descarga diaria de las aguas residuales que deben ser continuamente monitoreadas por medio de un dispositivo de medición estacionario o metro de flujo y ser controlado, según sea necesario. El caudal esta supuesto a no exceder la capacidad del diseño del tratamiento de las aguas residuales, por tanto, la prevención de cantidades excesivas de sustancias contaminantes a las aguas receptoras es importante ya que de otro modo, será una carga excesiva para el ecosistema acuático.
- Los Sólidos Totales Disueltos (TDS)- suponen la combinación de sustancias tanto inorgánicas como orgánicas contenidas en el agua, y que están presentes en forma de iones, de moléculas y agregados de moléculas. Los plaguicidas son ejemplo de un elemento dañino que a menudo forma parte de los TDS (University of Purdue, 2000). Los TDS son todo lo que queda en el agua disuelto o en suspensión tras dejarla decantar y luego hacerla pasar a través de un filtro cuyo tamaño de poros es 2 micrómetros. El efecto perjudicial de niveles altos de TDS sobre diversos organismos es más perjudicial cuando se produce combinado con otros factores de estrés como pH anormal y baja concentración de oxígeno disuelto.

- Coliformes Fecales (CF)- es un subgrupo bacterial de los coliformes totales, los cuales pueden ser cuantificados separadamente. El componente fecal del grupo de los coliformes es aquella bacteria presente en el intestino y las heces de los animales de sangre caliente (Klein, Harley y Prescott, 1999). La presencia de un coliforme fecal en el agua es indicativo de contaminación por desechos de animales o humanos. La densidad de un grupo coliforme es el criterio del grado de contaminación y calidad sanitaria. Un número alto de coliformes fecales es indicativo de la presencia de organismos patogénicos. Si los resultados en un análisis de agua revela un conteo alto en coliformes fecales y coliformes totales, el agua es considerada no apta para consumo (Klein, Harley & Prescott, 1999). Ver Apéndice # 2 la cual se resume algunas enfermedades transmitidas por el agua.
- BOD₅ - La demanda bioquímica de oxígeno (BOD, por sus siglas en inglés) es una medida indirecta de la materia orgánica presente en los medios acuáticos. Es la cantidad de O₂ disuelto necesario para que los microorganismos oxiden la materia orgánica biodegradable. Por lo tanto, el BOD₅ es la cantidad de oxígeno disuelto consumido en cinco días por procesos biológicos que se encuentren oxidando la materia orgánica. El BOD₅ es usualmente calculado siguiendo la siguiente ecuación (Metcalf & Eddy, 2003):

$$\text{BOD}_5, \text{ mg/l} = \frac{D_1 - D_2}{P}$$
 Donde,

D₁= oxígeno disuelto de la muestra diluida inmediatamente después de la precipitación, (mg/l).

D₂= oxígeno disuelto de la muestra diluida después de cinco días de incubación a 20 grados Celsius (mg/l).

P=fracción volumétrica de la muestra utilizada.

No obstante, cuando se mide el consumo de O₂, éste debe estar presente en exceso y no limitar la oxidación de los nutrientes. Sin embargo si se añade demasiada materia orgánica (BOD) a un cuerpo de agua, puede que estos cambios no sean tan fácilmente reversibles, creándose un volumen de agua anaeróbica de olor nauseabundo, en el que no crecerán peces ni otros organismos que requieran oxígeno. En este punto, el cuerpo de agua se considera casi biológicamente “muerto” (Klein, Harley, Prescott, 1999).

Especificaciones de la operación de la planta Enrique Ortega (La Plata)

El sistema de tratamiento de la planta de filtración Enrique Ortega cuenta con dos tanques de aireación en la entrada del agua cruda. Seguido de los tanques de aireación, el agua pasa a dos tanques de mezclado rápido, donde se aplica el polímero GC-850 a un promedio de 35,000 a 40,000 libras por día (lbs/día). Además se añade cal a una razón promedio de 10,000 lbs/día.

Luego del mezclado, el agua entra a una cámara de distribución donde se aplica un segundo polímero, PRP-4440. Éste es aplicado a una razón de 350 lbs/día, el agua es distribuida a unos 12 tanques de floculación. Luego de la floculación, el agua entra a los tanques de sedimentación donde el flóculo se sedimenta. El residuo en estos tanques es manejado en el STS.

Después el agua pasa por los tanques de sedimentación, el agua entra a 24 filtros que posee esta planta. Los filtros trabajan sin detenimiento por alrededor de 48 horas, excepto exista alta turbidez que requiera lavado frecuente de filtros. En la filtración, el agua es desinfectada en el tanque de distribución, con cloro gaseoso a una razón de 3000 lbs/día, para de ahí pasar hasta los consumidores.

El manejo de cienos en la planta Enrique Ortega consiste de un tanque equalizador, dos espesadores y 12 lechos de secado con sistema de succión en el fondo. El tanque equalizador recibe por día, aproximadamente 1.6 millones de galones diarios (MGD) de los residuos de los filtros y 1.5 MGD del residuo de los tanques de sedimentación. El sólido sedimentado en el tanque sedimentador es bombeado al tanque equalizador y eventualmente a los espesadores. El sobrenadante del tanque equalizador, espesador y los lechos de secado es descargado a la Quebrada Las Piñas. La Planta de Enrique Ortega posee un permiso de descarga NPDES de 1.2 MGD de aguas residuales (EPA, 2006). El cieno de los espesadores es bombeado hacia los lechos de secado y el cieno seco es transportado hacia el vertedero de Ponce a un promedio de 60 yardas cúbicas por día, yd³/d

Especificaciones de la operación de la planta Sergio Cuevas

La Planta de Tratamiento de Sergio Cuevas posee en su entrada dos tanques aereadores. Eventualmente, el agua entra a dos tanques de mezclado rápido, donde se le añade el primer polímero de tipo GC-850. El mismo es añadido a una razón de 45,000 a 96,000 lbs/día. Un segundo polímero, C-591, es aplicado a una razón de 4,000 a 8,000 lbs/día. Además se le añade cal a una razón de 15,000 a 20,000 lbs/día. La dosis de estos químicos depende de la turbidez de la fuente de agua, la cual promedia entre 60 a 1000 Nephelometric Turbidity Units (NTU, por sus siglas en inglés).

Una vez añadidos los químicos, el agua entra a 8 tanques de floculación y luego pasa a 8 tanques de sedimentación. En el tanque de sedimentación el agua es pre-clorada con cloro gas a un máximo de 10,000 lbs/día. Los cienos generados en la sedimentación son manejados en el STS. Luego que el agua pasa por los tanques de sedimentación, el agua, es enviada a 24 filtros. Los filtros trabajan sin detenimiento

durante 48 horas. El agua es clorada nuevamente a una razón de 1,500 lbs/día y finalmente, el agua tratada es enviada al sistema de distribución.

La planta de Sergio Cuevas opera su STS con dos espesadores y cuatro lechos de secado. Un promedio diario de 2.6 millones, de galones de agua de lavado de filtro y de sedimentadotes, entran a ser tratados en el STS. El agua clara que sale de los dos tanques espesadores es descargada en la Quebrada Variante. La Planta Sergio Cuevas posee un permiso NPDES para descargar 2.74 MGD a la quebrada (EPA, 2006).

Estudio de Casos: Historia de ejecuciones de la AAA bajo Acciones civiles y criminales

E.U. vs. AAA, acción civil 92-1511

Según el Referido del 30 de septiembre de 1999, que recomienda la EPA al Departamento de Justicia caso No.02-1991-0005, la AAA no cumplió con los requerimientos cruciales propuestos en el Decreto de Consentimiento de 1995 (EPA, 1999c). Este Decreto estipuló la construcción de un Sistema de Tratamiento de Cienos en unas ocho plantas de la AAA: Los Filtros en Guaynabo; Miradero en Mayagüez; Ponce Nueva en Ponce; Lajas en Lajas; Sergio Cuevas en Trujillo Alto; Enrique Ortega en Toa Alta; Aguas Buenas en Aguas Buenas; y El Yunque en Río Grande PR. Los reportes de monitoreo de descargas (DMR's por sus siglas en inglés) y los reportes trimestrales indicaban que la AAA no estaba en cumplimiento con los permisos NPDES (EPA, 1999c).

La planta de tratamiento, Enrique Ortega (La Plata), se encontraba bajo vigilancia judicial. La construcción de un Sistema de Tratamiento de Cienos, para la planta de tratamiento, fue iniciada antes de entrar en vigor el Decreto de Consentimiento. La construcción de la instalación de STS propuesta por el Decreto de

Consentimiento fue para el 31 de diciembre de 1995. Sin embargo, ésta fue completada para junio de 1996. El 31 de marzo de 1996, se requería que la planta estuviese en cumplimiento con el permiso NPDES en cuanto a los límites de Turbidez y BOD₅. Además, para el 1 de enero de 1997 se requería cumplir con todos los requisitos del permiso NPDES. Todas las fechas propuestas fueron incumplidas por la planta de tratamiento. Por lo tanto, la planta de tratamiento Enrique Ortega estaba en incumplimiento (EPA, 1999c).

El mismo Decreto estipuló la fecha del 31 de marzo de 1995 para el inicio de la construcción de un STS en la planta de tratamiento de Sergio Cuevas. Sin embargo, éste inició labores de construcción el 30 de noviembre de 1996. La planta de tratamiento requería el cumplimiento para los parámetros de Turbidez y BOD₅ al 28 de febrero de 1997. El 1 de diciembre de 1997 debería cumplir en su totalidad con el permiso NPDES. La planta de tratamiento Sergio Cuevas se encontraba en incumplimiento debido al retraso en las fechas propuestas (EPA, 1999).

E.U. vs. AAA, acción civil 98-0359

En el Referido del 31 de marzo de 1999 (caso No. 02-98-0359), la EPA refiere unas 64 plantas de filtro pertenecientes a la AAA. Para este momento (1999) catorce de las plantas de tratamiento, se encontraban descargando sin poseer un permiso de descarga NPDES. Los reportes de monitoreo sometidos por la AAA demostraban violaciones en el efluente. Este referido es un suplemento del referido del 30 de septiembre de 1998.

En esta misma fecha y bajo el mismo número de caso 02-98-0359, se añaden unas 10 plantas de filtro en violación al permiso de descarga. La planta de Pulguillas en Coamo; Carite en Guayama; Jagua Pasto en Guayanilla, Aibonito; Utuado; Morovis; Comerío; San Sebastian y Barrancas en Barranquitas PR son sujetos en este referido.

La planta de Pulguillas y Carite continuaban descargando sin un permiso encontrándose en violación a la Ley de Agua Limpia (EPA, 1998).

E.U. vs. AAA, acción criminal 06-382

La AAA realizó un acuerdo de declaración de culpabilidad para una acusación formal de 15 cargos delictivos de violación de la Ley de Agua Limpia debido a descargas ilegales de contaminantes de nueve plantas de tratamiento sanitario de aguas residuales y cinco plantas de tratamiento de agua potable (Departamento de Justicia, 2006). Según el Departamento de Justicia (2006), AAA pagará una multa penal de 9 millones de dólares, la mayor multa pagada por una empresa de servicios públicos por violar la Ley de Agua Limpia.

A través del acuerdo conciliatorio civil, la AAA invertirá aproximadamente 1.7 millones de dólares en la realización de proyectos de mejora de capital (CIP, por sus siglas en inglés) y otras medidas correctivas en todas sus 61 plantas de tratamiento de aguas residuales y sistemas de recolección relacionados a lo largo de los próximos 15 años (Departamento de Justicia, 2006). Para cumplir con los términos del acuerdo, la AAA completará 145 CIPs de corto, mediano y largo plazo, los cuales incluirán la instalación de equipos de decoloración, instalación de equipos de cloración de flujo proporcional, reparación y sustitución de equipos, y la práctica de un programa de tratamiento químico para eliminación de fósforo, entre otras cosas (Departamento de Justicia, 2006).

La acusación formal alega que la AAA descargó contaminantes ilegalmente en sus instalaciones de aguas residuales en Bayamón, Caguas, Camuy-Hatillo, Carolina, Dorado, Isabela, Puerto Nuevo, Santa Isabel y Vega Baja. Además en instalaciones de agua potable en El Yunque, Enrique Ortega, Guaynabo, Canóvanas y Sergio Cuevas. La acusación formal también indica que la AAA de descarga directamente un

contaminante de una fuente puntual en el Canal Martín Peña, un cuerpo de agua de los Estados Unidos, sin permiso.

Según los términos del acuerdo penal de declaración de culpabilidad la AAA pagará una multa de 9 millones de dólares; construirá y completará mejoras de capital que consisten en reemplazar, reparar y actualizar el sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales en el área de la Avenida Ponce de León en San Juan, por un costo no inferior a 10 millones de dólares, para remediar y evitar las evacuaciones directas al Canal Martín Peña. Completará otras mejoras de capital y actualizaciones en nueve plantas de tratamiento de aguas residuales identificadas en la acusación formal, por un costo no inferior a 109 millones de dólares; financiará un estudio de las operaciones en cinco instalaciones de agua potable para determinar las acciones correctivas apropiadas; y cumplirá una pena de cinco años de libertad condicional (Departamento de Justicia, 2006). Como condición para la libertad condicional de PRASA, la empresa de servicios públicos deberá cumplir plenamente con las exigencias del decreto por consentimiento civil. El decreto por consentimiento civil establece un plan exhaustivo para el cumplimiento futuro de la AAA con la ley de Agua Limpia (CWA, por sus siglas en inglés) y sus 61 plantas de tratamiento de aguas residuales. Exige que AAA dedique más de 1.7 mil millones de dólares a lo largo de los próximos 15 años a proyectos de mejora de capital y otras medidas correctivas (Departamento de Justicia, 2006).

Marco legal

Puerto Rico cuenta con abundantes normativas tanto federales como locales administradas por diferentes agencias de gobierno relacionadas directa o indirectamente con el recurso agua. Debido a lo indispensable de este recurso para la

sobrevivencia de todo el planeta Tierra, el agua ha sido sujeto de reglamentaciones para lograr su conservación y proteger su calidad.

Ley de agua limpia (CWA)

El objetivo de la Ley de Agua Limpia es restaurar y mantener química, física y biológicamente integras las aguas del país. La EPA es la agencia que administra esta ley. La ley ordena que se desarrolle un plan comprensivo entre las agencias federales y los estados, requiriendo que se de atención debida al mejoramiento de la calidad del agua, en vista de la necesidad que existe de mantener las aguas en condiciones óptimas para proteger la vida acuática, la vida silvestre y para su utilización como agua potable, (Feliciano, 1999).

Durante muchos años tras la aprobación del CWA en 1972, la EPA y los estados se centraron principalmente en los aspectos de integridad química de las aguas. Durante la última década, sin embargo, se ha prestado más atención a la integridad física y la integridad biológica. Asimismo, en las primeras décadas de la aplicación de la Ley, los esfuerzos se centraron en la regulación de las descargas tradicionales de una "fuente específica" en instalaciones, como plantas de tratamiento de aguas municipales e industriales. A partir de la década de 1980, los esfuerzos de la Ley de Agua Limpia se dedicaron a hacer frente a las aguas de escorrentía contaminadas, las cuales han aumentado significativamente, (EPA, 1994).

Los contaminantes regulados por la Ley de Agua Limpia incluyen los contaminantes "prioritarios", que a su vez incluyen, diversos contaminantes tóxicos; contaminantes "convencionales", como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Coliformes Fecales, Aceite y Grasa, y pH, y los contaminantes "no convencionales", incluyendo cualquier contaminante no identificado,

ya sea convencional o de prioridad. La CWA regula las descargas directas e indirectas, (Congreso de EU, 1977).

En Puerto Rico, las descargas ilegales de aguas de lavado sin tratar de los tanques de sedimentación y los filtros obligaron la construcción de Plantas de Tratamientos de Cienos (STS, por sus siglas en inglés). La EPA propone la adopción de este tratamiento dentro del Decreto de Consentimiento de 1995 como una medida efectiva al control de riesgo debido a la situación de descargas ilegales de las plantas de la AAA.

National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES)

El Programa NPDES ha evolucionado debido a numerosas iniciativas legislativas que datan desde mediados de la década de 1960. En 1965, el Congreso promulgó una legislación que exige a los Estados desarrollar normas de calidad del agua para todas las aguas interestatales. Sin embargo, para el 1971, a pesar del incremento de la preocupación pública y el aumento de las aportaciones financieras federales, sólo alrededor del 50 por ciento de los Estados habían establecido normas de calidad del agua (Freeze & Cherry, 1979).

La ejecución por parte de la legislación federal fue mínima porque la carga de la prueba recayó sobre el marco regulador de agencias, las cuales, tenían que demostrar que un problema de calidad del agua tiene consecuencias para el ambiente. En concreto, tuvieron que demostrar un vínculo directo entre una descarga sin tratar y un problema de calidad de aguas. La falta de éxito en el desarrollo de normas adecuadas de calidad de agua, junto con la ejecución ineficaz Federal sobre la contaminación de aguas impulsó al gobierno federal para avanzar en la Ley RAPP (“Refuse Act Permit Program”) de 1970, como una herramienta para controlar la contaminación del agua (EPA, 1994).

La Ley RAPP, requirió de toda instalación que descarga los desechos en aguas para uso público requieran un permiso federal especificando los requisitos del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. El Administrador de la EPA aprobó el programa conjunto con el Cuerpo de Ingenieros, el 23 de diciembre de 1970, el programa fue permitido por mandato de la Orden Presidencial. La EPA y el Cuerpo de Ingenieros comenzaron rápidamente a preparar las bases administrativas y técnicas para la emisión del permiso.

El concepto del programa del permiso sobrevivió, sin embargo, en noviembre de 1972, el Congreso aprobó una amplia revisión de la Ley Federal de Control de Contaminación, ley conocida como la Ley Federal del Control de Contaminación de las Aguas, enmendadas en 1972 (Cornwell & Davis, 1998). Estas enmiendas incluyen el programa de permisos NPDES como la pieza central de los esfuerzos nacionales para el control de contaminación de las aguas.

El NPDES es un programa creado bajo la Ley de Agua Limpia. El mismo va dirigido a reglamentar las fuentes precisas que descargan directamente a las aguas navegables. La AAA, en cuanto a las descargas, tiene que cumplir con el permiso NPDES otorgado por la EPA, (Feliciano, 1999).

La EPA se encarga de administrar el programa de permiso NPDES, pero puede autorizar a los Estados a asumir responsabilidades de hacer cumplir con los permisos NPDES. En Puerto Rico, la Junta de Calidad Ambiental se incorpora al programa NPDES.

Existen unas reglas de juego que determinan cuando son de aplicación las leyes federales o las locales. Se prohíbe a los Estados la adopción de normas menos rigurosas que las establecidas en virtud del permiso NPDES Federal, pero podrán adoptar o aplicar normas que sean más estrictas que las normas federales si lo

permiten las leyes del estado. Hasta el momento, 45 estados y las Islas Vírgenes han asumido la autoridad del programa NPDES (EPA, 2007b).

Para las aguas de los Estados Unidos, un permiso NPDES establece límites de descarga específicos para el desempeño de las fuentes de contaminantes en las aguas y establece la supervisión y requisitos de presentación de informes, así como condiciones especiales (EPA, 1994).

Normas para la calidad del agua

Como requisito de la ley, los estados deberán adoptar las normas de calidad de agua en su jurisdicción. En Puerto Rico, la Junta de Calidad Ambiental (JCA), impone límites de efluentes más estrictos a la AAA para las descargas de contaminantes que afecten un cuerpo de agua específico. La EPA le delega el poder para imponer multas por violaciones que ocurran al alterarse la calidad del agua de un cuerpo receptor, (Laguer, 2008).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El propósito de este estudio fue evaluar el cumplimiento en los esfuerzos de mejorar la efectividad de las medidas de control de riesgos ambientales en las plantas de tratamiento de agua potable. Específicamente estudiamos la efectividad del Sistema de Tratamiento de Cienos como medida de control de riesgo ambiental recomendada por EPA para tratar las aguas residuales provenientes del agua de lavado de los filtros y de los tanques de sedimentación. Además, establecimos estrategias de cumplimiento ambiental a través del desarrollo de un análisis relacionado a los factores asociados al no cumplimiento. Este estudio se enfocó en las descargas de plantas de tratamiento de agua potable pertenecientes a la AAA. Sin embargo, es importante mencionar que existen otras fuentes de contaminación que contribuyen al deterioro de la calidad de los cuerpos de agua superficiales, pero las mismas no forman parte de este estudio.

Área de estudio

Las Plantas de Tratamiento de Agua Potable que se estudiaron se encuentran localizadas en el área norte de Puerto Rico. La Planta de Tratamiento de Agua Potable, Enrique Ortega (La Plata) trata el agua cruda proveniente de la Reserva La Plata, la cual fue creada de una sección del Río La Plata. La capacidad de diseño de la planta de tratamiento es de 78 millones de galones diarios (MGD) y el promedio de producción es entre 75 y 85 MGD. La misma provee agua potable a una población de 330,000 (EPA, 2009).

La planta de tratamiento de agua potable de Sergio Cuevas sirve aproximadamente a 532,000. La misma trata el agua cruda del Lago Carraízo. La

capacidad de diseño de Sergio Cuevas es de 60 MGD, pero la planta actualmente trata más de 105 MGD (EPA, 2006).

Para propósitos de éste estudio, se evaluaron los parámetros que tienen relación directa con la calidad de las aguas y como indicadores del funcionamiento y operación de la planta de tratamiento de agua potable. Estos son: Coliformes Fecales, BOD₅, y Sólidos Totales Disueltos.

Objetivo1: Evaluar los parámetros de calidad de agua posterior a la implementación del STS para determinar la efectividad del sistema.

- 1) Según informes de la EPA (1999c), la Planta de Tratamiento de Agua potable Enrique Ortega inició la operación del Sistema de Tratamiento de Cienos en junio de 1996. Por otro lado, la planta de Sergio Cuevas inició igualmente la operación de mencionado sistema para agosto de 1996. Por lo tanto, se evaluaron los datos disponibles correspondientes a las descargas directas a los cuerpos de agua de mencionadas plantas a una frecuencia anual entre los años 2002 al 2008.
- 2) La fuente utilizada para obtener los datos de las descargas de Coliformes Fecales, BOD₅, Flujo y Sólidos Totales Disueltos, fue la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico. Los datos fueron obtenidos de la AAA mediante los reportes de monitoreo de descargas “DMR’s”, por sus siglas en inglés). Se evaluó y se identificó el cumplimiento con el permiso (NPDES) que proporcionó la Agencia de Protección Ambiental.
- 3) Cada planta de tratamiento posee un permiso de descarga NPDES. Las especificaciones de los límites de descarga para cada parámetro en cada planta de tratamiento se encuentran resumidas en el Apéndice 3 y 4. El permiso de descarga NPDES para la planta Enrique Ortega, requiere que la descarga

máxima diaria en el efluente para la concentración de BOD no exceda 5.0 mg/l (EPA, 2007a). De igual forma, el NPDES requiere que el promedio mensual máximo en el efluente para la concentración de Coliformes Fecales en una media geométrica no exceda 200 colonias/100ml (EPA, 2007a). A los Sólidos Totales Disueltos se les impone un límite de 500 mg/l en la descarga máxima diaria de (EPA, 2007a). El permiso NPDES para la planta de Sergio Cuevas requiere que la descarga máxima diaria en el efluente para la concentración de BOD no exceda 5.0 mg/l (EPA, 2005b). De igual forma, el NPDES requiere que el promedio mensual máximo en el efluente para la concentración de Coliformes Fecales en una media geométrica no exceda 400 colonias/100ml (EPA, 2005b). A los Sólidos Totales Disueltos se les impone un límite de 500 mg/l en la descarga máxima diaria (EPA, 2005b).

- 4) Para desarrollar una comparable proporcional entre las descargas de mencionados parámetros de las plantas de tratamiento, fue necesario calcular la carga de masa. La carga de masa es la relación entre la capacidad de flujo de agua de la planta de tratamiento y la concentración de contaminantes (biológicos o químicos) en el agua residual. La carga de masa para los parámetros de BOD y Sólidos Totales Disueltos (TDS) están expresados en libras por día (lb/d) y el flujo de agua esta expresado en millones de galones por día (MGD). Utilizando la siguiente ecuación, expresamos la carga de masa (EPA, 2005a):

Carga de Masa, lb/d = (Concentración, mg/l) (flujo de agua, MGD) (factor de conversión (8.34 lb/MGD))

Donde,

- *Concentración, mg/l =concentración promedio anual en el efluente de la planta de BOD ó TDS*
- *Flujo de agua, MGD= promedio de flujo de agua de la planta*

- 8.34 lb/MGD=factor de conversión para obtener la carga de masa en libras al día
- 5) Debido a que no existe un factor de conversión o un método que determine la carga de coliformes fecales, adoptamos un factor de conversión según Huertas (2004):

$$\text{Factor de Conversión, ml/MGD} = (1000 \text{ ml/l}) (3.785 \text{ L} / 1 \text{ gal}) (1 \text{ gal} / 1 \times 10^{-6} \text{ MG}) \\ = 3.785 \times 10^9 \text{ ml/MG}$$

Luego de hallar el factor de conversión, calculamos la carga de masa:

$$\text{Carga de masa, NMP/d} = (\text{concentración fecal, NMP/100 ml}) (\text{flujo de agua, MGD}) (\text{factor de conversión, } 3.785 \times 10^9 \text{ ml/MG})$$

Donde,

- *Concentración fecal, NMP/100ml= concentración de promedio anual de coliformes fecales “número más probable” de colonias en 10 ml.*
- *Flujo de agua, MGD=flujo de agua anual de la planta de tratamiento*
- *$3.785 \times 10^9 \text{ ml} / \text{MG}$ = factor de conversión*

Luego de que la carga de masa de BOD, TDS y Coliformes Fecales fue calculada para ambas plantas, se tabularon los datos y se presentaron gráficamente para identificar cumplimiento o no cumplimiento con el permiso NPDES aplicable a cada planta con el fin de determinar la efectividad del sistema STS.

Objetivo 2: Investigar los factores asociados al no cumplimiento para establecer estrategias de acción.

Para cumplir con este objetivo, fue necesario evaluar los reportes de inspección de cumplimiento y/o reconocimiento de acuerdo a los años identificados con los resultados de no cumplimiento del objetivo anterior. Los reportes fueron provistos por la Agencia de Protección Ambiental. Una vez identificados los factores asociados al no cumplimiento con el permiso NPDES, desarrollamos el análisis de las estrategias de acción para que las plantas logren alcanzar resultados de cumplimiento

Manejo de los riesgos ambientales de las descargas de contaminantes en las plantas de tratamiento de agua potable

El término riesgo se define como la posibilidad de sufrir un daño por la exposición a un peligro (Muñiz, 2009). El peligro es la fuente del riesgo y se refiere a una sustancia o a una acción que puede causar daño. En el manejo de los riesgos se diseña la medida de control, reducción o eliminación de riesgos utilizando la información producida por la evaluación y el análisis de los riesgos. COEPA (2007) define el riesgo ambiental como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno que afecta directa o indirectamente al medio ambiente. El riesgo ambiental está atado a una probabilidad de sucesos y una gravedad de consecuencias.

El manejo de riesgos ambientales conlleva tomar en consideración un sinnúmero de factores, tales como la viabilidad tecnológica, los costos, y la reacción del público entre otros (Muñiz, 2009). El beneficio total de una estrategia de control específica deberá considerar los efectos en las poblaciones en riesgo.

Como fuente de riesgo de amenazas físicas, químicas y biológicas al ecosistema acuático consideramos la carga de masa de los contaminantes TDS, BOD. y Coliformes Fecales presentes en el efluente de una planta de tratamiento de agua potable. El STS fue considerado como medida de control ambiental implementada por la EPA para el manejo de las descargas de los contaminantes antes mencionadas y la reducción en el riesgo adverso hacia el ambiente acuático. En este trabajo sugerimos consideraciones prácticas para mejorar el manejo de dichos riesgos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Sistema de Tratamiento de Cienos fue sugerido por la EPA como medida de control de riesgo ambiental de las descargas de contaminantes en las plantas de tratamiento de agua potable en Puerto Rico. Esta medida de control fue puesta en vigor en 1995 a través de un Decreto de Consentimiento entre la EPA y la AAA. Luego de trece años, estudiamos la efectividad de dicho sistema para mejorar las descargas de BOD, TDS Y Coliformes Fecales de las Plantas de Tratamiento Sergio Cuevas y Enrique Ortega.

Objetivo 1: Evaluar los parámetros de calidad de agua posterior a la implementación del STS para evaluar la efectividad del sistema.

Luego de evaluar la efectividad del Sistema de Tratamiento de Cienos como medida de control de riesgo ambiental de las plantas de tratamiento Sergio Cuevas y Enrique Ortega, los siguientes resultados fueron obtenidos:

Planta de Tratamiento Enrique Ortega

La Planta Enrique Ortega presentó una mejora moderada en las descargas de BOD durante el año 2005 (Figura 1). La mejora representó una reducción de 33.5 lb/d en comparación al año 2004. Sin embargo, los datos del año 2006 revelaron un aumento en las descargas de BOD (Figura 1). El valor obtenido fue de 17.3 lb/d más que el año 2005. En el año 2008 ocurrió un aumento dramático en las descargas de BOD, obteniendo el valor más alto de la frecuencia estudiada (Figura 1). El valor obtenido fue de 105.2 lb/d (Figura 1). Los resultados mostraron violación al permiso NPDES para el parámetro de BOD en las descargas de la Planta de Tratamiento Enrique Ortega durante los años 2004, 2006, 2007 y 2008 (Figura 1). El permiso

NPDES exige cumplir con un máximo de descarga de BOD de 50.04 lb/d para la planta de tratamiento Enrique Ortega.

Las descargas de TDS en la Planta de Tratamiento Enrique Ortega comenzaron a monitorearse por requerimiento del permiso NPDES en el año 2007, una vez este permiso fue renovado, por lo que no existen datos entre los años 2002 al 2006 (Figura 2). Los años 2007 y 2008 disponibles para la evaluación de las descargas de TDS revelaron mejoras en las descargas de dicho parámetro (Figura 2). Esta mejora representó una reducción de 28.6 lb/d de TDS. Los resultados no mostraron violación al permiso NPDES durante los años 2007 y 2008 para el parámetro de TDS (Figura 2). El permiso NPDES exige cumplir con un máximo de descarga de TDS de 5,004 lb/d para la planta de tratamiento Enrique Ortega.

Las descargas mayores de coliformes fecales coliformes en la Planta de Tratamiento Enrique Ortega ocurrieron en el año 2003 (Figura 3). El valor obtenido fue de 8.9×10^{12} NMP/d. Durante los años 2004 y 2005, los datos revelaron una mejora (Figura 3). Esta mejora reflejó una reducción de 6.84×10^{12} MPN/d en comparación al año 2003. En el año 2006 ocurrió un aumento en las descargas de coliformes fecales de 1.86×10^{12} NMP/d y nuevamente ocurrió una mejora dramática durante los años 2007 y 2008 (Figura 3). La mejora resultó en 3.14×10^{12} NMP/d. Los resultados mostraron violación al permiso NPDES para el parámetro de coliformes fecales en las descargas de la Planta de Tratamiento Enrique Ortega durante los años 2003, 2004, 2005, 2006 y 2008 (Figura 3). El permiso NPDES exige cumplir con un máximo de descarga de coliformes fecales de 9.08×10^{11} NMP/d para la planta de tratamiento Enrique Ortega.

Planta de Tratamiento Sergio Cuevas

La mayor descarga de BOD en la planta de tratamiento de Sergio Cuevas ocurrió en el año 2008 (Figura 4). Esta descarga fue de 293.9 lb/d de BOD. Las descargas de BOD ocurridas en los años 2003 y 2005 presentaron una mejora comparado con el resto de los años (Figura 4). Estos resultados fueron los más bajos siendo los mismos de 2.6 y 83.6 lb/d para los años 2003 y 2005 respectivamente. Sin embargo el 2007 mostró un aumento significativo en comparación a las descargas del año anterior (Figura 4). El aumento reflejó una descarga de 38.8 lb/d más que el año 2006. Los resultados mostraron violación al permiso NPDES para el parámetro de BOD en las descargas de la Planta de Sergio Cuevas durante los años 2007 y 2008 (Figura 4). El permiso NPDES exige cumplir con un máximo de descarga de BOD de 114.5 lb/d para la planta de tratamiento Sergio Cuevas.

Las descargas de TDS en la planta de tratamiento Sergio Cuevas comenzaron a monitorearse por requerimiento del permiso NPDES en el año 2005, una vez este permiso fue renovado, por lo que no existen datos entre los años 2002 al 2004 (Figura 5). Los años 2006 al 2008 revelaron aumentos graduales en las descargas de TDS en Sergio Cuevas (Figura 5). Entre los años de 2006 al 2008 se reflejó un aumento de 1,608.52 lb/d de TDS. Los resultados no mostraron violación al permiso NPDES para el parámetro de TDS en las descargas de la planta de Sergio Cuevas (Figura 5). El permiso NPDES exige cumplir con un máximo de descarga de TDS de 11,454.99 lb/d para la planta de tratamiento Sergio Cuevas.

La mayor descarga de coliformes fecales en la planta de Sergio Cuevas ocurrió en el año 2006 (Figura 6). El valor obtenido fue de 1.16×10^{11} MPN/d. Los datos de descarga de coliformes fecales no se encontraron disponibles durante los años 2002 al 2005. Sin embargo las descargas de coliformes fecales ocurridas en el año 2008 mostraron una mejora dramática en la planta de tratamiento de Sergio Cuevas en

comparación al año 2006 (Figura 6). Esta mejora resultó en una reducción de 1.12×10^{11} MPN/d. Los resultados no mostraron violación al permiso NPDES para el parámetro de coliformes fecales en las descargas de la planta de Sergio Cuevas durante los años 2006 al 2008 (Figura 6). El permiso NPDES exige cumplir con un máximo de descarga de coliformes fecales de 4.16×10^{12} MPN/d para la planta de tratamiento Sergio Cuevas.

Finalmente, los resultados demostraron que las medidas tomadas hasta ahora por la AAA no han ofrecido el resultado esperado, según lo demuestra la inconsistencia de las descargas. Estos resultados tan erráticos son indicativos de que los STS o no fueron construidos con la capacidad de tratamiento adecuada o por otro lado, no han sido propiamente operados y mantenidos. Por ejemplo, ambas plantas de tratamiento demostraron en ocasiones que luego de construido el STS, parámetros como el BOD aumentó en vez de disminuir.

Objetivo 2: Investigar los factores asociados al no cumplimiento para establecer estrategias de acción.

Evaluamos los reportes de inspección de cumplimiento y/o reconocimiento de acuerdo a los años identificados con los resultados de no cumplimiento y violación al permiso NPDES que hallamos del objetivo anterior. La Agencia de Protección Ambiental facilitó los reportes. En los reportes de inspección de las plantas de tratamiento Enrique Ortega y Sergio Cuevas, identificamos los siguientes factores asociados al no cumplimiento con el permiso NPDES para ambas plantas de tratamiento:

Problemas de capacidad de diseño del sistema:

- Ambas plantas de tratamiento no tienen la capacidad de diseño para tratar la cantidad de agua que reciben actualmente. Por ejemplo, la planta Enrique Ortega está diseñada para tratar 78 MGD y actualmente trata 85 MGD. La planta de tratamiento Sergio Cuevas tiene una capacidad de diseño de 60 MGD, pero actualmente trata más de 105 MGD (EPA, 2008b, 2008c; 2009). Una planta de tratamiento de agua que no presente capacidad de diseño para tratar el agua, eventualmente genera un aumento en las descargas de contaminantes debido a que clasifica como no efectivo el sistema de tratamiento de cienos porque de igual forma se convierte en uno sin capacidad de diseño. Esto resulta en una sobrecarga al sistema provocando que se viertan las aguas usadas en los cuerpos de agua y que se esté violando la Ley. Enrique Ortega actualmente tiene un permiso para tratar el flujo de 1.2 MGD pero recibe 8.3 MGD para ser tratados en el STS (PRASA, 2008). Sergio Cuevas tiene un permiso para tratar 2.747 MGD, sin embargo recibe 3.4 MGD. Claramente representa un problema de capacidad de diseño, tanto en la planta de tratamiento como en el STS.
- La planta de tratamiento de Sergio Cuevas no posee un tanque ecualizador como parte de las unidades que componen un sistema de tratamiento de cienos (EPA, 2008c; 2009). El sistema de tratamiento de cienos debe estar completo en todas sus unidades de operación para lograr efectividad al sistema. La importancia del tanque ecualizador es reducir el impacto de los altos volúmenes de agua que provienen de forma intermitente de los procesos de lavado de los filtros y tanques de sedimentación (Crittenden et. Al, 2005). Además provee continuidad al tratamiento en el STS y un rango constante de entrada de agua a cada unidad del tratamiento (Metcalf & Eddy, 1991). Esto se debe a que el

lavado de los filtros y el de los tanques de sedimentación usualmente no ocurre de manera continua.

- En septiembre de 2008 Sergio Cuevas resultó afectada por una tormenta tropical. Durante este mes la turbidez de entrada de 2,000 NTU provocó una sobrecarga de sólidos en la planta de tratamiento (EPA, 2008c). Debido a la falta de capacidad para tratar la cantidad de sólidos en el sistema de tratamiento de cienos, hubo un aumento en las descargas de BOD.
- La inspección de cumplimiento para la planta de tratamiento de Sergio Cuevas reveló que el tanque espesador estuvo dañado por varios meses. El sistema de tratamiento de cienos debe estar completo en todas sus unidades de operación para lograr efectividad al sistema (EPA, 2008c).

Unidades redundantes no disponibles:

- En los reportes de inspección de 2004 para la planta de tratamiento Enrique Ortega se indica que no se encontraban disponibles equipos alternos cuando la unidad principal está fuera de operación. Al momento de la inspección la planta de tratamiento se encontraba sin el brazo removedor de sólidos en el fondo del tanque ecualizador y también sin el funcionamiento de las bombas sumergibles alternas (EPA, 2004). Esto indica que el equipo redundante deberá estar disponible en caso de emergencia para que no se vea afectada la operación del sistema de tratamiento de cienos.
- Los reportes de inspección de la Planta de Tratamiento Enrique Ortega para el año 2008 reportaron unidades esenciales para el tratamiento fuera de operación. Específicamente 2 filtros fuera de servicio por mal funcionamiento de válvulas, 3 tanques de sedimentación en reparación y una bomba del tanque de ecualización (EPA, 2008b). Las unidades fuera de operación mencionadas

anteriormente propiciaron una acumulación significativa de sólidos en los tanques esperadores (EPA 2008b). Debido a que los tanques esperadores se encontraban tratando las aguas provenientes del lavado de los filtros y de los tanques de sedimentación a una mayor cantidad permitida a su diseño, esto generó una gran cantidad de descarga de cienos en el efluente.

- Los reportes de inspección de la planta de tratamiento Enrique Ortega indicaron que el inventario de polímeros solo tenía reserva para un día en el momento que se realizó la inspección durante el año 2008. La inspección también menciona que las bombas que envían el polímero al cieno no funcionaban (EPA 2008b). El polímero es utilizado para acelerar el proceso de secado del cieno en los lechos de secado. Si este químico no es añadido, retrasa el proceso de secado y crea una acumulación de cienos en los lechos, los cuales deben estar disponibles para el cieno que proviene del tanque esperador.
- La planta de tratamiento Sergio Cuevas en una inspección en el año 2007 reveló que el generador de emergencia no estaba funcionando. Esta unidad es igualmente importante para evitar interrupciones al tratamiento (EPA, 2007c).

Censores de nivel y metros de flujo no disponibles:

- La inspección de cumplimiento del 2003 para ambas plantas de tratamiento Sergio Cuevas identificó que los metros de descarga para medir el efluente necesitaban arreglos y calibración (EPA, 2004; 2009). Este metro de descarga permite conocer la cantidad de agua descargada al cuerpo de agua superficial una vez sea tratado en el sistema de tratamiento de cienos.
- La inspección en el año 2008 para ambas plantas reveló que los tanques espesadores poseen sensores de nivel pero se encuentran fuera de operación

(EPA, 2008c). Los sensores de nivel deben permanecer activos para indicar una sobrecarga de agua con sólidos en el sistema de tratamiento de cienos.

Operadores no adiestrados y falta de procedimientos estándares de operación:

- La inspección del 8 de agosto de 2008 para la planta de tratamiento Enrique Ortega reveló que los operadores no seguían los procedimientos para el muestreo de la descarga. Por ejemplo, tomaron la lectura de los sólidos en 10 minutos cuando el procedimiento dice que sea en 1 hora (EPA, 2008b).
- Durante el año 2008 para ambas plantas de tratamiento se comentó en la inspección que los operadores en ocasiones suelen lavar los tanques de sedimentación y los filtros simultáneamente, causando el desborde en las unidades en el STS (EPA, 2008b; 2008c).

No disponibilidad de las unidades esenciales del STS:

- Para ambas plantas las inspecciones revelaron que los lechos de secado se encontraban llenos y no permitían el ingreso de cieno nuevo afectando así la continuidad del sistema.

No disponibilidad de controles de los procesos:

- Las inspecciones durante los años 2007 y 2008 para ambas plantas revelaron la ausencia de controles tanto para la documentación diaria en los sistemas de tratamientos como para los controles de calidad. Por ejemplo, las inspecciones mencionan que ambas plantas no tienen un buen uso de las bitácoras, no archivan las calibraciones de los equipos, no archivan los manifiestos luego del recogido de los cienos, no documentan las actividades llevadas a cabo en el STS, no exigen ordenes de trabajo cuando las unidades se encuentran fuera de operación y necesitan arreglos urgentes (EPA 2007c; 2007d; 2008b; 2008c; 2009).

Manejo de Riesgo Ambiental: recomendaciones prácticas entre agencias

Identificar una amenaza ambiental ha generado distintos enfoques en como manejar tales amenazas por parte de distintos gobiernos y agencias reguladoras. Una medida de control deberá considerar los efectos en las poblaciones en riesgo. Los controles de ingeniería declaran que si aumentan las medidas de control ambiental, se reducirá el riesgo al mismo. Según el enfoque de nuestro trabajo, el ecosistema acuático se ve afectado por descargas de contaminantes generadas en las plantas de tratamiento de agua potable. Para reducir las mismas fue implementado el STS, como medida de control ambiental, sin embargo, es evidente que el problema de desconocimiento de el manejo de medidas de control ambiental por parte de la AAA, esta afectando las alternativas de control ambiental. A lo largo de esta investigación observamos que a la AAA le fue impuesta una medida de control ambiental sin antes orientar a cerca del avalúo de riesgo que es la base para decidir sobre que medidas de control ambiental deben ser establecidas. El avalúo de riesgo nunca estuvo disponible para nuestra revisión. La administración actual de la AAA desconoce su existencia. A continuación se mencionan las consideraciones para lograr una medida de control ambiental efectiva:

- La AAA deberá distinguir entre el proceso de avalúo y manejo de riesgos ambientales para finalmente comprender cuales serán las medidas de control adoptadas y manejarlas adecuadamente.
- El sector científico de la AAA y la EPA deberá ejercer un papel destacado y de liderato para que exista una comunicación más efectiva del riesgo. Los operadores que trabajan los STS se encuentran ajenos a los riesgos ambientales que tienen las descargas de BOD, TDS y coliformes fecales. No comprenden cual es el uso del permiso de descarga NPDES y para que llevan a cabo muestreos en la descarga. Debido a que el proceso de evaluación de riesgo

es llevado a cabo por sectores científicos y por otro lado; las decisiones de controles ambientales se encuentran administradas bajo agencias que están sometidas a presiones políticas y económicas; es necesario establecer una comunicación estrecha para lograr efectividad en los controles del manejo de riesgo.

- Contrario a lo que aparenta ser la visión actual, la AAA, debe de entender la importancia del STS como medida de control ambiental y no como una simple medida de almacenamiento de sólidos.
- Las agencias reguladoras deberán aumentar la cantidad de inspecciones a estas instalaciones con el propósito de hallar y comunicar los factores de no cumplimiento que se encuentren afectando la efectividad de las medidas de control ambiental.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, la Planta de Tratamiento Enrique Ortega presentó más cantidad de violaciones al permiso NPDES que la Planta de Tratamiento Sergio Cuevas. Estos resultados obligan a clasificar el STS como no efectivo para el control de riesgo al ambiente acuático mediante las descargas de contaminantes en las plantas de tratamiento. Por otro lado, Sergio Cuevas presentó la menor cantidad de violaciones al permiso NPDES. No obstante, la Planta de Sergio Cuevas no se eximió de violaciones al permiso de descarga lo que igualmente clasifica como no efectivo el Sistema de Tratamiento de Cienos.

Es una obligación ineludible e irrenunciable encontrar un justo equilibrio entre la capacidad de diseño de tratamiento del STS, la operación y el mantenimiento de estos sistemas para lograr que esta medida de control reduzca el riesgo al ambiente acuático. Basados en nuestros hallazgos podemos concluir que la AAA no ha adoptado un sistema administrativo eficiente en las plantas de tratamiento de agua potable y en los STS. Esto limita el potencial de efectividad de los STS como medida de control implementada para reducir las descargas de contaminantes al ambiente acuático. Se necesitan soluciones totales hoy, y para esto, luego de determinar los factores asociados al no cumplimiento en cada planta de tratamiento, las siguientes estrategias de acción son recomendadas para lograr alcanzar resultados de cumplimiento:

- Desarrollo e implementación de un Sistema de Mantenimiento Preventivo- este programa deberá incluir pero no limitarse a un sistema de archivos de documentos que incluya la descripción física y operacional de los STS en

cada planta de tratamiento. Además deberá incluir información sobre el fabricante de las unidades de STS que especifique recomendaciones de la frecuencia de mantenimiento y servicios, dibujos de los equipos y tipos específicos de productos lubricantes necesarios. Los programas de mantenimiento preventivo permiten identificar problemas en las unidades de operación y remediar, evitando situaciones de emergencia imprevistas, así como proveyendo para la operación continua y eficiente de los procesos en tratamiento del STS.

- Evaluación de la capacidad de los Sistemas de Tratamiento de Cienos - la AAA deberá desarrollar e implementar un plan para evaluar la capacidad de tratar las aguas de lavado en un sistema de STS. La importancia de esta evaluación de capacidad es cumplir con el permiso NPDES en cuanto a los límites de los efluentes. Por otro lado, el resultado de una evaluación de capacidad del Sistema de Tratamiento de Cienos proporciona información pertinente para decidir si es necesario añadir unidades al tratamiento para lograr cumplimiento con el permiso NPDES y efectividad del STS. Las evaluaciones de capacidad deberán ser supervisadas y ejecutadas por personal capacitado y con experiencia.
- Instalación de indicadores de niveles – La instalación y disponibilidad de instaladores de nivel en los tanques de equalización y en los tanques espesadores, deberán ser programados para que avisen al operador con anticipación

en caso de una sobrecarga de agua en los tanques y una posible descarga ilegal y nociva al ambiente. La importancia de este equipo es prevenir la descarga de contaminantes a los cuerpos de agua. Es importante mantener la calibración de estos equipos actualizadas según las recomendaciones del fabricante.

- Instalación de medidores de flujo – El medidor de flujo deberá ser instalado a la salida de la descarga. De esta manera brindara los valores reales del efluente que es descargado. La importancia de este equipo es conocer cuanto efluente se descarga y compararlo con el permiso NPDES para evitar las violaciones al permiso. Es importante mantener la calibración de estos equipos actualizadas según las recomendaciones del fabricante para obtener lecturas válidas.
- Adiestramientos para los operadores de los Sistemas de Tratamiento de Cienos – la AAA deberá adiestrar a operadores que manejen solo el STS. Se recomienda re-adiestramientos anualmente. Los operadores debidamente adiestrados aseguran una propia operación y mantenimiento del STS.
- Instalación, operación y mantenimiento de las unidades alternas de energía- las unidades alternas de energía o generadores de emergencia deben ser considerados en una planta de tratamiento de agua potable y en un STS. Esta unidad garantiza la continuidad del tratamiento en

ocasiones que la fuente de energía eléctrica principal se vea interrumpida.

- Procedimientos estándares operacionales para el lavado de los filtros y el lavado de las unidades de tratamiento_– la AAA deberá crear e implementar un proceso estándar para el manejo de las aguas de lavado que provienen de los filtros y de los tanques de sedimentación. Estos procedimientos deberán ser diseñados para controlar la entrada de aguas de lavados al STS y de esta manera evitar interrupciones a la operación del mismo, además de evitar violaciones al permiso NPDES. Estos procedimientos deberán incluir la frecuencia de lavado de los filtros o de los tanques de sedimentación, establecer un itinerario de lavados, especificar la cantidad de unidades lavadas y especificar la cantidad de agua de lavado que se estará enviando al STS. Este procedimiento deberá estar relacionado con un procedimiento de lavado de los lechos de secado para asegurar la continuidad del proceso y la disponibilidad de los lechos de recibir cieno evitando la sobrecarga de los sólidos por prolongado tiempo en las unidades del tratamiento del STS.
- Establecer un programa de manejo de los cienos – la AAA deberá crear e implementar un programa de control del proceso de manejo de cieno de manera que especifique las fechas que fue descargado cieno a los lechos de secado, la cantidad en volumen aproximado y peso del cieno

removido; fecha de recogido de cieno seco que se transportará hacia vertedero y método de recogido; mantener copia de los manifiestos e información del transportista. Se recomienda a la AAA documentar el manejo de los cienos en una bitácora correspondiente al sistema de STS

- Establecer un programa de control de procesos operacionales– Una propia operación y mantenimiento incluyen controles adecuados en los laboratorios y seguridad en los controles de calidad de los procesos. Los muestreos en los laboratorios son esenciales para asegurar un tratamiento óptimo y en cumplimiento con el permiso NPDES según los límites del efluente. La AAA deberá crear e implementar un sistema de control de procesos que incluya: los procedimientos estándares de las aguas de lavados tratadas en el STS; medidas específicas del flujo de agua, sus características físicas, químicas y biológicas; el uso de bitácoras y archivos para todas las actividades llevadas a cabo en el STS; contabilización de los parámetros operacionales requeridos para la operación óptima del STS como lo son la edad del cieno, patrones de recirculación, la habilidad de sedimentación de los sólidos, turbidez, pH, flujo, cloro residual, temperatura, sólidos sedimentables u otras características necesarias para la operación del STS; las metas del tratamiento basadas en los requisitos aplicables al permiso para cada planta de

tratamiento; identificación del personal responsable de la implementación de este sistema incluyendo el soporte técnico y la información del laboratorio; actualización de adiestramientos a todo el personal responsable de este sistema; establecer una rutina de monitoreo de los equipos en operación e identificar el estatus de la condición electromecánica de los mismos, esto debe incluir una propia calibración de los equipos.

- Establecer un sistema de manejo de documentación relacionada a la operación y el cumplimiento - se recomienda a la AAA la estandarización del archivo de documentos. La importancia de esta estandarización de documentos deberá ser reflejada en la creación de hojas que faciliten documentar detalles como equipos que deben enviarse a mantenimiento y las razones, además de incluir la fecha de estas ordenes de trabajo. Finalmente cerrar la orden de trabajo con las actividades de reparación completadas. La AAA deberá crear una hoja de cotejo de todos los equipos y documentar semanalmente los hallazgos en el proceso. La dinámica de llevar a cabo esta hoja de cotejo como una auditoria interna semanal, previene el desconocimiento que existe en las plantas de tratamiento y en los STS de la cantidad de tiempo que una unidad se encuentra fuera de operación evitando que el STS sea efectivo.

- Disponibilidad de Unidades Redundantes- la AAA deberá mantener un inventario de unidades claves redundantes para evitar que el proceso de tratamiento se vea interrumpido. La AAA deberá establecer una frecuencia de cotejo de este inventario. Este inventario debe incluir pero no limitarse a todas las unidades claves de procesos del tratamiento, equipos de laboratorio, bombas, válvulas, inventario de productos químicos utilizados.

Limitaciones del estudio

Este estudio solo estuvo dirigido al cumplimiento de la AAA con los límites en el efluente de parámetros de BOD, TDS y Coliformes Fecales. Más allá de estos parámetros, existen otras fuentes que contribuyen al empobrecimiento de la calidad del ambiente acuático, los cuales no fueron objetos de evaluación y análisis en este estudio.

El estudio no obtuvo evidencia sobre los controles de calidad de la data obtenida. La situación de obtener datos no confiables en un estudio puede conducir a errores sobre la situación bajo estudio; determinar que algo resulta negativo cuando en realidad podría ser positivo.

Como consecuencia, recomendamos un estudio, luego de implementar nuestras recomendaciones al proceso. De esta manera se determinará si existe una relación entre la efectividad del STS, y la adecuada capacidad de diseño. Una óptima operación y mantenimiento de esta medida de control será efectiva para reducir el riesgo al ambiente acuático debido a descargas de contaminantes. Todos los aspectos antes mencionados pueden ser sujetos de futuros estudios.

LITERATURA CITADA

- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2002). Reportes de Monitoreo de Descargas Plantas de Tratamiento de Agua Potable. San Juan. P.R.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2003). Reportes de Monitoreo de Descargas Plantas de Tratamiento de Agua Potable. San Juan. P.R.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2004). Reportes de Monitoreo de Descargas Plantas de Tratamiento de Agua Potable. San Juan. P.R.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2005). Reportes de Monitoreo de Descargas Plantas de Tratamiento de Agua Potable. San Juan. P.R.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2006). Reportes de Monitoreo de Descargas Plantas de Tratamiento de Agua Potable. San Juan. P.R.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2007). Reportes de Monitoreo de Descargas Plantas de Tratamiento de Agua Potable. San Juan. P.R.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2008). Reportes de Monitoreo de Descargas Plantas de Tratamiento de Agua Potable. San Juan. P.R.
- Clancey, J. & Rochelle, P. (2006). The evolution of Microbiology in the Drinking water Industry, *American Water Works Association*, 3 (98), 163-191.
- COEPA (2007). *El Riesgo Ambiental*. Extraído 04/21/2009 <http://coeпа.net/guías/files/riesgo-ambiental.pdf>.
- (Cornwell & Davis, 1998). *Introduction to Environmental Engineering*. (3rd ed). Chicago:McGraw-Hill, pp-16-20.
- Crittenden et. al.(2005). *Water Treatment: Principles and Desing*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, pp. 1670-1673.
- Feliciano, D. (1999). *El ambiente y las leyes en Puerto Rico*. Puerto Rico: El recurso agua. Publicaciones Paraíso.
- Freeze, R.A. and J.A. Cherry. (1979). *Groundwater*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 604.
- Huertas, E. (2004). *Impact and Environmental Risk of Discharges from Wastewater Treatment Plants of the Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority*. Thesis.Universidad Metropolitana. San Juan, P.R.
- Klein, D.A., Harley, J.P. & Prescott, L.M. (1999). *Microbiología*. (4ta ed.). España: McGraw-Hill.

- McGuire, M.J. (2006). Eight revolutions in the history of US drinking water disinfection. *American Water Works Association*, 3(98), 123-149.
- Marti, J. (2005). *Actualización del inventario de Sistemas de Acueductos Independientes en Puerto Rico*. Extraído 08/22/2008.
<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDS/PuertoRico029/Marti.pdf>
- Metcalf & Eddy, Inc. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment and reuse*. Third Edition. McGraw-Hill, Inc. Series in Civil and Environmental Engineering, New York, NY. pp. 810-813.
- Metcalf & Eddy, Inc. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and reuse. Fourth Edition*. McGraw-Hill, Inc. Series in Civil and Environmental Engineering, New York, NY .pp. 9-198, 311-411 y 475-481.
- (Morgan & Vesilind 2004). *Introduction to Environmental Engineering. (2nd ed)* pp 163-189. Phoenix: Brooks Cole & Thompson Learning
- Muñiz, O. (2009). *Manejo de Riesgo Ambiental: Consideraciones Prácticas*. Extraído 03/03/2009 <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/puertorico/xi.pdf>.
- Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority.(2008). *Water Treatment Plant: Solid Treatment Study*. P 4-1, 5-6.
- Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority.(2004). *Operations and Maintenance Reviews 2004* pp. 34-37. San Juan, P.R.
- Sincero, A.P. & Sincero, G.A. (1999). *Physical-Chemical Treatment of Water and Wastewater*. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida. pp. 114-129.
- Spellman, F.R. (2003). *Handbook Water & Wastewater Treat Plant Operators*. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida. pp. 49-52, 77-96.
- U.S. Congress (1977). *Clean Water Act of 1977*. 33U.S. Code 1251 et. Seq., Pl. 95-212, 91 Stat.1566, Washington, D.C.
- U.S. Congress (1979). *Safe Drinking Water Act of 1979*. 42U.S. Section 300j-9(i), Washington, D.C.
- U.S. Department of Justice (2006). *U.S. v. PRASA, Civil Action 06-382 (cc) Order*. United States District Court for the District of Puerto Rico.
- U.S. Environmental Protection Agency (1994). *NPDES Compliance Inspection Manual*. pp 1-7.
- U.S. Environmental Protection Agency (1998). *U.S. v. PRASA, Civil Action 98-0359 (cc) Civil Litigation Referral*. Government Printing Office.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1999a). *Consent Decree*. Government Printing Office.

- U.S. Environmental Protection Agency. (1999b). *25 Years of the Safe Drinking Water Act: History and Trends*.
- U.S. Environmental Protection Agency (1999c) *U.S. v. PRASA, Civil Action 92-1511 (cc) Request for Consent Decree Enforcement*. Government Printing Office.
- U.S. Environmental Protection Agency (2000). *The History of Drinking Water Treatment*.
- U.S. Environmental Protection Agency (2004). *Compliance Evaluation Inspection PRASA WTP-Enrique Ortega*. San Juan P.P. pp.1-3. Government Printing Office.
- U.S. Environmental Protection Agency (2005a). *Guide to Calculating Environmental Benefits of Enforcement Cases: FY 2005 CCDs Update*, pp 5-3.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2005b). *Authorization to discharge under the National Pollutant Discharge Elimination System, Sergio Cuevas Water Treatment Plant*, Permit No. PR0022411. pp. 3-7
- U.S. Environmental Protection Agency. (2006). *Drinking Water Treatment Site Visit Report: Puerto Rico*.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2007a). *Authorization to discharge under the National Pollutant Discharge Elimination System, Enrique Ortega Water Treatment Plant*, Permit No. PR0022616. pp. 3-8.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2007b). *Overview EPA authorities for natural resource managers developing aquatic invasive species rapid response and management plans: CWA section 402-NPDES*. Extraído en 09/04/2008 de la base de datos de la Agencia de Protección Ambiental.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2007c). *Compliance Evaluation Inspection- Enrique Ortega WTP STS*. San Juan, P.R. Government Printing Office.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2007d). *Compliance Evaluation Inspection Sergio Cuevas WTP STS*. San Juan, P.R. Government Printing Office.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008a). *Technical Analysis for Determination of Technology Based Permit Limits for the Guaynabo Drinking Water treatment facility*.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008b). *Compliance Evaluation Inspection- Enrique Ortega WTP STS*. San Juan, P.R. Government Printing Office.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008c). *Compliance Evaluation Inspection- Sergio Cuevas WTP STS*. San Juan, P.R. Government Printing Office.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2009). *Compliance Evaluation Inspection- Enrique Ortega WTP STS*. San Juan, P.R. Government Printing Office.

U.S. Environmental Protection Agency. (2009). *Compliance Evaluation Inspection-Sergio Cuevas WTP STS*. San Juan, P.R. Government Printing Office.

University of Purdue (2000). *Total Suspended Solids*. Extraído en 09/04/2008 de Pasture.ecn.purdue.edu/~eql/H20TSS.doc

University of Sacramento (1988a). *Water treatment plant operation*. In J. Beard (Ed.) *Plant operation* (pp. 413-454). California: Hornet foundation.

University of Sacramento (1988b). *Water treatment plant operation*. In G. Uyeno (Ed.) *Handling and disposal of process wastes* (pp. 180-203). California: Hornet foundation.

TABLAS

Tabla 1: Características del efluente de la planta de tratamiento Enrique Ortega (promedio anual)

Año	Flujo (MGD)	Conc. BOD (mg/l)	Carga BOD (lb/d)	Conc. TDS (mg/l)	Carga TDS (lb/d)	Conc. Fecales NMP/100ml	Carg. Fecales NMP/día
2002	1.2	3.70	37.17	ND	ND	132.80	6.03 X 10 ¹¹
2003	1.2	4.20	42.28	ND	ND	1956.40	8.88 X 10 ¹²
2004	1.2	7.90	78.97	ND	ND	450.20	2.04 X 10 ¹²
2005	1.2	4.50	45.45	ND	ND	450.30	2.04 X 10 ¹²
2006	1.2	6.30	62.71	ND	ND	860.80	3.90X 10 ¹²
2007	1.2	5.20	51.62	170.3	1901.52	170.30	7.73 X 10 ¹¹
2008	1.2	10.50	105.26	316.4	1872.93	316.40	1.43 X 10 ¹²

Tabla 2: Características del efluente de la planta de tratamiento Sergio Cuevas (promedio anual)

Año	Flujo (MGD)	Conc. BOD (mg/l)	Carga BOD (lb/d)	Conc. TDS (mg/l)	Carga TDS (lb/d)	Conc. Fecales NMP/100ml	Carg. Fecales NMP/día
2002	2.747	3.28	75.14	ND	ND	ND	ND
2003	2.747	0.11	2.57	ND	ND	ND	ND
2004	2.747	4.10	94.98	ND	ND	ND	ND
2005	2.747	3.70	83.62	0.17	3.89	ND	ND
2006	2.747	3.70	85.15	158.40	3,628.02	11.1	1.16 X 10 ¹¹
2007	2.747	5.40	123.90	206.70	4,734.73	0.3	3.47 X 10 ⁹
2008	2.747	12.80	293.90	228.60	5,236.57	0.3	3.47 X 10 ⁹

FIGURAS

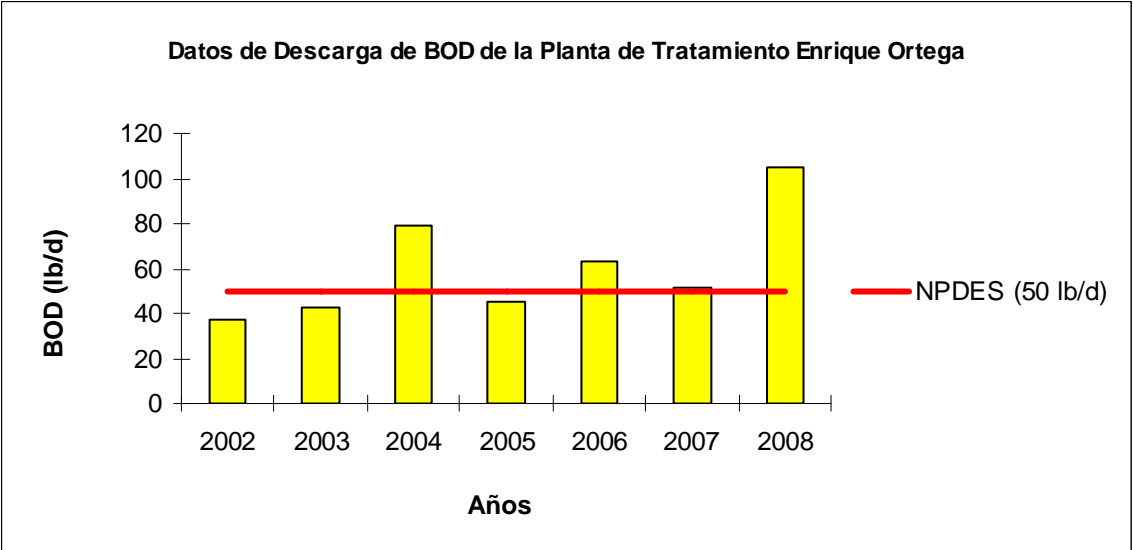


Figura 1: Descarga promedio de BOD (lb/d) de la planta de tratamiento Enrique Ortega durante los años 2002 al 2008.

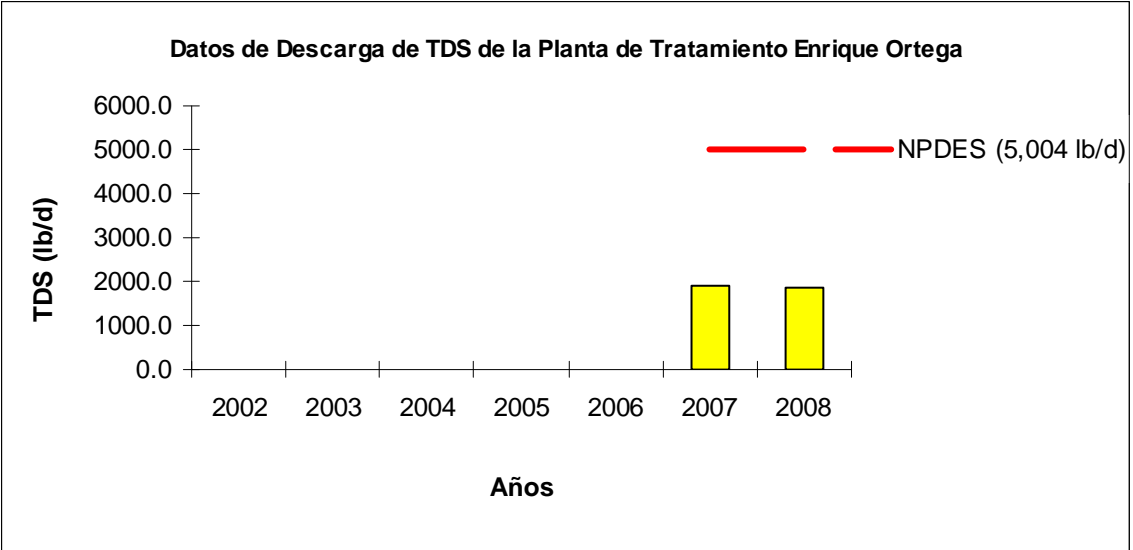


Figura 2: Descarga promedio de TDS (lb/d) de la planta de tratamiento Enrique Ortega durante los años 2002 al 2008.

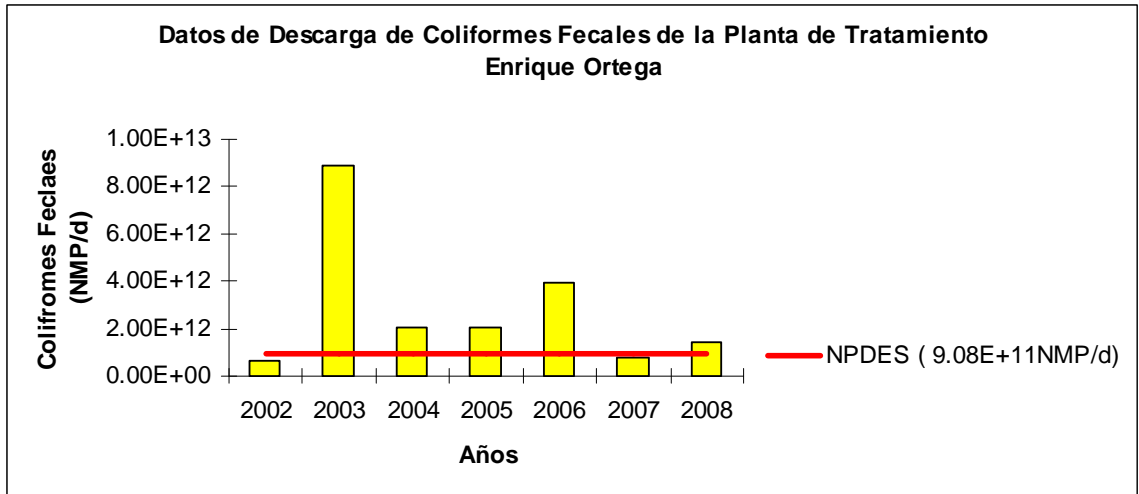


Figura 3: Descarga promedio de coliformes fecales (NMP/d) de la planta de tratamiento Enrique Ortega durante los años 2002 al 2008.

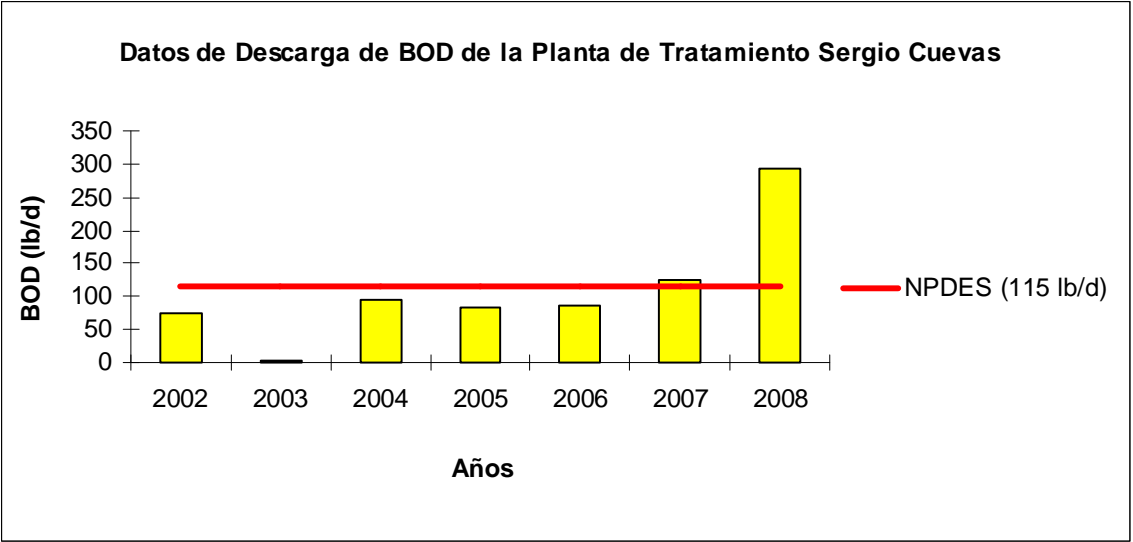


Figura 4: Descarga promedio de BOD (lb/d) de la planta de tratamiento Sergio Cuevas durante los años 2002 al 2008.

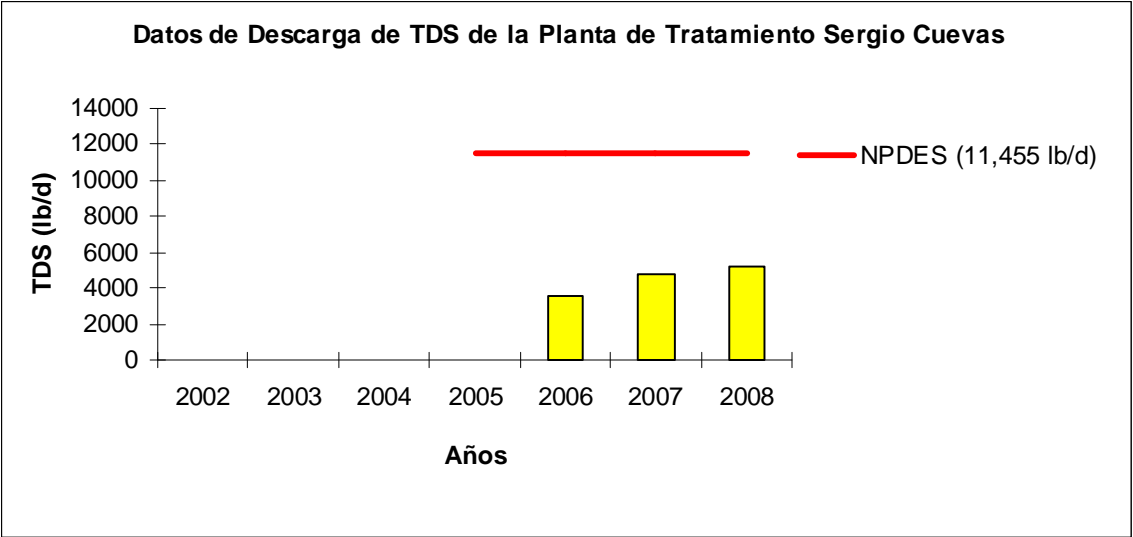


Figura 5: Descarga promedio de TDS (lb/d) de la planta de tratamiento Sergio Cuevas durante los años 2002 al 2008.

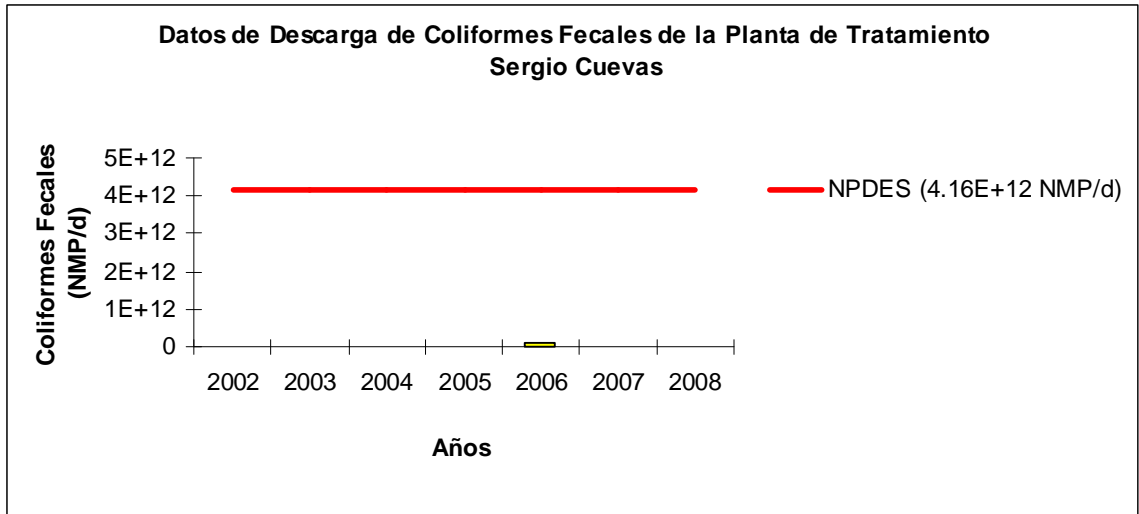
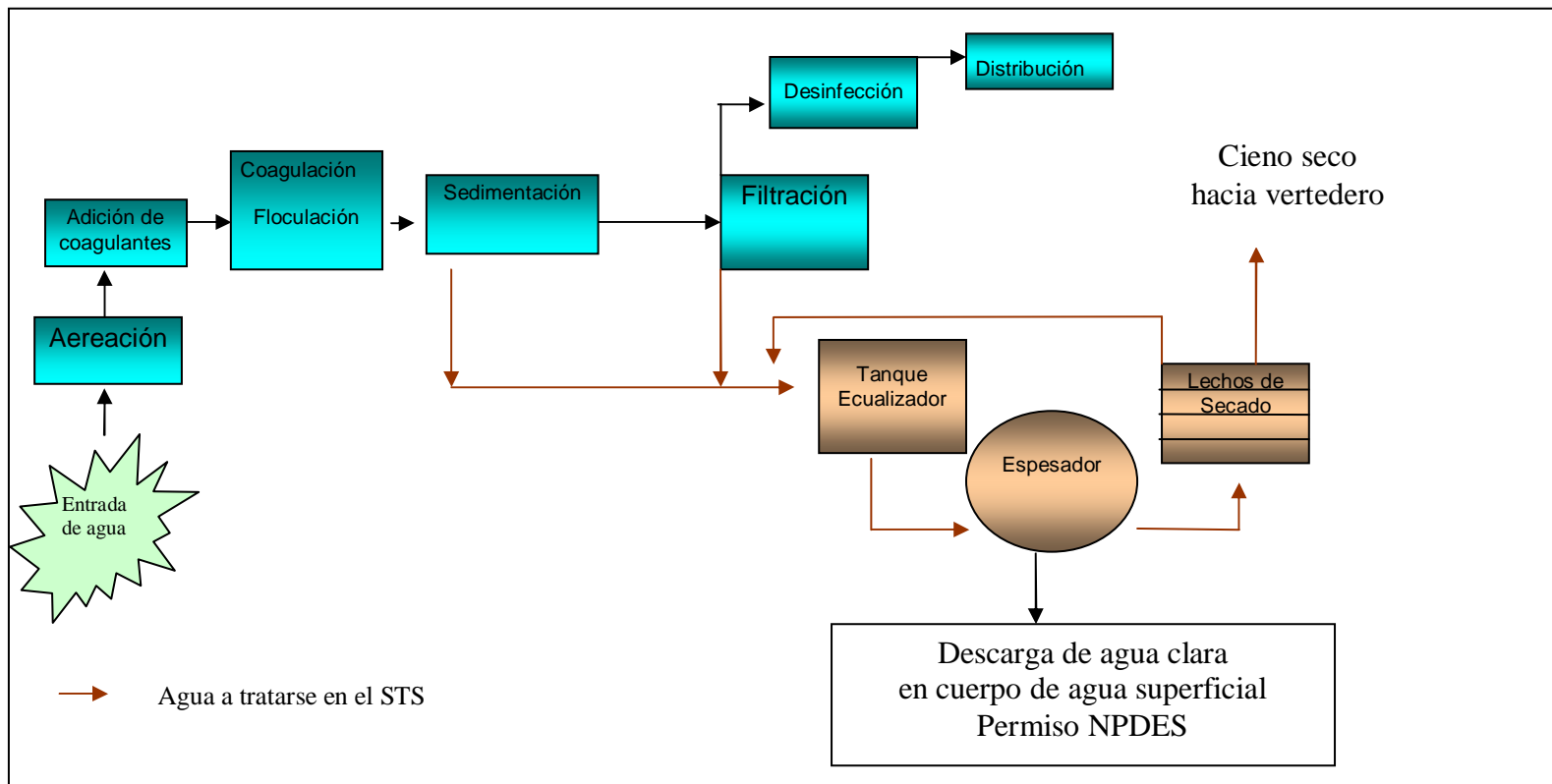


Figura 6: Descarga promedio de coliformes fecales (NMP/d) de la planta de tratamiento Sergio Cuevas durante los años 2002 al 2008.

APÉNDICES

**APÉNDICE 1: DIAGRAMA DE PROCESO DEL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
Y EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE CIENOS**



APÉNDICE 2: MICROORGANISMOS PATÓGENOS QUE HABITAN EN UN MEDIO ACUÁTICO Y PUEDEN MANTENERSE EN UN MEDIO INDEPENDIENTE DE LOS SERES HUMANOS

Organismo	Fuente	Enfermedad asociada
Bacterias		
<i>Aeromonas hydrophila</i>	De vida libre	Gastroenteritis, celulitis
<i>Campylobacter</i>	Aves y otros animales	Diarrea
<i>Legionella pneumophila</i>	De vida libre y asociada con protozoos	Enfermedad de legionela
<i>Leptospira</i>	Animales infectados	Efectos hemorrágicos, ictericia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	De vida libre	Oído del nadador y enfermedades relacionadas
<i>Salmonella enteritidis</i>	Tracto intestinal de animales	Enfermedad de salmonela
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	De vida libre en aguas costeras	Causa diarrea en consumidores de mariscos
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Fuente en animales y en el ambiente	Gastroenteritis transmitida por el agua
Protozoos		
<i>Acanthamoeba</i>	Áreas de vertido de ciertos productos de plantas de tratamiento de agua potable	Encefalitis amébrica granulomatosa, queratitis, úlceras en la córnea
<i>Cryptosporidium</i>	Muchas especies de animales domésticos y silvestres	Enterocolitis aguda
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Todo tipo de agua	Enfermedad diarreaica de larga duración (promedio de 43 días)
<i>Giardia lamblia</i>	Castores, ovejas, perros, gatos	Diarrea primaveral
<i>Naegleria fowleri</i>	Agua caliente, piscinas, lagos	Infección del sistema nervioso central, meningoencefalitis amebiana primaria

Adaptada de Klein, Harley y Prescott , 1999

**APÉNDICE 3: PERMISO DE DESCARGA NPDES PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO
ENRIQUE ORTEGA**

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
REGION II

AUTHORIZATION TO DISCHARGE UNDER THE
NATIONAL POLLUTANT DISCHARGE ELIMINATION SYSTEM

PERMIT NUMBER
PR0022616

RECIBIDO DIRECTOR EJEC.
CUMPLIMIENTO Y
CONTROL DE CALIDAD
07 APR 23 PM 3:23

In compliance with the provisions of the Clean Water Act, as amended, 33 U.S.C. §1251 et. seq. (the "Act"),

Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority
P.O. Box 7066
Barrio Obrero Station
San Juan, Puerto Rico 00916

hereinafter referred to as "the Permittee" is authorized to discharge from a facility located at

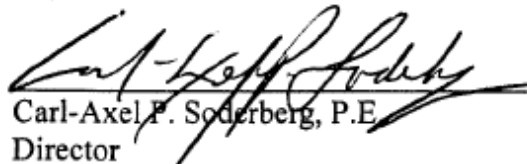
Enrique Ortega Water Treatment Plant
Toa Alta, Puerto Rico

to receiving waters named **Quebrada Piñas** in accordance with effluent limitations, monitoring requirements and other conditions set forth in Parts I and II hereof. All references to Title 40 of the Code of Federal Regulations are to regulations that are in effect on the effective date of this permit, including all amendments thereto published in the Federal Register. Unless otherwise specified herein, all terms are defined as provided in the applicable regulations under Title 40 of the Code of Federal Regulations.

This permit shall become effective on July 1st, 2007.

This permit and the authorization to discharge shall expire on June 30, 2012.

Signed this 4th day of April 4, 2007.



Carl-Axel F. Soderberg, P.E.
Director
Caribbean Environmental Protection Division

A. EFFLUENT LIMITATIONS AND MONITORING REQUIREMENTS

1. Required Effluent Limitations

During the period beginning on the effective date and lasting until the expiration date of this permit, discharges from outfall 001* shall be limited and monitored by the permittee as specified below:

a. Permittee shall achieve water quality requirements as determined by the Commonwealth of Puerto Rico. See EQB water quality certificate (WQC) requirements.

b. See Table A-1.

*The location of outfall 001 is as follows:

Latitude	18 ° 21' 19 " North
Longitude	66 ° 13' 29 "West

2. Environmental Quality Board Certification Requirements

As required by the Puerto Rico Environmental Quality Board (EQB) Water Quality Certificate of **February 27, 2007**, for the purpose of assuring compliance with EQB's water quality standards and other appropriate requirements of Commonwealth law as provided by Section 401(d) of the Act, the permittee shall comply with the following effluent limitations and other limitations:

See pages 5 through 13.

TABLE A-1**EFFLUENT LIMITATIONS AND
MONITORING REQUIREMENTS**

During the period beginning on the EDP and lasting through the expiration date of the permit, the permittee is authorized to discharge from outfall serial number 001 (filters and settling tanks washwater). Such discharge shall be limited and monitored by the permittee as specified below:

Receiving Water Name and Classification: Quebrada Piñas, SD

Effluent Characteristics	Gross Discharge Limitations		Monitoring Requirements	
	Monthly Avg.	Daily Max	Measurements Frequency	Sample Type
2,4,6-Trichlorophenol (µg/L) ^{2,3}		---	Φ	Grab
2,4-Dichlorophenol (µg/L) _{2,3}		---	Φ	Grab
2,4-Dimethylphenol (µg/L) ^{2,3}		---	Φ	Grab
2,4-Dinitrophenol (µg/L) _{2,3}		---	Φ	Grab
2-Chlorophenol (µg/L) ^{2,3}		---	Φ	Grab
2-Methyl-4,6-Dinitrophenol (µg/L) ^{2,3}		---	Φ	Grab
Arsenic (As) (µg/L) ^{β 2,3}		0.18	Monthly	Grab
BOD ₅ (mg/L) ^{1,2,3}		5.0	Monthly	Grab
Color (Pt-Co Units) ^{2,3}		15	Monthly	Grab

<u>Effluent Characteristics</u>	<u>Gross Discharge Limitations</u>		<u>Monitoring Requirements</u>	
	Monthly Average	Daily Maximum	Measurements Frequency	Sample Type
Copper (Cu) ($\mu\text{g/L}$) ^{2,3}		10	Monthly	Grab
Dissolved Oxygen (mg/L) ^{1,2,3}	Shall contain not less than 5.0 mg/L.		Daily	Grab
Fecal Coliforms (colonies/100 ml) ^{1,2,3}	The geometric mean of a series of representative samples (at least five samples) of the waters taken sequentially shall not exceed 200 colonies/100 ml. Not more than 20 percent of the samples shall exceed 400 colonies/100 ml.		Monthly	Grab
Flow m ³ /day (MGD) δ ^{1,3,4}		4,546.3 (1.20)	Continuous Recording	
Fluoride (F) ($\mu\text{g/l}$) ^{2,3}		700	Quarterly	Grab
Lead (Pb) ($\mu\text{g/L}$) ^{2,3}		4.0	Monthly	Grab
Oil and Grease (mg/L) ^{2,3}	The waters of Puerto Rico shall be substantially free from floating non-petroleum oils and greases as well as petroleum derived oils and greases.		Quarterly	Grab
Pentachlorophenol ($\mu\text{g/L}$) ^{2,3}		---	Φ	Grab
pH (SU) ^{2,3}	Shall always lie between 6.0 – 9.0.		Daily	Grab
Phenol ($\mu\text{g/L}$) ^{2,3}		---	Φ	Grab
Residual Chlorine (mg/L) α ^{2,3}		0.50	Daily	Grab
Solids and Other Matters ^{2,3}	The waters of Puerto Rico shall not contain floating debris, scum or other floating materials attributable to discharge in amounts sufficient to be unsightly or deleterious to the existing or designed uses of the water body.		---	---
Sulfide (undissociated H ₂ S) ($\mu\text{g/l}$) γ ^{2,3}		2	Quarterly	Grab

<u>Effluent Characteristics</u>	<u>Gross Discharge Limitations</u>		<u>Monitoring Requirements</u>	
	Monthly Average	Daily Maximum	Measurements Frequency	Sample Type
Suspended, Colloidal or Settleable Solids (ml/l) ^{1,2,3}	Solids from wastewater source shall not cause deposition in or be deleterious to the existing or designated uses of the waters.		Daily	Grab
Taste and Odor-producing Substances ²	Shall not be present in amounts that will interfere with the use for potable water supply, or will render any undesirable taste and/or to edible aquatic life.		---	---
Temperature °F (°C) ^{2,3}	Except for natural causes no heat may be added to the waters of Puerto Rico, which would cause the temperature of any site to exceed 90 °F (32.2°C).		Daily	Grab
Total Ammonia (mg/l) ^{2,3}		1.000	Monthly	Grab
Total Coliforms (colonies/100 ml) ^{1,2,3}	The coliform geometric mean of a series of representative samples (at least five samples) of the waters taken sequentially shall not exceed 10,000 colonies/100 ml.		Monthly	Grab
Total Dissolved Solids (mg/l) ^{2,3}		500	Monthly	Grab
Turbidity (NTU) ^{2,3}		50	Monthly	Grab
Zinc (Zn) (µg/L) ^{2,3}		139.83	Monthly	Grab
Special Conditions	See attached sheet, which contains special conditions that constitute part of this permit.		--	--

1, 2, 3, 4, 5 and 6 see page 13 of the Special Conditions.

To comply with the monitoring requirements specified above, samples shall be taken at the outfall of discharge serial number 001. All flow measurements shall achieve accuracy within the range of plus or minus 10%.

- ° For this facility the term “wastewater” refers to “washwater”.
- α See Special Conditions 6 and 7.
- β See Special Condition 9.
- γ See Special Condition 10.

δ See Special Condition 11.

Φ The permittee shall implement a monthly monitoring program using the analytical method approved by EPA with the lowest possible detection level, in accordance with Section 6.2.3 of the PRWQSR as amended, for one (1) year period, after which they will be conducted annually. The monitoring program shall commence no later than thirty (30) days after the EQB's written approval of the Quality Assurance Project Plan (QAPP). The QAPP must be submitted for evaluation and approval of EQB no later than thirty (30) days after the EDP. The results of the monitoring program shall be submitted to EQB and EPA-Region II no later than sixty (60) days of completion of the one year monitoring program. Based on the evaluation of the results obtained, EQB will determine if an effluent limitation is necessary for these parameters. In such case the WQC will be reopened to include the applicable effluent limitation if considered necessary.

**APÉNDICE 4: PERMISO DE DESCARGA NPDES PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO
SERGIO CUEVAS**

NPDES PERMIT NO.PR0022411

AUTHORIZATION TO DISCHARGE UNDER THE
NATIONAL POLLUTANT DISCHARGE ELIMINATION SYSTEM

In compliance with the provisions of the Clean Water Act, as amended, 33 U.S.C. §1251 et. seq.
(the "Act"),

PRASA Sergio Cuevas Water Filter Plant
P.O. Box 7066
Barrio Obrero Station
San Juan, Puerto Rico 00916

hereinafter referred to as "the permittee" is authorized to discharge from a facility located at

State Road 181, km 30
Trujillo Alto, Puerto Rico

to receiving waters named

Intermittent creek tributary to Variante Creek

in accordance with effluent limitations, monitoring requirements and other conditions set forth in
Parts I and II hereof. All references to Title 40 of the Code of Federal Regulations are to
regulations that are in effect on the effective date of this permit, including all amendments
thereto published in the Federal Register. Unless otherwise specified herein, all terms are
defined as provided in the applicable regulations under Title 40 of the Code of Federal
Regulations.

This permit shall become effective on January 1, 2006.

This permit and the authorization to discharge shall expire at midnight, December 31, 2010.

Signed this 24 day of *september* 2006

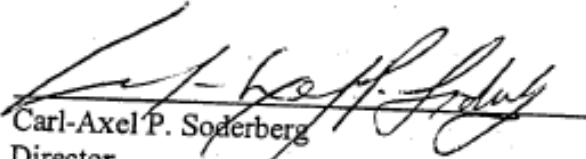

Carl-Axel P. Soderberg
Director
Caribbean Environmental Protection Division
U.S. Environmental Protection Agency
Region II

TABLE A-1 EFFLUENT LIMITATIONS AND MONITORING REQUIREMENTS

During the period beginning on January 1, 2006 and lasting through December 31, 2010, the permittee is authorized to discharge from outfall serial number 001 filters and settling tanks washwaters treated in a sludge treatment system prior to be discharged to Intermittent creek tributary to Variante Creek. Such discharge shall be limited and monitored by the permittee as specified below:

<u>Effluent Characteristic</u>	<u>Discharge Limitations</u>		<u>Monitoring Requirements</u>			
	kg/day(lbs/day)		other units(specified)		Measurement Frequency	Sample Type
	Daily Avg.	Daily Max	Daily Avg.	Daily Max.		
2-Chlorophenol (µg/l) ^{2,3}				-----	α	Grab
2,4-Dichlorophenol (µg/l) ^{2,3}				-----	α	Grab
2,4-Dimethylphenol (µg/l) ^{2,3}				-----	α	Grab
2-Methyl-4,6-Dinitrophenol (µg/l) ^{2,3}				-----	α	Grab
2,4-Dinitrophenol (µg/l) ^{2,3}				-----	α	Grab
2,4,6-Trichlorophenol (µg/l) ^{2,3}				-----	α	Grab
BOD ₅ (mg/l) ^{2,3}				5.0	Monthly	Grab
Color (Pt-Co Units) ^{2,3}				15	Monthly	Grab
Copper (Cu) (µg/l) ^{2,3}				7	Monthly	Grab

TABLE A-1 EFFLUENT LIMITATIONS AND MONITORING REQUIREMENTS (Cont.)

<u>Effluent Characteristic</u>	<u>Discharge Limitations</u>		<u>Monitoring Requirements</u>			
	kg/day(lbs/day) Daily Avg.	Daily Max	other units(specified) Daily Avg. Daily Max.		Measurement Frequency	Sample Type
Dissolved Oxygen (mg/l) ^{2,3}			Shall not contain less than 5.0 mg/l.		Daily	Grab
Fecal Coliforms (colonies/100 ml) ^{2,3}			The coliform geometric mean of a series of representative samples (at least five samples) of the waters taken sequentially shall not exceed 200 colonies/100 ml. Not more than 20 percent of the samples shall exceed 400 colonies/100.		φ	Grab
Flow m ³ /day (MGD) ^{3,4}			10,398.53 (2.747)		Continuous Recording or Estimated	--
Fluoride (F) (µg/l) ^{2,3}			700		Monthly	Grab
Lead (Pb) (µg/l) ^{2,3}			2.4		Monthly	Grab
Mercury (Hg) (µg/l) ^{2,3 **}			0.050		Quarterly	Grab
Pentachlorophenol (µg/l) ^{2,3}			-----		α	Grab
Oil and Grease (mg/l) ^{2,3}			The waters of Puerto Rico shall be substantially free from floating non-petroleum oils and greases as well as petroleum derived oils and greases.		Monthly	Grab
pH (SU) ^{2,3}			Shall always lie between 6.0 - 9.0.		Daily	Grab

TABLE A-1 EFFLUENT LIMITATIONS AND MONITORING REQUIREMENTS (Cont.)

Effluent Characteristic	Discharge Limitations				Monitoring Requirements	
	kg/day(lbs/day)		other units(specified)		Measurement Frequency	Sample Type
	Daily Avg.	Daily Max	Daily Avg.	Daily Max.		
Phenol ($\mu\text{g/l}$) ^{2,3}			-----		α	Grab
Residual Chlorine (mg/l) ^{2,3} *			0.50		Daily	Grab
Solids and Other Matter ²	The waters of Puerto Rico shall not contain floating debris, scum and other floating materials attributable to discharges in amounts sufficient to be unsightly or deleterious to the existing or designated uses of the water body.				----	----
Surfactants as MBAS ($\mu\text{g/l}$) ^{2,3}			100		Quarterly	Grab
Suspended, Colloidal or Settleable Solids (ml/l) ^{1,2,3} β	Solids from wastewater source shall not cause deposition in or be deleterious to the existing or designated uses of the waters.				Daily	Grab
Taste and Odor Producing Substances ²	Shall not be present in amounts that will interfere with the use for potable water supply, or will render any undesirable taste and/or odor to edible aquatic life.				-----	-----
Temperature °F (°C) ^{2,3}	Except by natural causes, no heat may be added to the waters of Puerto Rico which would cause the temperature of any site to exceed 90 ° F (32.2 °C).				Daily	Grab
Total Ammonia (NH ₃) (mg/l) ^{2,3}			1.000		Monthly	Grab
Total Dissolved Solids (mg/l) ^{2,3}			500		Monthly	Grab
Total Phosphorus (P) (mg/l) ^{2,3}			1.00		Monthly	Grab
Turbidity (NTU) ^{2,3}			50		Monthly	Grab

TABLE A-1 EFFLUENT LIMITATIONS AND MONITORING REQUIREMENTS (Cont.)

<u>Effluent Characteristic</u>	<u>Discharge Limitations</u>		<u>Monitoring Requirements</u>	
	kg/day(lbs/day) Daily Avg. Daily Max	other units(specified) Daily Avg. Daily Max.	Measurement Frequency	Sample Type
Zinc (Zn) ($\mu\text{g/l}$) ^{2,3}		99.47	Quarterly	Grab
Special Conditions	See attached sheet which contains special conditions that constitute part of this permit.		-----	-----

Notes:

To comply with the monitoring requirements specified above, samples shall be taken at point of discharge 001.

All flow measurements shall achieve accuracy within the range $\pm 10\%$.

* See Special Conditions number 6 and 7.

** See Special Condition number 10.

β The permittee shall perform the test for settleable solids.

ϕ The permittee shall implement a monthly program using the analytical method approved by EPA with the lowest possible detection level, in accordance with Section 6.2.3 of the PRWQSR as amended, for one (1) year period, after which they will be conducted annually. The monitoring program shall commence no later than thirty (30) days after the EQB's written approval of the Quality Assurance Project Plan (QAPP). The QAPP must be submitted for evaluation and approval of EQB no later than February 1, 2006. The results of the monitoring program shall be submitted to EQB and EPA-Region II no later than sixty (60) days of completion of the one year monitoring program. Based on the evaluation of the results obtained, EQB will determine if more frequent monitoring is necessary for this parameter. In such case the WQC will be reopened to revise the monitoring frequency.

α The permittee shall implement a monthly program using the analytical method approved by EPA with the lowest possible detection level, in accordance with Section 6.2.3 of the PRWQSR as amended, for one (1) year period, after which they will be conducted annually. The monitoring program shall commence no later than thirty (30) days after the EQB's written approval of the Quality Assurance Project Plan (QAPP). The QAPP must be submitted for evaluation and approval of EQB no later than February 1, 2006. The results of the monitoring program shall be submitted to EQB and EPA-Region II no later than sixty (60) days of completion of the one year monitoring program. Based on the evaluation of the results obtained, EQB will determine if an effluent limitation is necessary for these parameters. In such case the WQC will be reopened to include the applicable effluent limitation if considered necessary.