

Principales residuos de medicamentos generados en los hogares y su potencial ecotóxico en Tuxpan, Veracruz

Main drugs waste generated in household and their ecotoxic potential in Tuxpan, Veracruz

Francisco Javier Sanabria Pérez¹, José Luis Alanís Méndez¹,
Juan Manuel Pech-Canché¹, Carolina Solís Maldonado^{1,2*}.

¹Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Especialización en Gestión e Impacto Ambiental, Campus Poza Rica-Tuxpan, Universidad Veracruzana. Carretera Tuxpan-Tampico Km. 7.5, Colonia Universitaria. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, México. C.P. 92860.

*Correo electrónico: casolis@uv.mx.

²Facultad de Ciencias Químicas. Campus Poza Rica-Tuxpan, Universidad Veracruzana. Prolongación Venustiano Carranza S/N, Colonia Revolución, Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, México. CP 93390.

*Autor de correspondencia.

Resumen

Los medicamentos alopáticos de uso doméstico son contaminantes emergentes que, al desecharlos incorrectamente, generan impactos ambientales negativos. En México, los estudios están enfocados mayormente en efluentes hospitalarios o de industrias farmacéuticas, mientras que los domésticos han sido poco abordados. Con el objetivo de describir la ecotoxicidad de los medicamentos en Tuxpan, Veracruz, se aplicaron encuestas a los hogares. Se identificó que los medicamentos son almacenados de manera incorrecta y desechados junto con el residuo domiciliario o drenaje. La población desconoce las farmacias autorizadas para el acopio de medicamentos caducos, favoreciendo así el ingreso de medicamentos a los ecosistemas del municipio. Los antiinflamatorios no esteroideos como el paracetamol y el ácido acetilsalicílico resultaron los más presentes en los hogares junto con antibióticos, antihipertensivos y anticonceptivos. Se identificó que los grupos farmacológicos presentes en los hogares poseen gran potencial ecotóxico sobre organismos acuáticos y ecosistemas, tales como manglares y arrecifes.

Palabras clave: Contaminantes emergentes; ecotoxicidad; medicamentos alopáticos; medicamentos caducos; medicamentos desechados.

Abstract

Allopathic medicines for domestic use are emerging contaminants that, when discarded incorrectly, generate negative environmental impacts. In Mexico, studies are mostly focused on hospital effluents or pharmaceutical industries, whereas domestics have been poorly addressed. In order to describe the ecotoxicity of medicines in Tuxpan, Veracruz, household surveys were applied. It was identified that the drugs are incorrectly stored and thrown away in household waste or drainage. It was also found that the population is unaware of pharmacies authorized for the collection of expired drugs, thus, encouraging the admission of drugs to ecosystems of the municipality. Non-steroidal anti-inflammatory drugs such as paracetamol and acetylsalicylic acid, along with antibiotics, antihypertensives and hormonal pills, were the most common in households. It was identified that pharmacological groups present in households have great ecotoxic potential on aquatic organisms and ecosystems, such as mangroves and reefs.

Keywords: Emerging contaminants; ecotoxicity; allopathic drugs; expired drugs; discarded drugs.

Recibido: 25 de mayo de 2018

Aceptado: 11 de febrero de 2019

Publicado: 23 de octubre de 2019

Como citar: Sanabria-Pérez, F. J., Alanís Méndez, J. L., Pech-Canché, J. M., & Solís-Maldonado, C. (2019). Principales residuos de medicamentos generados en los hogares y su potencial ecotóxico en Tuxpan, Veracruz. *Acta Universitaria* 29, e2398. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2019.2398>

Introducción

Los contaminantes emergentes (CE) son sustancias químicas utilizadas ampliamente con escasa o nula regulación a nivel mundial al convertirse en residuos (Inostroza, Massei, Wild, Krauss & Brack, 2017), pero con gran potencial tóxico cuando ingresan a los ecosistemas (ecotoxicidad) (Noguera-Oviedo & Aga, 2016). Junto con los disruptores endócrinos, los productos de aseo personal y medicamentos (Gogoi *et al.*, 2018) son responsables de generar efectos adversos como mortalidad, malformaciones, disminución de la motilidad y alteraciones reproductivas a diferentes organismos vivos en concentraciones de ng/L, µg/L y mg/L (Molins-Delgado, Gago-Ferrero, Díaz-Cruz & Barceló, 2016; Orias & Perrodin, 2013) y es necesario reducir su ingreso a los ecosistemas porque esos efectos adversos pueden ser extrapolados a humanos (Le Page, Gunnarsson, Snape & Tyler, 2017).

Los CE como los medicamentos alopáticos presentes en los hogares están compuestos de sustancias sintéticas con alta solubilidad en agua y baja biodegradabilidad, lo cual aumenta su capacidad de dispersión en los ecosistemas (Daughton & Ternes, 1999). Sus principios activos (PA) están especialmente diseñados para interactuar con organismos vivos a bajas concentraciones (Sangion & Gramatica, 2016) y generalmente cuando dejan de ser utilizados son acumulados en sitios inadecuados como el armario, cajas u otros lugares no aptos donde se altera la química de sus componentes, en ocasiones, hasta caducar y, posteriormente, son desechados de manera inadecuada (Akici, Aydin & Kiroglu, 2018; Vatovec, Wagoner & Evans, 2017).

Los hospitales, farmacias y la industria farmacéutica en México cuentan con obligaciones y normativas para el manejo adecuado de sus residuos en el Artículo 28 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Última reforma: 22 de mayo de 2015) (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2003); sin embargo, los medicamentos continúan ingresando a los ecosistemas a causa del usuario final mediante rutas como la excreción en orina y heces (Bound, Kitsou & Voulvoulis, 2006). Una vez consumido, solo un porcentaje del medicamento es utilizado por el cuerpo y posteriormente, es excretado de forma inalterada, conjugado o transformado en otras sustancias (metabolito) (Daughton, 2013; Evgenidou, Konstantinou & Lambropoulou, 2015). También, el medicamento caduco, sobrante o sin uso puede ser desechado junto con residuos domiciliarios o vertiéndolos al drenaje (Novack & Moyer, 2013; Uy & Palacpac, 2016; Vellinga *et al.*, 2014) (figura 1).

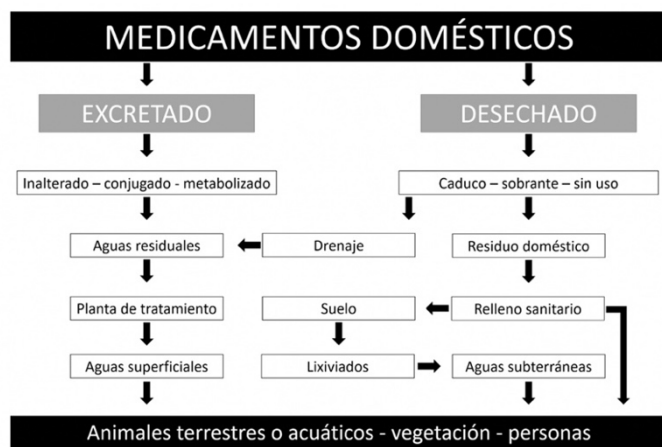


Figura 1. Ingreso de los medicamentos desde los hogares a los ecosistemas.
Fuente: Adaptado de Correia & Marcano (2016).

En Latinoamérica existen estudios donde fueron evaluados los conocimientos, actitudes y prácticas sobre descarte de medicamentos mediante encuestas a pacientes de un hospital en Bogotá, resultando que un 90% de los usuarios los desecha junto con los residuos domiciliarios y el 92% desconoce los sitios de acopio de medicamentos caducos disponibles en la ciudad (Quijano-Prieto, Orozco-Díaz & Holguín-Hernández, 2016). En Venezuela se evaluaron dos rutas de ingreso de los medicamentos a los ecosistemas aplicando una estimación de los patrones de consumo y desecho, mediante encuestas se reveló que el 88% desecha los medicamentos sobrantes o caducos junto con los residuos domiciliarios, y el 12% los desecha en el drenaje. La estimación determinó que los medicamentos poseen un importante potencial ecotóxico, más aún, al desecharlos ya que no han pasado por un proceso biológico o de tratamiento de aguas residuales (PTAR) (Correia & Marcano, 2016).

En México, existen estudios mayormente enfocados en los impactos ambientales ocasionados por medicamentos en efluentes hospitalarios (Pérez-Alvarez *et al.*, 2018), de industrias farmacéuticas (SanJuan-Reyes *et al.*, 2015), ecosistemas acuáticos (Félix-Cañedo, Durán-Álvarez & Jiménez-Cisneros, 2013; Rivera-Jaimes *et al.*, 2018) y suelo de cultivos (Gibson, Durán-Álvarez, León Estrada, Chávez & Jiménez-Cisneros, 2010). Por ello, en los últimos años ha existido vasta literatura científica publicada acerca de los impactos ecotóxicos de PA de medicamentos y sus metabolitos, con énfasis en la toxicidad aguda y crónica, empleando métodos estandarizados, entre otros, la normativa NMX-AA-087-SCFI-2010 (Última reforma: 3 de marzo de 2011) (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2010). Estos estudios exponen organismos vivos a concentraciones mínimas de PA hasta observar un efecto adverso, y se entiende que cuando más bajo es el valor de concentración, mayor es el potencial tóxico del PA en el organismo vivo (Castro-Pastrana, Baños-Medina, López-Luna & Torres-García, 2015); sin embargo, la ruta de ingreso de los medicamentos desde los hogares aún ha sido poco abordada, para contribuir en la protección de los ecosistemas resulta necesario enfocarse en el usuario final de medicamentos, porque está identificado como un principal en generador de CE presentes en los ecosistemas (Kümmerer, 2009).

Registrando datos mediante la aplicación de encuestas a tres colonias representativas de la ciudad, se buscó i) identificar la forma de desecho y almacenamiento, ii) conocer si la población utiliza las farmacias para el acopio de medicamentos caducos e iii) identificar los grupos farmacológicos y PA de medicamentos presentes en los hogares, con el objetivo de describir su potencial ecotóxico sobre los ecosistemas acuáticos, manglares y arrecifes de Tuxpan, Veracruz, basándose en la consulta bibliográfica y estudios de toxicidad sobre organismos vivos en México u otros países.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La ciudad de Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, con una superficie de 966.18 km² y un área urbana de 28.19 km² (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2010), se ubica en la costa del Golfo de México en la Región Terrestre Prioritaria para la conservación RTP 103 (Comisión Nacional para la Biodiversidad [Conabio], 2017). Dentro de sus límites territoriales posee ecosistemas como el Sitio RAMSAR 1602 Manglares y Humedales de Tuxpan (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2006), cuerpos de agua como el Río Tuxpan, esteros, laguna Tampamachoco y, a 7 km de su costa marina, el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (DOF, 2009) (figura 2).

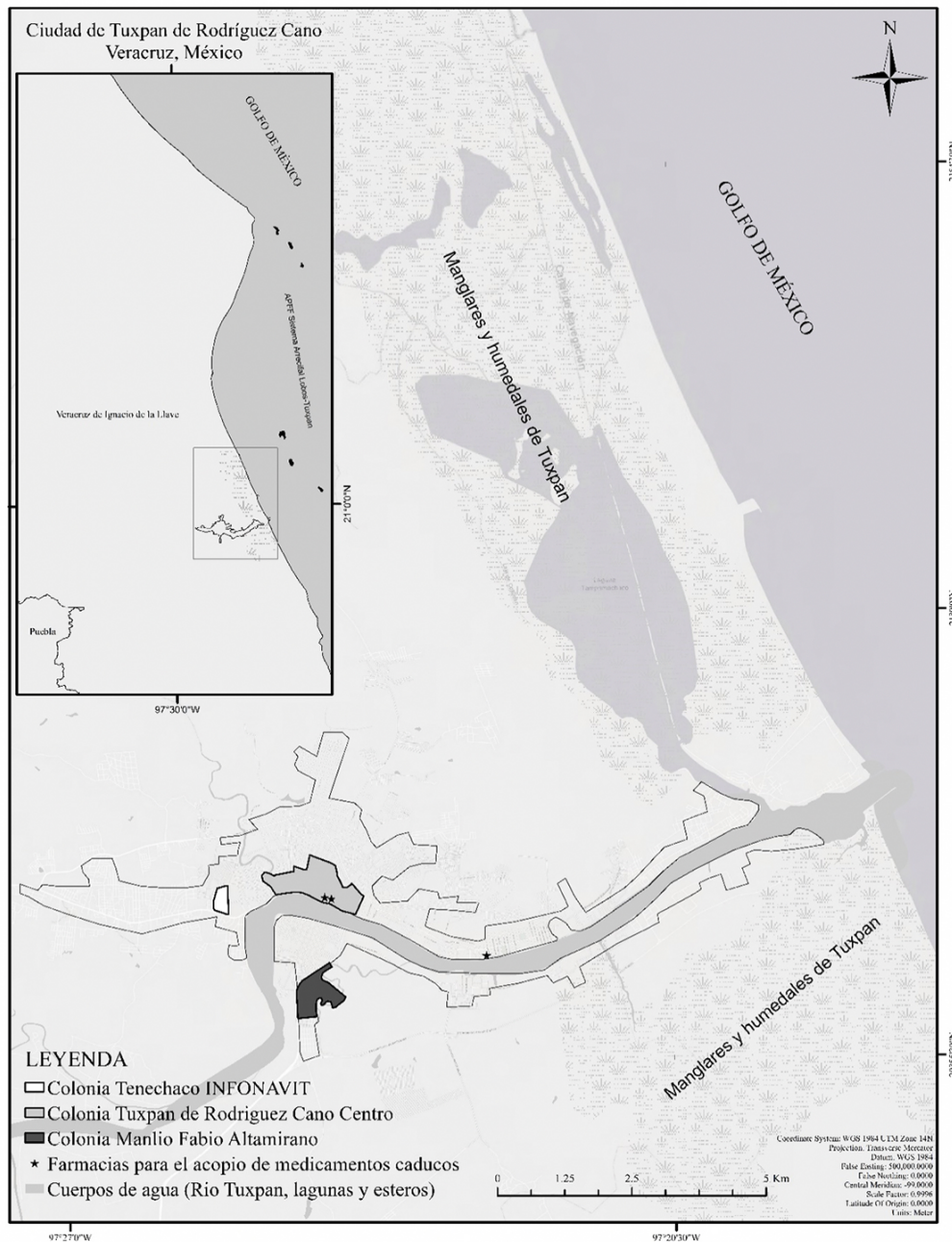


Figura 2. Ciudad de Tuxpan de Rodriguez Cano, sus ecosistemas y colonias representativas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia.

Recolección de los datos

Fue establecido el número mínimo representativo de cuestionarios (n) a ser aplicados mediante la ecuación

$$n = \frac{N \cdot Z\alpha^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N-1) + Z\alpha^2 \cdot p \cdot q} \quad (\text{García-García, Reding-Bernal \& López-Alvarenga, 2013}), \text{ según la población total}$$

$N = 143\,362$ habitantes (INEGI, 2010), con los datos de seguridad fijada $Z\alpha = 95\%$, proporción esperada $p = 5\%$ y precisión $d = 5\%$. En las encuestas fueron excluidos comercios, escuelas, lugar de trabajo o

cualquier sitio que no representara un hogar con núcleo familiar. Se aplicaron entrevistas individuales a un representante mayor de edad por cada hogar de las tres colonias representativas que fueron seleccionadas con base en sus diferencias socioeconómicas, mediante el índice de marginación (IM), según el último censo poblacional: Colonia Tenechaco INFONAVIT (IM: muy bajo); Colonia Tuxpan de Rodríguez Cano Centro (IM: medio); y Colonia Manlio Fabio Altamirano (IM: muy alto), respectivamente (Comisión Nacional de la Población [Conapo], 2010) (figura 2).

Se elaboró un cuestionario semiestructurado para recolectar los datos mediante reactivos con preguntas cerradas entre dicotómicas y de elección múltiple enfocados a los objetivos del trabajo y que fueron procesados mediante el programa informático *Statistical Package for the Social Sciences* (IBM SPSS Statistics® versión 24).

Simultáneo a las encuestas, los entrevistados presentaron en físico los medicamentos del hogar para recolectar los datos del PA y grupos farmacológicos. Los criterios para la selección de medicamentos fueron con base en la Ley General de Salud (última reforma: 28 de noviembre de 2016) (DOF, 1984), identificados en el Artículo 224 solo aquellos de naturaleza alopáticos y, según el Artículo 226, pertenecientes solo a los siguientes grupos: IV. medicamentos que para adquirirse requieren receta médica, pero que pueden surtirse tantas veces como lo indique el médico que prescriba; V. medicamentos sin receta, autorizados para su venta exclusivamente en farmacias; y VI. medicamentos que para adquirirse no requieren receta médica y que pueden expendirse en otros establecimientos que no sean farmacias.

Resultados

Fueron aplicados 112 cuestionarios por cada colonia, resultando que las variaciones etarias del total de la muestra ($n = 336$) fueron de 18 - 70 años, con una prevalencia de la cohorte de 30 - 35 años, mediana de 37 años, coincidente con la moda y una media de 38.9 años. La participación por género resultó en un índice de femineidad del 61% y masculinidad en 39%.

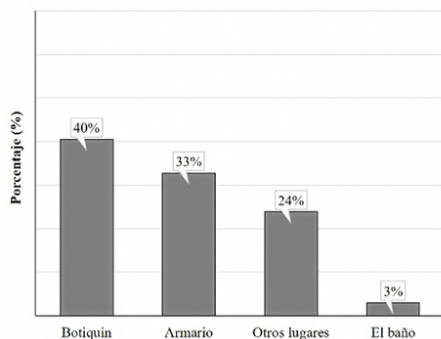
El 40% de la población almacena sus medicamentos en un botiquín; sin embargo, la sumatoria de lugares no aptos alcanza un total del 60%. El reactivo *Otros lugares* corresponde a sitios como bolsas, cajas de cartón, sobre una mesa u otros sitios no aptos (figura 3a). Independientemente del grupo farmacológico, el 65% desecha sus medicamentos junto con la basura común, 15% en el drenaje y el 3% los quema. En el reactivo *Otro* fueron incluidas respuestas como: *no poseo medicamentos para desechar o no los desecho* (figura 3b).

La ciudad cuenta con 3 farmacias habilitadas para el acopio de medicamentos caducos proporcionados por el Sistema Nacional de Gestión de Residuos y Envases de Medicamentos A.C. (Singrem, 2017), dos de las cuales se encuentran en una de las colonias que han sido encuestadas (figura 2); sin embargo, el 83% admitió desconocerlas, mientras que los entrevistados que eligieron la opción *Sí, ¿Dónde?*, correspondiente al 17%, afirmaron que los sitios de acopio son las entidades como el Ayuntamiento, Penitenciaria, Desarrollo Integral de la Familia (DIF) o el Asilo de ancianos; por lo que se realizó una visita de reconocimiento a los lugares mencionados donde se constató que solo reciben donaciones de medicamentos no caducos y en buen estado, con el fin de cumplir con una labor social. Además, debido a que ninguna respuesta demostró el conocimiento de alguna de las tres farmacias para el acopio, se concluye que el 100% de la población no las conoce (figura 3c).

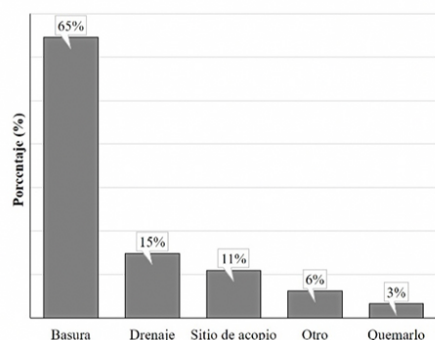
Durante las entrevistas, el 90% de los hogares presentaron sus medicamentos, de los cuales se destaca en frecuencia del total identificado ($n = 303$) a los del grupo antiinflamatorios no esteroideos (AINE),

por encima de los antihipertensivos, antibióticos y anticonceptivos. La opción *Otros* corresponde a grupos farmacológicos que, en frecuencia individual, no resultaron significativos. Los PA paracetamol, amoxicilina y el etinilestradiol resultaron ser más frecuentes por grupo farmacológico (figura 3d).

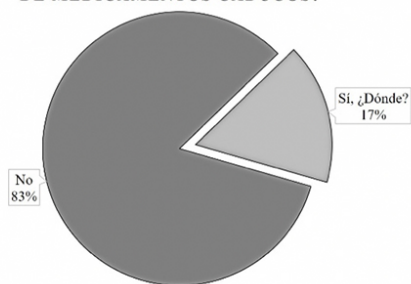
A) ¿CUÁL ES EL SITIO DONDE ALMACENA MEDICAMENTOS EN EL HOGAR?



B) ¿QUÉ DESTINO DA A UN MEDICAMENTO CADUCO, SOBRANTE O SIN USAR?



C) ¿CONOCE LOS SITIOS PARA EL ACOPIO DE MEDICAMENTOS CADUCOS?



D) MEDICAMENTOS PRESENTES EN LOS HOGARES DE TUXPAN, VERACRUZ.

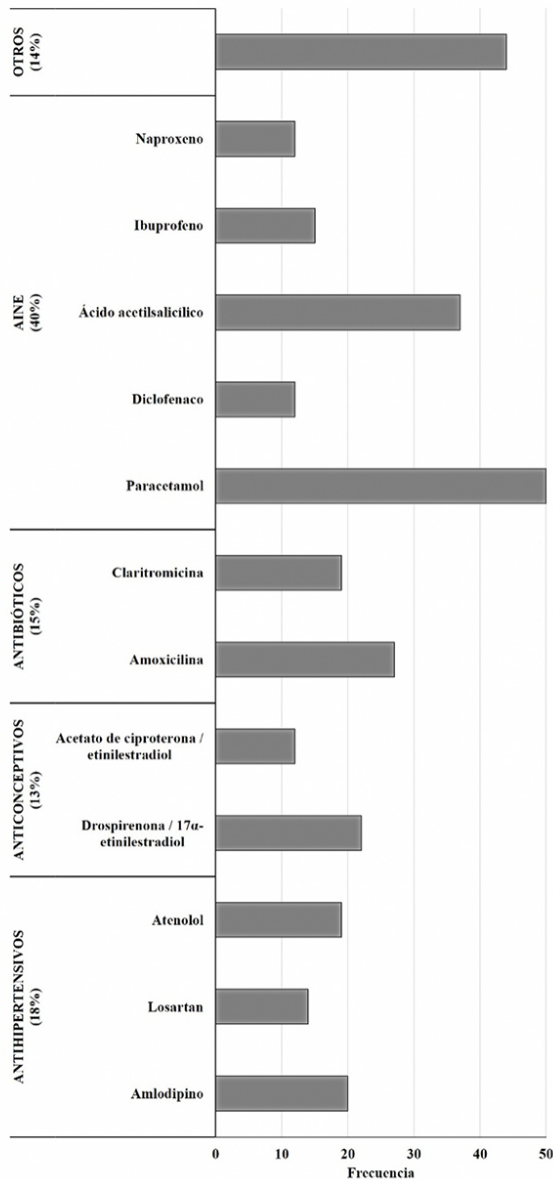


Figura 3. Resultados de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Discusión

El grupo farmacológico más frecuente en hogares de Tuxpan corresponde a los AINE, que son utilizados en el tratamiento del dolor leve y moderado en las personas (Consejo de Salubridad General [CSG], 2016). En este grupo se incluyen PA, como el ácido acetilsalicílico, diclofenaco, naproxeno e ibuprofeno, los cuales fueron detectados en acuíferos, aguas superficiales y reservorios de agua para consumo humano en la Ciudad de México en concentraciones de 1 ng/L-464 ng/L. Debido a su estabilidad e hidrofilia, los PA mencionados no son eficientemente removidos por PTAR (Félix-Cañedo *et al.*, 2013); por esa razón, se explica que también en Cuernavaca, Morelos, fueron detectados concentraciones de naproxeno de 732 ng/L-4880 ng/L, paracetamol de 354 ng/L-4460 ng/L, y diclofenaco de 258 ng/L-1398 ng/L en aguas superficiales posterior PTAR (Rivera-Jaimes *et al.*, 2018). En Toluca, Estado de México, se analizó el efluente de una farmacéutica de AINE, cuya descarga residual no cuenta con pretratamiento. Aunque los parámetros fisicoquímicos del efluente no excedían los límites máximos permisibles por la normativa NOM-073-ECOL-1994 (DOF, 1995), fueron detectados concentraciones de diclofenaco, ibuprofeno, naproxeno y paracetamol ($27 \mu\text{g/L}^{-1}$ - $3034 \mu\text{g/L}^{-1}$), los cuales provocaron geno y citotoxicidad en el pez *Cyprinus carpio* (SanJuan-Reyes *et al.*, 2015). Por lo anterior, es de suma importancia enfocar estudios en las cadenas tróficas, ya que aves como *Pandion haliaetus*, que fueron alimentados con peces expuestos a concentraciones específicas de paracetamol y diclofenaco resultaron con altas tasas de mortalidad (Bean *et al.*, 2018). Estas aves, junto con otras especies de aves rapaces como el *Pandion haliaetus*, habitan el Sitio RAMSAR 1602 Manglares y humedales de Tuxpan (Cipriano, 2014).

Los antihipertensivos son utilizados por pacientes que sufren hipertensión arterial (CSG, 2016). Entre estos medicamentos destacan los calcio-antagonista como el amlodipino, inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina como el losartan y β -bloqueadores como el atenolol; son uno de los grupos farmacológicos más recetados en México (Secretaría de Economía, 2013). Además, son frecuentemente detectados en ecosistemas acuáticos debido a su excreción casi inalterada (>96%) y su ineficiente remoción por los sistemas de PTAR (Godoy, Kummrow & Pamplin, 2015); de igual forma, poseen un gran potencial de bioacumulación en peces y almejas (Moreno-González, Rodríguez-Mozaz, Huerta, Barceló & León, 2016) que habitan en ecosistemas similares a la laguna Tampamachoco de Tuxpan (Lucas & De la Cruz-Francisco, 2018). En Toluca, Estado de México, fueron detectados PA en efluentes hospitalarios que indujeron inhibición del crecimiento y malformaciones en anfibios como *Xenopus laevis* y *Lithobates catesbeianus* que se distribuye en gran parte del territorio mexicano (Pérez-Alvarez *et al.*, 2018).

El grupo farmacológico de los antibióticos es utilizado para el tratamiento de infecciones en las personas (CSG, 2016) y está comprobado que, posterior al consumo, se moviliza mayormente por metabolitos en el medio acuático, favoreciendo la aparición de organismos con resistencia a antibióticos y resistencia microbiana (Gao *et al.*, 2018). Actualmente, la normatividad en México no regula límites máximos permisibles de CE como los antibióticos, y aunque internacionalmente se recomienda no exceder los 100 ng/L^{-1} en aguas residuales (Le Page *et al.*, 2017), en ciudades como Morelia, Michoacán, lograron cuantificar CE farmacológicos donde los antibióticos resultaron ser los de mayor concentración ($21.8 \mu\text{g/L}$), excediendo la recomendación internacional tanto en el influente como en el efluente de la PTAR de la ciudad. De esta forma, se evidencia que estos compuestos pasan por el proceso de tratamiento convencionales con poca o nula modificación en sus concentraciones (Robledo Zacarías *et al.*, 2017). En el mar del sur de China, trazas de antibióticos ocasionaron impactos negativos relacionados al crecimiento de arrecifes, ubicados a 300 km mar adentro, en concentraciones de 10 ng/L^{-1} - 2 ng/L^{-1} - 10 ng/L^{-1} - 0 ng/L^{-1} . Además, se detectaron altas concentraciones en la costa (Zhang *et al.*, 2018); esta es una situación alarmante, ya que el APFF Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan se ubica a solo 7 km de la desembocadura del Río Tuxpan (figura 2), donde habitan especies coralinas de importancia ecológica como *Acropora*

cervicornis, *Acropora palmata* y *Plexaurella dichotomacon* (De la Cruz-Francisco, González-González & Morales-Quijano, 2016), con estatus de protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010).

Los anticonceptivos son utilizados en el tratamiento de la fertilidad en mujeres, y algunos PA de este grupo se excretan hasta 35 µg/día/persona (CSG, 2016); por esa razón, en la Ciudad de México fueron detectados trazas en aguas residuales en concentraciones de 17α-etinilestradiol hasta 90 ng/L⁻¹ (Estrada-Arriaga *et al.*, 2013); mayor a las detectadas en Singapur (0.02 ng/L - 2.9 ng/L), los cuales ocasionaron importantes impactos ecotóxicos en manglares (Bayen, Segovia, Juhel, Wei Kit & Kelly, 2016). En Toluca, Estado de México, realizaron estudios ecotóxicos con anticonceptivos que, en concentraciones de 1 ng, 1 µg y 1mg, indujeron cito-genotoxicidad en *Cyprinus carpio* de interés comercial para el consumo humano (Orozco-Hernández *et al.*, 2018). Esto resulta en una situación alarmante, ya que gran parte de la población en Tuxpan se dedica a la pesca artesanal en los esteros, el río, la laguna y el manglar, donde se concentra el 71% de la ictiofauna del estado, con 372 especies (González-Gándara, De la Cruz-Francisco, Salas-Pérez & Domínguez-Barradas, 2012). La ictiofauna también forma parte de la cadena trófica de una diversidad importante de aves presentes en el municipio como *Pandion haliaetus* y algunas catalogadas en peligro de extinción por la NOM-059-SEMARNAT-2010 como *Geothlypis flaveolata*, *Amazona oratrix* y *Amazona viridigenalis* (Morales-Martínez, Pech-Canché, Gutiérrez-Vivanco, Serrano & Hernández-Hernández, 2018). En países como Singapur fueron detectados trazas de varios grupos farmacológicos como los presentes en hogares de Tuxpan, en aguas de manglares en concentraciones de 0.02 ng/L - 2.9 ng/L, causando importantes impactos ambientales (Bayen *et al.*, 2016).

De acuerdo con lo anterior, los grupos farmacológicos presentes en Tuxpan poseen un potencial ecotóxico importante, donde su almacenamiento inadecuado en los hogares estaría contribuyendo en los impactos ambientales y que, sumado a su desecho junto con el residuo doméstico y posterior recolección por parte del ayuntamiento, supone su acumulación en el vertedero municipal, generando impactos mediante la adsorción en el suelo y/o la filtración de lixiviados. Además, la incorporación directa de PA o metabolitos al drenaje y cuerpos de agua, sin mecanismos previos de remoción debido a que Tuxpan carece de PTAR estarían ocasionando importantes impactos ambientales a ecosistemas como el sitio Ramsar 1602 Manglares y humedales de Tuxpan y a diversos organismos acuáticos en los esteros, el Río Tuxpan y laguna Tampamachoco. Estos lugares se ven expuestos a trazas de medicamentos que son transportados hasta su desembocadura en el Golfo de México, con alto riesgo ecotóxico al APFF Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, ubicado a solo 7 km de la costa, que alberga organismos con importancia ecológica y con estatus de protección en México.

Conclusiones

Los resultados permitieron identificar el almacenamiento incorrecto de los medicamentos en Tuxpan que, sumado a su desecho, junto con el residuo doméstico supone importantes impactos ambientales de los grupos farmacológicos en el vertedero municipal. Así también, fue abordado el potencial ecotóxico de los medicamentos presentes en los hogares que, desechados al drenaje, permite su incorporación directa a los ecosistemas acuáticos como el Río Tuxpan, esteros y la laguna Tampamachoco, donde se presume que los medicamentos continúan su ciclo ecotóxico en organismos acuáticos como peces que, a través de las cadenas tróficas, pueden ser transferidos los impactos negativos en aves e inclusive en la población. Así también, se impacta a los ecosistemas prioritarios para la conservación presentes en el municipio, como los manglares y arrecifes. La problemática puede ser abordada incluyendo al ayuntamiento como parte de la solución, mediante planes de manejo de residuos de medicamentos presentes en el vertedero municipal, separándolos de los residuos domésticos a modo de transportarlos a lugares especializados para ser destruidos según las normativas ambientales mexicanas. También resulta necesario encaminar estrategias

como talleres de manejo y disposición correcta de los medicamentos, para que el usuario final conozca las ventajas de un almacenamiento y desecho adecuado de aquellos medicamentos sin uso o caducos presentes en sus hogares. Asimismo, esto puede ser reforzado con una difusión de las farmacias para el acopio disponibles que son desconocidos por la población y de esta manera contribuir a minimizar la presencia de los CE como los medicamentos en los ecosistemas de la localidad.

Agradecimientos

A la población de Tuxpan, Veracruz, por permitir las entrevistas. El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca de manutención (N°600341) para sus estudios de la Especialización en Gestión e Impacto Ambiental de la Universidad Veracruzana, a la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias por el apoyo técnico y la Facultad de Ciencias Químicas por el apoyo metodológico.

Referencias

- Akici, A., Aydin, V., & Kiroglu, A. (2018). Assessment of the association between drug disposal practices and drug use and storage behaviors. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 26(1), 7-13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2017.11.006>
- Bayen, S., Segovia Estrada, E., Juhel, G., Wei Kit, L., & Kelly, B. C. (2016). Pharmaceutically active compounds and endocrine disrupting chemicals in water, sediments and mollusks in mangrove ecosystems from Singapore. *Marine Pollution Bulletin*, 109(2), 716-722. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.105>
- Bean, T. G., Rattner, B. A., Lazarus, R. S., Day, D. D., Burket, S. R., Brooks, B. W., Haddad, S. P., & Bowerman, W. W. (2018). Pharmaceuticals in water, fish and osprey nestlings in Delaware River and Bay. *Environmental Pollution*, 232(1), 533-545. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.09.083>
- Bound, J. P., Kitsou, K., & Voulvoulis, N. (2006). Household disposal of pharmaceuticals and perception of risk to the environment. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 21(3), 301-307. doi: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2005.09.006>
- Castro-Pastrana, L., Baños-Medina, M. I., López-Luna, A., & Torres-García, B. L. (2015). Ecofarmacovigilancia en México: Perspectivas para su implementación. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 46(3), 16-40.
- Cipriano Anastasio, J. (2014). *Uso del hábitat por aves en el paisaje costero fragmentado en Tampamachoco, Tuxpan, Veracruz* (Tesis de Maestría). Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2006). *Sitios RAMSAR*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Recuperado el 12 de marzo de 2018 de <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1602>
- Comisión Nacional para la Biodiversidad (Conabio). (2017). *Listado de regiones terrestres prioritarias*. Recuperado el 29 de enero de 2018 de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_103.pdf
- Consejo de Salubridad General (CSG). (2016). *Cuadro básico y catálogo de medicamentos*. Comisión Interinstitucional del Cuadro Básico y Catálogo de Insumos del Sector Salud. Recuperado el 13 de agosto 2018 de http://www.csg.gob.mx/descargas/pdf/priorizacion/cuadro-basico/med/catalogo/2016/EDICION_2016_MEDICAMENTOS.pdf
- Consejo Nacional de la Población (CONAPO). (2010). *Índices de marginación urbana*. Recuperado el 08 de mayo 2018 de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/marginacion_urbana/AnexoA_2/Mapas/93_Tuxpam_de_Rodriguez_Cano.pdf
- Correia, A., & Marcano, L. (2016). Evaluación de las rutas de entrada de compuestos farmacéuticos de uso doméstico en el ambiente. Caso de estudio: Municipio Valencia, Estado Carabobo, Venezuela. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(1), 77-86.

- Daughton, C. G. (2013). Pharmaceuticals in the environment: Sources and their management. *Comprehensive Analytical Chemistry*, 62, 37-69. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62657-8.00002-1>
- Daughton, C. G., & Ternes, T. A. (1999). Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Agents of subtle change? *Environmental Health Perspectives*, 107(6), 907-938. doi: <https://dx.doi.org/10.1289%2Fehp.99107s6907>
- De la Cruz-Francisco, V., González-González, M., & Morales-Quijano, I. (2016). Inventario taxonómico de *Hydrozoa* (Orden: *Anthoathecata*) y *Anthozoa* (Subclases: *Hexacorallia* y *Octocorallia*) del Arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. *Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (Cicimar) Océanides*, 31(1), 23-34.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (7 de febrero de 1984). *Ley General de Salud*. Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión. Recuperado el 24 de mayo de 2018 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142_241218.pdf
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (30 de diciembre de 2010). NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Recuperado el 3 de noviembre de 2018 de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010&print=true
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (11 de septiembre de 1995). NOM-073-ECOL-1994. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de las industrias farmacéutica y farmoquímica. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Recuperado el 18 de marzo de 2018 de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4866259&fecha=11/01/1995
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (8 de octubre de 2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 02 de julio 2016 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir.htm>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (5 de junio de 2009). Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna, la región conocida como Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Recuperado el 24 de mayo 2018 de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5093566&fecha=05/06/2009
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (03 de marzo de 2011). NMX-AA-087-SCFI-2010. Análisis de agua-Evaluación de toxicidad aguda con *Daphnia magna*, Straus (Crustacea - Cladocera)-Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-087-SCFI-1995). Secretaría de Economía (SE). Recuperado el 05 de diciembre 2017 de http://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?cod_diario=235432&pagina=97&seccion=1
- Estrada-Arriaga, E. B., Mijaylova-Nacheva, P., Moeller-Chavez, G., Mantilla-Morales, G., Ramírez-Salinas, N., & Sánchez-Zarza, M. (2013). Presencia y tratamiento de compuestos disruptores endócrinos en aguas residuales de la Ciudad de México empleando un biorreactor con membranas sumergidas. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14(2), 275-284. doi: [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72242-X](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72242-X)
- Evgenidou, E. N., Konstantinou, I. K., & Lambropoulou, D. A. (2015). Occurrence and removal of transformation products of PPCPs and illicit drugs in wastewaters: A review. *Science of the Total Environment*, 505, 905-926. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.021>
- Félix-Cañedo, T. E., Durán-Álvarez, J. C., & Jiménez-Cisneros, B. (2013). The occurrence and distribution of a group of organic micropollutants in Mexico City's water sources. *Science of the Total Environment*, 454-455, 109-118. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.088>
- García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*, 2(8), 217-224. doi: [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72715-7](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72715-7)
- Gibson, R., Durán-Álvarez, J. C., León Estrada, K., Chávez, A., & Jiménez-Cisneros, B. (2010). Accumulation and leaching potential of some pharmaceuticals and potential endocrine disruptors in soils irrigated with wastewater in the Tula Valley, México. *Chemosphere*, 81(11), 1437-1445. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.09.006>
- Godoy, A. A., Kummrow, F., & Pamplin, P. A. Z. (2015). Occurrence, ecotoxicological effects and risk assessment of antihypertensive pharmaceutical residues in the aquatic environment - A review. *Chemosphere*, 138, 281-291. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.06.024>

- Gogoi, A., Mazumder, P., Kumar Tyagi, V., Tushara Chaminda, G. G., Kyoungjin An, A., & Kumar, M. (2018). Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: A review. *Groundwater for Sustainable Development*, 6, 169-180. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.12.009>
- González-Gándara, C., De la Cruz-Francisco, V., Salas-Pérez, J. J., & Domínguez-Barradas, C. (2012). Lista de los peces de Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Científica de la Universidad de Oriente (UDO) Agrícola*, 12(3), 675-689.
- Gao, H., Zhang, L., Lu, Z., He, C., Li, Q., & Na, G. (2018). Complex migration of antibiotic resistance in natural aquatic environments. *Environments Pollution*, 232, 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.078>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado el 21 de noviembre de 2017 de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/>
- Inostroza, P. A., Massei, R., Wild, R., Krauss, M., & Brack, W. (2017). Chemical activity and distribution of emerging pollutants: Insights from a multi-compartment analysis of a freshwater system. *Environmental Pollution*, 231(1), 339-347. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.015>
- Kümmerer, K. (2009). The presence of pharmaceuticals in the environment due to human use - present knowledge and future challenges. *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2354-2366. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.023>
- Le Page, G., Gunnarsson, L., Snape, J., & Tyler, C. R. (2017). Integrating human and environmental health in antibiotic risk assessment: A critical analysis of protection goals, species sensitivity and antimicrobial resistance. *Environment International*, 109(1), 155-169. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2017.09.013>
- Lucas, M. E., & De la Cruz-Francisco, V. (2018). Macroflora y macrofauna asociada a las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae), en la laguna Tampamachoco, Veracruz, México. *Revista colombiana de ciencia animal (RECIA)*, 10(1), 31-42. doi: <https://dx.doi.org/10.24188/recia.v10.n1.2018.629>
- Molins-Delgado, D., Gago-Ferrero, P., Díaz-Cruz, M. S., & Barceló, D. (2016). Single and joint ecotoxicity data estimation of organic UV filters and nanomaterials toward selected aquatic organisms. Urban groundwater risk assessment. *Environmental Research*, 145, 126-134. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2015.11.026>
- Morales-Martínez, I., Pech-Canché, J. M., Gutiérrez-Vivanco, J., Serrano, S. A., & Hernández-Hernández, V. H. (2018). Aves de Tuxpan, Veracruz, México: diversidad y complementariedad. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 19(2), 210-226. doi: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.2.345>
- Moreno-González, R., Rodríguez-Mozaz, S., Huerta, B., Barceló, D., & León, V. M. (2016). Do pharmaceuticals bioaccumulate in marine molluscs and fish from a coastal lagoon? *Environmental Research*, 146, 282-298. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.01.001>
- Noguera-Oviedo, K., & Aga, D. S. (2016). Lessons learned from more than two decades of research on emerging contaminants in the environment. *Journal of Hazardous Materials*, 316, 242-251. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.04.058>
- Novack, G. D., & Moyer, E. D. (2013). Where do unused medications go when they die? *The ocular surface*, 11(2), 139-142. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtos.2013.01.004>
- Orias, F., & Perrodin, Y. (2013). Characterisation of the ecotoxicity of hospital effluents: A review. *Science of the Total Environment*, 454-455, 250-276. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.064>
- Orozco-Hernández, L., Gutiérrez-Gómez, A. A., SanJuan-Reyes, N., Islas-Flores, H., García-Medina, S., Galar-Martínez, M., Dublán-García, O., Natividad, R., & Gómez-Oliván, L. M. (2018). 17β-Estradiol induces cytogenotoxicity on blood cells of common carp (*Cyprinus carpio*). *Chemosphere*, 191, 118-127. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.030>
- Pérez-Alvarez, I., Islas-Flores, H., Gómez-Oliván, L. M., Barceló, D., López de Alda, M., Pérez-Solsona, S., Sánchez-Aceves, L., SanJuan-Reyes, N., & Galar-Martínez, M. (2018). Determination of metals and pharmaceutical compounds released in hospital wastewater from Toluca, Mexico, and evaluation on their toxic impact. *Environmental Pollution*, 240, 330-341. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.116>
- Quijano-Prieto, D. M., Orozco-Díaz, J. G., & Holguín-Hernández, E. (2016). Conocimientos y prácticas de pacientes sobre disposición de medicamentos no consumidos. Aproximación a la ecofarmacovigilancia. *Revista de Salud Pública*, 18(1), 61-71. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n1.44262>

- Rivera-Jaimes, J. A., Postigo, C., Melgoza-Alemán, R. M., Aceña, J., Barceló, D., & López de Alda, M. (2018). Study of pharmaceuticals in surface and wastewater from Cuernavaca, Morelos, México: Occurrence and environmental risk assessment. *Science of the Total Environment*, 613-614, 1263-1274. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.134>
- Robledo Zacarías, V. H., Velázquez Machuca, M. A., Montañez Soto, J. L., Pimentel Equihua, J. L., Vallejo Cardona, A. A., López Calvillo, M. D., & Venegas González, J. (2017). Hidroquímica y contaminantes emergentes en aguas residuales urbano industriales de Morelia, Michoacán, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(2), 221-235. doi: <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.04>
- Secretaría de Economía (SE) (2013). *Industria farmacéutica*. Recuperado el 25 de octubre de 2018 de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62881/130820_DS_Farmaceutica_ESP.pdf
- Zhang, R., Zhang, R., Yu, K., Wang, Y., Huang, X., Pei, J., Wei, C., Pan, Z., Qin, Z., & Zhang, G. (2018). Occurrence, sources and transport of antibiotics in the surface water of coral reef regions in the South China Sea: Potential risk to coral growth. *Environmental Pollution*, 232, 450-457. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.09.064>
- Sangion, A., & Gramatica, P. (2016). Hazard of pharmaceuticals for aquatic environment: Prioritization by structural approaches and prediction of ecotoxicity. *Environmental International*, 95, 131-143. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2016.08.008>
- SanJuan-Reyes, N., Gómez-Oliván, L. M., Galár-Martínez, M., García-Medina, S., Islas-Flores, H., González-González, E. D., Cardoso-Vera, J. D., & Jiménez-Vargas, J. M. (2015). NSAID-manufacturing plant effluent induces geno and cytotoxicity in common carp (*Cyprinus carpio*). *Science of the Total Environment*, 530-531, 1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.088>
- Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases y Medicamentos (SINGREM). (2017). *Aspectos Legales Sobresalientes y de Responsabilidad Social para el Manejo Integral de Residuos de Medicamentos*. Recuperado el 13 de abril de 2018 de <http://www.singrem.org.mx/marcoLegal.html>
- Tejada, C., Quiñonez, E., & Peña, M. (2014). Contaminantes emergentes en aguas: Metabolitos de fármacos. Una revisión. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 80-101. doi: <https://doi.org/10.18359/rfcb.341>
- Uy, A. M., & Palacpac, J. B. (2016). Perceptions on the risk and management of pharmaceutical toward the creation of guidelines on handling and disposal. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 11(1), 95. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajps.2015.11.120>
- Vatovec, C., Wagoner, E. V., & Evans, C. (2017). Investigating sources of pharmaceutical pollution: Survey of over-the-counter and prescription medication purchasing, use and disposal practices among university students. *Journal of Environmental Management*, 198(1), 348-352. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.101>
- Vellinga, A., Cormican, S., Driscoll, J., Furey, M., O'Sullivan, M., & Cormican, M. (2014). Public practice regarding disposal of unused medicines in Ireland. *Science of the Total Environment*, 478, 98-102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.085>