

Determinación preliminar de triclosán por espectroscopia UV-Vis en aguas residuales de la ciudad de Guatemala

Preliminary determination of triclosan by UV-Vis spectroscopy in wastewater from Guatemala city

Carlos Torres, Silvia Echeverría

Escuela de Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

*Autor al que se dirige la correspondencia: caarce94@hotmail.com

Recibido: 16 de mayo 2016 / Revisión: 14 de diciembre 2016 / Aceptado: 04 de abril 2017

Resumen

Estimar el grado de remoción de contaminantes emergentes en el proceso de tratamiento de aguas residuales es de importancia para evaluar la efectividad de las técnicas empleadas en la actualidad. El triclosán (TCS) es un agente antimicrobiano sintético de amplio espectro, estudios recientes sugieren que presenta elevado potencial como interruptor endocrino. Se determinó la concentración de TCS en cuatro muestras de aguas residuales obtenidas en diferentes etapas del proceso de tratamiento de aguas en la Planta Piloto para el Tratamiento de Aguas Residuales Ingeniero Arturo Pazos Sosa (IAPS). Las muestras de agua fueron filtradas en membrana, tratadas por adición de TCS estándar y formación de un compuesto complejo coloreado amarillo-café cuya absorbancia a 475 nm fue registrada en un espectrofotómetro Cary® 50 UV-Vis. Se identificó la presencia de TCS en concentraciones por arriba de 200 µg/L en tres diferentes etapas del tratamiento de aguas residuales en la planta piloto IAPS lo que permitió concluir que el grado de remoción de TCS en esta planta de tratamiento de aguas osciló entre 31 y 95% dependiendo de la etapa de tratamiento, sin embargo el agua del efluente de la planta no puede considerarse como potable ya que la concentración de TCS determinada en este estudio sobrepasa por al menos un orden de magnitud de diez los niveles a los cuales no se han reportado efectos adversos hacia organismos vivos.

Palabras claves: Contaminantes ambientales, tratamiento de aguas residuales, química analítica, remoción de contaminantes, disruptores endocrinos

Abstract

Estimating the degree of contaminants' removal during wastewater treatment is important to evaluate the effectiveness of the current treatment techniques. Triclosan (TCS) is a synthetic broad spectrum antimicrobial agent and recent investigations suggest that this compound has high potential as endocrine disruptor. The concentration of TCS was measured in four wastewater samples obtained at different processing steps at the Ingeniero Arturo Pazos Sosa (IAPS) pilot plant. The wastewater samples were treated by membrane filtration, standard addition of TCS and the subsequent formation of a brown-yellow colored complex, whose absorbance at 475nm was measured in a Cary 50® UV-Vis spectrophotometer. TCS was found at concentrations over 200 µg/L in three different phases of the wastewater treatment at the IAPS plant. In conclusion, the degree of TCS removal in this plant was between 31 and 95% depending on the treatment stage. However plant effluent cannot be considered potable since the TCS concentration found in this study is at least ten times higher than those at which adverse effects to living organisms have not been detected.

Keywords: Environmental pollutants, wastewater, analytic chemistry, contaminant removal, endocrine disruptors



Introducción

Los productos farmacéuticos y de higiene personal como contaminantes emergentes corresponden a un amplio grupo de compuestos químicos que incluye analgésicos, hormonas, antibióticos, drogas de abuso, fragancias, jabones, protectores solares, preservantes, esteroides y productos de uso veterinario entre otros (Stephen et al., 2013). En los últimos años, existe un interés creciente sobre los contaminantes emergentes debido al potencial efecto perjudicial que estos compuestos representan para el medio ambiente y la salud humana ya que se ha proporcionado evidencia sobre su acumulación y efectos negativos en organismos acuáticos (Scheurer, Brauch, & Lange, 2009), la contaminación de fuentes subterráneas de agua (Pal, Gin, Lin, & Reinhard, 2010) y su persistencia a lo largo del ciclo hidrológico (Gil, Soto, Usma, & Gutierrez, 2012).

El triclosán (TCS) (Figura 1) es un agente antimicrobiano sintético de amplio espectro, ampliamente utilizado en productos de cuidado personal como jabones, cremas, pastas dentales, cosméticos, cremas para la piel y desodorante así como en productos textiles (Barón, 2009). El TCS es hidrolíticamente estable, relativamente no volátil, hidrofóbico y estudios recientes sugieren que posee potencial androgénico y antiestrogénico (Gatidou, 2006).

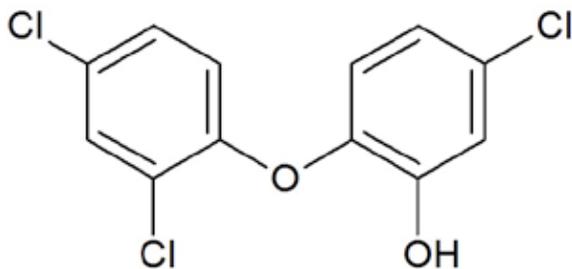


Figura 1. Estructura química del TCS.

Las disoluciones de TCS poseen fuerte absorción en la región UV ($\lambda_{\text{max}} = 282 \text{ nm}$), sin embargo, no es posible realizar mediciones espectroscópicas directas a esta longitud de onda debido a que en muestras de aguas residuales como matriz de análisis, existe un gran número de especies interferentes que absorben en la

misma región (Wyllie, 2014). Por consiguiente, el uso de métodos espectroscópicos en la región visible resulta más adecuado para este tipo de análisis.

A pesar que se desconoce la toxicidad relativa de concentraciones traza de contaminantes emergentes para la salud humana, en la Unión Europea se ha legislado para que la concentración máxima de TCS en formulaciones de productos de cuidado personal no sobrepase un 0.3% del contenido en peso (Maurer, 2012). Así mismo se han calculado y propuesto concentraciones previstas sin efecto que oscilan entre 0.10 y 0.28 $\mu\text{g/L}$ de TCS en agua por parte de la directiva en el marco del agua del Reino Unido (Aldous, Rockett & Johnson, 2012), este último parámetro es de vital importancia dado que corresponde a límites por debajo de los cuales no se han observado efectos adversos de exposición (Torre, N u oz, & Carballo, 2004). Adicionalmente, se ha encontrado una CL_{50} de 73.4 y 74.3 $\mu\text{g/L}$ durante periodos de exposición de 96 horas para organismos acuáticos del orden de los anfípodos y los misidáceos respectivamente (Perron, Ho, Cantwell, Burgess & Pelletier, 2012). Sin embargo, es importante mencionar que este tipo de contaminantes no necesitan tener una persistencia alta en el ambiente para causar efectos negativos, puesto que sus altas tasas de transformación/remoción se pueden compensar por la introducción continua en el medio a través de residuos domésticos, agrícolas e industriales (Tran, Hu, & Ong, 2013). En muestras de aguas residuales de Montevideo, Uruguay se determinaron concentraciones de TCS de 50 ng/L empleando un método de GC-MS (Pérez et al., 2012). En otro estudio llevado a cabo sobre muestras de lodos de alcantarillas en Bogotá, Colombia se determinaron concentraciones de TCS entre 1.5 y 11.55 $\mu\text{g/L}$ por GC-MS (Barón, 2009).

Establecer el grado de remoción de TCS en una planta de tratamiento de aguas residuales permite visualizar la efectividad del proceso con información concisa, especialmente útil para optimizar las metodologías utilizadas en la eliminación de contaminantes orgánicos para así mejorar la calidad del agua que se reincorpora a una corriente de agua natural. En estudios recientes sobre el efecto de TCS en sistemas acuáticos se llegó a determinar que los organismos más sensibles a este compuesto son las algas y los crustáceos incluso a concentraciones de partes por trillón (Chalew & Halden, 2009). Por otra parte, se ha encontrado que en humanos puede absorberse de forma sistemática por el cuerpo, alterar el sistema endocrino, acumularse en tejido muscular e incluso transmitirse durante la lactancia (Darbre

& Harvey, 2008) y aunque no se ha concluido sobre su posible efecto en la incidencia de cáncer de mama, este no ha sido descartado debido a la poca cantidad de estudios sobre el tema y la falta de evidencia científica (Erici, Pettersson, Parkkonen, & Sturve, 2002).

El objetivo principal de este estudio fue identificar y cuantificar a nivel de $\mu\text{g/L}$ la concentración de triclosán por espectroscopía UV-Vis en muestras de aguas residuales en diferentes etapas de tratamiento en la planta piloto para el Tratamiento de las Aguas Residuales (IAPS) para así, poder estimar el grado de remoción de triclosán en dicha planta. Este estudio corresponde al primero de su tipo en materia de contaminantes emergentes en Guatemala, y se espera que pueda incrementar el interés sobre este tópico a nivel nacional.

Presentación del caso

La Planta Piloto IAPS se encuentra ubicada en la zona 13 de la ciudad de Guatemala y tiene como

propósito principal, apoyar a la docencia e investigación sobre procedimientos técnicos en el tratamiento de aguas residuales. En este estudio se procuró cubrir de forma preliminar, las diferentes etapas de tratamiento de aguas residuales en la planta IAPS por lo que se realizó un muestreo piloto en el que se colectaron cuatro muestras en frascos de vidrio de 400 mL en el efluente de las siguientes etapas de tratamiento (Figura 2): sedimentador primario (A4), sedimentador secundario (A3), reactor anaeróbico de flujo ascendente (A2), y filtro para potabilizar agua (A1).

En el laboratorio, se prepararon disoluciones de concentración estándar de TCS a 10, 20, 30 y 40 ppm, a partir de ellas se elaboraron disoluciones coloreadas de la siguiente manera: en un matraz aforado de 10 mL y con un pipeteador automático se adicionó 1 mL de ácido sulfanílico 0.015M, 1.5 mL de NaNO_2 0.03M, 2.5 mL de cada disolución estándar (10, 20, 30 y 40 ppm), 2 mL de disolución amortiguadora de fosfatos ($\text{pH} = 11.5$) y agua destilada hasta volumen total. Se registró por triplicado

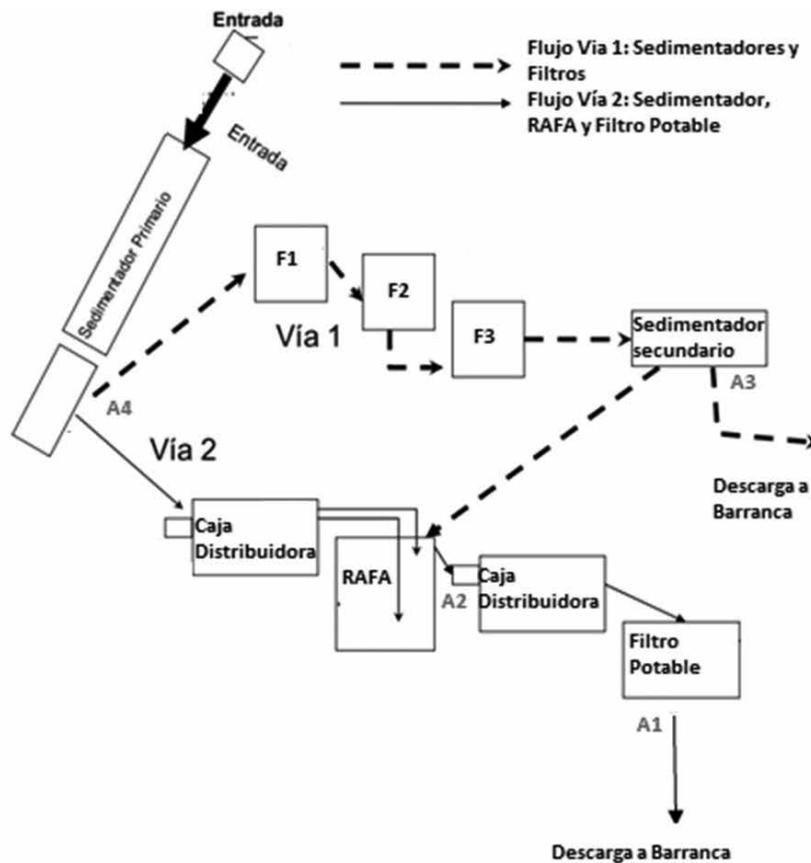


Figura 2. Diagrama del flujo de agua en las distintas etapas de tratamiento de aguas residuales en la planta piloto IAPS

la absorbancia del blanco y de dichas disoluciones en un espectrofotómetro Cary® UV-Vis a 475 nm inmediatamente luego de su elaboración así como 3 días después, se elaboraron dos modelos de regresión lineal simple, ambos presentaron coeficientes R mayores a .999.

Las muestras de aguas residuales fueron almacenadas a -4°C, se hicieron pasar por un sistema de filtración en membrana (47 mm de diámetro y 0.45 µm de tamaño de poro) a presión reducida y se almacenaron en frascos de vidrio ámbar de 125 mL. Posteriormente se prepararon 15 disoluciones coloreadas individuales (tres repeticiones para cada muestra de agua residual) de la siguiente manera: con un pipeteador automático fueron adicionados en un matraz aforado de 10 mL, 1 mL de ácido sulfanílico 0.015M, 1.5 mL de NaNO₂ 0.03M, 2.5 mL de disolución estándar de TCS a 20 ppm (adición de estándar), 2.5mL de la muestra de aguas residuales, 2 mL de disolución amortiguadora de fosfatos y agua destilada hasta volumen total, esta reacción se realizó a temperatura ambiente. La absorbancia de dichas disoluciones se registró por triplicado en un espectrofotómetro Cary® UV-Vis a 475 nm y la concentración de cada disolución fue interpolada a partir de las curvas de calibrado. La concentración de disoluciones preparadas a partir de muestras de aguas residuales y adición de estándar interno (Ct) tenía dos componentes, el componente del estándar interno (Ce) y el componente de TCS original en cada muestra de agua residual como matriz de análisis (Cx), el cálculo del componente que correspondía al TCS original en aguas se determinó por diferencia de acuerdo a $Ct = Ce + Cx$ donde Ct se obtuvo de las curvas de calibrado.

Se analizó TCS en muestras de agua colectadas en el efluente de diferentes etapas de tratamiento en la planta IAPS, las concentraciones determinadas (Tabla 1)

corresponden a valores medios del análisis espectroscópico realizado por triplicado para cada muestra de agua. Se detectó la presencia de TCS por encima de 200 µg/L en tres puntos de muestreo. La concentración más alta de TCS se encontró en el efluente del sedimentador primario. Por otra parte la concentración más baja de TCS se determinó en el efluente del filtro potabilizador de agua donde dicha concentración se encontró por debajo de los límites de cuantificación del método espectroscópico.

Experimentalmente, se determinaron límites de detección (LDD) de 5.4 µg/L y límites de cuantificación (LDC) de 18 µg/L para la metodología espectroscópica utilizada en base a la desviación estándar de la disolución utilizada como estándar interno de TCS.

Discusión

Se considera que la presencia de TCS en las aguas residuales tratadas en la planta piloto IAPS se debe al uso cotidiano de productos de cuidado personal como jabones, antimicrobianos, dentales y fragancias por parte de los habitantes del área residencial Aurora II cuya totalidad de aguas residuales es enviada y tratada en la planta. Las muestras de agua analizadas presentaron diferente grado de contaminación con TCS de acuerdo al punto de muestreo. La concentración más alta de TCS se observó en el efluente del sedimentador primario (A4). Esto puede deberse a que A4 abarca la etapa de tratamiento inicial de aguas residuales, en dicha etapa únicamente se separan sólidos sedimentables y dado que, el TCS suele encontrarse en concentraciones por debajo de su solubilidad máxima en agua (10 mg/L), la concentración de TCS no se ve afectada por el tratamiento de sólidos sedimentables (NICNAS, 2009).

Tabla 1

Concentración media de triclosán en muestras de aguas residuales en la planta piloto IAPS

Muestra de agua	Concentración media (µg/L)	Remoción (%)	Coefficiente de variación (%)
A1	<18	>95	5.0
A2	200	62	1.3
A3	360	32	8.0
A4	520	0	3.2
AL	105	N.A.	2.0

N.A.: no aplica

Por otra parte, es importante aclarar que un enfoque más preciso se conseguiría analizando aguas residuales previo a la entrada de A4 (Figura 2), mediante una preparación de muestras más especializada para la alta carga de sólidos en las aguas residuales en A4 como podría ser extracción en fase sólida en combinación con un método instrumental de GC-MS (Pérez et al., 2012).

El tratamiento del agua con filtros percoladores de 3 m de altura hechos a base de roca volcánica (A3) y un posterior sedimentador secundario presentaron un grado de remoción de TCS de hasta 32% respecto al sedimentador primario (Tabla 1). Este grado de remoción se explica mediante la porosidad y el área efectiva de contacto entre las rocas utilizadas en la fabricación de estos filtros y el flujo de agua residual, así como por la formación de películas biológicas de microorganismos aerobios y anaerobios facultativos que tienen la capacidad de degradar, vía oxidativa, material orgánico como el TCS (Lee, Rezenom, Russel, & Chu, 2012).

Se observó un grado de remoción de TCS, de hasta 62% posterior al sedimentador primario en la muestra colectada en el efluente del reactor anaerobio de flujo ascendente (A2) respecto al 32% de remoción en el sedimentador secundario (Tabla 1). Esto puede deberse a que este reactor posee mayor área superficial en contraste a los sedimentadores, el agua superficial puede por consiguiente, entrar en contacto con mayor radiación UV presente en la luz solar y degradarse en 2,8-diclorodibenzo-*p*-dioxinas, diclorofenoles y diclorohidroxidibenzofuranos. Esto es soportado por resultados de otro estudio en el que proponen que la principal vía de degradación de triclosán se ve favorecida por exposición a radiación UV (Sanchez et al., 2006).

En cuanto a posibles interferentes que tengan la capacidad de formar complejos coloreados por el método espectroscópico empleado, es importante mencionar que la reacción involucrada corresponde a una sustitución electrofílica aromática (SEA). En este caso el TCS tiene la capacidad de reaccionar con la sal de diazonio formada (Figura 3) debido a la presencia de un grupo hidroxilo en uno de los anillos aromáticos (Figura 1), que tiene la capacidad de activar el anillo a pesar de la existencia de un grupo cloro en el mismo anillo (este únicamente tiene un efecto *para*-orientador respecto a su posición) para que la reacción suceda bajo las condiciones experimentales suaves de temperatura y presión ambiental (Wyllie, 2014). De esta forma, los productos de degradación de TCS como las diclorobenzo-*p*-dioxinas no representan un interferente dado que sus anillos aromáticos están desactivados por la presencia de dos

grupos cloro (Wade, 2014) ya que requerirían una reacción en caliente para formar complejos coloreados.

Sin embargo, otros derivados de degradación de TCS como los diclorofenoles y los diclorohidroxidibenzofuranos sí presentan el grupo hidroxilo, de tal forma que pueden considerarse anillos activados con la capacidad de reaccionar mediante una reacción de tipo SEA (Vikesland, Fiss, Wigginton, McNeill & Arnold, 2013). En cuanto a estos interferentes, se ha reportado que algunos derivados coloreados de diclorofenoles presentan máximos de absorción a 500 nm (Faust & Aly, 1962), esto sugiere que aunque no absorben a la misma longitud de onda que el complejo coloreado de TCS, si presentarían cierto grado de absorción a 475 nm. Debido a estos últimos compuestos, las concentraciones reportadas en este estudio podrían haberse visto ligeramente incrementadas, esto respalda la necesidad de realizar proyectos de investigación y determinaciones de TCS por métodos con una sensibilidad mayor a la de la espectroscopía UV-Vis.

Por último, los datos experimentales sugieren que, el filtro potabilizador de agua removió el contenido de TCS hasta concentraciones menores a 18 µg/L (Tabla 1), esto se explica de acuerdo al tamaño de partícula de los materiales empleados en estos filtros, estos materiales normalmente son carbón activado o arenas (silicatos) que tienen un tamaño de partícula desde 0.02 a 0.2 mm (Arango, 2012) que les permite tener áreas superficiales muy elevadas con alta capacidad para adsorber compuestos orgánicos mediante interacciones dipolo-dipolo y fuerzas de Van der Waals (Aufiero, Butler, & Jaser, 2012). En el caso de la planta de tratamiento, el filtro utilizado fue de tipo lento con arena, presentaba una forma cilíndrica con 1.10 m de diámetro y 2.70 m de altura, una capacidad de carga hidráulica de 0.68 a 1.70 L por hora, arena con un tamaño de partícula de 0.15 a 0.35 mm como material filtrante, además dicho filtro tenía una capa de 2 cm de grava en la parte inferior por donde se expulsaba el efluente de agua filtrada.

La reproducibilidad del método fue caracterizada por mediciones inter-día sobre la concentración de una serie de disoluciones estándar de TCS el día de preparación y 3 días post-elaboración (Miller & Miller, 2002), se observó que ambas curvas de calibrado presentaron linealidad similar ($R > .999$) y proporcionaron resultados similares sobre la concentración de TCS en diferentes muestras de agua. El coeficiente R de las curvas de calibrado presentó valores muy cercanos a 1 por lo que se pudo inferir que las curvas elaboradas presentaban una alta linealidad de tal forma que la

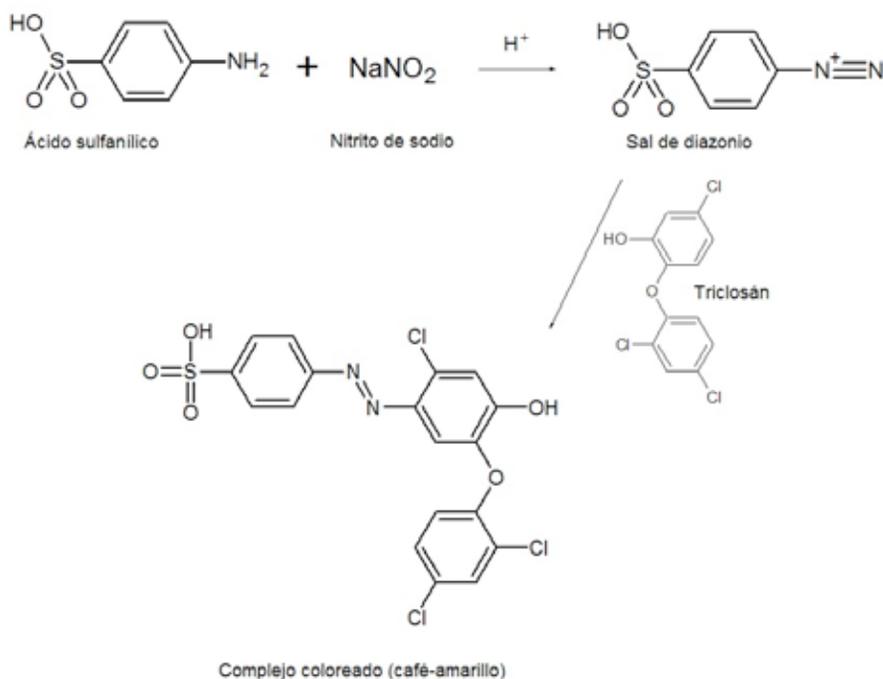


Figura 3. Formación de un complejo coloreado de TCS.

metodología experimental exhibió validez estadística y permitió generar información fiable y precisa sobre la concentración de TCS en disoluciones preparadas a partir de aguas residuales (Miller & Miller, 2002).

La repetitividad de la metodología se evaluó utilizando tres réplicas de cada muestra de agua al determinar la concentración de TCS, los coeficientes de variación (CV) experimentales presentaron valores que oscilaron entre 1.32 y 7.95% (Tabla 1), el valor de los CV% refleja un nivel relativamente bajo de error experimental, cuatro de las cinco muestras de agua presentaron variaciones por debajo del 5% que de acuerdo con algunos autores son consideradas como aceptables (Mariño, Quintana, Rodríguez, Schrader, & Moeder, 2011).

El criterio empleado para definir los límites de detección (LOD) y cuantificación (LOQ) se basó en la desviación estándar de cinco mediciones experimentales sobre la concentración de la disolución estándar de TCS utilizada para la elaboración de la recta de calibrado debido a que esta disolución fue utilizada como estándar interno, dicho criterio es análogo al propuesto por otros autores donde LOD y LOQ se definen como la concentración de analito que proporciona una señal analítica igual a la señal del blanco, más 3 (LOD) ó 10

(LOQ) veces la desviación estándar del blanco (Miller & Miller, 2002).

En conclusión, los niveles de TCS en la planta de tratamiento de aguas IAPS son estimables por medio de espectroscopia UV-Vis, la remoción de dicho contaminante oscila entre 31 y 95% dependiendo de la etapa de tratamiento de muestreo, sin embargo el agua del efluente de la planta no puede considerarse como potable ya que de acuerdo con las propuestas internacionales, los valores para la concentración de TCS en este estudio sobrepasan por al menos un orden de magnitud de 10, los niveles a los cuales no se han detectado efectos adversos hacia organismos vivos (Aldous, Rockett, & Johnson, 2012). Adicionalmente, los resultados de este estudio pueden ser empleados para presentar con evidencia científica, la necesidad de regular los niveles aceptados y permitidos de TCS en aguas ya que la norma Coganor 029 para agua potable no presenta ningún tipo de restricción sobre este contaminante. Finalmente, se recomienda incrementar la cantidad de muestreos y análisis durante diferentes épocas del año para tener un panorama más concreto del comportamiento y degradación de TCS durante el tratamiento de aguas residuales en la planta piloto IAPS así como incorporar métodos cromatográficos de tipo GS-MS y HPLC-MS en estudios posteriores sobre TCS.

Agradecimientos

Al personal de la planta piloto para el tratamiento de aguas residuales IAPS por su apoyo durante la colecta de muestras de aguas residuales en diferentes etapas del proceso de tratamiento. A Jorge Solís por facilitar el diagrama del flujo de aguas residuales a lo largo de la planta IAPS.

Referencias

- Aldous, E., Rockett, L., & Johnson, I. (2012). *Proposed EQS for water framework directive annex viii substances: triclosan (for consultation)*. Edinburgh, Scotland: Water Framework Directive - United Kingdom Technical Advisory.
- Arango, A. (2012). La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(2), 61-66.
- Aufiero, M., Butler, C., & Jaser, J. (2012). *An analysis of methods for detecting triclosan and removal of triclosan from water using activated carbon and zeolites*. Worcester: WPI.
- Barón, J. F. (2009). *Determinación de concentraciones de Triclosán en lodos del alcantarillado de Bogotá y en agua cruda*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Chalew, E. A., & Halden, R. U. (2009). Environmental exposure of aquatic and terrestrial biota to triclosan and triclocarban. *Journal of the American Water Resources Association*, 45(1), 4-13.
- Darbre, P. D., & Harvey, P. W. (2008). Paraben esters: review of recent studies of endocrine toxicity, absorption, esterase and human exposure, and discussion of potential human health risks. *Journal of Applied Toxicology*, 28(5), 561-578. doi: 10.1002/jat.1358.
- Erici, M., Pettersson, M., Parkkonen, J., & Sturve, J. (2002). Triclosan, a commonly used bactericide found in human milk and in the aquatic environment in Sweden. *Chemosphere* 46, 1485-1489.
- Faust, S. D. & Aly, O. M. (1962). Determination of 2,4-dichlorophenol in water. *American Water Works Association*, 54(2), 235-242.
- Gatidou, G. (2006). Simultaneous determination of the endocrine disrupting compounds nonylphenol, nonylphenol ethoxylates, triclosan and bisphenol A in wastewater and sewage sludge by GC-MS. *Journal of Chromatography*, 1138(2), 32-41. doi: 10.1016/j.chroma.2006.10.037.
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamiento. *Producción + Limpia*, 7(2), 52-73.
- Lee, G., Zhao, F., Rezenom, Y. H., Russel, D. H., & Chu, K. H. (2012). Biodegradation of triclosan by a wastewater microorganism. *Water Resources*, 1(46), 4226-4234. doi: 10.1016/j.watres.2012.05.025
- Mariño, I. G., Quintana, J. B., Rodríguez, I., Schrader, S., & Moeder M. (2011). Fully automated determination of parabens, triclosan and methyl triclosan in wastewater by microextraction by packed sorbents and gas chromatography-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 684, 59-66. doi: 10.1016/j.aca.2010.10.049
- Maurer, S. (2012). *Use of triclosan needs to be strictly limited in cosmetic products to protect consumers' health*. Brussels, Belgium: The European Consumer Organization.
- Miller, N.J. & Miller, J.C. (2002). *Estadística y quimiometría para química analítica*. 4ta. ed. Madrid, España: Pearson Educación, S.A.
- NICNAS (2009). *Triclosan: Priority Existing Chemical Assessment Report No. 30*. Sydney, Australia: Department of Health and Ageing.
- Pal, A., Gin, K. Y., Lin, A. Y., & Reinhard, M. (2010). Impacts of emerging organic contaminants on freshwater resources: Review of recent occurrences, sources, fate and effects. *Science of the Total Environment*, 408, 6062-6069. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.09.026
- Perez, A. P., Niell, S., Colazzo, M., Besil, N., Cesio, V., & Heinzen, H. (2012). *Evaluación preliminar de la ocurrencia de contaminantes emergentes en aguas residuales de Montevideo, Uruguay*. Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM, 1-19.
- Perron, M. M., Ho, K. T., Cantwell, M. G., Burgess, R. M., & Pelletier, M. C. (2012). Effects of triclosan on marine benthic and epibenthic organisms.

- Environmental Toxicology and Chemistry* 31, 1-6. doi: [10.1002/etc.1884](https://doi.org/10.1002/etc.1884)
- Sanchez, L., Llompart, M., Lores, M., Jares, C., Bayona, J., & Cela, R. (2006). Monitoring the photochemical degradation of triclosan in wastewater by UV light and sunlight using solid phase micro-extraction. *Chemosphere*, 65(8), 1338-1347. doi: [10.1016/j.chemosphere.2006.04.025](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.04.025)
- Scheurer, M. Brauch, H. J., & Lange, F. T. (2009). Analysis and occurrence of seven artificial sweeteners in German waste water and surface water and in soil aquifer treatment (SAT). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 394(6), 1585-1594. doi: [10.1007/s00216-009-2881](https://doi.org/10.1007/s00216-009-2881)
- Stephen, C.A., Mount, D.I., Hansen, D.J., Gentile, J.R., Chapman, G.A., & Brungs, G.A. (2013). *Guidelines for deriving numerical national water quality criteria for the protection of aquatic organisms and their uses*. Minnesota, United States: Environmental Protection Agency.
- Tran, N. H., Hu, J., & Ong, S. L. (2013). Simultaneous determination of PPCPs, EDCs, and artificial sweeteners in environmental water samples using a single-step SPE coupled with HPLC–MS/MS and isotope dilution. *Talanta*, 113, 82-92. doi: [10.1016/j.talanta.2013.03.072](https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.03.072)
- Torre, A., Ñuñoz, J. & Carballo, M. (2004). *Curso sobre toxicología ambiental y seguridad química*. Murcia, España: Sanidad Ambiental CISA.
- Vikesland, P. J., Fiss, E. M., Wigginton, K. R., McNeill, K. & Arnold, W. A. (2013). Halogenation of bisphenol-a, triclosan, and phenols in chlorinated waters containing iodide. *Environmental Science & Technology*, 47, 6764-6772. doi: [10.1021/es304927j](https://doi.org/10.1021/es304927j)
- Wade, L. (2011). *Química orgánica*. Vol. 2. 7ª ed. México: Pearson Educación.
- Wyllie, R. A. (2014). Spectroscopic determination of triclosan concentration in a series of antibacterial soaps. *Journal of Chemical Education*, 92(1), 153–156. doi: [10.1021/ed5004146](https://doi.org/10.1021/ed5004146)