

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

**EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DEL  
1,7 $\alpha$ -ETINILESTRADIOL EN EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN EN PUERTO  
RICO**

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

Por  
Maritere Rivera-Sánchez

8 de mayo de 2012

## **DEDICATORIA**

*Esta tesis se la dedico a mi hijo Adrián, a mis padres,  
hermana, sobrina y esposo por su apoyo incondicional  
durante esta aventura.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer a Dios por brindarme la paciencia, tenacidad, y entusiasmo para poder finalizar mi meta académica. Les estoy sumamente agradecida a todas las personas que colaboraron para que este trabajo pudiera realizarse. Deseo extender mi agradecimiento al Ing. Gerardo Sarriera Riancho por permitirme utilizar las facilidades del laboratorio (Environmental Quality Laboratories) para que se pudiera realizar esta investigación, al Lic. Carlos Irizarry y al Sr. Luis Cruz por todo su apoyo y ayuda durante toda esta travesía. Además quisiera agradecer al Dr. Carlos Padín Bibiloni y la Sra. María C. Ortiz, decano y decana asociada de la Escuela de Asuntos Ambientales, Ing. Jorge Martínez, Lic. Evelyn Rivera, y al Ing. Jaime Géliga de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), por guiarme por el camino correcto y por conseguirme los contactos para poder realizar esta investigación. Por otro lado, quiero agradecer a todo el personal y operadores de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados, especialmente a la Lic. Irma López, Srta. Dorianne Hernández, Sr. Jorge Rosa, Sra. Alida Brito, Sr. Pérez, Sr. Correa, por permitirme los accesos a las diferentes plantas de filtración y alcantarillado de Puerto Rico.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE APÉNDICES .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
Trasfondo del problema .....	1
Problema de estudio .....	2
Justificación del estudio.....	4
Preguntas de investigación o hipótesis .....	5
Meta.....	5
Objetivos.....	5
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Trasfondo histórico.....	6
Marco teórico .....	7
Marco legal .....	14
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	17
Introducción .....	17
Área de estudio.....	17
Objetivos.....	18
Periodo del estudio .....	18
Diseño metodológico.....	18
Análisis de datos .....	21
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	27
LITERATURA CITADA.....	32

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del tiempo húmedo (H) y seco (S) en la Planta de Filtración Guzmán Arriba (Planta Control) .....	38
Tabla 2. Resultados del tiempo húmedo (H) y seco (S) en la Planta de Filtración Enrique Ortega (La Plata) .....	39
Tabla 3. Resultados del tiempo húmedo (H) y seco (S) en la Planta de Filtración Sergio Cuevas .....	40
Tabla 4. Resultados del tiempo húmedo (H) y seco (S) en la Planta de Filtración Juncos Urbano y Pueblito .....	41
Tabla 5. Resultados del tiempo húmedo (H) y seco (S) en la Planta de Filtración de Gurabo.....	42
Tabla 6. Resultados del tiempo húmedo (H) y seco (S) en la Planta de Filtración de Canóvanas .....	43
Tabla 7. Resultados positivos de las Plantas de Filtración de Agua Potable en tiempo Húmedo (H) y tiempo Seco (S) .....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta de filtración Enrique Ortega.....	46
Figura 2. Planta de filtración Sergio Cuevas .....	47
Figura 3. Planta de filtración Canóvanas.....	48
Figura 4. Planta de filtración Guzmán Arriba .....	49
Figura 5. Planta de filtración Juncos Urbano y Pueblito.....	50
Figura 6. Planta de filtración de Gurabo .....	51
Figura 7. Procedimiento para la preparación de muestra .....	52

## LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Certificados de pureza .....	57
Apéndice 2. Solicitud y autorización para muestreo.....	61
Apéndice 3. Cromatogramas positivos para la determinación de 1,7 $\alpha$ -etinilestradiol .....	66
Apéndice 4. Revisión de la población servida metropolitana año fiscal 2011 .....	89
Apéndice 5. Diseño de la planta de filtración Enrique Ortega .....	91

## RESUMEN

Los compuestos disruptores endocrinos, como por ejemplo el 1,7 $\alpha$ -etinilestradiol (EE2, por sus siglas en inglés), son liberados al medio ambiente a través de la orina y los excrementos humanos, los cuales en la actualidad no han sido removidos correctamente. Esta actividad hormonal se ha convertido en un elemento estudiado por su toxicidad. Durante esta investigación, determinamos la presencia de EE2 en seis plantas de filtración de agua potable y evaluamos el riesgo potencial para la ciudadanía. Para la determinación de 1,7 $\alpha$ -etinilestradiol, utilizamos el Método EPA 1698. Para estudiar el riesgo potencial para la ciudadanía utilizamos la fórmula de manejo de riesgo ambiental, la cual se compone de la identificación del contaminante, dosis-respuesta, exposición y caracterización. Utilizando el método EPA 1698, comprobamos analíticamente que existe la presencia de esta hormona en varias fuentes de agua en nuestro país. Como por ejemplo, en una de las plantas de filtración obtuvimos un resultado de 8.78 ng/L (nanogramos por litro) en el agua filtrada, y en el agua cruda de una de las plantas obtuvimos 10.25 ng/L, mientras que en otras plantas se obtuvo un no detectable. Si el EE2 está presente en el agua potable a concentraciones tan bajas como nanogramos por litro (ng/L), puede ser suficiente para presentar un riesgo para la salud. Para obtener una eliminación adecuada y eliminar cualquier riesgo potencial que pueda existir, recomendamos utilizar carbón activado y luz ultravioleta para la desinfección del agua potable y aguas usadas en las diferentes plantas de filtración y alcantarillados.



## ABSTRACT

The Endocrine Disruptors Compounds (EDC's), as 1,7 $\alpha$ -ethinylestradiol (EE2) are released to the environment through the urine and human feces, which have not been properly removed. This hormonal activity has become a study element because of its toxicity. During this research we determinate the presence of 1,7 $\alpha$ -ethinylestradiol in six Potable Water Filtration System and also we evaluated the potential risk for the general public. For the determination of EE2, we used the EPA Method 1698, which evaluate the Steroids and Hormones in Water, Soil, Sediment and Biosolid by HRGC/HRMS. To study the potential risk for the public, we used the environmental risk management formula, which consist in the identification of the contaminant, dose-response, exposure and characterization. Using the EPA Method 1698 we found the presence of this hormone in different water sources. As an example in one of the Potable Water Filtration System the result obtained was 8.78 ng/L (nanogram per liter), in the raw water of another Potable Water Filtration System the result obtained was 10.25 ng/L, meanwhile in other water system the results was not detected. If the EE2 is present in the drinking water system at low concentrations as nanograms per liter (ng/L), this may be enough to present a risk to the health. To obtain an adequate remotion and to eliminate any potential risk that may exist, we recommend use an activated carbon and ultraviolet light disinfection in the drinking water and used water treatment systems.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### Trasfondo del problema

Para la década del 70, el programa Manos a la Obra creó una rápida industrialización y crecimiento económico en Puerto Rico, creando a su vez la Sección 936, en la cual se otorgaron grandes incentivos para que compañías extranjeras se establecieran en Puerto Rico. Una de las compañías que más auge tuvo fue la de la industria farmacéutica dirigida a la producción de medicamentos. Por los pasados 40 años, varias industrias farmacéuticas han producido anticonceptivos orales en Puerto Rico. Entre estas se encuentran Ortho McNeil en Manatí, Janssen-Ortho en Gurabo, y Mylan en Caguas, entre otros (PRIDCO).

En Puerto Rico durante el año 2011 Pro-familia vendió 145,521 métodos anticonceptivos, entre estos se encuentran 91,860 condones masculinos, 36,605 anticonceptivos orales, 10,016 parchos transdérmicos, 2,780 anticonceptivos de emergencia, 1,889 anillos vaginales, 1,667 anticonceptivos inyectables, 478 condones femeninos y 226 dispositivos intrauterinos. Las usuarias potenciales para el 2010 fueron 96,736 mujeres de 15 a 24 años, 64,833 mujeres de 24 a 34 años y 29,693 mujeres de 35 a 49 años (Parés, 2012).

El ingrediente activo que se utiliza para los anticonceptivos orales están clasificados como compuestos disruptores endocrinos (EDCs). La Agencia de Protección Ambiental ha definido el *compuesto disruptor endocrino* (EDCs) como un “agente exógeno que interfiere con la síntesis, secreción, transporte, enlace, acción o eliminación de las hormonas naturales del cuerpo que son responsables por el mantenimiento de la homeostasis, reproducción, desarrollo y comportamiento” (USEPA, 1997a, p.1). Mientras que en la Organización Mundial de la Salud

define los EDCs como “agente exógeno que interfiere con la producción, liberación, transportación, metabolismo, enlace, acción o eliminación de las hormonas naturales en el cuerpo las cuales son las responsables de mantener la homeostasis o la regulación del proceso de desarrollo” (Kavlock et al., 1996, p.716). En otras palabras, el EDC se puede definir como una sustancia que causa efectos adversos a la salud.

### **Problema de estudio**

Cuando las aguas de superficies son utilizadas como fuentes de agua potable, la abstracción del agua a ser tratada muchas veces proviene de los puntos de las descargas de los efluentes (Leinster, McIntyre, Lester & Perry, 1981). La abstracción de agua potable de las aguas subterráneas también puede contener EDCs de la parte difusora (percolación/infiltración) o del punto (recarga) de la fuente (Erickson, 2002).

Los EDCs, como por ejemplo 1,7 $\alpha$ -etinilestradiol (ingrediente activo utilizado en las píldoras anticonceptivas), son liberados al medio ambiente a través de excrementos humanos (Snyder et al., 2003a). Los EDCs no han sido tratados correctamente, ya que se necesita un proceso de desinfección diferente a la clorinación o más agresivo al que se utiliza actualmente en la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) en Puerto Rico.

La AAA purifica y desinfecta el agua potable utilizando los siguientes métodos: aeración (exponer el agua al aire para que el oxígeno elimine el color, olor y sabor), aplicación de productos químicos (se utiliza un polímero para que atrape los sólidos en el agua), sedimentación (separación física de los sólidos del agua, para obtener agua clara en la superficie), filtración (remoción de total de los sólidos en el agua), y desinfección con cloro gaseoso (destrucción de los microorganismos presentes). Numerosos estudios han demostrado que los métodos convencionales de desinfección en las plantas de tratamiento de agua potable y de aguas usadas

no remueven completamente algunos EDCs y otros productos farmacéuticos y de cuidado personal (PPCPs) (Snyder et al., 2003b). Sobre más de 80 compuestos farmacéuticos han sido detectados a concentraciones de  $\mu\text{g/L}$  en aguas de escorrentía, en plantas de tratamiento de aguas usadas, en plantas de tratamiento de agua potable y en las aguas subterráneas en países como Canadá, Brasil, Alemania y Estados Unidos, entre otros (Heberer, 2002; Boyd, Reemtsma, Grimm, & Mitra, 2003).

De acuerdo con el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés), existen potenciales efectos adversos a la salud de los seres humanos, entre los cuales se incluyen problemas en el sistema reproductivo, desarrollo de discapacidad, endometriosis, y cáncer de seno y testicular (McGeechin, & Moll 1999). La exposición del ser humano por vía oral de las sustancias endocrinas ( $1,7\alpha$ -etinilestradiol) que permanecen en el agua potable pueden resultar en desórdenes genéticos, enfermedades, stress mental y físico (Straube, Straube, & Starube, 2003). Este fenómeno es un elemento ampliamente estudiado por su toxicidad ya que se sabe muy poco sobre el destino de estos compuestos durante el tratamiento en el agua potable y en las aguas usadas.

Los EDCs entran al cuerpo humano de forma directa a través del agua potable o a través de la ingestión de alimentos (como por ejemplo a través de la ingesta de peces, en la irrigación de la agricultura, ya que muchas veces el agua utilizada proviene de fuentes naturales (agua de lluvia y de escorrentía) o de fuentes alternas, las cuales provienen en la mayoría de los casos del reúso de las aguas municipales; trayendo así efectos adversos a la salud pública y el medio ambiente.

Este estudio pretende determinar la presencia de la hormona  $1,7\alpha$ -etinilestradiol en seis de las principales plantas de tratamiento de agua potable en Puerto Rico. Además de determinar

si esta hormona está presente en el agua potable, determinaremos a qué niveles se encuentra y compararemos esos niveles con los niveles mínimos a reportar (MDL, por sus siglas en inglés) según el método 1698 de la Agencia de Protección Ambiental, el cual es 0.1 ng/L y un nivel mínimo de cuantificación (ML, por sus siglas en inglés) de 2 ng/L (USEPA, 2007). Para obtener los datos científicos que sustentarán los resultados se utilizó un método de extracción específicos para la detección de los EDCs y la técnica de cromatografía de gas en conjunto con un detector selectivo de masa (GC/MS), el cual nos ayudó a identificar si está presente dicha hormona en el agua potable.

### **Justificación del estudio**

Este estudio es necesario porque aunque existe un método para evaluar la presencia de estas sustancias en el agua, aun no se ha implantado una reglamentación que lo exija en las plantas de filtración de agua potable y en las plantas de alcantarillados de aguas usadas. Si 1,7 $\alpha$ -etinilestradiol (EE2) está presente en el agua potable a concentraciones tan bajas como nanogramos por litro (ng/L), esto va a ser suficiente para presentar un riesgo para la salud (Stahlschmidt-Allner, Aller, Roemke & Knacker, 1997). Por otro lado, estudios de laboratorios en los cuales los peces están expuestos a concentraciones tan bajas como 2 ng/L a 1,7 $\beta$ -estradiol (E2, hormona humana) y a 1,7 $\alpha$ -etinilestradiol, inducen a un cambio en el sistema reproductor de estos (Arcand-Hoy, Nimrod & Benson, 1998; Krame, Miles-Richardson, Pierens & Giesy, 1998; Panter, Thompson & Sumpter, 1998; Routledge et al., 1998).

En Puerto Rico, la mayoría de las plantas de tratamiento de agua potable fueron construidas hace más de 40 años y están diseñadas principalmente para el cumplimiento de estándares bacteriológicos, olor, sabor o color y no para la remoción de EDCs. Se ha demostrado que la desinfección con cloro no es suficiente para la remoción de este tipo de contaminantes en

el agua potable y en aguas usadas. Existen diversos métodos en los cuales se ha comprobado que se puede lograr una remoción apropiada de estos productos farmacéuticos con un 99% de efectividad. Entre estos se encuentran las técnicas de luz ultravioleta (UV), ozono, y dióxido de cloro, entre otros. No tener una remoción de los EDCs apropiada causaría un impacto potencial de las poblaciones expuestas, especialmente a las poblaciones más sensibles como por ejemplo: bebés, niños, ancianos o personas con el sistema inmunológico comprometido.

### **Pregunta de Investigación**

¿Representa la presencia de *1,7 $\alpha$ -etinilestradiol* un riesgo a la salud de los ciudadanos?

### **Meta**

Evaluar la presencia del *1,7  $\alpha$ -etinilestradiol* en el sistema de potabilización (fuente, filtración y distribución) para recomendar acciones correctivas.

### **Objetivos**

1. Evaluar la presencia de *1,7 $\alpha$ -etinilestradiol* en el sistema de potabilización en Puerto Rico, para verificar si cumple con los estándares establecidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés).
2. Determinar el riesgo potencial para la ciudadanía para recomendar acciones pertinentes al nivel de riesgo encontrado.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **Trasfondo histórico**

El tratamiento del agua potable desde un comienzo se concentró solamente en los problemas estéticos, como por ejemplo sabor y olor. Diferentes métodos para mejorar el sabor y el olor fueron registrados 4000 A.C. En el antiguo sánscrito y griego, existían métodos recomendados para el tratamiento de agua potable, tales como el filtrado a través de carbón, exponiéndolo a luz solar, hirviéndolo y colándolo. Una nubosidad visible, más tarde llamado turbidez, fueron la fuerza motriz de los primeros tratamientos de agua (USEPA, 1999).

Durante el siglo XIX, la filtración fue establecida como un medio eficaz para eliminar partículas en el agua, aunque para ese momento el grado de claridad logrado no fue medible. Para los comienzos del siglo XX, se comenzó a utilizar en Europa la filtración lenta a través de la arena, mientras que para mediados del siglo XIX los científicos obtuvieron una mayor comprensión de las fuentes y efectos de los contaminantes del agua potable, especialmente aquellos que no eran visibles a simple vista. Para los 1800, el Dr. John Snow (epidemiólogo), demostró que la cólera era una enfermedad transmitida a través del agua, mientras que para la década del 1880, Louis Pasteur demostró la "teoría del germen" de la enfermedad, que explica como organismos microscópicos (microbios) podrían transmitir la enfermedad a través de medios diferentes como por ejemplo el agua (USEPA, 1999).

Los científicos descubrieron que la turbidez no era sólo un problema estético, ya que partículas en agua, (como el materia fecal), podrían albergar patógenos. Como resultado de los descubrimientos científicos, para el siglo XX, en los Estados Unidos diseñaron un sistema de

tratamiento de agua potable para reducir la turbidez, y eliminar los contaminantes microbianos que causaron diferentes epidemias, como por ejemplo el cólera, y la fiebre tifoidea.

Mientras que la filtración, fue un método de tratamiento eficaz para reducir la turbidez, por otro lado el uso del cloro como desinfectante fue el paso más grande e importante en reducir el número de brotes de enfermedades transmitidas por el agua en el comienzo del siglo XX. A principios del siglo XXI, las técnicas de filtración y cloración comenzaron a perder efectividad en el proceso de desinfección ya que hubo una proliferación del consumo de productos farmacéuticos por el ser humano.

### **Marco teórico**

La USEPA define a los *compuestos disruptores endocrinos* como un agente exógeno el cual interfiere con “la síntesis, secreción, transportación, enlace, acción o eliminación de las hormonas naturales en el cuerpo, las cuales son responsables del mantenimiento de la homeostasis, reproducción, crecimiento y/o comportamiento” (USEPA, 1997, p.1). El Programa Internacional en Seguridad Química (IPCS, por sus siglas en inglés), adoptó la siguiente definición: “un disruptor endocrino es una sustancia o mezcla exógena que altera el funcionamiento del sistema endocrino y consecuentemente causan efectos adversos a la salud en organismos intactos o en su progenie, o subpoblaciones”. Mientras que el *Endocrine Disruptor Screening and Testing Advisory Committee* (EDSTAC, por sus siglas inglés) lo define como “una sustancia química o una mezcla exógena el cual altera la estructura o funcionamiento del sistema endocrino y causa efectos adversos a niveles que afectan a la progenie, población o subpoblación de los organismos, basados en principios científicos, data, evidencia de peso y principio precavidamente” (AWWARF, 2008, p. 2).



Una amplia gama de sustancias, naturales y artificiales (como por ejemplo los productos farmacéuticos, las dioxinas y compuestos similares, los Bifenilos Policlorados (PCB), Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT), entre otros) son los causantes de los compuestos disruptores endocrinos en el agua. El Instituto Nacional de las Ciencias de la Salud Ambiental (NIEHS, por sus siglas en inglés), apoya estudios para determinar si la exposición a EDCs puede provocar efectos a la salud humana, los cuales incluyen la baja fertilidad y una mayor incidencia de endometriosis y algunos tipos de cáncer. Los EDCs, como por ejemplo 1,7 $\alpha$ -etinilestradiol, son liberados al medio ambiente a través de excrementos de humanos y de animales (AWWARF, 2008). “Otras vías de contaminación lo son la ingestión de alimentos irrigados con efluentes, o la interacción con cuerpos de agua que reciban este efluente” (Gomes, & Lester, 2003, p. 2).

Según Gomes y Lester, 2003, p. 6, “los contaminantes en el agua potable pueden ser originados de diferentes puntos. Entre estos se encuentran:

- Antes del tratamiento de agua potable, los EDC pueden estar presentes en el agua cruda que entra a la planta de tratamiento de agua potable.
- Durante el tratamiento de agua potable, los compuestos oxigenados y clorados son producidos como resultados de desinfección (desinfección de productos secundarios [DBPs, por sus siglas en inglés]).
- Posterior al tratamiento de agua potable, los EDCs son introducidos a través de los materiales en contacto con el abasto de agua potable”.

Según Lester y Birkett, 1999, los EDCs pueden contaminar los cuerpos de agua a través de diferentes formas, las cuales incluyen:

- Descarga directa de efluentes, los cuales provienen de las aguas usadas que contienen productos farmacéuticos, se utilizan para uso doméstico, agrícola o industrial.

- Descargas indirectas de agua de escorrentías o lixiviación procedentes de suelos agrícolas.

El sistema endocrino mejor conocido como sistema hormonal, se encuentra en los mamíferos, peces, humanos y en la mayoría de los organismos vivos (USEPA, 2010c). El sistema endocrino regula todos los procesos biológicos en el cuerpo desde la concepción hasta la vida adulta, incluyendo el desarrollo del cerebro, sistema nervioso, crecimiento y funcionamiento del sistema reproductivo, metabolismo y los niveles de azúcar en el cuerpo.

Algunos productos químicos imitan la hormona natural, engañando al cuerpo a que conviva con el estímulo (como por ejemplo si la hormona de crecimiento es imitada ocurre un aumento de masa muscular) o respondiendo en un tiempo inapropiado (como por ejemplo producir insulina cuando no es necesario). Otros EDCs bloquean los efectos de las hormonas de ciertos receptores (ejemplo de esto las hormonas de crecimiento que se requieren para el desarrollo normal).

Los problemas tiroidales ocurren cuando las hormonas se estimulan o inhiben y producen una sobreproducción o baja producción de hormonas. Por último, ciertas drogas son utilizadas intencionalmente para causar ciertos efectos, ejemplo de esto son las pastillas de control natal. Los efluentes que provienen de aguas de alcantarillados (STW, por sus siglas en inglés), han demostrado tener una actividad estrogénica, causando una hermafroditización en los peces de ríos (Purdom et al., 1994; Rodgers-Gray et al., 2001; Sheahan et al., 2002). Diversos estudios de laboratorios han encontrados que esta exposición a químicos están adversamente asociados al desarrollo y efectos reproductivos en los peces, causando así una feminización en ellos.

En los Estados Unidos (EU) anualmente produce cientos de kilogramos al año de píldoras anticonceptivas, creando un actividad estrogénica de 1-4 ng/L en los peces (Fent, Weston &

Caminada, 2006). Este estrógeno sintético ha sido encontrado en las aguas de superficies y en aguas de desperdicios de diferentes países, como por ejemplo Europa, Cánada, Japón, Brazil y EU, a unas concentraciones que varían de 74 a 831 ng/L (Kolpin et al. 2002).

La mayoría de los EDCs son moléculas pequeñas y por lo tanto imitan o antagonizan pequeñas hormonas tales como los esteroides u hormonas tiroidales. A continuación, se resumen varios mecanismos de acción de los EDCs según Birkett, 2003, p.7:

- *Imitación de una hormona natural*- un disruptor endocrino es capaz de acoplarse precisamente en el receptor de la hormona al ocupar el sitio receptor, causando así que se envíen mensajes en el momento equivocado, o que ocurra una sobreproducción de mensajes, los cuales van a tener efectos adversos en las funciones biológicas.
- *Estimuladores*- Algunos disruptores endocrinos son capaces de estimular la formación de más receptores hormonales en o dentro de las células, causando que las señales de las hormonas se multipliquen. Este efecto conduce a la amplificación de las hormonas naturales y artificiales.
- *Bloqueadores*- Al ocupar el sitio receptor en la celda, algunos disruptores endocrinos son capaces de bloquear la hormona natural. Esto puede tener un efecto de aumento o disminución en un gen. Los productos químicos que bloquean las hormonas son marcados como anti-andrógenos o anti-estrógenos. Al ocupar el sitio receptor en la celda, algunos alteradores endocrinos son capaces de bloquear la hormona natural, causando un efecto de aumento o disminución en el gen, dependiendo si el bloqueador es más o menos potente que la hormona que se está bloqueando.

- *Flushers Endocrinos*- aceleran la segregación y eliminación de la hormona natural del cuerpo causando una extenuación de esta.
- *Enzimas endocrinas alteradoras*- son las enzimas necesarias para romper las hormonas en el sistema endocrino. Dicha desactivación de las enzimas causa que estas permanezcan activas en el cuerpo y envíen más señales de lo normal o señales en momentos inapropiados.
- *Destruyores*- pueden destruir la hormona o la capacidad de la hormona para llevar a cabo su función, actuando directa o indirectamente en la alteración de su estructura, causando que la hormona no pueda encajar en su sitio receptor. La exposición a destructores puede alterar el equilibrio hormonal natural en el organismo. Esto hace que en ambos sexos haya un nivel superior a los niveles normales y poder así causar la feminización del macho si los niveles de estrógeno son más altos que los niveles de testosterona.

### **Propiedades de 1,7-alpha etinilestradiol (EE2)**

Este es el componente principal de las pastillas anticonceptivas, y es utilizado como reemplazo de hormonas. Este es el compuesto de interés en nuestro estudio de investigación en el agua potable. Se define como un compuesto químico sintético, el cual se utiliza como inhibidor de la ovulación. Un compuesto estrogénico, bloquea o imita el estrógeno natural, mientras que EE2 es uno de los compuestos estrogénicos más potentes (Snyder et al., 2003b; Kuch, & Ballschmitter, 2001).

El EE2 se cataloga como un estrógeno, y tiene un peso molecular de 296.4 g/mol. Otra forma de identificarlo es a través de los siguientes sinónimos: 17 alpha-Etinilestradiol, 17 alpha-

Ethinylestradiol, 17 alpha-Etiniloestradiol, Aethinyloestradiolum, Aethinyoestradiol [Aleman], EE2, EO, Ethinyl-Oestranol, Etinilestradiolum [INN-Latin], Ethinylestriol, Ethinylestradiol, Ethinyloestradiol. Se utiliza para el tratamiento de terapia paliativo de carcinoma prostática de enfermedad avanzada, cáncer de mama, como un anticonceptivo oral y anticonceptivo de emergencia, y además es un derivado sintético de la estrógeno natural. Es uno de los dos estrógenos actualmente utilizados en las píldoras anticonceptivas orales. Los mecanismos de acción del EE2 se difunden en sus células de destino e interactúan con un receptor de proteínas. Las células de destino incluyen el tracto reproductivo femenino, la glándula mamaria, el hipotálamo y la hipófisis. Los estrógenos aumentan la síntesis hepática de hormona sexual globulina (SHBG). La combinación de un estrógeno con una progestina suprime el sistema hipotálamo-hipofisario, disminuyendo la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH). Además tiene una completa y rápida absorción (biodisponibilidad 43%).

Este análisis está clasificado como: Regla 3 de control de contaminantes no-regulado, por sus siglas en inglés UCMR 3. Para el 16 de abril de 2012 la administradora de la Agencia de Protección Ambiental, Lisa P. Jackson, firmó el acuerdo de que se monitoreen 28 nuevos químicos entre estos se encuentra el EE2 y 2 virus en el agua potable por un periodo de dos años, comenzando en el 2013 hasta el 2015 (USEPA, 2011c).

### **Métodos de remoción**

Grupos de investigadores han indicado que los niveles que se encuentran en el agua de los disruptores endocrinos fluctúan en concentraciones de ng/L (nanogramos por litro) y µg/L (microgramos por litro) (Alum, Yoon, Westerhopff & Abbaszadegam, 2004; Boyd, Reemtsma, Grimm & Mitra, 2003; Buser, Muller & Theobald, 1998; Campbell et al., 2006; Dudziak &

Luks-Betlej, 2004; Farre, et al., 2001, Snyder et al., 2003a; Weigel, Kuhlmann & Huhnerfun, 2002). Según la Agencia de Protección Ambiental, para la remoción u oxidación de EE2 en el agua potable es recomendable que se utilice una de las siguientes técnicas:

- Dióxido de cloro- la oxidación de EE2 por el dióxido de cloro puede ser muy efectiva a bajas concentraciones y depende de la dosis inicial del contaminante, la dosis de dióxido de cloro, el tiempo de contacto y el pH. El estudio también informó que “una dosis de 0.1 mg/L es suficiente para oxidar el 97% de EE2 en las aguas subterránea” (Huber, Korhonen, Ternes & Gunten, 2005, p. 3613).
- Ozono – “la oxidación química, utilizando ozono promete ser una degradación permanente para los contaminantes orgánicos” (Zacharska, Zatorska, Rut & Ozonek, 2010, p. 549). EE2 se oxida rápidamente, y tiene una eficacia superior al 95%. Estudios han identificado los productos de oxidación formados durante la ozonización de EE2. Un estudio demostró la reaparición lenta de EE2 a unas concentraciones iniciales de 0.1 a 0.2 % de la concentración inicial de EE2 después de ozonización (Deborde, Rabouan, Duguet, & Legube, 2005).
- Luz Ultravioleta (UV)- la oxidación de EE2 en el agua por la radiación ultravioleta puede ser eficaz dependiendo de los siguientes parámetros: tipo de lámpara, la dosis y el tiempo de contacto que se utilicen. Diversos estudios han demostraron que el control con UV sólo varía entre menos de 10% y 100%. Un estudio demostró que la remoción completa (100%) de EE2 ocurrió luego de haber tenido una exposición a UV por 120 minutos. eliminan el olor o sabor del producto final, no forma productos secundarios tóxicos o no-tóxicos significantes, no forma emisiones de compuestos orgánicos volátiles o emisiones tóxicas al aire,

foto-degrada el EE2 y reduce la concentración de esta hormona en más de un 98%, luego de treinta minutos de contacto (Rosenfeldt & Linden, 2004).

- **Carbón Activado Granular:** es comúnmente utilizado para la absorción de los compuestos orgánicos, sabor y olor, y para el tratamiento en el agua potable para absorber os químicos orgánicos sintéticos. “Para la remoción de EE2 demostró ser efectivo en un 50 a 100%” (Yoon, Westerhoff, Snyder & Esparza, 2003, p. 3534).

## **Marco legal**

### **Ley para la Conservación, el Desarrollo y el uso de los Recursos de Agua (Ley de Agua de Puerto Rico)**

Es política pública del Estado Libre Asociado mantener el grado de pureza de las aguas de Puerto Rico que requiera el bienestar, la seguridad y el desarrollo del país, asegurar el abasto de aguas que precisen las generaciones puertorriqueñas presentes y futuras mediante el establecimiento de áreas de reservas de aguas y aprovechar las aguas y cuerpos de agua de Puerto Rico con arreglo al interés público y a criterios de uso óptimo, beneficioso y razonable. A estos efectos, y a propósito, además de proteger al país frente a las adversidades de la escasez, el mal uso, el desperdicio y la contaminación de tan esencial recurso, así como lograr que su aprovechamiento sea compatible con las realidades físico-naturales en que el mismo se encuentra y con las necesidades sociales y económicas del país, se declaran las aguas y los cuerpos de agua de Puerto Rico propiedad y riqueza del Pueblo de Puerto Rico. “El Gobierno del Estado Libre Asociado administrará y protegerá ese patrimonio a nombre y en beneficio de la población puertorriqueña” (AAA, 1998, parr.2).

## **Ley de Agua Potable Segura de 1974 (SDWA)**

El Reglamento Federal de calidad del agua potable comenzó para el 1914, cuando el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos estableció normas para la calidad bacteriológica del agua potable. Las normas solamente aplicaban a los sistemas de agua que proporcionaba agua potable a las compañías interestatales como barcos y trenes y sólo se aplicaba a los contaminantes capaces de causar -alguna enfermedad contagiosa. Esta reglamentación fue revisada y ampliada en 1925, 1946 y 1962 (regulación de 28 sustancias). Este reglamento fue el Reglamento Federal de agua potable más completo antes de la Ley de Agua Potable Segura de 1974 (SDWA, por sus siglas en inglés).

La Ley de Agua Potable Segura (SDWA) es la principal ley federal que garantiza la calidad del agua potable de los estadounidenses. En virtud de la SDWA, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, establece normas para la calidad del agua potable y supervisa los estados, localidades y los proveedores de agua que aplican esas normas. SDWA fue originalmente aprobada por el Congreso en 1974 para proteger la salud pública mediante la regulación de los abastecimientos públicos de agua potable de la nación. Dicha ley fue enmendada en 1986 y 1996 para proteger el agua potable y sus fuentes, tales como ríos, lagos, embalses, manantiales y pozos de aguas subterráneas (USEPA, 2011b).

## **Ley de Agua Limpia**

La ley de agua limpia (CWA), por sus siglas en inglés, establece la estructura básica para la regulación de vertidos de contaminantes en las aguas de los Estados Unidos. Además, regula las normas de calidad para las aguas superficiales. La meta de esta ley es “la restauración de la



integridad física, química y biológica de las Fuentes de agua de los Estados Unidos” (Deason, Schad & Cherk, 2001, p.185).

La base de esta ley se promulgó en 1948 y fue llamada como la Ley Federal de Control de la contaminación de agua, pero la ley significativamente fue reorganizada y ampliada en 1972. "Ley de agua limpia" se convirtió en el nombre común de la ley con nuevas enmiendas en 1977. Bajo la CWA, la EPA ha implementado programas de control de la contaminación como el establecimiento de normas de aguas usadas de la industria. Esta ley hizo ilegal la descarga de cualquier contaminante desde un punto de origen en las aguas navegables, a menos que se haya obtenido un permiso de descarga (USEPA, 2011c).

### **Ley de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA, por sus siglas en ingles)**

La Ley de Control de Sustancias Tóxicas de la EPA de 1976 ofrece con la autoridad para requerir informes, registros y requisitos de pruebas, y las restricciones relativas a las sustancias químicas y/o mezclas. Ciertas sustancias se excluyen generalmente de la TSCA, incluyendo, entre otros, alimentos, medicamentos, cosméticos y pesticidas (Auer, Blunck, Chow & Williams, 1999).

Al igual que en los Estados Unidos, en Europa existen diferentes legislaciones y políticas para controlar el problema de los EDCs. Entre estos se encuentran la Directiva de Agua Potable (80/778/EEC) y Directiva de Agua Subterráneas (80/68/EEC) entre otras.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **Introducción**

Actualmente en Puerto Rico, los EDCs no han sido tratados correctamente, ya que se necesita un proceso de desinfección diferente al que actualmente la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) utiliza. En esta investigación, evaluaremos la presencia de 1,7  $\alpha$ -etinilestradiol en seis plantas de filtración de agua potable de Puerto Rico para determinar si cumplen con los límites establecidos por la Agencia de Protección Ambiental.

#### **Área de estudio**

Este estudio lo llevamos a cabo en seis plantas de tratamiento de agua potable:

- Enrique Ortega (La Plata) - la planta está ubicada en la longitud  $66^{\circ} 13' 31.2''$  y en la latitud  $18^{\circ} 21' 44.5''$ , en la Carr. 827 Km 5.6, Bo. Ortiz en Toa Alta (Figura 1).
- Sergio Cuevas - la planta está ubicada en la longitud  $66^{\circ} 01' 16.9''$  y en la latitud  $18^{\circ} 22' 27.1''$ , en la Carr. 181 Km 3.0 Calle Anciento Diaz, Urb. Golden Hill en Trujillo Alto (Figura 2).
- PF Canóvanas - la planta está ubicada en la longitud  $65^{\circ} 52' 52.0''$  y en la latitud  $18^{\circ} 22' 40.6''$ , en la Carr. 3 Int Ruta 66 Detrás del Beltz Outlet (Figura 3).
- Guzmán Arriba- la planta está ubicada en la longitud  $65^{\circ} 02' 48.4''$  y en la latitud  $18^{\circ} 17' 44.1''$ , en la Carr. 186 km 10.4, Canóvanas (Figura 4).
- Juncos Urbano- la planta está localizada en la longitud  $65^{\circ}51'50.29''W$  y la latitud  $18^{\circ}14'03.74''N$  (Figura 5).

- Gurabo- la planta está localizada en la longitud 65°57'50.22"W y la latitud 18°15'20.51"N (Figura 6).

## **Objetivos**

1. Evaluar la presencia de 1,7 $\alpha$ -etinilestradiol en el sistema de potabilización en Puerto Rico, para verificar si cumple con los estándares establecidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés).
2. Determinar el riesgo potencial para la ciudadanía para recomendar acciones pertinentes al nivel de riesgo encontrado.

## **Periodo del estudio**

El periodo de muestreo, evaluación y resultados de agua potable, lo llevamos a cabo en un periodo de tres meses (diciembre 2011 a marzo 2012).

## **Diseño metodológico**

Objetivo 1: Evaluar la presencia de 1,7 $\alpha$ -etinilestradiol en el sistema de potabilización en Puerto Rico

Para identificar la presencia de 1,7- $\alpha$  etinilestradiol en el agua potable, colectamos un total de 48 muestras a través de las seis plantas de filtración en las que se realizó el muestreo. La colección de las muestras la llevamos a cabo en dos periodos: húmedo y seco. En el periodo húmedo los eventos de lluvia son más frecuentes y la cantidad de precipitación aumenta a través de las cuencas hidrográficas. Esto hace que los niveles de ríos y lagos aumenten, diluyendo así las cantidades de EDCs que pudieran estar presentes. Por otro lado, en el periodo seco sucede lo contrario, los niveles de ríos y lagos bajan, dado que los eventos de lluvia disminuyen.

La colección en el periodo húmedo lo llevamos a cabo entre diciembre de 2011 a enero de 2012. La del periodo seco fue entre febrero y marzo de 2012. Seleccionamos los siguientes puntos de muestreo: tres puntos de muestreos por planta (cruda, filtrada, y distribución) en temporada húmeda, y la misma cantidad y los mismos puntos de muestreos en temporada seca, seis blancos de campo, tres duplicados, y tres muestras fortificadas con el compuesto de interés. Las muestras las colectamos en botellas color ámbar de 1 litro (L), con tapas de politetrafluoroetileno (PTFE). Las muestras de los puntos de filtración y distribución contenían 40 mg del preservativo Tiosulfato de Sodio. Este reactivo detiene la clorinación de las muestras.

Luego de la colección, tomamos las medidas de pH y temperatura, y las mantuvimos frías a una temperatura que no excedió los 4°C. Inmediatamente al llegar al laboratorio, se almacenaron a 4°C y protegidas de la luz.

Las muestras se prepararon de la siguiente manera:

1. Esperamos que las muestras llegaran a temperatura ambiente.
2. Medimos el volumen total de la muestra, con una probeta de 1 litro (L).
3. Transferimos la muestra al embudo de separación de 2.0 L.
4. Añadimos 60 mililitros (mL) de diclorometano ( $\text{MeCl}_2$ ).
5. Sellamos y agitamos el embudo de separación vigorosamente por 2 minutos liberando el exceso de presión en el extracto antes de comenzar.
6. Luego de agitar el embudo de separación, dejamos separar la fase orgánica por 10 minutos. Pasados los 10 minutos se colectó la fase orgánica a través de un embudo de cristal preparado con pelo de ángel *glass wool* y sulfato de sodio anhidro.
7. Repetimos dos veces los pasos 3, 4, 5 y 6.

8. La fase orgánica pasó a ser evaporada utilizando la técnica de evaporación por nitrógeno a 45 °C.
9. Transferimos cuantitativamente el extracto a un tubo de centrifuga con 1 mL de MeCl<sub>2</sub>.
10. Fortificamos los controles y las muestras fortificadas con la cantidad necesaria del estándar para obtener la concentración deseada.
11. Añadimos 50µL de piridina a todas las muestras incluyendo las fortificadas y se evaporaron a aproximadamente 50µL con la técnica de evaporación por nitrógeno. Cuando llegaron al volumen deseado (aproximadamente 50 microlitros), se les añadió 300µL de MeCl<sub>2</sub> y se mezclaron en el vortex.
12. Luego el volumen fue transferido a un vial de GC con varios enjuagues de MeCl<sub>2</sub> y se evaporó completamente en un bloque de calentamiento a 65 °C.
13. Luego de la evaporación, añadimos 10µL de piridina y se mezcló nuevamente en el vortex.
14. Añadimos 10µL de BSTFA:TMCS, se tapó y se encubó a 55°C por 30 minutos. Después de la incubación se transfirió cuidadosamente a un vial con *insert* de 250 µL y se le añadió 4 µL de estándar interno (Figura 7).

“El BSTFA:TMCS (BSTFA: *N,O*-bis-(trimethylsilyl)trifluoroacetamide y TMCS: Trimethylchlorosilane) son dos reactivos que se utilizan para derivatizar grupos hidroxilos, los cuales forman los derivados de TMS (trimetilsilil) y TBS (*t*-butyldimethylsilil)” (Shareef et al., 2004, p. 295).

Luego del proceso de extracción, analizamos las muestras en un cromatógrafo de gas con detector selectivo de masa (GC-MS) bajo las siguientes condiciones: puerto de inyección *splitless* a 280°C), temperatura inicial del horno: 100°C durante cuatro minutos. Además contará

con los siguientes tipos de programación: 10°C/min hasta 265°C durante siete minutos y 10 C/min hasta 300°C, dejando esta temperatura durante 4 minutos a 20°C/min hasta 310°C durante 3 minutos. El *carrier gas* que se utilizó es helio, manteniéndolo constante en 1.2 mL/min. La ionización de electrones va a ser de 70 electrovoltios (eV). La temperatura de la fuente de iones y la línea de transferencia de GC para el espectrómetro de masa va a ser de 230 °C.

## **Objetivo 2: Determinar el riesgo potencial para la ciudadanía**

Identificamos el riesgo potencial si 1,7 $\alpha$ -etinilestradiol es ingestado, utilizando la fórmula de la evaluación de riesgo a la salud. Fórmula de evaluación de riesgo: Identificación del contaminante, dosis-respuesta, exposición y caracterización. Comparar los resultados con: NOAEL 0.04 mg/kg\*día y LOAEL 0.015 mg/kg\*día (USEPA, 2009).

## **Análisis**

Para determinar si los resultados son positivo o negativos utilizamos los cromatogramas generados por el GC-MS. Los resultados obtenidos se compararon con los ya establecidos del método, límite de detección del método (0.1 ng/L) y mínimo de cuantificación (2 ng/L) (USEPA, 2007). Para determinar el riesgo potencial para la ciudadanía se utilizarán los resultados obtenidos en los cromatogramas de distribución, calcularán los NOAEL y LOAEL y se compararán con los ya establecidos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Agencia de Protección Ambiental recomienda diferentes técnicas para la remoción de disruptores endocrinos en el agua potable. Entre las técnicas estudiadas para la remoción de EE2 se encuentran la desinfección a través de Luz Ultravioleta, Ozono, Método Convencional (Coagulación/Clarificación), Separación de Membrana, Carbón Activado Granulado y Cloro. En Puerto Rico la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados utiliza el método de desinfección con cloro. Para verificar la efectividad de la desinfección en las plantas de filtración muestreamos tres puntos de cada planta: Agua Cruda, Agua Filtrada y el Agua de Distribución. Utilicé un cromatógrafo de gas con un detector de espectrometría de masa para confirmar la presencia de EE2 y determinar las concentraciones existentes en los diferentes puntos muestreo.

#### **Presencia de 1,7 $\alpha$ -ethinylestradiol en seis plantas de tratamiento de agua potable en Puerto Rico para determinar con el cumplimiento de los estándares de la EPA.**

##### **Guzmán Arriba (Control)**

Escogimos la planta Guzmán Arriba como Planta control debido a que a diferencia de las demás Plantas de filtración, esta no recibe descargas de Plantas de Tratamientos de Aguas Usadas. Según la tabla de *Revisión de la Población Servida Región Metropolitana Año Fiscal 2011* (AAA, 2012), Guzmán Arriba le supe agua a 1,602 clientes de los municipios de Río Grande (837 clientes) y Carolina (765 clientes).

Las muestras colectadas para el tiempo húmedo las tomamos el 17 de febrero de 2012. Mientras, las muestras colectadas para el tiempo seco las tomamos el 2 de marzo de 2012.

Luego de ser analizadas las muestras de esta planta, en los tres puntos colectados fueron no-detectable (Tabla 2).

### **Enrique Ortega (La Plata)**

Según la tabla de *Revisión de la Población Servida Región Metropolitana Año Fiscal 2011*, la Planta de Filtración Enrique Ortega les sirve a 86,491 clientes. Los municipios que reciben el agua de Enrique Ortega son: Puerto Nuevo (1,670 clientes), Bayamón (65,581 clientes), Toa Alta (14,712 clientes), y Naranjito (4,528 clientes).

Las muestras colectadas para el tiempo húmedo las tomamos el 23 de diciembre de 2011 y el 30 de diciembre de 2011. Para el punto de agua de distribución, colectamos tres litros, los cuales fueron utilizados como muestra, duplicado de la muestra y muestra fortificada con una concentración conocida del analíto de interés. Los resultados obtenidos para el agua de distribución, duplicado de distribución, agua filtrada fue de no-detectable, mientras que para la muestras de distribución fortificada se obtuvo una concentración de 89.15 ng/L para obtener un recobro de 89%. Mientras que las muestras colectadas en tiempo seco (2 de marzo de 2012), igualmente obtuvieron resultados no-detectables (Tabla 3).

### **Sergio Cuevas:**

Según la tabla de *Revisión de la Población Servida Región Metropolitana Año Fiscal 2011*, la planta de filtración Sergio Cuevas les suple a 174,083 clientes. Entre estos se encuentran las áreas de Cupey (30,216 clientes), Carolina (73,795 clientes) y la 65 de Infantería con 70,072 clientes.



Las muestras colectadas para el tiempo húmedo las tomamos el 30 de diciembre de 2011, donde los resultados obtenidos de los tres puntos de interés fueron no-detectable. Mientras que la fecha de colección del tiempo seco fue 2 de marzo de 2012. Para el punto de distribución y filtración obtuvimos resultados no-detectable, mientras que para el agua cruda el resultado fue de 8.90 ng/L (Tabla 4).

### **Juncos Urbano y Pueblito:**

Para la Planta de Filtración de Juncos colectamos dos puntos del agua cruda. El agua cruda pasa por todo el proceso de desinfección. El agua cruda de Pueblito no es utilizada para el consumo humano. Las muestras colectadas para el tiempo húmedo las tomamos el 5 de enero de 2012. Los resultados que obtuvimos para dicha planta fueron los siguientes: distribución, filtración y cruda fueron no-detectadas. Mientras que para Juncos Pueblito obtuvimos 7.95 ng/L en el periodo húmedo. Cuando repetimos el muestreo en el periodo seco (2 de marzo de 2012), los resultados que obtuvimos son los siguientes: distribución y filtración fueron no-detectadas, mientras que para las muestras cruda regular y cruda Pueblito los resultados conseguidos fueron 5.97 ng/L y 17.92 ng/L, respectivamente (Tabla 5).

### **Gurabo:**

Para la planta de filtración de Gurabo colectamos tres muestras del punto del agua cruda, y se utilizaron como muestra, duplicado de la muestra y muestra fortificada con el analíto de interés, además de los puntos de filtración y distribución. El tiempo de colección para las muestras húmedas las realizamos el 5 de enero de 2012 y los resultados que se obtuvieron para el agua de distribución, filtración, cruda, y duplicado de la cruda fue no-detectable, mientras que la

muestra que se utilizó como fortificada obtuvo un resultado de 95.15 ng/L, para un porcentaje de recobro de 95%.

La fecha de colección para las muestras del tiempo seco lo realizamos el 2 de marzo de 2012. Los resultados alcanzados para las muestras de distribución y filtración fueron no detectadas. Por consiguiente, los resultados que se obtuvieron para el agua cruda fue de 12.13 ng/L, duplicado del agua cruda fue de 11.61 ng/L y la muestra fortificada con el análisis de interés fue de 83.23 ng/L, para un porcentaje de recobro de 71% (Tabla 6).

### **Canóvanas:**

Según la tabla de *Revisión de la Población Servida Región Metropolitana Año Fiscal 2011*, la planta de filtración Canóvanas le supe el servicio de agua potable a 9,577 clientes de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados del municipio de Carolina. Al igual que en Guzmán Arriba el tiempo de colección para el tiempo húmedo lo realizamos el 17 de febrero de 2012.

Los resultados que obtuvimos para los puntos de distribución, filtración, cruda y duplicado de la muestra cruda fueron no-detectable, mientras que para la cruda fortificada con el análisis de interés fue de 88.67 ng/L, para un porcentaje de recobro de 87%. La fecha de colección para las muestras definidas como tiempo seco fue en 2 de marzo de 2012. La muestra de distribución obtuvo un resultado no-detectable. Por otro lado, los resultados del agua filtrada fue de 8.78 ng/L, el agua cruda fue de 10.25 ng/L, duplicado del agua cruda 13.88 ng/L y la muestra fortificada del agua cruda fue de 107.25 ng/L, con un porcentaje de recobro de 97% (Tabla 7).

## **Riesgo potencial para la ciudadanía**

En ninguna de las plantas de filtración de agua potable hubo un resultado detectable en las muestras de distribución. Lo que semeja a que en la actualidad no tenemos ningún riesgo potencial para la ciudadanía que se suple de las seis plantas de filtración estudiadas.

Finalmente, con los resultados obtenidos durante esta investigación, demostramos que existe la presencia de 1,7  $\alpha$ -etinilestradiol en las aguas crudas y filtradas de varias plantas de filtración de agua potable (Tabla 8). Por otro lado, es notable ver que las muestras que arrojaron resultados positivos, luego de la desinfección con cloro gaseoso, arrojaron resultados negativos o por debajo del límite de detección del método utilizado para este estudio. Sin embargo, esto no significa que quede demostrado que esta técnica de desinfección remueve el EE2 en todos los casos, independientemente de la concentración de entrada de éste.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo general de esta investigación, consistía en verificar la presencia de 1,7  $\alpha$ -etinilestradiol en el agua a ser purificada para el consumo humano. Coleccionamos muestras durante dos periodos: periodo seco y periodo húmedo. En el periodo húmedo los eventos de lluvia son más frecuentes y la cantidad de precipitación aumenta a través de las cuencas hidrográficas. Esto hace que los niveles de ríos y lagos aumenten, diluyendo así las cantidades de EDCs que pudieran estar presentes. Por otro lado, en el periodo seco sucede lo contrario, los niveles de ríos y lagos bajan, dado que los eventos de lluvia disminuyen. Para diciembre del 2011, la precipitación en Puerto Rico fue de 5.02” (catalogando así como Diciembre y Enero temporada húmeda), mientras que para el mes de marzo fue de 3.09” (catalogando así como Febrero y Marzo temporada seca) (NOAA, 2012)

Luego de analizar todas las muestras colectadas en temporada húmeda y temporada seca, quedó demostrado analíticamente que sí existe la presencia de la hormona estudiada en varias fuentes de agua de nuestro país. Los resultados fueron comparados con el límite de detección del método (0.1 ng/L) y con el mínimo de cuantificación (2 ng/L) (USEPA, 2007). Las muestras que arrojaron estos resultados positivos fueron las aguas crudas de las siguientes plantas de filtración: Sergio Cuevas, Juncos Urbano y Pueblito, Gurabo y Canóvanas. Esta última planta arrojó también un positivo en su agua filtrada. Cabe señalar que todos los resultados detectados fueron en periodo seco, con excepción de Pueblito que además arrojó un resultado positivo en el periodo húmedo.

El hecho de encontrar un positivo de EE2 en el agua filtrada y cruda, crea una preocupación real y latente, ya que el contacto tanto de humanos como de animales con disruptores endocrinos puede causar efectos desfavorables a la salud. El problema crece ya que cada día se utilizan más métodos anticonceptivos a base de hormonas, terapias hormonales entre otros, que ayudan a incrementar la cantidad de estos contaminante, ya que estos son excretados a través de la orina y heces fecales. Otro factor que acrecienta el problema es la disposición incorrecta de medicamentos expirados o que nunca fueron consumidos. Parte de estos contaminante podrían llegar a ríos y lagos de no ser descartados correctamente.

Muchas de los suministros de agua de las plantas de filtración reciben aguas de descargas de plantas de tratamiento de aguas usadas, la cual ha sido debidamente desinfectada antes de ser mezcladas con el agua de ríos y lagos. Al ver que las aguas crudas resultaron positivas en algunos casos, observamos que el proceso de desinfección de las descargas de aguas usada no es lo suficientemente efectivo. Parte de la hormona está llegando a nuestros ríos.

Recomendamos mejorar el sistema y procedimiento de desinfección ya que la clorinación ha demostrado ser efectiva, pero cuando el contaminante está a baja concentración. Además se producen muchos productos secundarios luego de la clorinación. Entre los productos secundarios formados se encuentran los compuestos oxigenados y clorados, como por ejemplo los trihalometanos (THMs por sus siglas en inglés) y los Ácidos Acéticos Halogenados (HAAs, por sus siglas en inglés). De aumentar los niveles de hormona, podríamos estar en riesgo de tener presencia de EE2 en el agua de distribución para el consumo humano.

De los diferentes procesos de desinfección y purificación, se recomienda la desinfección mediante luz ultravioleta y el carbón activado granular. La luz ultravioleta presenta muchas ventajas para la desinfección y para el ser humano. El tratamiento de luz ultravioleta es efectivo,

ya que esta luz foto-degrada el EE2 y reduce la concentración de esta hormona en un 95%, luego de treinta minutos de contacto.

Otras ventajas que se obtienen con el uso de la luz ultravioleta son las siguientes:

- Poca supervisión
- Disminuyen los costos de mantenimiento y operacionales.
- Eliminan el olor o sabor del producto final.
- No forma productos secundarios tóxicos o no-tóxicos significantes.
- No tiene efectos adversos por el exceso de irradiación.
- No forma emisiones de compuestos orgánicos volátiles o emisiones tóxicas al aire.
- Requiere un tiempo mínimo de contacto.
- No requiere almacenamientos de materiales tóxicos.
- Requiere un espacio mínimo para el equipo.
- No afecta los minerales en el agua.

Por otro lado, el carbón activado granular activado se utiliza para absorber los compuestos orgánicos naturales, los químicos orgánicos sintéticos, el sabor y olor en el agua potable. Luego de los análisis químicos realizados, la desinfección por cloro aparenta ser efectiva en eliminar el EE2, pero no se puede concluir que esta técnica es la apropiada para remover esta hormona del agua a ser tratada. Las muestras analizadas fueron solamente de seis plantas de filtración de Puerto Rico, de un total de aproximadamente de 130 plantas de filtración y de 60 plantas de tratamiento de aguas usadas. Sin embargo a pesar de las limitaciones de cantidad de muestras analizadas y las demás limitaciones como tiempo, espacio y recursos, este estudio sirve de antesala y abre las puertas para una futura investigación mucho más amplia y

que defina mejor lo que en esta investigación se pudo comprobar, la existencia de EE2 y que está aparentemente se puede remover en las plantas de filtración de agua potable.

Por otro lado, recomendamos investigar más a fondo las diferencias de tratamiento utilizadas en las plantas de filtración muestreadas. Hacer una evaluación de las fuentes dispersas que aportan a los ríos, ya que esas vertientes podrían ser una de las causas principales del EE2 en el agua cruda. Además se exhorta a replicar este estudio, no solamente en el agua potable, sino también en el las Plantas de Aguas Usadas, ya que de existir estos EDCs en el agua potable existe un riesgo potencial para el ser humano ya que se pueden desarrollar desórdenes genéticos, cáncer o desarrollo de discapacidad.

### **Limitaciones del estudio**

La limitación principal de ésta investigación fue conseguir acceso a las plantas de filtración de Guzmán Arriba y Canóvanas. Esto causó que hubiera una diferencia entre la colección del tiempo húmedo al tiempo seco de 16 días. La comparación de ambos períodos no es tan certera en estas plantas cuando se compara con las restantes cuatro plantas, donde hubo más de 60 días de diferencia.

Es importante y necesario recopilar más datos e información sobre el problema presentado y estudiando en esta investigación. Este estudio pretende abrir puertas para la realización de estudios futuros, ya que se debe identificar la procedencia de estos disruptores endocrinos. Se debe verificar si existen descargas ilegales que aporten esta hormona a los sistemas de tratamiento de aguas usadas o de las aguas potables de Puerto Rico. Además se debe retar el sistema de filtración utilizado en la actualidad para asegurar la eficiencia de este en la remoción del contaminante cuando esta a niveles de concentraciones mayores a los encontrados

en este estudio, igualmente se debe investigar más a fondo sobre el riesgo e impacto toxicológico que podría ocurrir. En fin, se necesita una diversidad de estudios e investigaciones para poder atacar un problema que ha ido creciendo poco a poco y que comienza a afectarnos cada día más. Tenemos las herramientas, la tecnología y la sabiduría para ayudar a las generaciones futuras a tener mayor conciencia y respeto.



## LITERATURA CITADA

- American Water Works Association (2008). *State of knowledge of endocrine disruptors and Pharmaceuticals in Drinking Water*. Recuperadode: [http://environmentalhealthcollaborative.org/images/91228\\_State\\_of\\_Knowledge.pdf](http://environmentalhealthcollaborative.org/images/91228_State_of_Knowledge.pdf)
- Alum, A., Yoon, Y., Westerhopff, P., & Abbaszadegan, M. (2004). Oxidation of bisphenol A, 17 $\beta$ -estradiol and 17 $\alpha$ -ethinyloestradiol and byproduct estrogenicity. *Environment Toxicology*, 19(3), 257–264.
- Arcand-Hoy, L.D., Nimrod, A.C., & Benson, W.H. (1998). Endocrine-modulating substances in the environment: Estrogenic effects of pharmaceutical products. *Int. J. Toxicol.* 17, 139-158.
- Auer, C.M., Blunck, C., Chow, F., & Williams, D.R., Sorting and screening of potential drinking water contaminants: new and existing chemicals under the Toxic Substances Control Act, in *Identifying Future Drinking Water Contaminants*, National Research Council, Ed., National Academy Press, Washington, DC, 1999, p. 103.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (1998). *Ley 136: Ley para la Conservación, el Desarrollo y el Uso de los Recursos de Agua (conocida como la Ley de Aguas de Puerto Rico)*. Recuperado de [http://www.acueductospr.com/download/leyes/ley\\_136\\_3jun76\\_enmen.pdf](http://www.acueductospr.com/download/leyes/ley_136_3jun76_enmen.pdf)
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2012). *Revisión de la Población Servida Región Metropolitana Año Fiscal 2011*. Estado Libre Asociado, Canóvanas, Puerto Rico
- Birkett, J.W. (2003). *Scope of the Problem*. ISBN: 9781420032185
- Bodzek, M., & Dudziak, M. (2006). Elimination of steroidal sex hormones by conventional water treatment and membrane processes. *Science Direct* 198 (1-3), 24-32.
- Boyd, G, Reemtsma, H, Grimm, D., & Mitra, S. (2003). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in surface water and treated waters of Louisiana, USA and Ontario, Canada. *The Science of the Total Environment*. 311(1-3), 135-149.
- Buser, H., Muller, M., & Theobald, N. (1998). Occurrence of the pharmaceuticals drug clofibrac acid and the herbicide mecoprop in various Swiss Lake and in the North. *Environmental Science and Technology*, 32, 188–192.
- Campbell, C.G., Borglin, S.E., Green, F.B., Grayson, A., Wozel, E., & Stringfellow, W.T. 2006. Biologically direct environmental monitoring, fate and transport of estrogenic compounds in water: A review. *Chemosphere* 65, 1265–1280.

- Deason, J.P., Schad, T.M., & Cherk, G.W. (2001). Water policy in the United States: a perspective, *Water Policy*, 3, 175-192.
- Deborde, M., Rabouan, S., Duguet, J., & Legube, B. (2005). Kinetics of aqueous ozone-induced oxidation of some endocrine disruptors". *Environmental Science Technology*. 39(16), 6086-6092.
- Dudziak, M., & Luks-Betlej, K. (2004). Estimation of estrogens presence steroid hormones in selected river waters in Poland. (in polish) *Ochrona Srodowiska* 1, 21–24.
- Erickson, B.E. (2002) Analyzing the ignored environmental contaminants, *Environ. Sci. Technol.* 36, 141A.
- Farre, M., Ferrer, I., Ginebreda, A., Figuera, M., Olivella, T., Tirapu, L., Vilanova, M., & Barcelo, D. 2001. Determination of drugs in surface water and wastewater samples by liquid chromatography-mass spectrometry: methods and preliminary results including toxicity studies with *Vibrio fischer*. *Journal of Chromatography A* 938, 187–197.
- Fent, K; Weston, A.; & Caminada, D. (2006) Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology*. 76,122-159.
- Gomes, R.L., & Lester, J.N. (2003). *Endocrine disruptors in drinking water and water reuse*. DOI: 10.1201/9781420032185.ch7
- Heberer, T. (2002). Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicology Letters*, 131 (1-2), 5-17.
- Huber, M., Korhonen, S., Ternes, T., & Gunten, U. (2005) Oxidation of pharmaceuticals during water treatment with chlorine dioxide. *Water Research*, 39(15), 3607-3617.
- Kavlock, R.J., Daston G.P., Derosa C., Fenner-Crisp P., Gray L. E. , Kaattari S., Lucier G., ... Tilson H.A. (1996). Research needs for the risk assessment of health and environmental effects of endocrine disruptors: A report of the U.S.EPA-sponsored workshop. *Environmental Health Perspectives*, 104 (Supplement 4):715-740.
- Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Thurman, E.M., Zaugg, S.D., Barber, L.B., & Buxton, H.T. (2002). Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams 1999-2000: a national reconnaissance. *Environ. Sci. Technol.* 36(6), 1202-1211.
- Kramer, V.J., Miles-Richardson, S., Pierens, S.L., & Giesy, J.P. (1998). Reproductive impairment and induction of alkaline-labile phosphate, a biomarker of estrogen exposure, in fathead minnows (*Pimephales promelas*) exposed to waterborne 1,7  $\beta$ -estradiol. *Aquat. Toxicol.* 40, 335-360.

- Kot-Wasik, A., Debska, J., & Namieśnik, J. (2003). The changes in concentration and determination of pharmaceutical residues in the environment. New horizons and challenges in environmental analysis and monitoring. Chapter 34 (in Polish), Centrum Doskonałości Analityki i Monitoringu Środowiska (CEEAM). Wydział Chemiczny. Politechnika Gdańska, 722–744.
- Kuch, H., & Ballschmitter, K. (2001). Determination of endocrine disrupting phenolic compounds and estrogens in surface and drinking water by HRGC-(NCI)-MS in the picogram per liter range. *Env. Sci. & Tech.*, 35(15), 3201-3206.
- Lester, J.N., & Birkett, J.W. (1999). *Microbiology and Chemistry for Environmental Scientist and Engineers*, 2<sup>nd</sup> ed. E & F.N. Spon, London.
- Leinster, P., McIntyre, A.E., J.N., & Perry, R. (1981) Analysis of volatile organic compounds in water, wastewater and an industrial effluent, *Chemosphere*, 10, 291-301.
- McGeehin, M.A., & Moll, D.M. (1999). CDC perspective on emerging chemical contaminants in drinking water, in *Identifying Future Drinking Water Contaminants*, National Research Council, Ed., National Academy Press, Washington D.C., 43-50.
- Panter, G.H., Thompson, R.S., & Sumpter, J.P. (1998). Adverse reproductive effects in male fathead minnows (*Pimephales promelas*) exposed to environmentally relevant concentrations of the natural oestrogens, oestradiol and oestrone. *Aquat. Toxicol.* (42), 243-253.
- Parés, Marga. (14 de febrero de 2012) Animosos debate por la píldora. *El Nuevo Día*, p. 26-27  
Recuperado de <http://www.elnuevodia.com/animosodebateporlapildora-1190360.html>
- Purdum, C.E., Hardiman, P.A., Bye, V.J., Eno, N.C., Tyler, C.R., & Sumpter, J.P. (1994). Estrogenic effects of the effluents from sewage treatment works, *Chem. Ecol.*, 8, 275.
- Puerto Rico Industrial Development Company (PRIDCO). (2011) Mapa de Farmacéuticas.  
Recuperado de [http://www.pridco.com/images/mapa\\_medical\\_devices.jpg](http://www.pridco.com/images/mapa_medical_devices.jpg)
- Rodgers-Gray, T.P., Jobling, S., Kelly, C., Morris, S., Brighty, G., Waldock, M.J., Sumpter, J.P., and Tyler, C.R., (2001). Exposure of juvenile roach (*Rutilus rutilus*) to treated sewage effluent induces dose-dependent and persistent disruption in gonadal duct development, *Environ. Sci. Technol.*, 35(3), 462-470.
- Rosenfeldt, E., & Linden, K. (2004). Degradation of endocrine disrupting chemicals bisphenol A, Ethinyl estradiol, and estradiol during UV photolysis and advanced oxidation processes. *Environmental Science and Technology*. 38(20), 5476-5483.
- Routledge, E.J., Sheahan, D., Desbrow, C., Brighty, G.C., Waldock, M., and Sumpter, J.P. (1998). Identification of estrogenic chemicals in STW effluent 2. In vivo responses in trout and roach. *Environ. Toxicol. Chem.* 32, 1559-1565.

- Shareef, A., Parnis, C., Angove, M., Wells, J., & Johnson, B. (2004). Suitability of N,O-bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide and N-(tert-butyltrimethylsilyl)-N-methyltrifluoroacetamide as derivatization reagents for the determination of the estrogens estrone and 17 $\alpha$ -ethinylestradiol by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. (1026), 295-300.
- Sheehan, J.P., Brighty, G.C., Daniel, M., Jobling, S., Harries, J.E., Hurst, M.R., Kennedy, J., Kirby, S.J., Morris, S., Routledge, E.J., Sumpter, J.P., and Waldock, M.J., (2002). Reduction in the estrogenic activity of a treated sewage effluent discharge to an English river as a result of a decrease in the concentration of industrially derived surfactants, *Environ. Toxicol. Chem.*, 21(3), 515-519.
- Snyder, S., Yoon, Y., Wert, E., Westerhoff, P., Rexing, D., & Zegers, R. (2003a). *The role of ozone in removing endocrine disruptors and pharmaceuticals from water*. International Ozone Association Conference.
- Snyder Shane A.; Westrehoff, Paul; Yoon, Yeomin, & Sedlak, David L. (2003b). Pharmaceuticals, Personal Care Products, and Endocrine Disruptors in Water: Implication for the Water Industry. *Environmental Engineering Science*, 20(5), 449-469.
- Stahlschmidt-Allner, P., Allner, B., Roemke, J., Knacker, T. (1997). Endocrine disrupters in aquatic environment. *Environmental Science and Pollution Research International* 4(3), 155-162.
- Strube, Evamarie; Straube, Wolfgang, & Starube, Sebastia.(2003). Hormonal Disruption in Humans. *Encyclopedia of Pest Management*. Marcel Dekker, Inc.
- US Environmental Protection Agency (1997). Safe Drinking Water Act of 1997, Pub. L. No. 93-523, 42 U.S.C. § 3010 et seq.
- US Environmental Protection Agency. (1997a). *Special Report on environmental endocrine disruption: an effect assessment and analysis*. EPA/630/R-96/012. Washington, DC: Office of Water. Recuperado de <http://www.p2pays.org/ref/07/06070.pdf>
- US Environmental Protection Agency. (1999). *25 Years of the Safe Drinking Water Act: History and Trends*. EPA/816-R-99-007. Washington, DC: Office of Water. Recuperado de: <http://permanent.access.gpo.gov/websites/epagov/www.epa.gov/safewater/consumer/trendrpt.pdf>
- US Environmental Protection Agency (2007). *Method: 1698: Steroids and Hormones in Water, Soil, Sediment, and Biosolids by HRGC/HRMS*.
- US Environmental Protection Agency (2009) *Contaminant Information Sheets for the Final CCL*  
3 Chemicals. Recuperado de:

<http://water.epa.gov/scitech/drinkingwater/dws/ccl/upload/Final-CCL-3-Contaminant-Information-Sheets.pdf>

US Environmental Protection Agency. (2010). *What are Endocrine Disruptors?* Recuperado de: [www.epa.gov/endo/pubs/edspoverview/whatare.htm](http://www.epa.gov/endo/pubs/edspoverview/whatare.htm)

US Environmental Protection Agency (2011a) *Safe Drinking Water Act (SDWA)*. Recuperado de: [www.water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/index.cfm](http://www.water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/index.cfm)

US Environmental Protection Agency (2011b) *Unregulated Contaminant Monitoring Program*. Recuperado de: [www.water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/ucmr/index.cfm](http://www.water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/ucmr/index.cfm)

US Environmental Protection Agency (2011c) *Clean Water Act*. Recuperado de: [http://cfpub.epa.gov/npdes/cwa.cfm?program\\_id=45](http://cfpub.epa.gov/npdes/cwa.cfm?program_id=45)

Weigel, S., Kuhlmann, J., & Huhnerfun, H. (2002). Drugs and personal care products as ubiquitous pollutants: occurrence and distribution of clofibric acid, caffeine and DEET in the North Sea. *The Science of the Total Environment* 295, 131–141.

Yoon, Y., Westerhoff, P., Snyder, S. & Esparza, M. (2003). HPLC-fluorescence detection and adsorption of bisphenol A, 17 $\beta$ -estradiol and 17 $\alpha$ -ethynylestradiol on powdered activated carbon. *Water Research*, 37(14), 3530-3537.

Zacharska, E., Zatorska, H, Rut, B., & Ozonok, J. (2010). Advanced oxidation techniques in elimination of endocrine disrupting compounds present in water. *Environmental Engineering III*. 549-555.

## **TABLAS**

Tabla 1

*Tiempo Húmedo (H) y Seco (S) en la Planta de Filtración Guzmán Arriba (Planta Control)*

<b>Número de muestra</b>	<b>Fecha colectada</b>	<b>Hora de colección</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>pH</b>	<b>Día de extracción</b>	<b>Fecha analizada /Resultado</b>
Guzmán Arriba Distribución (H)	02/17/2012	15:25	24.6	7.00	02/18/2012	02/18/2012/ N.D.
Guzmán Arriba Filtrada (H)	02/17/2012	15:28	24.8	7.01	02/18/2012	02/18/2012/ N.D.
Guzmán Arriba Cruda (H)	02/17/2012	15:32	25.4	7.05	02/18/2012	02/18/2012/ N.D.
Guzmán Arriba Distribución (S)	03/02/2012	7:30	25.0	6.98	03/03/2012	03/04/2012/ N.D.
Guzmán Arriba Filtración (S)	03/02/2012	7:33	24.9	7.00	03/03/2012	03/04/2012/ N.D.
Guzmán Arriba Cruda (S)	03/02/2012	7:38	25.1	6.89	03/03/2012	03/04/2012/ N.D.

Tabla 2

*Tiempo Húmedo (H) y Seco (S) en la Planta de Filtración Enrique Ortega (La Plata)*

<b>Numero de muestra</b>	<b>Fecha colectada</b>	<b>Hora de colección</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>pH</b>	<b>Día de extracción</b>	<b>Fecha analizada /Resultado</b>
La Plata Distribución (H)	12/23/2011	14:20	24.8	7.00	12/24/2011	12/24/2011/ N.D.
La Plata Distribución (DUP) (H)	12/23/2011	14:22	23.0	7.70	12/24/2011	12/24/2011/ N.D.
La Plata Distribución (MS) (H)	12/23/2011	14:24	24.6	7.70	12/24/2011	12/24/2011/ 89.15 ng/L
La Plata Filtrada (H)	12/23/2011	14:26	24.0	8.12	12/24/2011	12/24/2011/ N.D.
La Plata Cruda (H)	12/30/2011	7:50	25.5	7.30	12/31/2011	01/01/2012/ N.D.
La Plata Distribución (S)	03/02/2012	16:00	24.8	7.00	03/02/2012	03/04/2012/ N.D.
La Plata Filtración (S)	03/02/2012	16:10	23.0	7.70	03/02/2012	03/04/2012/ N.D.
La Plata Cruda (S)	03/02/2012	16:05	25.5	7.30	03/02/2012	03/04/2012/ N.D.



Tabla 3

*Tiempo Húmedo (H) y Seco (S) en la Planta de Filtración Sergio Cuevas*

<b>Numero de muestra</b>	<b>Fecha colectada</b>	<b>Hora de colección</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>pH</b>	<b>Día de extracción</b>	<b>Fecha analizada/ Resultado</b>
Sergio Cuevas Distribución (H)	12/30/2011	10:06	25.3	8.04	12/31/2011	01/01/2012/ N.D.
Sergio Cuevas Filtración (H)	12/30/2011	9:55	24.9	7.50	12/31/2011	01/01/2012/ N.D.
Sergio Cuevas Cruda (H)	12/30/2011	9:30	25.4	6.58	12/31/2011	01/01/2012/ N.D.
Sergio Cuevas Distribución (S)	03/02/2012	13:30	24.5	6.98	03/02/2012	03/04/2012/ N.D.
Sergio Cuevas Filtración (S)	03/02/2012	13:35	25.0	6.58	03/02/2012	03/04/2012/ N.D.
Sergio Cuevas Cruda (S)	03/02/2012	13:25	24.5	7.03	03/02/2012	03/04/2012/ 8.90 ng/L

Tabla 4

*Tiempo Húmedo (H) y Seco (S) en la Planta de Filtración Juncos Urbano y Pueblito*

<b>Numero de muestra</b>	<b>Fecha colectada</b>	<b>Hora de colección</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>pH</b>	<b>Día de extracción</b>	<b>Fecha analizada/ Resultado</b>
Juncos Distribución (H)	01/05/2012	10:25	25.4	7.00	01/05/2012	01/06/2012/ N.D.
Juncos Filtración (H)	01/05/2012	10:30	24.8	7.03	01/05/2012	01/06/2012/ N.D.
Juncos Cruda (H)	01/05/2012	10:20	25.4	6.58	01/05/2012	01/06/2012/ N.D.
*Juncos Pueblito Cruda (H)	01/05/2012	10:23	25.0	6.62	01/05/2012	01/06/2012/ 7.95 ng/L
Juncos Distribución (S)	03/02/2012	10:28	24.5	6.98	03/03/2012	03/04/2012/ N.D.
Juncos Filtración (S)	03/02/2012	10:32	25.0	6.58	03/03/2012	03/04/2012/ N.D.
Juncos Cruda (S)	03/02/2012	10:35	24.5	7.03	03/03/2012	03/04/2012/ 5.97 ng/L
*Juncos Pueblito Cruda (S)	03/02/2012	10:38	25.5	6.98	03/03/2012	03/04/2012/ 17.92 g/L

\* No es utilizada para el proceso de filtración y desinfección.

Tabla 5

*Tiempo Húmedo (H) y Seco (S) en la Planta de Filtración Gurabo*

<b>Numero de muestra</b>	<b>Fecha colectada</b>	<b>Hora de colección</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>pH</b>	<b>Día de extracción</b>	<b>Fecha analizada/ Resultado</b>
Gurabo Distribución (H)	01/05/12	12:00	24.5	6.98	01/05/2012	01/06/2012/ N.D.
Gurabo Filtración (H)	01/05/12	12:05	24.6	7.05	01/05/2012	01/06/2012/ N.D.
Gurabo Cruda (H)	01/05/12	12:10	25.2	6.85	01/05/2012	01/06/2012/ N.D.
Gurabo Cruda DUP (H)	01/05/12	12:13	25.3	6.98	01/05/2012	01/06/2012/ N.D.
Gurabo Cruda MS (H)	01/05/12	12:16	25.2	6.89	01/05/2012	01/06/2012/ 95.15 ng/L
Gurabo Distribución (S)	03/02/12	11:35	25.6	6.98	03/03/2012	03/04/2012/ N.D.
Gurabo Filtración (S)	03/02/12	11:25	25.6	6.98	03/03/2012	03/04/2012/ N.D.
Gurabo Cruda (S)	03/02/12	11:30	25.2	7.12	03/03/2012	03/04/2012/ 12.13 ng/L
Gurabo Cruda DUP (S)	03/02/12	11:33	24.9	7.05	03/03/2012	03/04/2012/ 11.61 ng/L
Gurabo Cruda MS (S)	03/02/12	11:35	25.1	7.09	03/03/2012	03/04/2012/ 83.28 ng/L

Tabla 6

*Tiempo Húmedo (H) y Seco (S) en la Planta de Filtración Canóvanas*

<b>Numero de muestra</b>	<b>Fecha colectada</b>	<b>Hora de colección</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>pH</b>	<b>Día de extracción</b>	<b>Fecha analizada/ Resultado</b>
Canóvanas Distribución (H)	02/17/2012	13:15	24.9	6.88	02/18/2012	02/18/2012/ N.D.
Canóvanas Filtración (H)	02/17/2012	13:22	24.8	7.05	02/18/2012	02/18/2012/ N.D.
Canóvanas Cruda (H)	02/17/2012	13:00	24.9	6.85	02/18/2012	02/18/2012/ N.D.
Canóvanas Cruda DUP (H)	02/17/2012	13:04	25.0	6.98	02/18/2012	02/18/2012/ N.D.
Canóvanas Cruda MS (H)	02/17/2012	13:08	24.9	6.99	02/18/2012	02/18/2012/ 88.67 ng/L
Canóvanas Distribución (S)	03/02/2012	9:05	25.1	6.95	03/03/2012	03/04/2012/ N.D.
Canóvanas Filtración (S)	03/02/2012	8:50	24.9	6.99	03/03/2012	03/04/2012/ 8.78 ng/L
Canóvanas Cruda (S)	03/02/2012	8:45	24.8	7.02	03/03/2012	03/04/2012/ 10.25 ng/L
Canóvanas Cruda DUP (S)	03/02/2012	8:42	24.9	7.05	03/03/2012	03/04/2012/ 13.88 ng/L
Canóvanas Cruda MS (S)	03/02/2012	8:39	24.9	7.03	03/03/2012	03/04/2012/ 107.25 ng/L

Tabla 7

*Resultados positivos de las Plantas de Filtración de Agua Potable en tiempo Húmedo (H) y tiempo Seco (S)*

<b>Numero de muestra</b>	<b>Fecha colectada</b>	<b>Hora de colección</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>pH</b>	<b>Día de extracción</b>	<b>Fecha analizada/ Resultado</b>
Sergio Cuevas Cruda (S)	03/02/2012	13:25	24.5	7.03	03/02/2012	03/04/2012/ 8.90 ng/L
*Juncos Pueblito Cruda (H)	01/05/2012	10:23	25.0	6.62	01/05/2012	01/06/2012/ 7.95 ng/L
Juncos Cruda (S)	03/02/2012	10:35	24.5	7.03	03/03/2012	03/04/2012/ 5.97 ng/L
*Juncos Pueblito Cruda (S)	03/02/2012	10:38	25.5	6.98	03/03/2012	03/04/2012/ g/L
Gurabo Cruda (S)	03/02/12	11:30	25.2	7.12	03/03/2012	03/04/2012/ 12.13 ng/L
Canóvanas Filtración (S)	03/02/2012	8:50	24.9	6.99	03/03/2012	03/04/2012/ 8.78 ng/L
Canóvanas Cruda (S)	03/02/2012	8:45	24.8	7.02	03/03/2012	03/04/2012/ 10.25 ng/L

## **FIGURAS**



*Figura 1.* Planta de Filtración Enrique Ortega



*Figura 2.* Planta de Filtración Sergio Cuevas





*Figura 3.* Planta de Filtración Canóvanas



*Figura 4.* Planta de Filtración de Guzmán Arriba



*Figura 5.* Planta de Filtración Juncos Urbano



*Figura 6. Planta de Filtración de Gurabo*

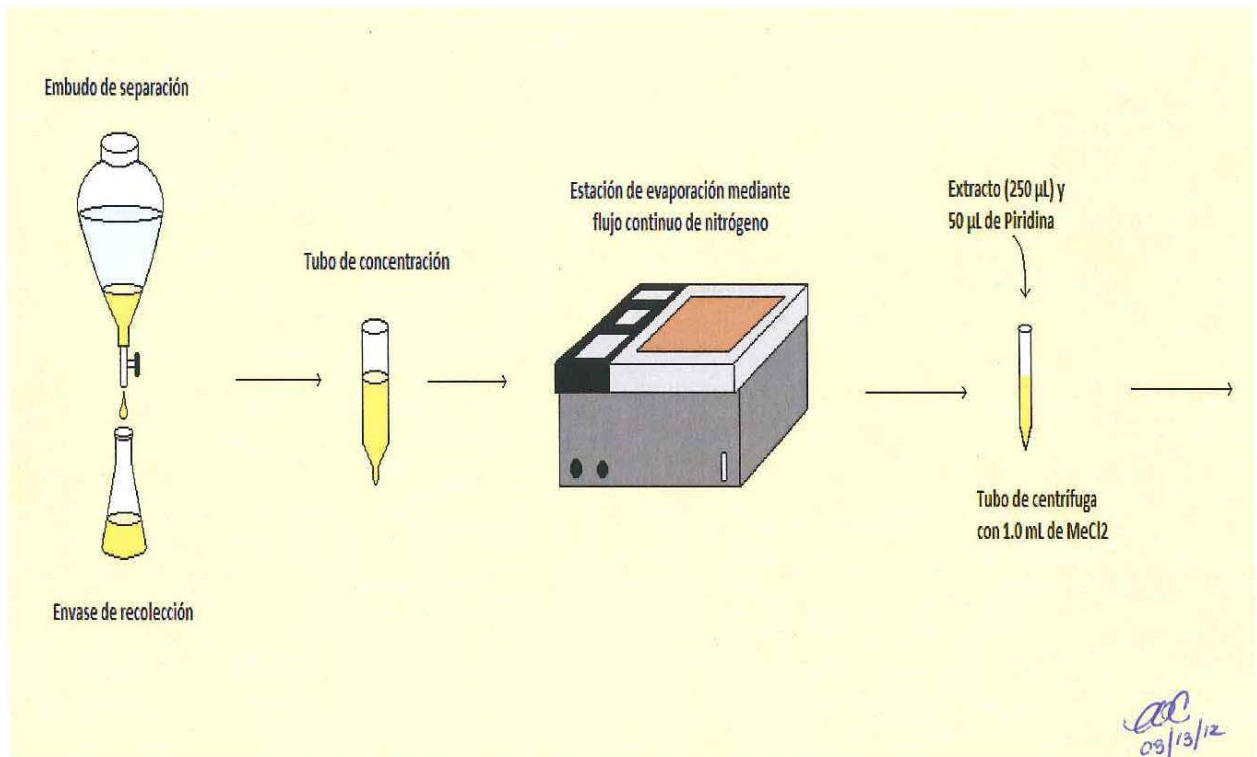


Figura 7a. Procedimiento para la preparación de muestra

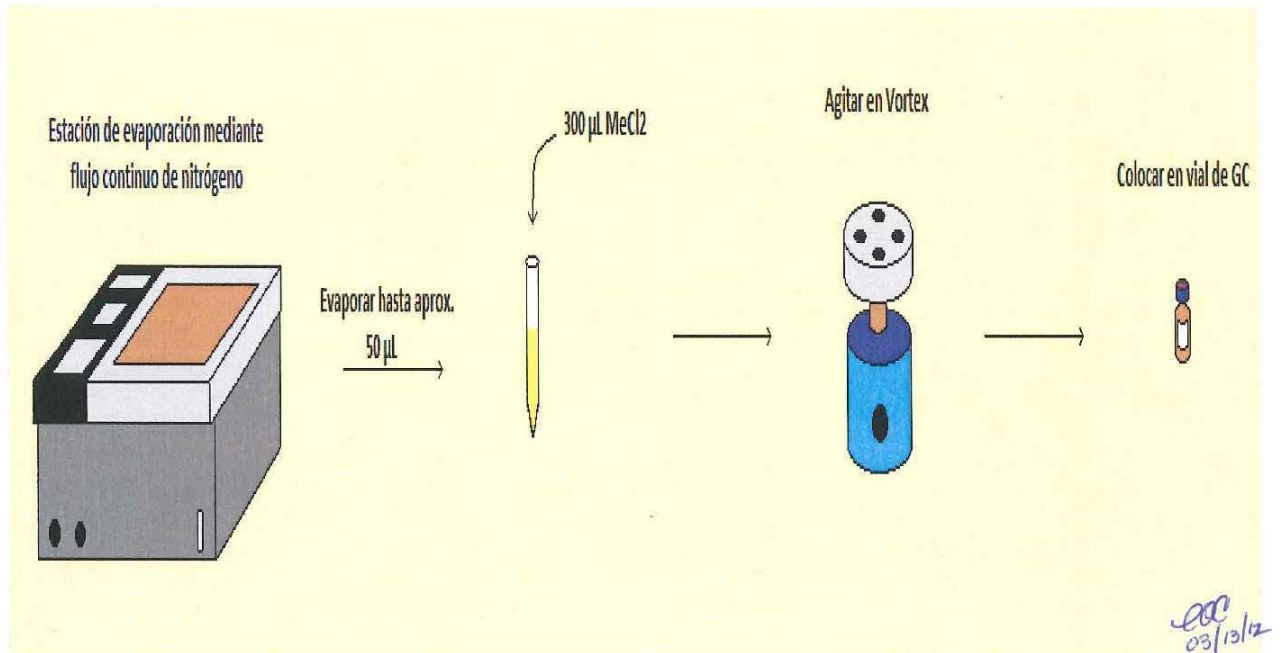


Figura 7b. Procedimiento para la preparación de muestra

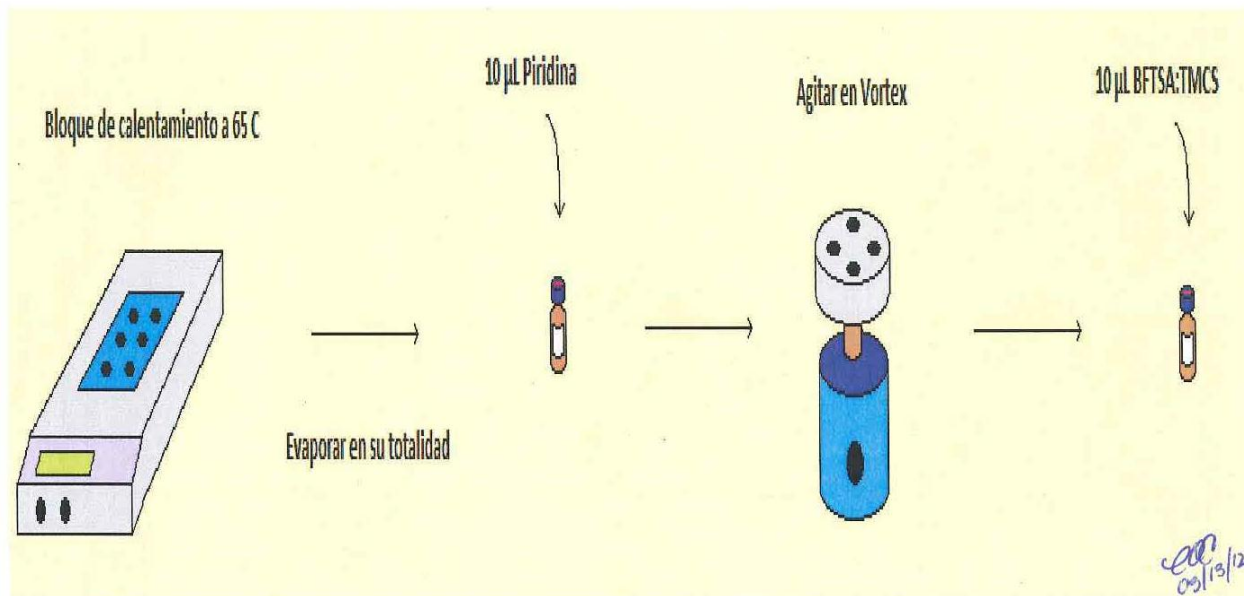


Figura 7c. Procedimiento para la preparación de muestra

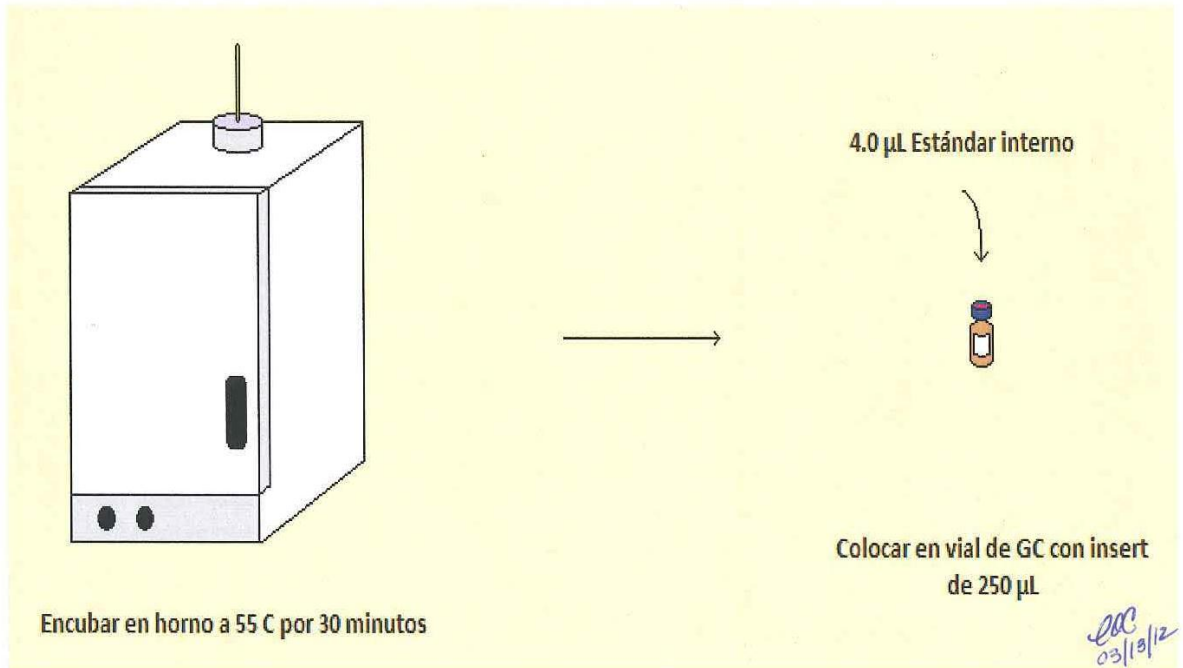


Figura 7d. Procedimiento para la preparación de muestra



## **APÉNDICE**

**APÉNDICE 1:**  
**CERTIFICADOS DE PUREZA**

## Certificate of Analysis

**Product Name:** N,O-  
 -BIS(TRIMETHYLSILYL)TRIFLUOROACETAMIDE WITH  
 TRIMETHYLCHLOROSILANE  
 contains 1% TMCS  
**Product Number:** 15238  
**Product Brand:** Fluka  
**Molecular Formula:**  $C_8H_{18}F_3NOSi_2$   
**Molecular Mass:** 257.40  
**CAS Number:** 25561-30-2

TEST	SPECIFICATION	LOT BCBF9678 RESULTS
APPEARANCE (COLOR)	COLORLESS TO ALMOST COLORLESS	COLORLESS
APPEARANCE (FORM)	CLEAR LIQUID	CLEAR LIQUID
PURITY (GC AREA %)	≥ 97.0 %	97.9 %
REMARKS ON GC	CONTAINS 0.8 - 1.5 % TMCS	CONTAINS 1.0 % TRIMETHYLCHLOROSILANE
PROTON NMR SPECTRUM	CONFORMS TO STRUCTURE	CONFORMS

**QC RELEASE DATE** 18/JUL/11  
**RECOMMENDED RETEST DATE** DEC/13



Edeltraud Schwärzler, Manager  
 Quality Control  
 Buchs, Switzerland

Sigma-Aldrich guarantees the 'Sales-Specification' values only, additional lot specific tests may be included for further information. The current 'Sales-Specifications' sheet is available on request. For further inquiries, please contact our Technical Service. Sigma-Aldrich warrants, that its products conform to the information contained in this and other Sigma-Aldrich publications. Purchaser must determine the suitability of the product for its particular use. See reverse side of invoice for additional terms and conditions of sale. The values given on the 'Certificate of Analysis' are the results determined at the time of analysis.

125 Market Street  
New Haven, CT 06513  
USA



AccuStandard®, Inc.

Tel (203)786-5290  
Fax (203)786-5287  
Website AccuStandard.com

## CERTIFICATE OF ANALYSIS

**Catalog No:** AS-E0091  
**Description:** 4,4'-DDE  
**Lot:** 210061317  
**Solvent:** Methanol

**Date Certified:** Jun 25, 2010  
**Expiration:** Jun 25, 2012  
**Sample Size:** 1 mL  
**Storage Condition:** Ambient  
**Hazards:** HIGHLY FLAMMABLE

- Included on ISO/IEC 17025 Scope of Accreditation  
 Included on ISO Guide 34 Scope of Accreditation

Component	CAS #	Purity % (GC/MS)	Prepared Concentration <sup>1</sup> (µg/mL)	Certified Analyte Concentration <sup>2</sup> (µg/mL)
4,4'-DDE	72-55-9	100	1001	1001

AccuStandard follows U.S. conventions in reporting numerical values on both certificates and labels:

A comma (,) is used to separate units of one-thousand or greater.  
A period (.) is used as a decimal place marker.

1. All weights are traceable through NIST, Test No822/272103-05
2. Certified Analyte Concentration = Purity x Prepared Concentration. The Uncertainty associated with the gravimetric values reported on this certificate is  $\pm 0.24\%$ . The CRM Uncertainty calculated for this product is  $\pm 5\%$ . These values are the expanded uncertainty and represent an estimated standard deviation equal to the positive square root of the total variation of the uncertainty of components. A normal distribution is assumed and a coverage factor of K=2 is chosen using approximately a 95% confidence level.
3. A product with a suffix (-1A, -2B, etc. or -01, -02, etc.) on its lot# has had its expiration date extended and is identical to the same lot# without the suffix.

For use in routine laboratory analysis.

See reverse side for additional information  
Refer to the MSDS for additional safety information

Certified by: R. Cooper  
Russ Cooper, QC Manager

AccuStandard is accredited to ISO Guide 34, ISO/IEC 17025 and certified to ISO 9001

QR-ORG/INO-001  
Rev. 7/10

# Certificate of Analysis

SIGMA-ALDRICH®

**Product Name** 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol,  
≥98%

**Product Number** E4876

**Product Brand** SIGMA

**CAS Number** 57-63-6

**Molecular Formula** C<sub>20</sub>H<sub>24</sub>O<sub>2</sub>

**Molecular Weight** 296.40

TEST	SPECIFICATION	LOT 090M1241V RESULTS
APPEARANCE	WHITE TO OFF-WHITE POWDER	WHITE POWDER
SOLUBILITY	CLEAR COLORLESS TO FAINT YELLOW SOLUTION AT 50MG/ML IN ETHANOL	CLEAR COLORLESS
UV-VIS SPECTRUM	EMM = 2.01 TO 2.10 AT LAMBDA MAX 281 TO 282NM IN ETHANOL	EMM = 2.07 AT LAMBDA MAX 281NM
PURITY BY HPLC	MINIMUM 98%	99%
QC RELEASE DATE		SEP 2010
PRODUCT CROSS REFERENCE INFORMATION		REPLACEMENT FOR ALDRICH #285862



Rodney Burbach, Manager  
Quality Control  
St. Louis, Missouri USA

**APÉNDICE 2:**  
**SOLICITUD Y AUTORIZACIÓN PARA MUESTREO**

RECIBIDO AAA  
CUMPLIMIENTO Y  
CONTROL DE CALIDAD  
2011 JUL 21 AM 11: 07

Mr. José Capeles  
Director Ejecutivo  
Control de Calidad y Cumplimiento  
Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico  
P.O. Box 7066  
San Juan, P.R. 00916-9990

**Re: Autorización para visitar Plantas de Filtración**

Sr. José Capales:

Saludos. Mi nombre es Maritere Rivera-Sánchez y soy estudiante de maestría en Manejo Ambiental con concentración de Manejo de Riesgo Ambiental de la Universidad Metropolitana.

Actualmente me encuentro realizando mi estudio de investigación de tesis sobre la presencia de 1,7  $\alpha$ -ethinyl estradiol en tres plantas de tratamiento de agua potable en Puerto Rico. Los productos farmacéuticos, de cuidado personal, y disruptores endocrinos (PPCPs), como por ejemplo 17 $\alpha$ -Ethinyl Estradiol (ingrediente activo de las pastillas anticonceptivas), son liberados al medio ambiente a través de excrementos humanos y de animales. Esta actividad hormonal se ha convertido en un elemento ampliamente estudiado por su toxicidad. Varios estudios han demostrado que la exposición a las sustancias endocrinas pueden resultar en desordenes genéticos, enfermedades, stress mental y físico, y además se sabe muy poco sobre el destino de estos compuestos durante el tratamiento en el agua potable y en las aguas residuales.

Con este trabajo de investigación podré determinar si existe algún riesgo potencial para la ciudadanía, para de esta manera poder recomendar acciones pertinentes al nivel de riesgo encontrado. Dichos estudios los realizaré en el laboratorio ambiental *Environmental Quality Labs* en Bayamón, Puerto Rico.

La presente misiva es para solicitar su autorización de acceso para coleccionar las muestras de interés en las Plantas de Filtración de:

- Enrique Ortega (La Plata) - Carr. 827 Km 5.6, Bo. Ortiz en Toa Alta.
- Sergio Cuevas - Carr. 181 Km 3.0 Calle Anciento Díaz, Urb. Golden Hill en Trujillo Alto.
- Canóvanas - Carr. 3 Int Ruta 66 (Detrás del Beltz Outlet).
- Guzmán Arriba - Carr. 186, Km 13.1, Río Grande.

Le agradeceré me deje saber su decisión a la mayor brevedad posible, y de ésta ser afirmativa, me indique la persona contacto designada para poder comenzar con la coordinación de colección de muestras.

Gracias anticipadas por su gestión.

Cordialmente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Marit R-S", written in a cursive style.

Maritere Rivera-Sánchez  
(787)438-5582



**From:** [Martinez.Jorge@epamail.epa.gov](mailto:Martinez.Jorge@epamail.epa.gov)  
**To:** [Maritere.Rivera](mailto:Maritere.Rivera)  
**Cc:** [rivera-ocasio.evelyn@epa.gov](mailto:rivera-ocasio.evelyn@epa.gov)  
**Subject:** Fw: Autorización para estudio de Investigación  
**Date:** Wednesday, November 09, 2011 10:16:06 AM

---

Hola, al fin se consiguió la autorización. Lo que Irma Lopez hizo fue enviarle el mensaje adjunto, con el texto de tu carta, a cada uno de los supervisores de las plantas que vas a muestrear. O sea que ya cada supervisor sabe lo que vas a hacer. Ella sugiere que les envíes un email con suficiente anticipación a tus visitas, y que copies este mensaje y te lo lleves también. También puedes llamar a los siguientes números, y coordinar las visitas:

Todavía vamos a hacer el tour por las plantas?

- Samuel Carballo, Director Cumplimiento Region Metro: 787-474-5744, x240 (Canóvanas y Guzmán Arriba)
- Marcos Negron, Plant Manager Sergio Cuevas: 787-406-9567 (Sergio Cuevas)
- David Ortiz, Plant Manager Enrique Ortega: 787-406-9541 (Enrique Ortega -La Plata)
- Julio Correa, Director Cumplimiento Region Este: 787-403-3147 (Gurabo)

Jorge Martínez, P.E., MPH.

----- Forwarded by Jorge Martínez/R2/USEPA/US on 11/09/2011 09:58 AM -----

**From:** Irma LÓPEZ@acueductospr.com  
**To:** David.ORTIZ@acueductospr.com, Marcos Negron <plantasergiocuevas@yahoo.com>, Samuel.CARBALLO@acueductospr.com, Julio.CORREA@acueductospr.com  
**Cc:** Jorge Martínez/R2/USEPA/US@EPA  
**Date:** 11/08/2011 01:43 PM  
**Subject:** Autorización para estudio de Investigación

---

Saludos!

La estudiante Maritere Rivera-Sánchez, es estudiante de maestría en Manejo de Riesgo Ambiental de la Universidad Metropolitana y está realizando un estudio de investigación de tesis sobre la presencia de 1,7  $\alpha$ -ethinyl estradiol en cinco plantas de tratamiento de agua potable en Puerto Rico. El 17 $\alpha$ -ethinyl estradiol es el ingrediente activo de las pastillas anticonceptivas y son liberados al medio ambiente a través de excrementos humanos y de animales. Esta actividad hormonal se ha convertido en un elemento ampliamente estudiado por su toxicidad y además se sabe muy poco sobre el destino de estos compuestos durante el tratamiento en el agua potable y en las aguas residuales.

La Sra. Rivera necesita tomar muestras en diferentes Plantas de Filtración. Les solicito que le ofrezcan a la Sra. Rivera el apoyo necesario para que ella pueda cumplir con la toma de las muestras necesarias. La Sra. Rivera se comunicará con ustedes previo a realizar cualquier gestión en cualquiera de las plantas.

Las Plantas de Filtración de interés para son:

- Enrique Ortega (La Plata)
- Sergio Cuevas
- Canóvanas
- Guzmán Arriba
- Planta de Filtración de Gurabo

Le agradeceré su cooperación.

Cordialmente;

Irma M. López

\*\*\*\*\*

This message is for the designated recipient only and may contain privileged, proprietary, or otherwise private information. If you have received it in error, please notify the sender immediately and delete the original. Any other use of the email by you is prohibited.

\*\*\*\*\*

Este mensaje es para el o los destinatario(s) exclusivamente. Puede contener información que es privilegiada, propietaria o privada.

Si ha recibido en error este mensaje, favor de notificar al remitente inmediatamente y elimine el mensaje original.

Cualquier otro uso de este mensaje por su parte queda totalmente prohibido.

\*\*\*\*\*

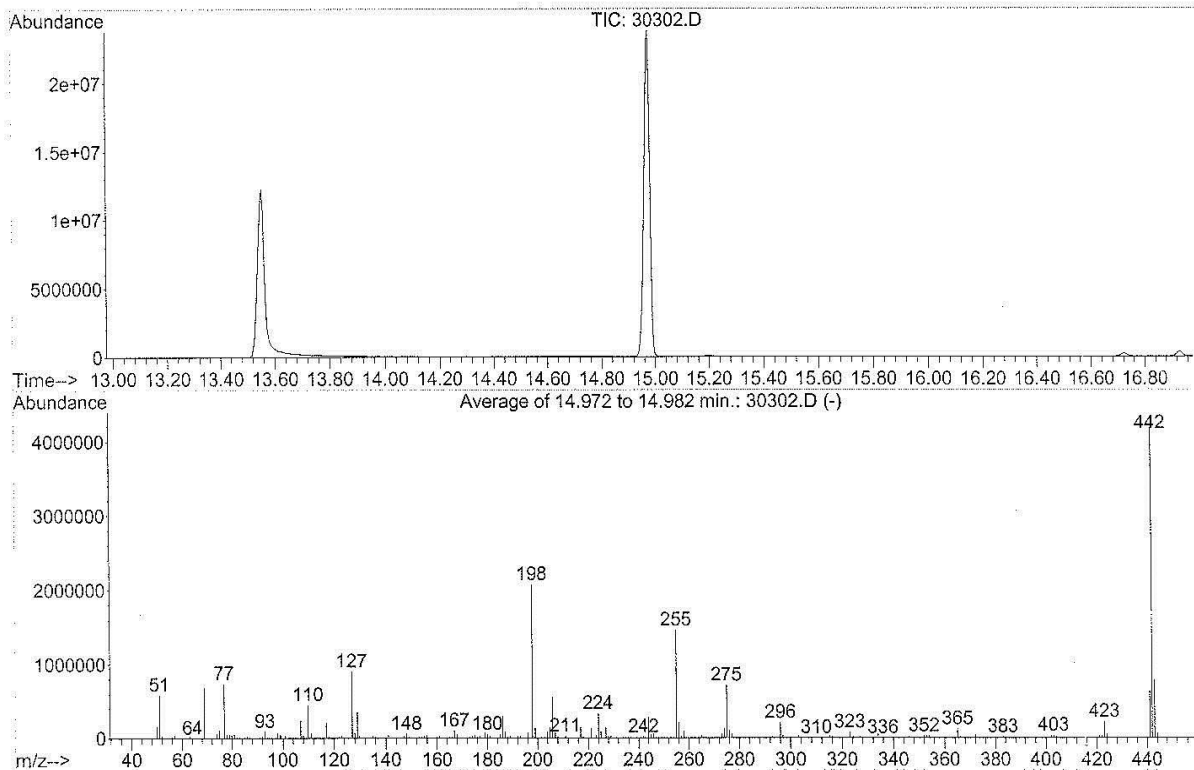
**APÉNDICE 3:**  
**CROMATOGRAMAS POSITIVOS PARA LA DETERMINACIÓN DE 1,7- $\alpha$ -**  
**ETINILESTRADIOL**

DFTPP

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
 Data File : 30302.D  
 Acq On : 3 Mar 2012 10:17 pm  
 Operator : JMACLARA  
 Sample : DFTPP  
 Misc :  
 ALS Vial : 35 Sample Multiplier: 1

Integration File: SVOC EPA 525.P

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
 Title : 525.2 EPA METHOD  
 Last Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012



AutoFind: Scans 2529, 2530, 2531; Background Corrected with Scan 2515

Target Mass	Rel. to Mass	Lower Limit%	Upper Limit%	Rel. Abn%	Raw Abn	Result Pass/Fail
51	198	10	80	28.3	586880	PASS
68	69	0.00	2	0.0	0	PASS
69	198	0.00	100	33.0	683593	PASS
70	69	0.00	2	0.5	3336	PASS
127	198	10	80	43.6	902378	PASS
197	198	0.00	2	0.0	0	PASS
198	198	100	100	100.0	2070698	PASS
199	198	5	9	6.6	136125	PASS
275	198	10	60	34.4	712106	PASS
365	198	1	100	5.9	121208	PASS
441	443	0.01	100	81.2	635925	PASS
442	198	50	250	202.2	4185941	PASS
443	442	15	24	18.7	782784	PASS

Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
 Data File : 30303.D  
 Acq On : 3 Mar 2012 10:59 pm  
 Operator : JMACLARA  
 Sample : LRB  
 Misc :  
 ALS Vial : 36 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:27:39 2012  
 Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
 Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
 QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
 Response via : Initial Calibration

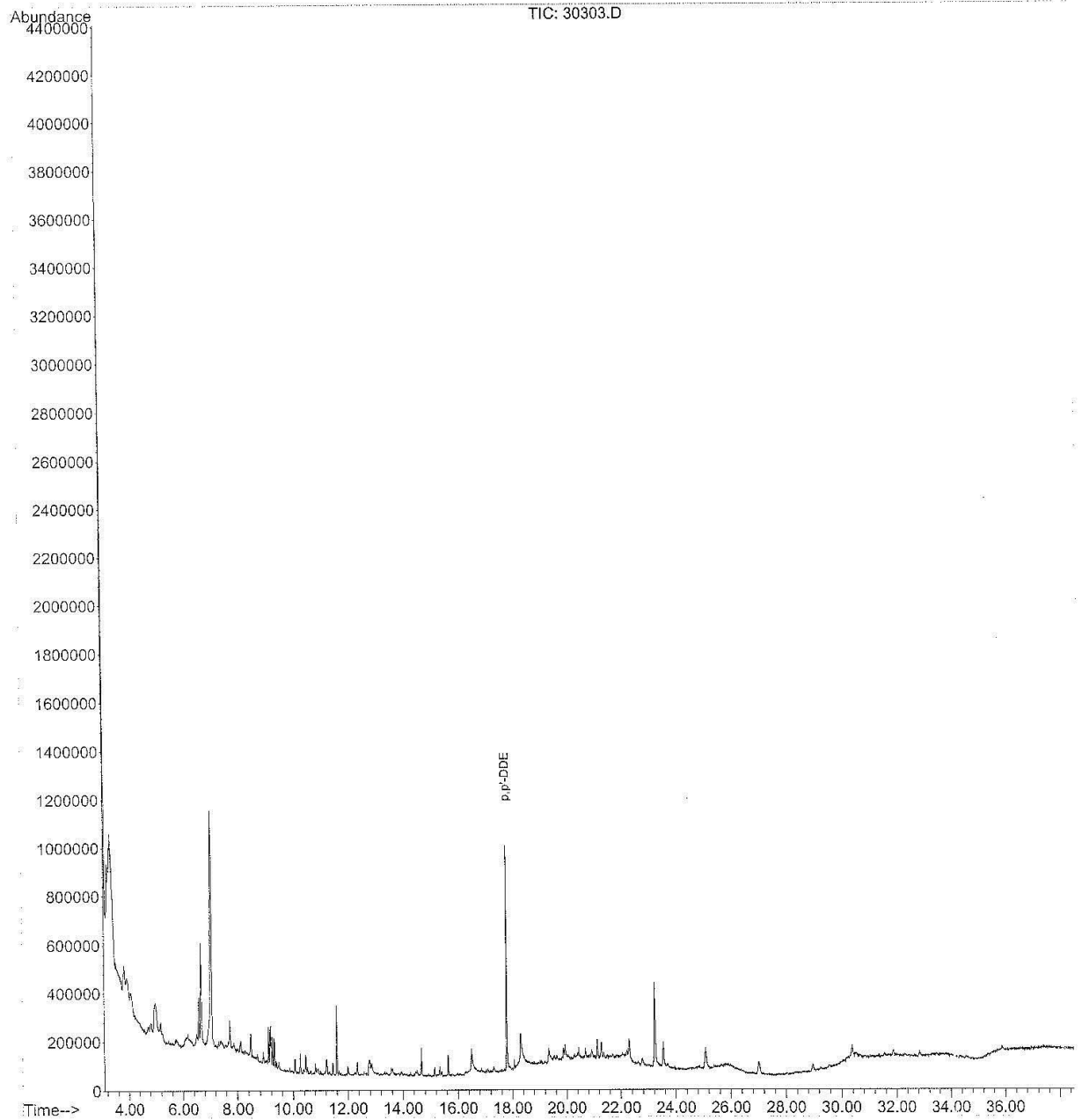
Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)
1) p,p'-DDE	17.79	246	172823	2000.00	µg/L	0.03
Target Compounds						Qvalue
2) di-TMS 17aETHYNYLESTRADIOL	23.43	425	29	N.D.		

(#) = qualifier out of range (m) = manual integration (+) = signals summed

Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30303.D  
Acq On : 3 Mar 2012 10:59 pm  
Operator : JMACLARA  
Sample : LRB  
Misc :  
ALS Vial : 36 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:27:39 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration



Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
 Data File : 30304.D  
 Acq On : 3 Mar 2012 11:40 pm  
 Operator : JMACLARA  
 Sample : ICV  
 Misc :  
 ALS Vial : 37 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:29:22 2012  
 Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
 Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
 QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
 Response via : Initial Calibration

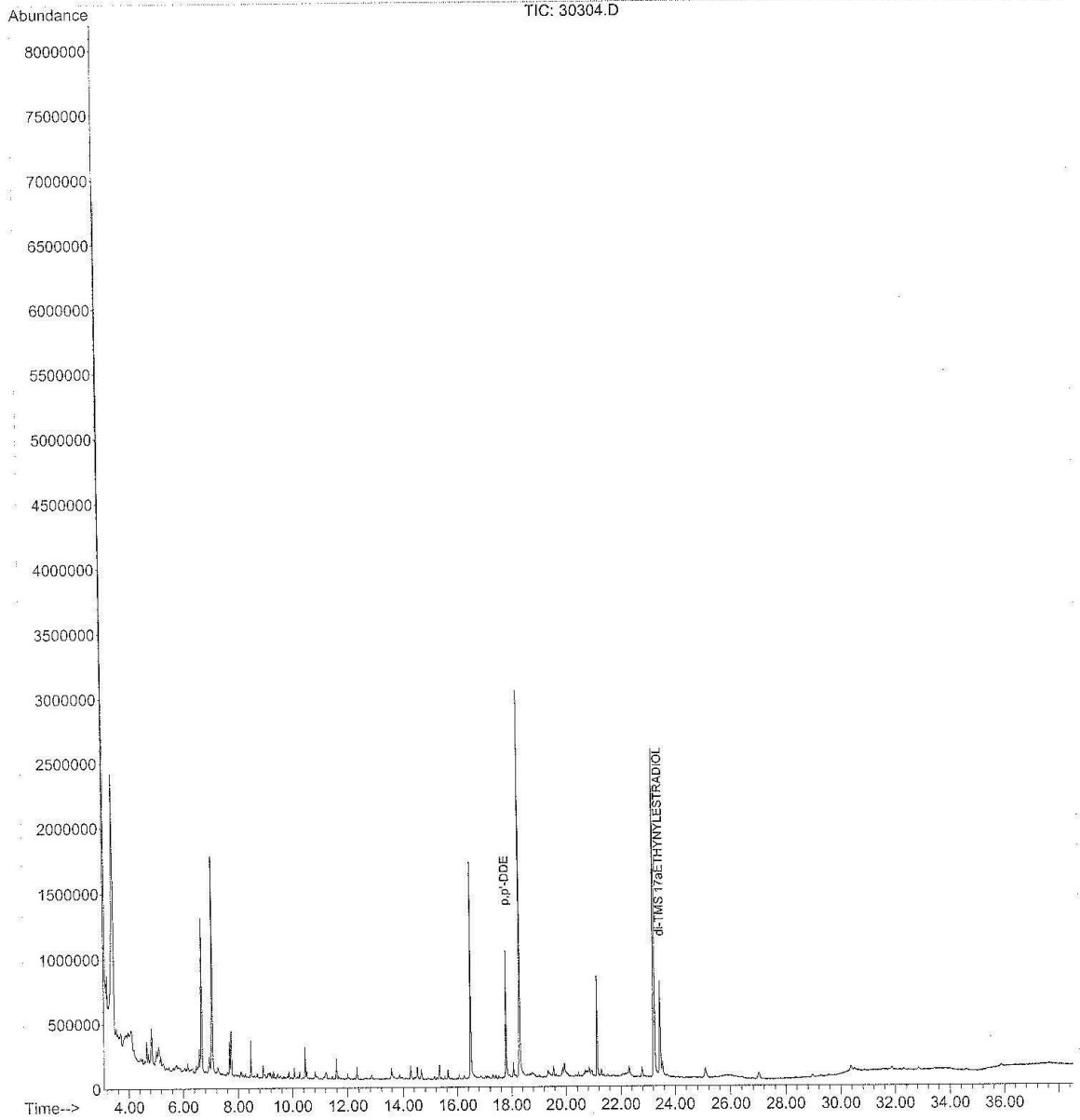
Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)
1) p,p'-DDE	17.79	246	202099	2000.00	µg/L	0.03
Target Compounds						Qvalue
2) di-TMS 17aETHYNYLESTRADIOL	23.46	425	93521	71.30	ng/L	89

(#) = qualifier out of range (m) = manual integration (+) = signals summed

Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30304.D  
Acq On : 3 Mar 2012 11:40 pm  
Operator : JMACLARA  
Sample : ICV  
Misc :  
ALS Vial : 37 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:29:22 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration





Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
 Data File : 30305.D  
 Acq On : 4 Mar 2012 12:22 am  
 Operator : JMACLARA  
 Sample : MB  
 Misc :  
 ALS Vial : 38 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:29:35 2012  
 Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
 Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
 QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
 Response via : Initial Calibration

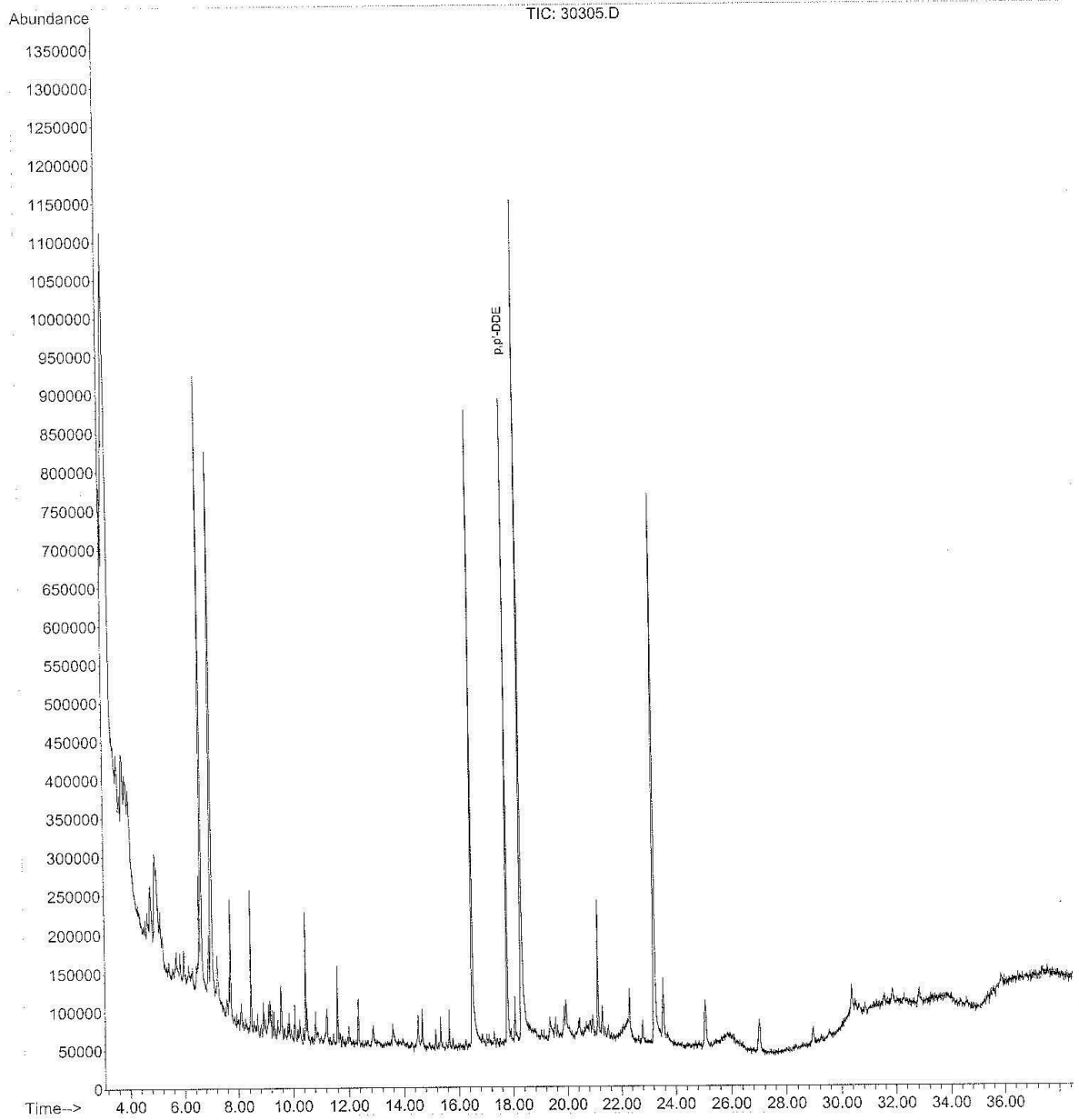
Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)
1) p,p'-DDE	17.79	246	151019	2000.00	µg/L	0.03
Target Compounds						Qvalue
2) di-TMS 17aETHYNYLESTRADIOL	23.44	425	65	N.D.		

(#) = qualifier out of range (m) = manual integration (+) = signals summed

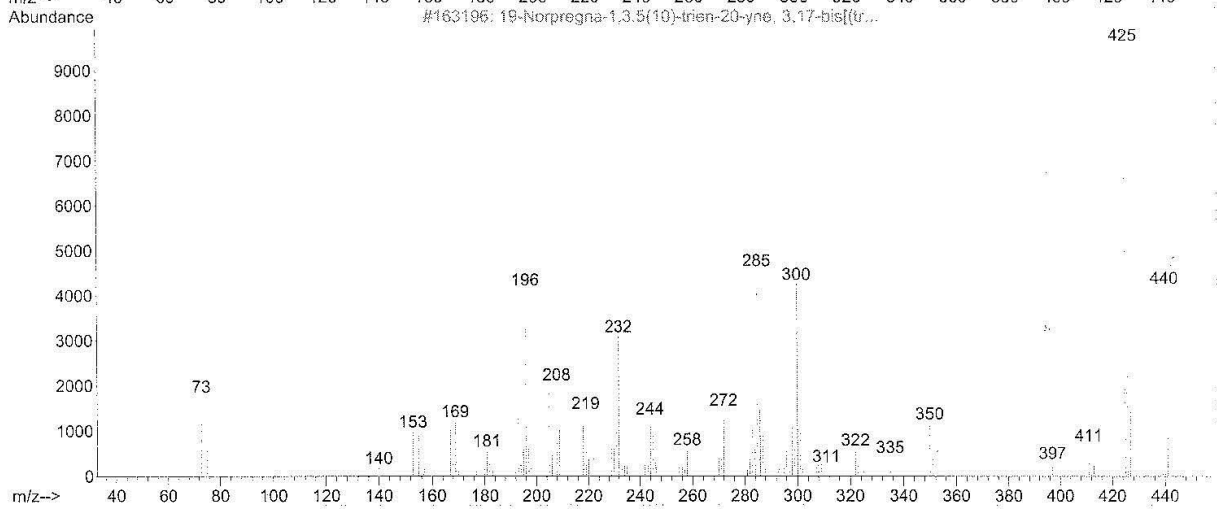
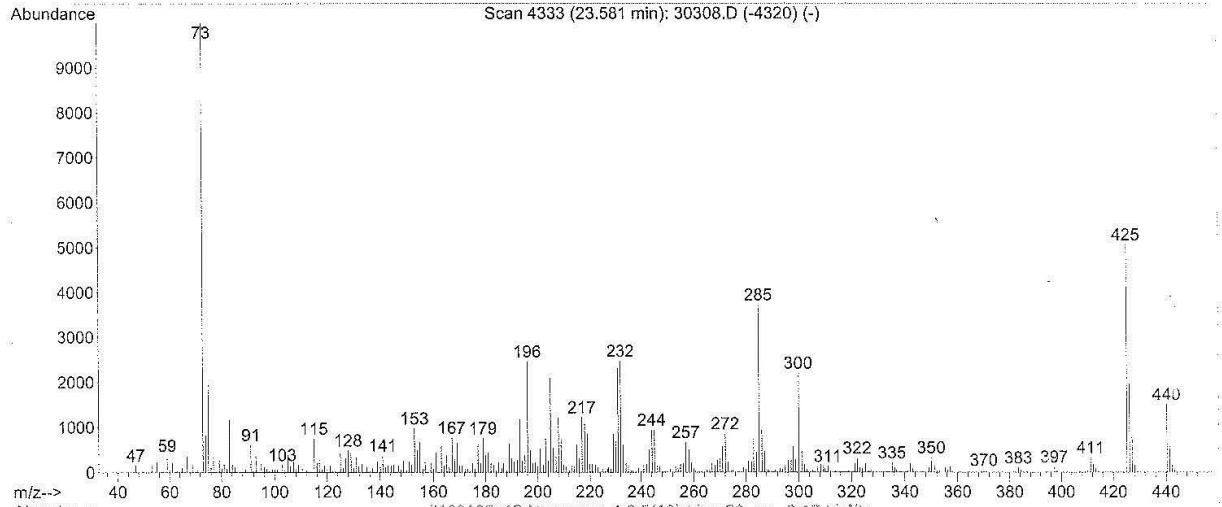
Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30305.D  
Acq On : 4 Mar 2012 12:22 am  
Operator : JMACLARA  
Sample : MB  
Misc :  
ALS Vial : 38 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:29:35 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration



Library Searched : C:\Database\NIST02.L  
Quality : 89  
ID : 19-Norpregna-1,3,5(10)-trien-20-yne, 3,17-bis[(trimethylsilyl)oxy]-, (17.alpha.ha.)-



Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
 Data File : 30308.D  
 Acq On : 4 Mar 2012 2:27 am  
 Operator : JMACLARA  
 Sample : SERGIO CUEVAS CRUDA  
 Misc :  
 ALS Vial : 41 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:31:05 2012  
 Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
 Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
 QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
 Response via : Initial Calibration

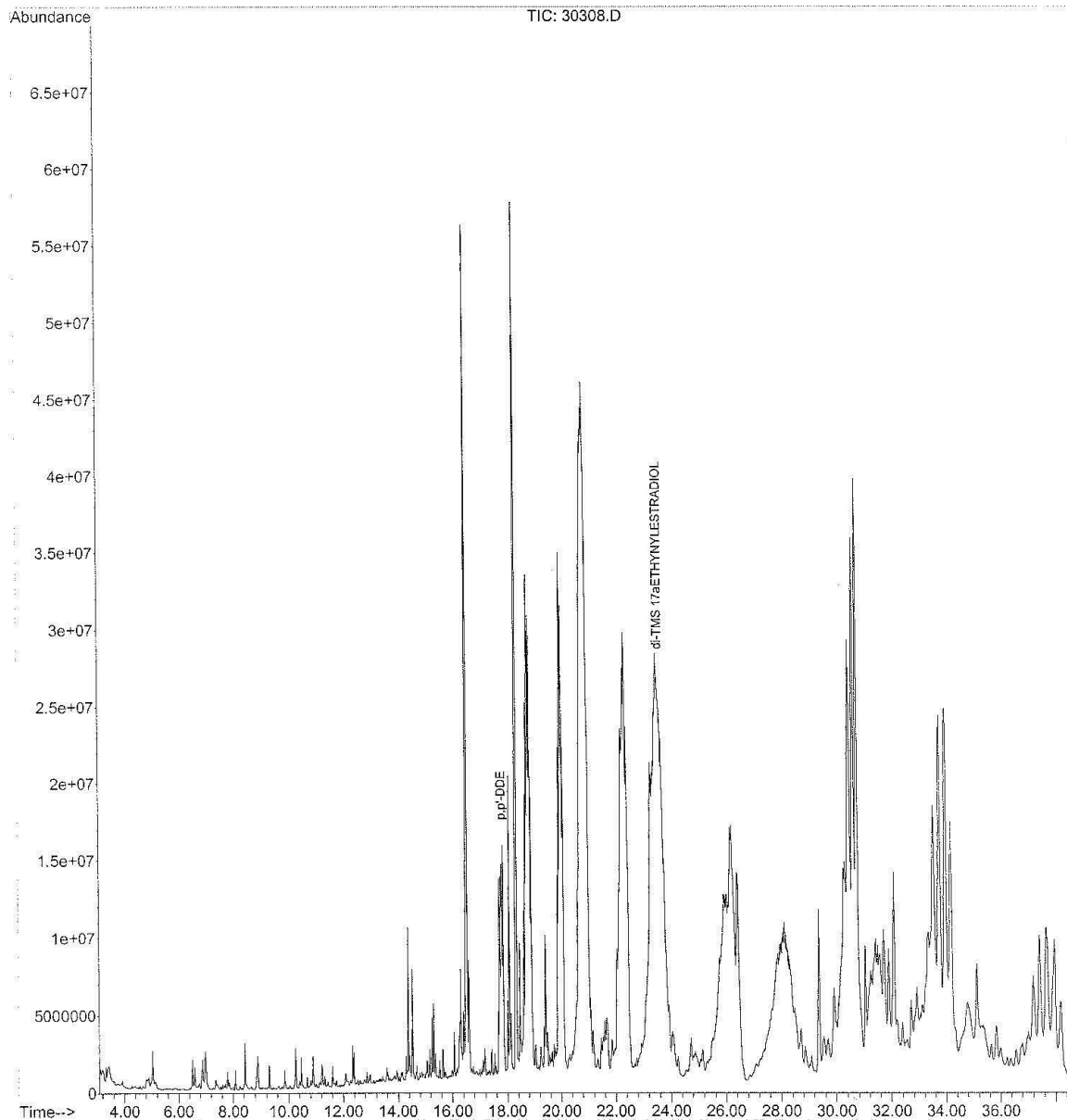
Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)
1) p,p'-DDE	17.80	246	185995m	2000.00	µg/L	0.04
						Qvalue
2) di-TMS 17aETHYNYLESTRADIOL	23.58	425	9761m	8.09	ng/L	

(#) = qualifier out of range (m) = manual integration (+) = signals summed

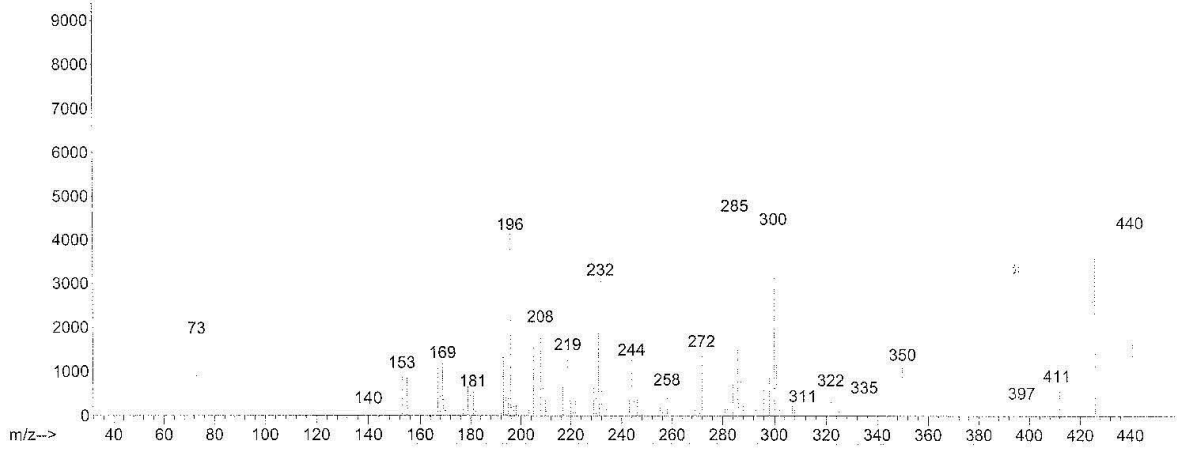
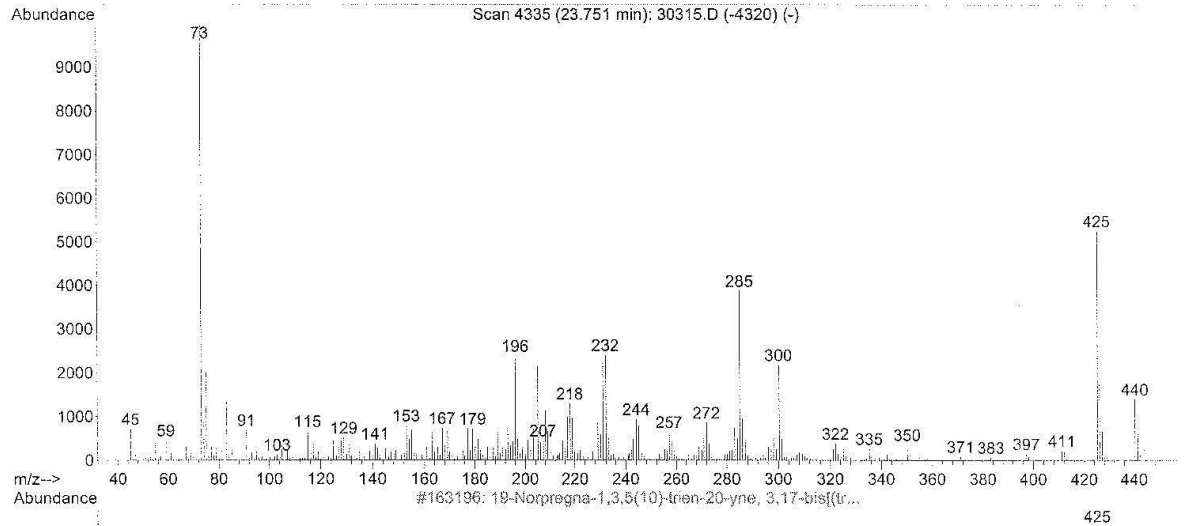
Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30308.D  
Acq On : 4 Mar 2012 2:27 am  
Operator : JMACLARA  
Sample : SERGIO CUEVAS CRUDA  
Misc :  
ALS Vial : 41 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:31:05 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration



Library Searched : C:\Database\NIST02.L  
Quality : 64  
ID : 19-Norpregna-1,3,5(10)-trien-20-yne, 3,17-bis[(trimethylsilyl)oxy]-, (17.alpha.)-



Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
 Data File : 30315.D  
 Acq On : 4 Mar 2012 7:17 am  
 Operator : JMACLARA  
 Sample : GURABO CRUDA  
 Misc :  
 ALS Vial : 48 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:34:10 2012  
 Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
 Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
 QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
 Response via : Initial Calibration

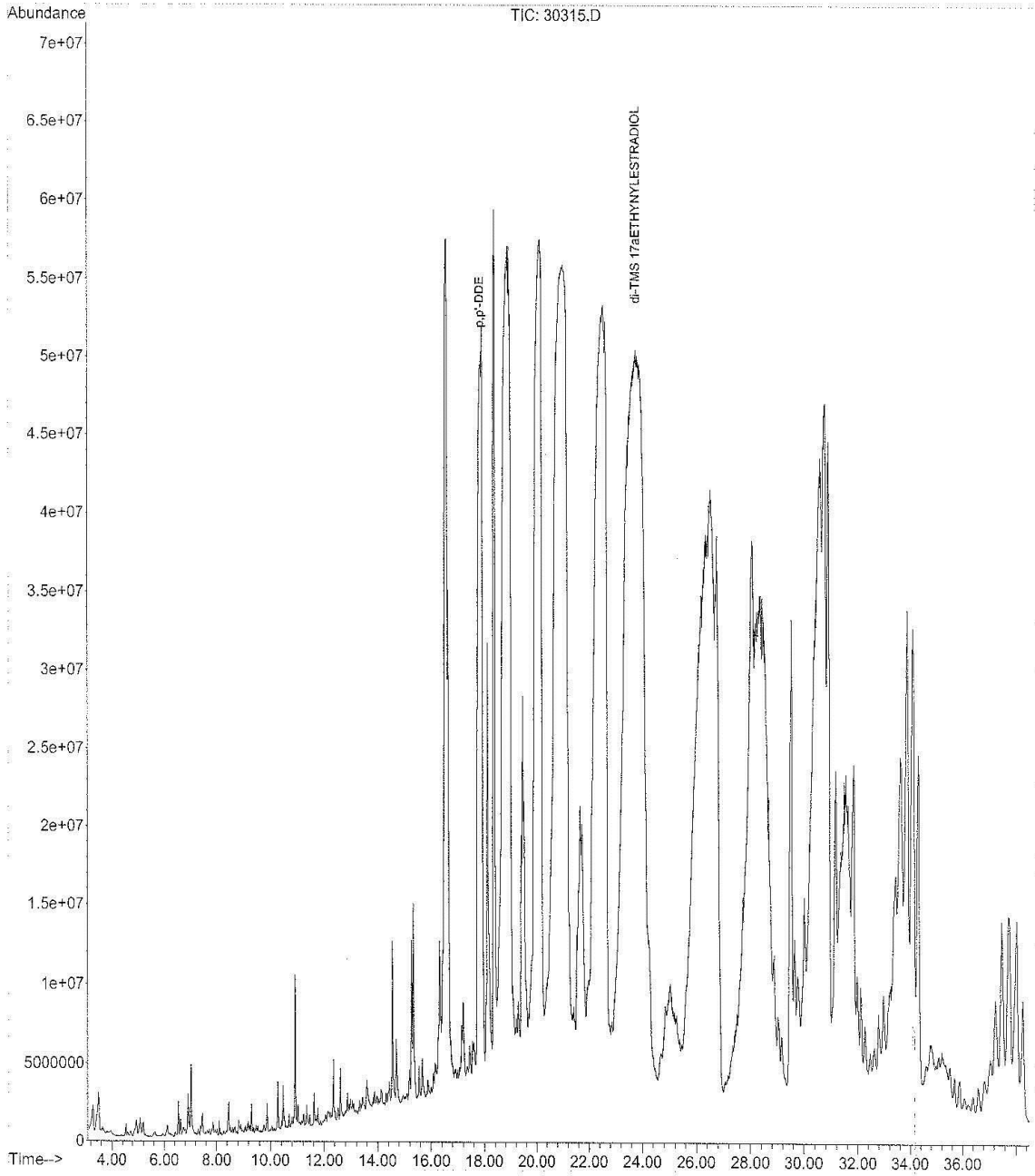
Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)
1) p,p'-DDE	17.83	246	412776m	2000.00	µg/L	0.07
Target Compounds						
2) di-TMS 17aETHYNYLESTRADIOL	23.75	425	32505m	12.13	ng/L	Qvalue

(#) = qualifier out of range (m) = manual integration (+) = signals summed

Quantitation Report (QT Reviewed)

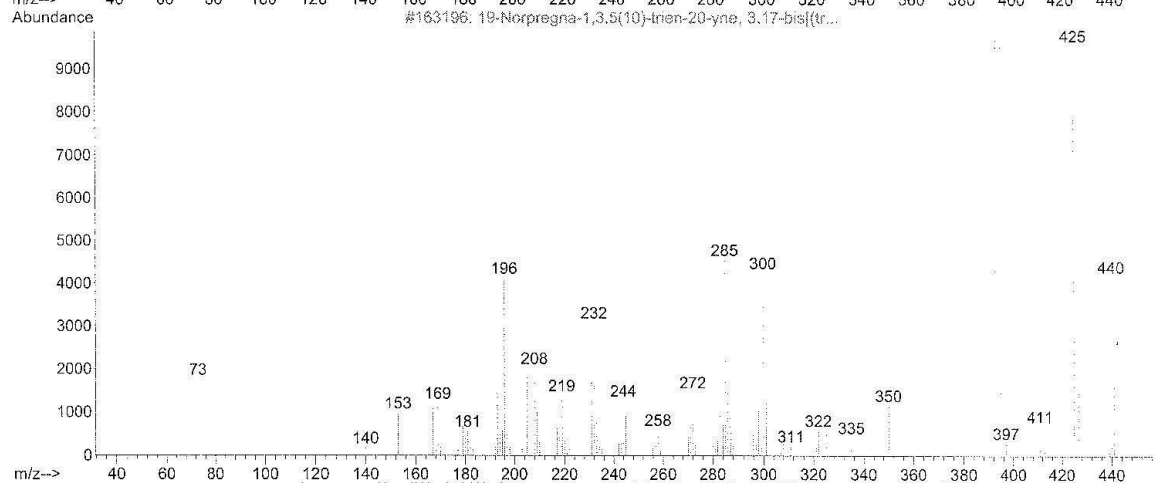
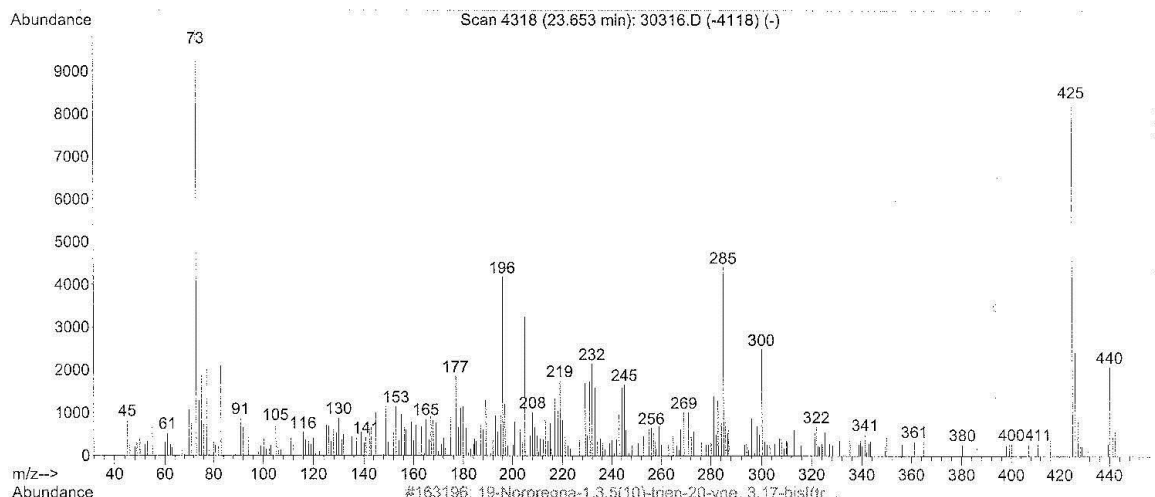
Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30315.D  
Acq On : 4 Mar 2012 7:17 am  
Operator : JMACLARA  
Sample : GURABO CRUDA  
Misc :  
ALS Vial : 48 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:34:10 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration





Library Searched : C:\Database\NIST02.L  
Quality : 22  
ID : 19-Norpregna-1,3,5(10)-trien-20-yne, 3,17-bis[(trimethylsilyl)oxy]-, (17.alpha.ha.)-



Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30316.D  
Acq On : 4 Mar 2012 7:59 am  
Operator : JMACLARA  
Sample : DUP/GURABO CRUDA  
Misc :  
ALS Vial : 49 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:34:41 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration

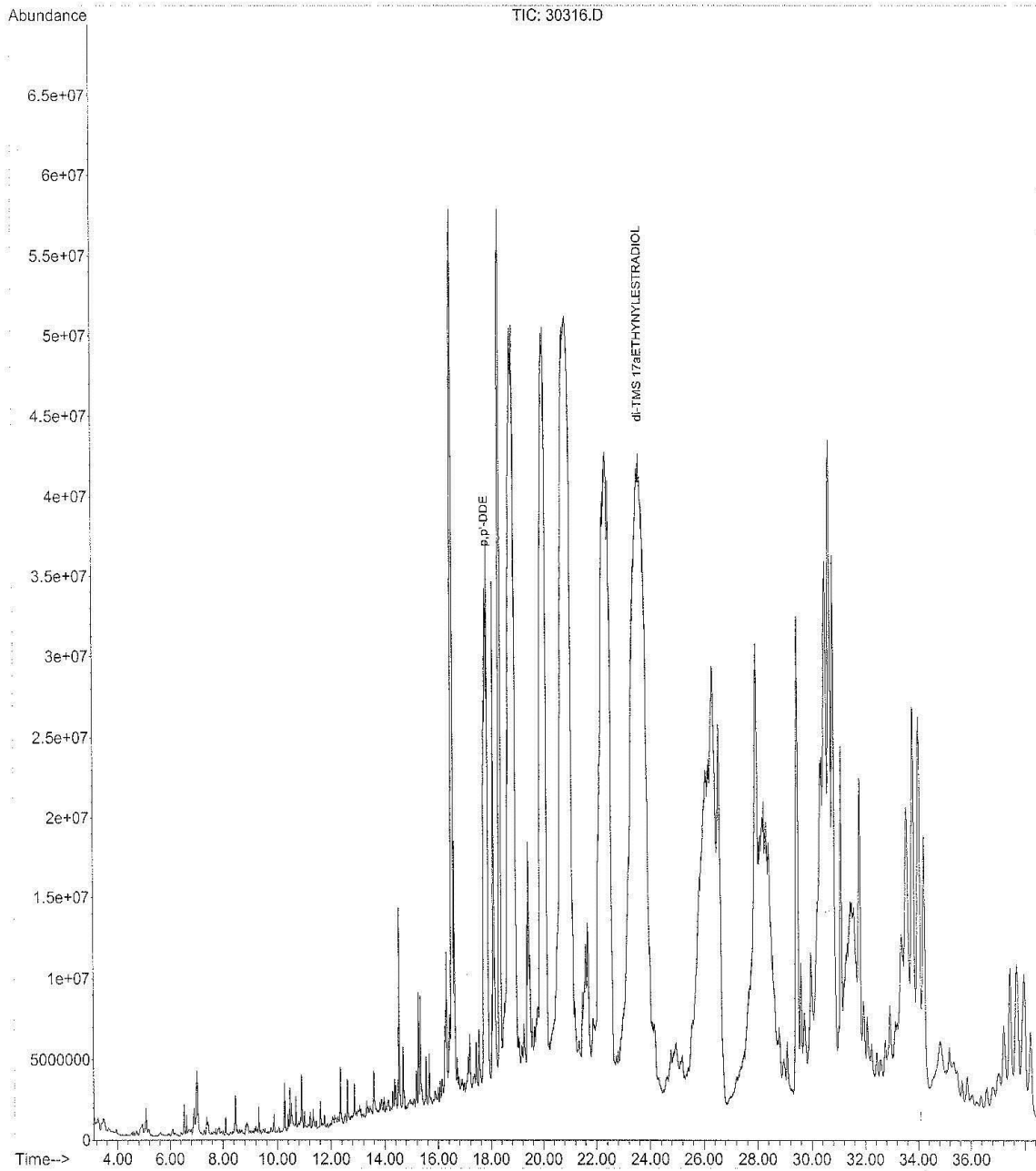
Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)
1) p,p'-DDE	17.82	246	231994m	2000.00	µg/L	0.06
Target Compounds						Qvalue
2) di-TMS 17aETHYNYLESTRADIOL	23.65	425	17487m	11.61	ng/L	

(#) = qualifier out of range (m) = manual integration (+) = signals summed

Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30316.D  
Acq On : 4 Mar 2012 7:59 am  
Operator : JMACLARA  
Sample : DUP/GURABO CRUDA  
Misc :  
ALS Vial : 49 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:34:41 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration



Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
 Data File : 30317.D  
 Acq On : 4 Mar 2012 8:40 am  
 Operator : JMACLARA  
 Sample : MS/GURABO CRUDA  
 Misc :  
 ALS Vial : 50 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:35:25 2012  
 Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
 Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
 QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
 Response via : Initial Calibration

Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)
1) p,p'-DDE	17.82	246	350300m	2000.00	µg/L	0.06

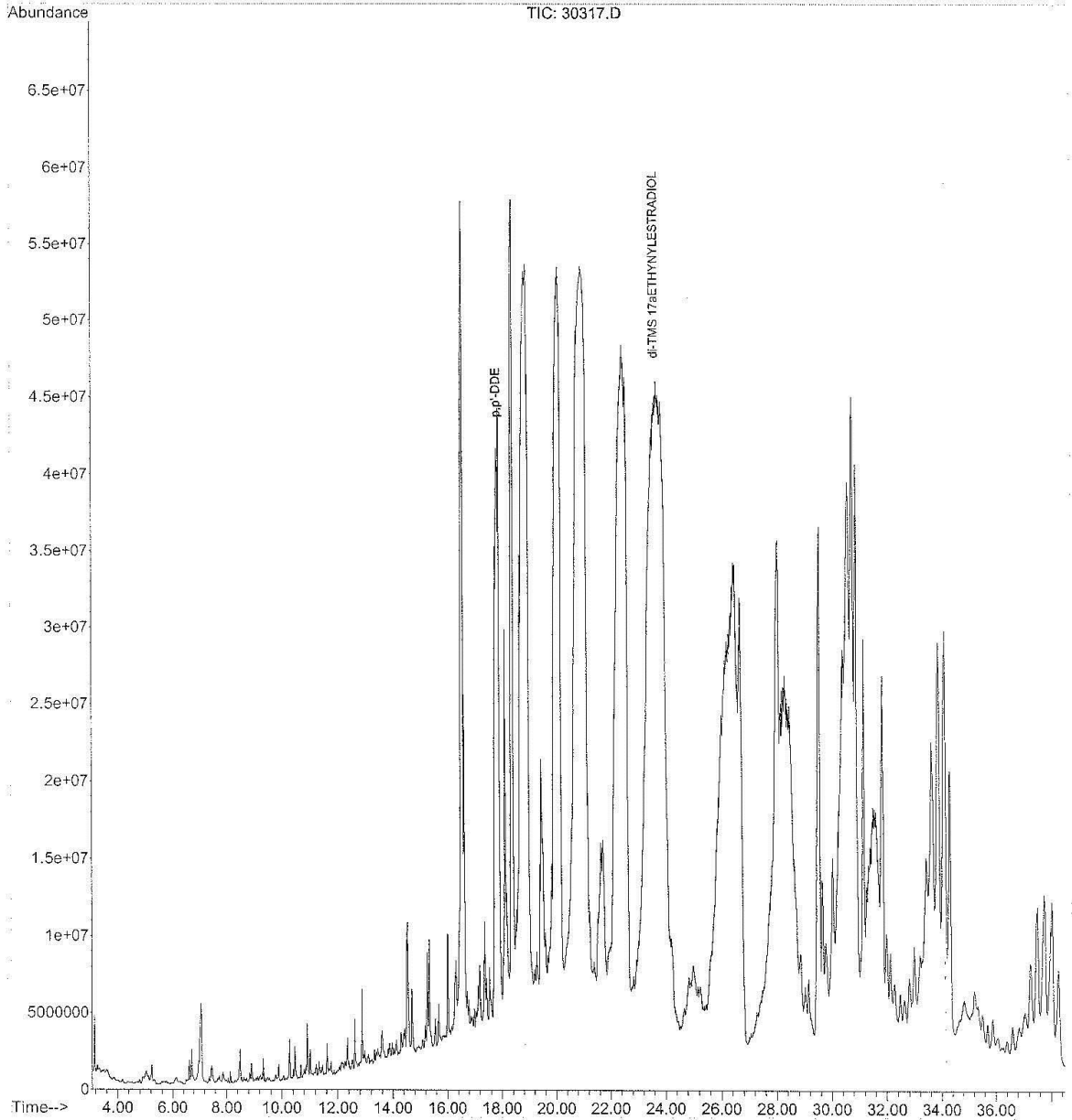
Target Compounds	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Qvalue
2) di-TMS 17aETHYNYLESTRADIOL	23.61	425	166596m	73.28	ng/L	

(#) = qualifier out of range (m) = manual integration (+) = signals summed

Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30317.D  
Acq On : 4 Mar 2012 8:40 am  
Operator : JMACLARA  
Sample : MS/GURABO CRUDA  
Misc :  
ALS Vial : 50 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:35:25 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration



Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
 Data File : 30319.D  
 Acq On : 4 Mar 2012 10:03 am  
 Operator : JMACLARA  
 Sample : CCV  
 Misc :  
 ALS Vial : 52 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:35:49 2012  
 Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
 Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
 QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
 Response via : Initial Calibration

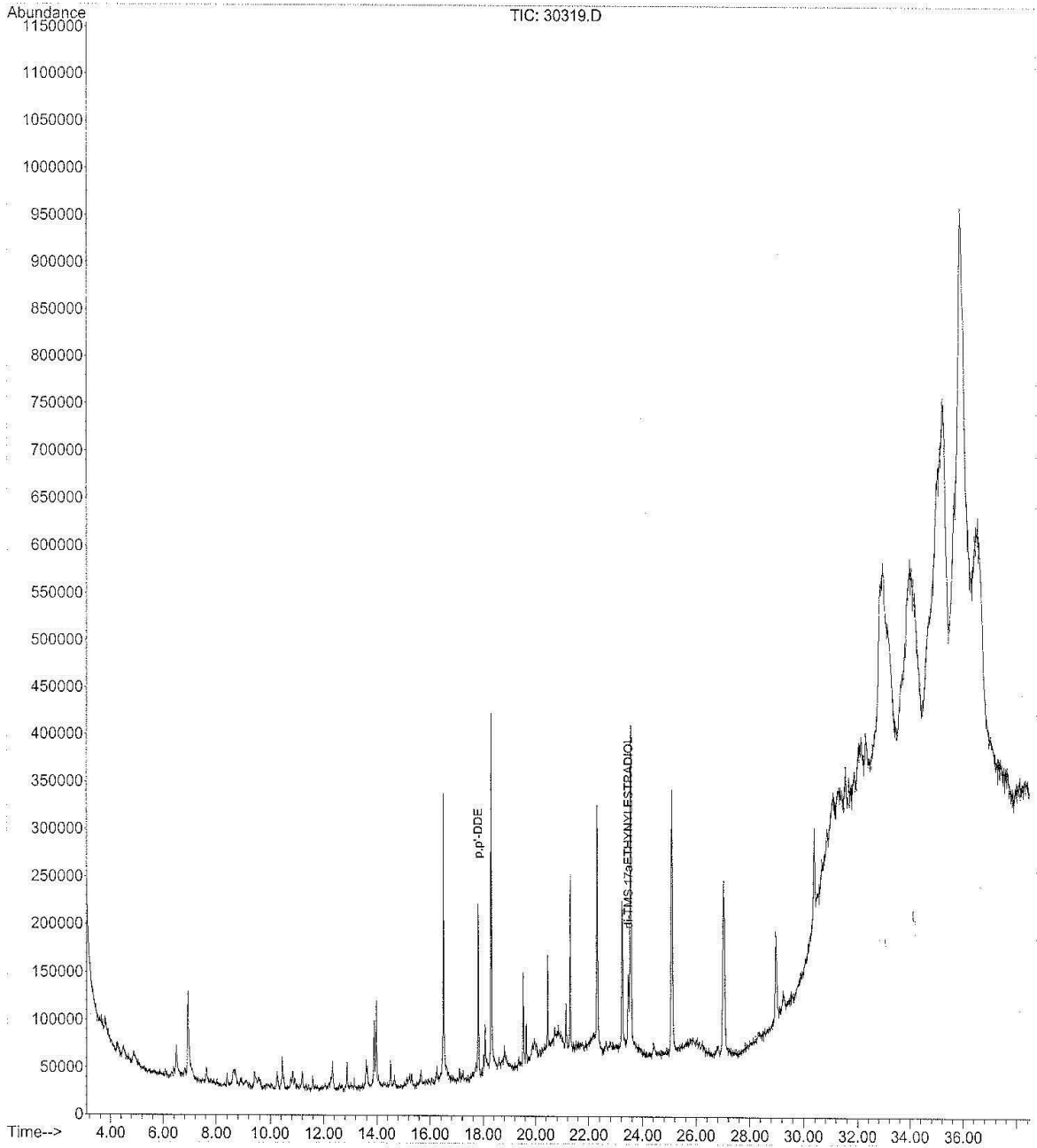
Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)
1) p,p'-DDE	17.79	246	20988m	2000.00	µg/L	0.03
Target Compounds						Qvalue
2) di-TMS 17aETHYNYLESTRADIOL	23.46	425	10202	74.90	ng/L #	80

(#) = qualifier out of range (m) = manual integration (+) = signals summed

Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30319.D  
Acq On : 4 Mar 2012 10:03 am  
Operator : JMACLARA  
Sample : CCV  
Misc :  
ALS Vial : 52 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:35:49 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration



Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30334.D  
Acq On : 4 Mar 2012 9:08 pm  
Operator : JMACLARA  
Sample : CCB  
Misc :  
ALS Vial : 68 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:41:11 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration

Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)
1) p,p'-DDE	17.80	246	146919	2000.00	µg/L	0.04
Target Compounds						Qvalue
2) di-TMS 17aETHYNYLESTRADIOL	0.00	425	0	N.D.	d	

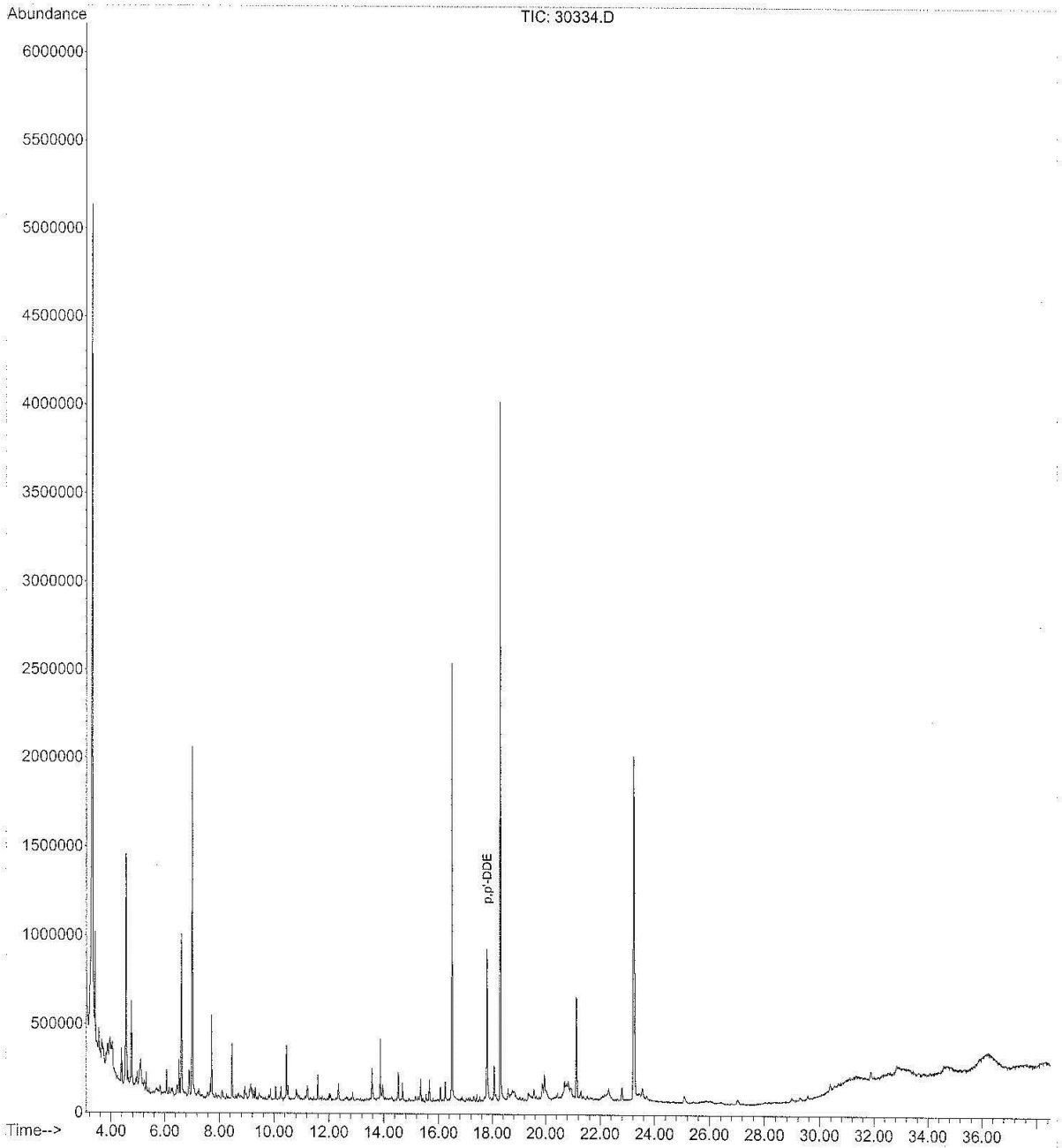
(#) = qualifier out of range (m) = manual integration (+) = signals summed



Quantitation Report (QT Reviewed)

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\132825\  
Data File : 30334.D  
Acq On : 4 Mar 2012 9:08 pm  
Operator : JMACLARA  
Sample : CCB  
Misc :  
ALS Vial : 68 Sample Multiplier: 1

Quant Time: Mar 12 11:41:11 2012  
Quant Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\EE2TMS EVAL1.M  
Quant Title : 525.2 EPA METHOD  
QLast Update : Sat Feb 25 13:30:30 2012  
Response via : Initial Calibration



**APÉNDICE 4:**

**REVISIÓN DE LA POBLACIÓN SERVIDA METROPOLITANA AÑO FISCAL 2011**

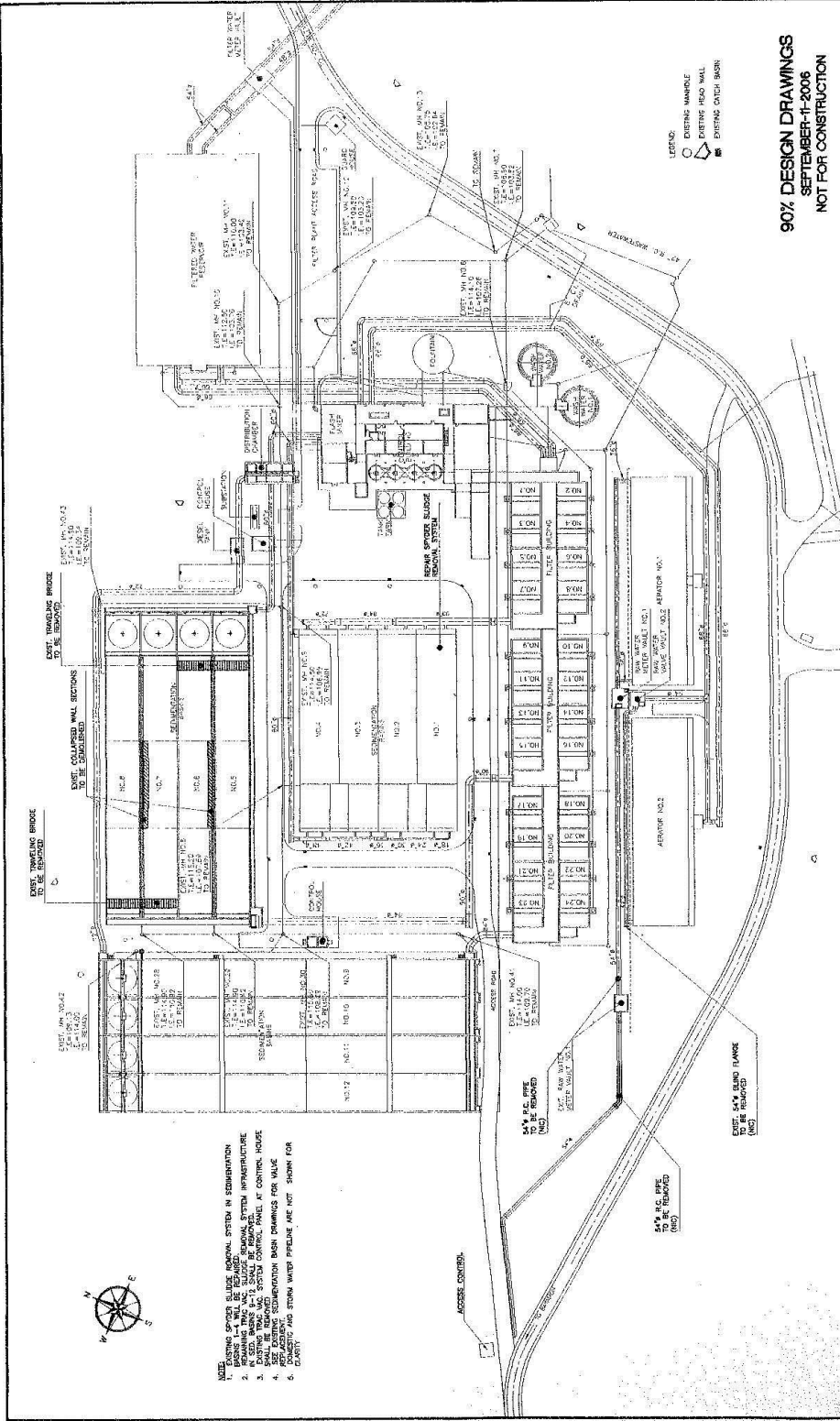


**Autoridad de Acueductos  
y Alcantarillados**  
ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

**REVISION DE LA POBLACION SERVIDA  
REGION METROPOLITANA  
AÑO FISCAL 2011**

Agencia	Clientes	PLANTAS DE FILTRACION											
		Bo. Nuevo	Sergio Cuevas	Superacueductos	Guaynabo	Canóvanas	Cubuy	Enrique Ortega	Guzmán Arriba				
San Juan	34,685			34,685									
Cupey	53,233		30,216	2,652	20,365								
Carolina	85,282		73,795			9,577	1,145						765
Pto. Nuevo	53,882			23,687	28,525							1,670	
65 Infanteria	70,072		70,072										
Bayamón	74,467	1,058		4,056	3,772							65,581	
Levittown	39,924			39,924									
Caguas	31,504				31,504								
Toa Alta	14,712											14,712	
Río Grande	837												837
Naranjito	4,528											4,528	
Gurabo	6,228												
Aguas Buenas	1,060												
<b>TOTAL</b>	<b>470,414</b>	<b>1,058</b>	<b>174,083</b>	<b>105,004</b>	<b>91,454</b>	<b>9,577</b>	<b>1,145</b>	<b>86,491</b>	<b>1,602</b>				

**APÉNDICE 5:**  
**DISEÑO DE LA PLANTA DE FILTRACIÓN ENRIQUE ORTEGA**



- NOTE:
- EXISTING SPREAD SLUDGE REMOVAL SYSTEM IN SEDIMENTATION BASIN TO BE REMOVED.
  - EXISTING TANKS TO BE REMOVED.
  - EXISTING TANKS TO BE REMOVED.
  - EXISTING TANKS TO BE REMOVED.
  - EXISTING TANKS TO BE REMOVED.
  - EXISTING TANKS TO BE REMOVED.

LEGEND:  
 ○ EXISTING MANHOLE  
 △ EXISTING HEAD WALL  
 ▣ EXISTING DITCH BARR

**90% DESIGN DRAWINGS**  
 SEPTEMBER-1-2006  
 NOT FOR CONSTRUCTION

<p><b>ROBERTO REMAH CRITICA &amp; ASSOC.</b>        AVE. MERITO MIRANDA #1271        P.O. BOX 100000, SAN JUAN, P.R. 00921        TEL: (787) 736-0550, 736-0880        FAX: (787) 736-0388 (LOCAL); rremah@rci.net</p>		<p><b>COMMONWEALTH OF PUERTO RICO</b>  <b>AQUEDUCT AND SEWER AUTHORITY</b>        AUTOREGIDOR DE AGUAS Y ALGANTARILLADOS</p>											
<p>PROJECT: <b>ENGINEERING WATER TREATMENT PLANT        SEDIMENTATION AND SOLID HANDLING        SYSTEM IMPROVEMENTS</b></p>		<p>CLIENT: <b>WFP GENERAL SITE</b></p>		<p>DATE: <b>11/05/06</b></p>									
<p>REVISIONS:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>NO.</th> <th>DATE</th> <th>BY</th> <th>APPROVED</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		NO.	DATE	BY	APPROVED					<p>PROJECT NO.: <b>2-09-6035</b></p>		<p>SCALE: <b>AS SHOWN</b></p>	
NO.	DATE	BY	APPROVED										