

**Impacto en la salud humana de los desechos provenientes en hospitales
y posibles estrategias de manejo**
*Impact on human health of waste from hospitals and possible
management strategies*

Edgar-Edurman García-Silvera¹, Isabel Cristina Meléndez-Mogollón², Rosa Inés Barahona-Naranjo³, Arellys Rebeca Álvarez-González⁴.

¹ *PhD. en Ciencias Naturales. Docente Investigador del Instituto Superior Tecnológico Libertad. Quito – Ecuador. <https://orcid.org/0000-0001-8116-8427> eeagarcia2@itslibertad.edu.ec*

² *Máster en Gestión de la Seguridad Clínica del Paciente y Calidad de la Atención Sanitaria. Docente Investigadora del Instituto Superior Tecnológico Libertad. Quito – Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-9030-8935> icmelendez@itslibertad.edu.ec*

³ *Doctora en Ciencias de la Educación. Coordinadora de Vinculación. Instituto Superior Tecnológico Libertad. Quito – Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-9081-539>. ribarahona@itslibertad.edu.ec*

⁴ *Doctora en Ciencias Pedagógicas. Coordinadora Comisión de Creación, Rediseño y Acreditación de Carreras del Instituto Superior Tecnológico Libertad. Quito – Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-4209-2703>. arelys.alvarez@itslibertad.edu.ec*

Resumen: El artículo presenta una revisión teórica que tuvo como objetivo describir el impacto de los desechos hospitalarios en la salud humana, como fenómeno de la dinámica social actual frente a la automedicación y medicalización de los procesos vitales. La metodología empleada fue una búsqueda documental en motores de gestión bibliográfica convencionales, logrando sintetizar 58 fuentes de referencia. Los principales hallazgos fueron el impacto ambiental de desechos biomédicos y su incidencia en la salud humana; asimismo, se presenta una aproximación a los métodos de tratamiento y las estrategias de manejo de desechos hospitalarios.

Palabras claves: *residuos biomédicos, hospitales, impacto ambiental, compuestos emergentes.*

Abstract: The article presents a theoretical review that aimed to describe the impact of hospital waste on human health, as a phenomenon of current social dynamics against self-medication and medicalization of vital processes. The methodology used was a documentary search in conventional bibliographic management engines, managing to synthesize 58 reference sources. The main findings of the environmental impact of biomedical wastes and their impact on human health, also, an approach to the treatment methods of hospital waste and management strategies is presented.

Keyword: *biomedical waste, hospitals, environmental impact, emerging compounds.*

Introducción

Uno de los grandes retos que se enfrenta la humanidad es la disposición de residuos sean sólidos y/o líquidos. La urbanización ha conllevado a generar grandes volúmenes de desechos; se estima que el 80 % de la población mundial vive en ciudades y pueblos (Barik, 2019). Esta alta densidad poblacional resulta en una demanda elevada de alimentos, energía, agua y otros recursos, incluidos los productos químicos, que luego se concentran en estas regiones urbanas (UNESCO, 2015).

El manejo inapropiado de los desechos trae consigo efectos nocivos para la salud, en especial los que provienen de hospitales y clínicas, bancos de sangre, casas de ancianos, centros de autopsias, entre otros; pues son potencialmente peligrosos, ya que pueden propagar enfermedades debido a la naturaleza infecciosa de los desechos y / o causar lesiones a través de la mala gestión de los residuos biomédicos (Escalona, 2014). Se estima que el 15 % de los residuos generados por el sector de salud son potencialmente peligrosos para la salud humana, entre los cuales se encuentran desechos infecciosos, químicos o radioactivos (WHO, 2018).

Los desechos médicos están clasificados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2004) como: "desechos que se generan en el diagnóstico, tratamiento o inmunización de seres humanos o animales". Por otra parte, el consumo de medicamentos no garantiza su total biotransformación a través de los sistemas biológicos, al contrario, el proceso de farmacocinética propende a alteraciones ambientales o bioacumulación en algunos de los niveles de la cadena trófica.

Los métodos tradicionales para manejar estos residuales son el relleno sanitario, incineración, los cuales han sido sometidos a fuertes regulaciones por el impacto ambiental negativo que pueden generar (Cieślik et al., 2015; Joo et al., 2015).

En la actualidad, existen otros métodos alternativos que el presente trabajo explorará. Esta revisión discute el impacto ambiental y salud de los desechos en hospitales, así como da una panorámica del estado de arte de métodos de tratamiento de los desechos; esto con el propósito de describir el impacto de los desechos hospitalarios en la salud humana. En tal efecto, expone recomendaciones para futuras investigaciones.

Metodología

El estudio se desarrolló como una revisión teórica descriptiva, a través de una búsqueda rigurosa en los motores de gestión bibliográfica convencionales (Live Search Academic, Inputs y Google Scholar). Se seleccionaron 58 fuentes de referencia constituidas por libros, revistas, materiales obtenidos de páginas web, entre otras. Se aplicaron como filtros para facilitar la búsqueda que la información se ubicara en los últimos diez años de publicación, que se categorizara como una información científica y las palabras clave "salud humana", "desechos", "desechos residuales", "desechos hospitalarios", "fármaco vigilancia", "ecofarmacia", "impacto ambiental" y "compuestos emergentes". Los operadores booleanos utilizados fueron "AND", "OR" y "NOT". La información se estructuró de acuerdo con el criterio de los autores como respuesta al propósito del estudio por medio de la aplicación de los métodos deductivo-inductivo, histórico-lógico y analítico-sintético.

Resultados y Discusión

Impacto ambiental de desechos biomédicos y su incidencia en la salud humana

Los desechos biomédicos se definen como los residuos generados durante las actividades de diagnóstico, tratamiento o inmunización de seres humanos o animales en

actividades de investigación o en la producción o prueba de sustancias biológicas. Existen múltiples clasificaciones. En la figura 1 se muestra la clasificación de estos.

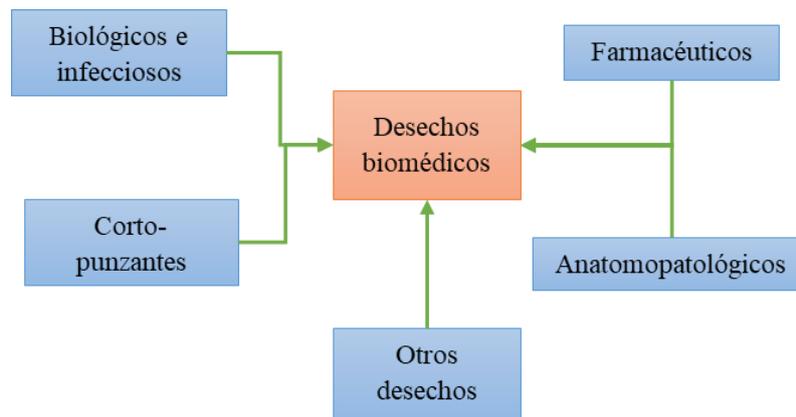


Figura 1. Clasificación de los desechos.
Fuente: Elaboración propia de los autores (2019).

Como se muestra en la figura 1, los desechos biomédicos se pueden clasificar en cinco tipos. Los biólogos e infecciosos, que son materiales usados en la atención al paciente, que pueda estar contaminado con sangre o fluidos corporales. En el caso de los cortopunzantes presentan características punzantes y cortantes que a la misma vez puedan estar contaminados con agentes infecciosos. Otra fuente de desechos son los órganos, tejidos, que se incluyen en los residuos anatomopatológicos.

Los farmacéuticos entre ellos se encuentran los citotóxicos, tales como sustancias químicas genotóxicas, citostáticas e inmunomoduladoras, incluyendo los insumos utilizados para su administración, debido a que representan alto riesgo para la salud por sus propiedades mutagénicas y carcinogénicas. Y, por último, están los residuos con características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables y radioactivas que representan un riesgo notable para la salud humana y el medio ambiente. En la tabla 1 se exponen las fuentes de desechos por áreas en los hospitales.

Los residuos generados en los hospitales son diversos en cuanto a su estado físico (sólidos, líquidos o gaseosos), clasificación de residuos, considerados en la figura 1. Estos pueden ser desde *muy peligrosos* hasta *no peligrosos* para la salud humana y medioambiental. De aquí la importancia de tener bien identificados los residuos que se generen en cada área de salud y tener un plan de acción en caso de accidentes.

La figura muestra que en la mayoría de las áreas del hospital donde existe una relación directa con los pacientes están presentes los cinco tipos de residuos. La tendencia es que la producción de desechos médicos en el mundo se incremente rápidamente debido a un mejor acceso a los servicios médicos, que permiten que un número cada vez mayor de personas reciban atención médica moderna sea en países desarrollados como subdesarrollados, aspecto muy ligado con la globalización.

Por otra parte, los dispositivos médicos de uso múltiple y los dispositivos médicos más seguros y de un solo uso, se suman al incremento de desechos médicos que requieren una eliminación segura. En la figura 2 se ilustran las diferentes vías que los residuos biomédicos podrían llegar a la cadena alimenticia del hombre (Ver la tabla 1).

Tabla 1. Residuos generados por áreas en hospitales.

Áreas del hospital	RESIDUOS				
	Biológico e Infeccioso	Cortopunzante	Farmacéuticos	Anatomo-patológicos	Otros residuos
Cuidados intensivos	Vendajes, gasas y algodón contaminados con sangre o fluidos corporales; Guantes y mascarillas contaminados con sangre o fluidos corporales.	Agujas, Bisturí, Cuchillas Ampollas, jeringuillas	Termómetros rotos y medidores de presión arterial, medicamentos derramados, desinfectantes usados	Fluidos corporales	Envases, restos de alimentos, papel, flores, frascos salinos vacíos, pañales sin sangre, tubos y bolsas intravenosas sin sangre
Laboratorio	Sangre y fluidos corporales, cultivos microbiológicos, tejidos, tubos y recipientes contaminados con sangre o fluidos corporales	Material de vidrio Cajas Petri, buretas, erlenmeyers, pipetas	Medicamentos derramados, desinfectantes usados metanol, cloruro de metileno y otros disolventes; termómetros de laboratorio rotos	Tejidos, partes del cuerpo fluidos corporales	Embalajes, papel, envases plásticos, derramamiento de soluciones como bases y ácidos.
Sala de operaciones	Sangre y otros fluidos corporales; recipientes de succión; batas, guantes, mascarillas, gasas y otros desechos contaminados con sangre y fluidos corporales;	Agujas, Bisturí, Cuchillas Ampollas	medicamentos derramados, desinfectantes usados, residuos de gases anestésicos	Tejidos, órganos, partes del cuerpo fluidos corporales	Embalaje; batas, guantes, máscaras, sombreros y fundas para zapatos que no estén contaminados
Farmacia	-	-	Drogas y medicamentos expirados	-	Embalaje, papel, envase vacío.
Radiología	-	-	Plata, soluciones de fijación y revelado; ácido acético;	-	Embalaje, papel
Sala de diálisis	Vendajes, gasas y algodón contaminados con sangre o	Jeringuillas, agujas	Termómetros rotos y medidores de presión arterial, medicamentos	Fluidos corporales	Embalaje, papel

	fluidos corporales; orina contaminados		derramados, desinfectantes usados		
Sala de quimioterapia	Residuos de quimioterapia; viales, guantes y otros materiales contaminados con agentes citotóxicos; excrementos y orina contaminados	Agujas, Bisturí, Cuchillas Ampollas	Medicamentos derramados, desinfectantes usados	Fluidos corporales	Embalaje, papel
Comedor	Restos de comida; embalaje	Cuchillos, material de vidrio	-	-	Embalaje
Sistema de Ingeniería	-	Equipos, herramientas	Disolventes usados en el mantenimiento	-	Disolventes de limpieza, aceites, lubricantes, diluyentes Embalajes, residuos de madera, metal.

Fuente: Escalona, E. 2014; Gagné, F., Blaise, C., Fournier, M., Hansen, P.D. (2006); Hassan Taghipour, Mina Alizadeh , Reza Dehghanzadeh , Mohammad Reza Farshchian, Mohammad Ganbari, Mohammad Shakerkhatibi. (2016); Manish Kumar; Anindita Gogoi; Deepa Kumari; Rinkumoni Borah; Pallavi Das; Payal Mazumder; and Vinay Kumar Tyagi. (2017); Muhammad B. Asif a, Faisal I. Hai a, Lakhveer Singh b, William E. Price c, Long D. Nghiem. (2017). Elaboración propia de los autores (2019).

Por otro lado, existen diferentes rutas que el hombre puede exponerse a residuos biomédicos. Las plantas de tratamiento de aguas residuales (Dauhgton y Ternes, 1999), y la lixiviación de vertederos son dos fuentes potenciales. Los residuos biomédicos generalmente no se eliminan de manera consistente durante los procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales por lo que han sido detectados en aguas superficiales en concentraciones que van desde ng / L hasta mg / L (Chen et al., 2013).

Otra vía importante es la absorción de residuos biomédicos por personas que consumen medicamentos. Una vez realizado el uso terapéutico de la medicina, esta se excreta y se libera en el sistema de alcantarillado o tanque séptico. Por otra parte, el destino del tratamiento de las aguas residuales, pueden ser los biosólidos (lodos tratados) potencialmente aplicados como fertilizantes a las tierras agrícolas (Yang, 2015

Después del tratamiento, los lodos se depositan en el suelo como fertilizantes, y los efluentes líquidos que cumplen las normas de calidad establecidas pueden ser descargados directamente en estuarios de agua dulce. Otra vía es a través de las aguas subterráneas mediante la lixiviación del suelo, lo que representa un riesgo potencial para el agua potable. Las plantas de incineración son otra fuente de contaminación. La incineración de biosólidos produce significantes cantidades de dioxinas, furanos, cenizas, elementos nocivos para la salud humana y animal (Ver la figura 2).

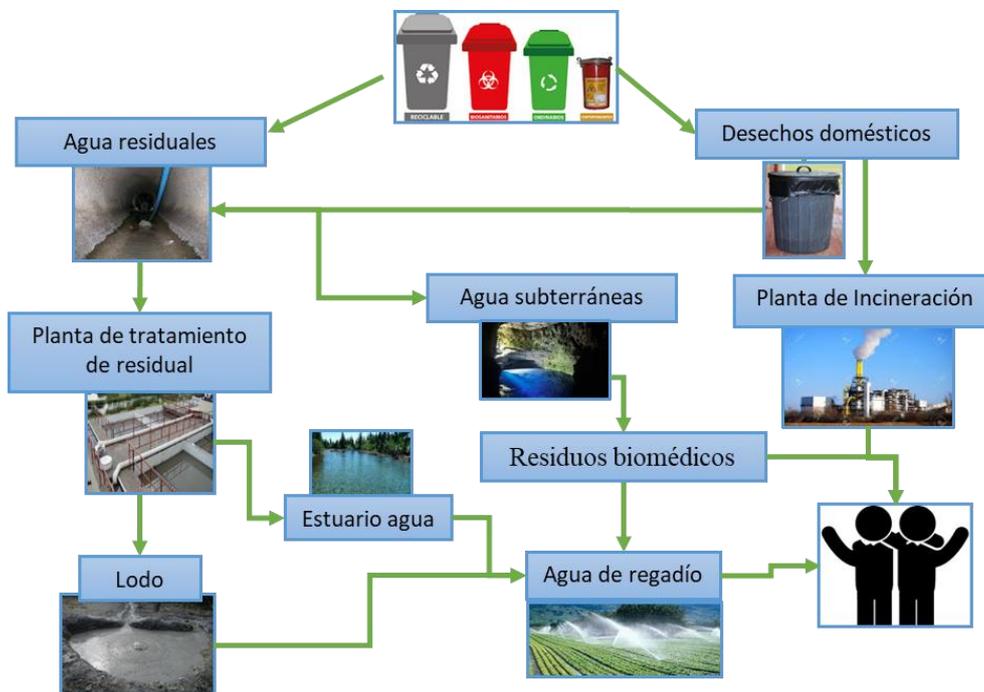


Figura 2. Diferentes vías de exposición del hombre a residuos biomédicos.
Elaboración propia de los autores (2019).

En la tabla 2 se muestran distintos desechos que se generan en los hospitales y su posible implicación en la salud humana. Estos pueden ser de origen biológicos y químicos.

Los desechos biológicos generan residuos infecciosos, las cuales pueden contener sustancias genotóxicas o radiactivas. Los riesgos microbiológicos potenciales asociados con los residuos clínicos causan enfermedades de acuerdo con la exposición de estos residuos sean por bacterias y/o virus (Tabla 2), los agentes infecciosos pueden contagiar a través de varias rutas, incluyendo la penetración cutánea, contacto con la piel o por vía aerogénica.

Tabla 2. Efecto en la salud humana y biota de los desechos generados en hospitales

Microorganismos y elementos químicos que causan enfermedades	Familia	Efecto de la enfermedad	Desechos donde se puede hospedar la enfermedad	Referencias
Bacterias	<i>Pseudomonas</i>	Infecciones oculares	Secreciones oculares	Watson et al. (2018) doi: 10.18773/austprescr.2018.016
	<i>Campylobacter</i>	Infecciones gastrointestinales	Heces y/o vómito	www.biomerieux.es
	<i>Neisseria meningitidis</i>	Meningitis	Fluido cerebroespinal	Whittaker et al. (2017) doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.03.007
	<i>Clostridium (Clostridium difficile)</i>	Infecciones gastrointestinales	Heces y/o vómito	www.biomerieux.es
	<i>Streptococcus spp</i>	Infecciones de la piel	Pus	Wang et al. (2018) doi.org/10.1038/s41522-018-0060-7
	<i>Escherichia coli</i>	Infecciones gastrointestinales	Heces y/o vómito	www.biomerieux.es
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Infecciones gastrointestinales	Heces y/o vómito	www.biomerieux.es
	<i>Salmonella y Shigella</i>	Infecciones gastrointestinales	Heces y/o vómito	www.biomerieux.es

	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Infecciones gastrointestinales	Heces y/o vómito	www.biomerieux.es
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Infecciones respiratorias	Salivas, secreciones inhaladas	Chen et al., 2018 doi.org/10.1007/s11427-017-9243-0
Virus	Adenovirus	Infecciones gastrointestinales	Heces y/o vómito	www.biomerieux.es
	Rotavirus	Infecciones gastrointestinales	Heces y/o vómito	www.biomerieux.es
	Herpesvirus	Infecciones oculares	Secreciones oculares	Watson et al. (2018) doi: 10.18773/austprescr.2018.016
	Inmunodeficiencia adquirida	Sida	Sangre, secreciones sexuales, fluidos corporales	Lebrette y Amiel (2018) DOI: 10.1684/mte.2018.0698
	Hepatovirus	Hepatitis A	Heces	https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hepatitis-a
		Hepatitis B	Sangre y fluidos corporales	https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/hepatitis-b
Fenoles	Carcinogénico	Soluciones de lavado de procesos, fugas, derrames	Abdel-Shafy y Mansour (2015)	

Compuestos químicos		Hg (altamente tóxico incide sobre el sistema nervioso)	Desechos incinerados de hospitales	Adama et al., 2016 dx.doi.org/10.1155/2016/8926453
	Metales pesados	Pb (tóxico incide sobre el sistema reproductivo)		El-Kady y Abdel-Wahhab. (2018) DOI: 10.1016/j.tifs.2018.03.001
		Cr (induce mutaciones genómicas)		www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-human-health-criteria-table
	Detergentes (SDS)	Producen efectos negativos para la salud, que van desde la irritación de la piel y la garganta hasta la carcinogenicidad.	Soluciones de limpieza	Kumar et al. (2014)
	Anti-inflamatorio (Naproxeno, ibuprofeno, diclofenaco, ácido salicílico)	Efecto adverso en la biota, reducen la peroxidación lipídica	Residuales líquidos o sólidos	Gagné et al. (2006)
	Analgésicos (paracetamol)	afectación en el desarrollo del cerebro fetal		Liew et al. (2014)

Compuestos farmacéuticos	Antibióticos (Siprofloxacina, Eritromicina)	Pueden contribuir a la prevalencia de la resistencia a los antibióticos en especies bacterianas presentes en los efluentes de aguas residuales y aguas superficiales	Residuales líquidos o sólidos	Li et al. (2009)
	Antihipertensivos (B-bloqueadores, Atenolol)	Presentan efectos nocivos en peces, algas e invertebrados. Pertenece a los Compuestos Disruptivos Endocrinos afectan tanto los niveles de testosterona libres como los totales. en organismos masculinos	Residuales líquidos o sólidos	Maszkowska et al. (2014)
	Drogas psiquiatras (Diazepan, carbamazepina)	Induce efectos biológicos en organismos acuáticos (peces y conchas), inhibición de la reproducción y el desarrollo fisiológico.	Residuales líquidos o sólidos	Hazelton et al. (2014); Zenker et al. (2014); Silva et al., (2015)

	17b-Estradiol (estrógeno), androsterona(androgeño);	Desarrollo de testículos o gónadas intersexuales en hembras en ranas (<i>Rana rugosa</i>)	Residuales líquidos o sólidos	Ohtani et al. (2003)
	Norentridona y progesterona	Inhiben la vitolegénesis en Ranas (<i>Xenopus tropicalis</i>)	Residuales líquidos o sólidos	Safholm et al. (2014)
	Levonogestrel (Progestina)	Las hembras eran estériles en la madurez sexual en (<i>Xenopus tropicalis</i>)		Kvarnryd et al. (2011)
Hormonas	17a-Etinilestradiol (estrógeno sintético)	Espermatogénesis deteriorada en ranas (<i>Xenopus tropicalis</i>)		Gyllenhammar et al. (2009)
	17b-Estradiol(E2); (estrogéno)	Reducción del crecimiento y función inmune en polluelos.	Residuales líquidos o sólidos	Markman et al. (2011)

Bisfenol A	Posibles vínculos entre la exposición a BPA y la hiperplasia endometrial compleja y el cáncer endometrial	Residuales líquidos o sólidos	Hiroi et al. (2004)
β -sitosterol	Alteración del equilibrio hormonal y desarrollo de los órganos sexuales		Ryokkynen et al. (2006)

Elaboración propia de los autores (2019).

Los productos químicos son una parte esencial del sistema de atención médica, ya que ofrecen las herramientas con las que se diagnostica, previene enfermedades lo que hace inevitable que la gama de productos químicos utilizados en la atención de la salud se libere al medio ambiente natural en diferentes etapas de su ciclo de vida, se incluyen aquellos que pueden ser generados no directamente del tratamiento de pacientes, sino de actividades complementarias y operativas que necesita los hospitales para su correcto funcionamiento.

Los fenoles que puede ser un desecho de productos de limpieza y de equipos en un hospital se ha incluido en una lista de los 20 principales productos químicos que probablemente representan el mayor riesgo de estar involucrado en un incidente de SNP (sustancia peligrosa y nociva) (Duan et al., 2018).

En el caso de la contaminación por metales es un problema generalizado. De hecho, en los países industrialmente desarrollados, es normal encontrar niveles elevados de metales en el medio ambiente, causando serios problemas de salud (Kumar et al., 2017).

Los metales pesados presentan un gran riesgo para el ecosistema por el proceso de bioacumulación y biomagnificaciones en diferentes niveles tróficos. Zhu et al. (2015) han reportado concentraciones de metales pesados en peces que fueron significantes. Respecto a los detergentes, estos pueden causar efectos perjudiciales en humanos y animales. Estos efectos dañinos dependen de la intensidad de las concentraciones de detergente y la duración de la exposición. El SDS, por ejemplo, se ha reportado que puede algunas personas causar irritación respiratoria, dificultad para respirar y daño al pulmón (Kumar et al., 2017).

Por otra parte, los productos farmacéuticos y hormonas se consideran contaminantes emergentes, los cuales existe poca información sobre el riesgo que representan para el medio ambiente y la salud humana. Estos compuestos emergentes se pueden encontrar en los ecosistemas naturales: sus tasas de degradación son menores que sus tasas de introducción en el medio ambiente acuático y, por lo tanto, se consideran contaminantes pseudo-persistentes (Daughton, 2002).

Hasta la fecha se han reportado más de 200 productos farmacéuticos diferentes solo en aguas de ríos en todo el mundo, con concentraciones de hasta un máximo de 6.5 mg/L (Hughes et al., 2013). La degradación en el medio ambiente de un fármaco puede ser químicamente sea por hidrólisis (en el medio acuoso) o por fotólisis (en la atmósfera), o biológicamente como biodegradación aerobia o anaerobia llevada a cabo por microorganismos. Estos procesos confieren una vida media ambiental determinada a cada fármaco, indicando de esta forma la estabilidad de la sustancia en el ambiente (persistencia) (Chitescu et al., 2012; Sabourin et al., 2012; Liu et al., 2014).

En consecuencia, cuanto más persistente sea una sustancia, mayor será su peligrosidad, ya que aumentan las probabilidades de que se modifique su interacción con en el ambiente y con los seres vivos antes de degradarse.

Se ha reportado que estos compuestos farmacéuticos son activos son capaces de alterar el comportamiento en concentraciones subletales con la biota. Diversos grupos de productos farmacéuticos pueden alterar el comportamiento de los peces y producir resultados adversos en concentraciones cercanas o inferiores a las que se han detectado en el ambiente teniendo implicaciones importantes en las poblaciones amenazantes y, por lo tanto, en la integridad del ecosistema. (Brodin et al., 2013; Dzieweczynski y Hebert, 2013).

Uno de los aspectos de mayor preocupación concerniente a los compuestos emergentes (farmacéuticos), es que fueron diseñados específicamente para maximizar su actividad biológica en dosis bajas y para atacar ciertos mecanismos metabólicos, enzimáticos o de

señalización celular. Esto podría propiciar la posibilidad de que estos productos farmacéuticos sean farmacológicamente activos en organismos no específicos en toda la biota acuática, la cual está expuesta a los productos farmacéuticos en su entorno natural, lo que aumenta el riesgo de efectos ecotoxicológicos (Fabbri et al., 2016).

La toxicidad en organismos vivos ha sido regulada en la normatividad europea. La clasificación de sustancias con base en su categoría de riesgo es de acuerdo a su concentración letal 50 (CL50) en organismos acuáticos. Compuestos con una CL50 menor a 1 mg/L se clasifican como tóxicos, aquellos con CL50 entre 1 y 10 mg/L son extremadamente tóxicos y los valores de CL50 entre 10 y 100 mg/L corresponden a sustancias catalogadas como peligrosas (CEC, 1996).

Otras propiedades fisicoquímicas de interés en un fármaco son su solubilidad en agua, su coeficiente de partición n-octanol/agua (log Kow), su presión de vapor y su coeficiente de adsorción (Koc). Estas propiedades influyen en la distribución y desplazamiento que tenga un fármaco en y entre los diferentes compartimentos ambientales (partición o movilidad ambiental). Los fármacos con una elevada solubilidad en agua no se acumulan en el suelo ni en la biota debido a su alta polaridad.

Por el contrario, fármacos con altos valores de Kow la probabilidad de adsorberse en suelos y de acumularse en organismos vivos es alta, considerándose muy peligrosos, ejemplo el ibuprofeno, naproxeno, diclofenaco presentan valores de 3.97, 3.18 y 4. 51, respectivamente (Pastrana-castro et al., 2015). Asimismo, una sustancia con un valor elevado de Koc, es muy probable a adsorberse en el suelo y por ende tendrá un alto potencial para contaminar las aguas superficiales. (Zhao et al, 2014; Liu et al., 2015).

Ciertos fármacos poseen una función endocrina, es decir, que pueden afectar al sistema hormonal. Algunos ejemplos de estos fármacos son los anticonceptivos, los tratamientos contra el cáncer, medicamentos para enfermedades de tiroides y del sistema nervioso y numerosos medicamentos veterinarios. Se ha demostrado que algunos fármacos de alteración endocrina tienen efectos adversos para la flora y la fauna en concentraciones muy bajas.

Los estrógenos sintéticos, como el EE2, se usan como anticonceptivos orales. La EE2 no metabolizada y sus conjugados se excretan en aguas residuales. Debido a su remoción incompleta durante el proceso de tratamiento de desechos, los estrógenos sintéticos y naturales son considerados como los principales contribuyentes a la actividad estrogénica asociada con los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los efectos aún no son comprendidos en su totalidad, sin embargo, muchos de estos modulan el sistema endocrino y el sistema inmune, indicando su potencialidad sobre la homeostasis de los organismos acuáticos (Na et al., 2013).

Métodos de tratamiento estrategias de manejo de desechos hospitalarios.

De acuerdo con el análisis realizado en los apartados anteriores el tratamiento y la eliminación de los desechos sanitarios pueden plantear riesgos para la salud directa o indirectamente a través de la liberación de patógenos y contaminantes tóxicos en el medio ambiente. En la figura 3 se muestra las tecnologías que se emplean para el manejo de desechos.

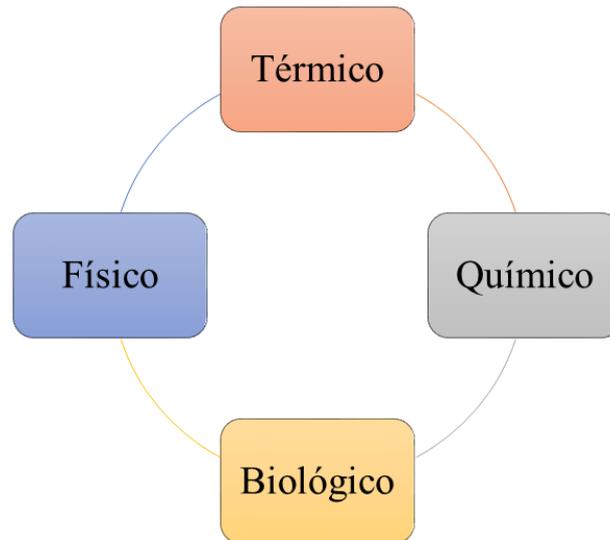


Figura 3. Diferentes Tratamientos de residuos hospitalarios.
Elaboración propia de los autores (2019).

En el proceso térmico, las dos variantes más empleadas son la incineración y la esterilización. La incineración es un proceso de oxidación seca de alta temperatura (850 a 1100 ° C) que reduce los desechos orgánicos y combustibles a materias inorgánicas, y produce una reducción muy significativa del volumen y peso de los desechos. La desventaja de este método es que genera dioxinas y furanos (Verma, 2016). Estos compuestos son bioacumulables y son altamente tóxicos. Pueden causar problemas reproductivos y de desarrollo, dañar el sistema inmunológico, interferir con las hormonas y también causar lesiones (Ping-Yi et al., 2018)

Las autoclaves tienen un rango de temperatura de 50-250 °C, pero funcionan a 160 °C como la temperatura óptima para matar las bacterias. La autoclave de los residuos clínicos se considera una tecnología alternativa del incinerador, pero se considera un método más costoso que la incineración. No puede manejar grandes cantidades de residuos peligrosos. Además, la esterilización no puede tratar una variedad de sustancias químicas y peligrosas, como los desechos del tratamiento de quimioterapia, el mercurio, los compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles, los desechos radiactivos y otros desechos químicos peligrosos. A través de este método ocurre una reducción de volumen (Windfeld y Brooks, 2015).

En el caso de los tratamientos químicos utilizan desinfectantes químicos para destruir los patógenos en los desechos. La eficacia de la inactivación microbiana depende del tipo de desinfectante químico, su concentración, la capacidad de exponer todas las superficies y el tiempo de contacto, pero también puede verse afectada por, la variación de temperatura, pH, la dureza del agua y la cantidad de carga orgánica en los residuos (Taghipour et al., 2016)

Otras de las estrategias para el manejo de residuos biomédicos son los biológicos. Los residuos hospitalarios pueden ser recalcitrantes y una de las promisorias alternativas es a través del tratamiento con hongos ligninolíticos o enzimas fúngicas aisladas para la biodegradación de estos compuestos. Las principales enzimas son las ligninas peroxidadas (LiP, E.C.1.11.1.14), las manganeso-peroxidadas (MnP, E.C.1.11.1.13), las versátiles peroxidadas (VP, E.C.1.11.1.16) y las lacasas (Lac, E.C.1.10.3.2). Estas enzimas son esenciales para la degradación incluso si la mineralización de este polímero recíproco requiere la combinación de su acción con otros procesos que incluyen enzimas adicionales (Asif et al., 2017).

Dentro de los métodos biológicos también pueden emplearse lodos activados, lagunas aerobias, procesos de digestión anaeróbica.

El procesamiento físico-mecánico los residuos pueden ser a través de varias operaciones unitarias, como la centrifugación, sedimentación, floculación, evaporación, diálisis, filtración.

Generalmente, en una planta de procesamiento de residuos este procedimiento es de las primeras etapas iniciales. Estos pueden procesar tanto desechos sólidos como líquidos. Las estrategias del manejo de residuos hospitalarios es una tarea de todo el personal que trabaja en la institución, aspectos como que el administrador debe tener un plan de contingencia saber quién supervisará en cada área, las asignaciones financieras y humanas. Asegurar las existencias de bolsas, recipientes y contenedores, equipo de protección personal estén disponibles de forma permanente.

Capacitar al personal de atención en la gestión de residuos y en los posibles riesgos para la salud de los desechos médicos y su eliminación. Procedimientos de monitoreo, clasificación, recolección, almacenamiento y transporte en las diferentes salas. Seguimiento de las medidas de protección. Supervisar la higiene del hospital y tomar medidas para controlar la infección.

El jefe farmacéutico es el responsable de controlar y contabilizar las existencias de medicamentos y minimizar las existencias vencidas. Gestionar los residuos que contienen mercurio.

Por su parte el jefe de laboratorio debe gestionar y verificar el stock de productos químicos y minimizar los desechos químicos.

Nichos de investigación

a). Es necesario profundizar en la simbiosis que se pueden generar de los diferentes residuos biomédicos en el medio ambiente, debido a algunas mezclas producen una mayor bioacumulación (Ding et al., 2016).

b). La estandarización de métodos analíticos y de normas internacionales en cuanto a la concentración mínima permisible en estuario que afecta la biota y la salud humana.

c). Se debe desarrollar metodologías y procedimientos patrones de operación en las tecnologías "ómicas" que incluyen metabolómica, transcriptómica y proteómica como herramientas valiosas para evaluar los efectos subletales en los organismos acuáticos. externos o internos.

Conclusiones

El ritmo de vida y el desarrollo de la dinámica social conllevan cada día más al consumo de medicamentos, lo que repercute en un incremento de contaminación ambiental por desechos biomédicos. Este problema atañe a toda la sociedad, exacerbando esta problemática con el tiempo, a pesar de que existen lagunas de conocimiento es una necesidad global emergente.

El esfuerzo gubernamental y la sociedad deben establecer políticas regulatorias e iniciativas científicas-técnicas en hospitales, industrias, centros relacionados con la salud y en los hogares para revertir o mitigar el impacto ambiental que está causando la nueva sociedad medicalizada.

La revisión de datos presentados demuestra la importancia de cuantificar los residuos biomédicos en el medio ambiente, la caracterización de las propiedades físicas-químicas para de esta forma correlacionarlos con sus propiedades y posible efecto en la biota. También se discutió posibles estrategias de manejo y los retos que se enfrenta este campo de investigación siendo un nicho de investigación actual.

Referencias

- Adama M., Esena R., Fosu-Mensah. B, and Yirenya-Tawiah D. (2016). Heavy Metal Contamination of Soils around a Hospital Waste Incinerator Bottom Ash Dumps Site. *Journal of Environmental and Public Health* Volume 2016, Article ID 8926453. [dx.doi.org/10.1155/2016/8926453](https://doi.org/10.1155/2016/8926453)
- Abdel-Shafy Hussein I., Mansour Mona S.M. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum* 25, 107–123. [dx.doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.03.011](https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.03.011)
- Barik Debabrata (2019). Economic Factors for Toxic Waste Management. Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generación. Chapter 12 p 195-203 doi.org/10.1016/B978-0-08-102528-4.00012-2
- Brodin, T., Fick, J., Jonsson, M., Klaminder, J., (2013). Dilute concentrations of a psychiatric drug alter behavior of fish from natural populations. *Science* 339, 814–815.
- Daughton C.G., Ternes T.A. (1999). Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? *Environ. Health Perspect.* 107. 907e938.
- Chen Haixia, Li He, Chao Cai, Jingyi Liu, Junnan Jia, Liang Ma, Hairong Huang, Lixia Wang, Xumin Ni, Jimin Gao y Weimin Li. (2018). Characteristics of distribution of *Mycobacterium tuberculosis* lineages in China. *Science china Life Sciences.* doi.org/10.1007/s11427-017-9243-0
- Chen W., Xu J., Lu S., Jiao W., Wu L., Chang A.C. (2013). Fates and transport of PPCPs in soil receiving reclaimed water irrigation, *Chemosphere* 93, 2621e2630
- Chitescu C.L., Nicolau A.I., Stolker A.A.M. (2012). Uptake of oxytetracycline, sulfamethoxazole and ketoconazole from fertilised soils by plants, *Food Addit. Contam. Part A* 30 1–9. [46]
- Cieślík, B. M., Namieśnik, J., and Konieczka, P. (2015). Review of sewage sludge management: standards, regulations and analytical methods. *J. Clean. Prod.* 90, 1–15. [doi: 10.1016/j.jclepro.2014.11.031](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.031).
- Commission of the European Communities (CEC) (1996). Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC) No. 1488/94 on Risk Assessment. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Daughton CG (2002) Environmental Stewardship and drugs as pollutants. *Lancet* 360:1035–1036
- Ding JN, Lu GH, Li Y. 2016. Interactive effects of selected pharmaceutical mixtures on bioaccumulation and biochemical status in crucian carp (*Carassius auratus*). *Chemosphere* 148:21–31.
- Dzieweczynski, T.L., Hebert, O.L., (2013). The effects of short-term exposure to an endocrine disrupter on behavioral consistency in male juvenile and adult siamese fighting fish. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 64, 316–326.
- Elliott Steen Windfeld, Marianne Su-Ling Brooks. (2015). Medical waste management. A review. *Journal of Environmental Management* 163 98-108. doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.013.
- El-Kady Ahmed A, Abdel-Wahhab Mosaad A. (2018). Occurrence of trace metals in foodstuffs and their health impact. *Trends in Food Science & Technology.* DOI: [10.1016/j.tifs.2018.03.001](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.001).

- Escalona, E. 2014. Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 2014;52(2):270-277. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n2/hig11214.pdf>
- Fabbri E. and Franzellitti S. (2016). Human pharmaceuticals in the marine environment: focus on exposure and biological effects in animal species, *Environ. Toxicol. Chem.* 35 799-812.
- Gagné, F., Blaise, C., Fournier, M., Hansen, P.D. (2006). Effects of selected pharmaceutical products on phagocytic activity in *Elliptio complanata* mussels. *Comput. Biochem. Phys. C* 143, 179–186.
- Gyllenhammar, I., Holm, L., Eklund, R., Berg, C., (2009^a). Reproductive toxicity in *Xenopus tropicalis* after developmental exposure to environmental concentrations of ethynylestradiol. *Aquat. Toxicol.* 91, 171–178.
- Hassan Taghipour, Mina Alizadeh , Reza Dehghanzadeh , Mohammad Reza Farshchian , Mohammad Ganbari , Mohammad Shakerkhatibi. (2016). Performance of on-site Medical waste disinfection equipment in hospitals of Tabriz, Iran. *Health Promotion Perspectives*, 6(4), 202-206 doi: 10.15171/hpp.2016.33
- Hazelton P.D., Du B., Haddad S.P., Fritts A.K., Chambliss C.K., Brooks B.W., et al., (2014). Chronic fluoxetine exposure alters movement and burrowing in adult freshwater mussels, *Aquat.Toxicol.* 151:27–35.
- Hiroi H., Tsutsumi O., Takeuchi T., Momoeda M., Ikezuki Y., Okamura A. et al. (2004). Differences in serum bisphenol A concentrations in premenopausal normal women and women with endometrial hyperplasia, *Endocr.* 51, 595–600.
- Hughes, S.R., Kay, P., Brown, L.E., (2013). Global synthesis and critical evaluation of pharmaceutical data sets collected from river systems. *Environ. Sci. Technol.* 47, 661e677. [http:// dx.doi.org/10.1021/es3030148](http://dx.doi.org/10.1021/es3030148).
- Hussein I. Abdel-Shafy, Mona S.M. Mansour. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum.* 25, 107–123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.03.011>
- Joo, S. H., Monaco, F. Dello, Antmann, E., and Chorath, P. (2015). Sustainable approaches for minimizing biosolids production and maximizing reuse options in sludge management: A review. *J. Environ. Manage.* 158, 133–145. doi: 10.1016/j.jenvman.2015.05.014.
- Kvarnryd M, Grabic R, Brandt I, Berg C. (2011). Early life progestin exposure causes arrested oocyte development, oviductal agenesis and sterility in adult *Xenopus tropicalis* frogs. *Aquatic Toxicology* 103: 18–24. DOI: 10.1016/j.aquatox.2011.02.003.
- Kumar S, Kirha J.T, Thonger T. (2014). Toxicological effects of sodium dodecyl sulfate. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2014, 6: 1488-1492
- Lebrette Marie-Gisèle, Corinne Amiel. (2018). Aspects actuels des infections par le virus de l'immunodéficience humaine et par le virus lymphotrophique humain chez l'homme, la femme et l'enfant et de leur traitement par les antirétroviraux. *Médecine de la Reproduction* 20:2. DOI: 10.1684/mte.2018.0698
- Li D, Yang M, Hu J, Zhang J, Liu R, Gu X, Zhang Y, Wang Z. (2009). Antibiotic-resistance profile in environmental bacteria isolated from penicillin production wastewater treatment plant and the receiving river. *Environ Microbiol*; 11(6): 1506-517.

- Liu L., Lu G., Ding J., Zhang Z., Wang Y. (2014). Tissue distribution bioconcentration, metabolism, And effects of erythromycin in crucian carp (*Carassius auratus*), *Sci. Total Environ.* 490: 914–920.
- Liu J., Lu G., Xie Z., Zhang Z., Li S., Yan Z. (2015). Occurrence, bioaccumulation and risk assessment Of lipophilic pharmaceutically active compounds in the downstream rivers of sewage treatment plants, *Sci. Total Environ.* 511: 54–62.
- Liew Z, Ritz B, Rebordosa C, Lee PC. (2014). Olsen J. Acetaminophen use during pregnancy, behavioral problems, and hyperkinetic disorders. *JAMA Pediatr*; 168(4): 313-20.
- Lucila I. Castro-Pastrana, María I. Baños-Medina, María Argelia López-Luna, Blanca L. Torres-García. (2015). Ecofarmacovigilancia en México: perspectivas para su implementación. *Rev Mex Cienc Farm* 46 (3).
- Manish Kumar; Anindita Gogoi; Deepa Kumari; Rinkumoni Borah; Pallavi Das; Payal Mazumder; and Vinay Kumar Tyagi. (2017). Review of Perspective, Problems, Challenges, and Future Scenario of Metal Contamination in the Urban Environment. *J. Hazard. Toxic Radioact. Waste*, -1—1. DOI: 10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000351.
- Markman, S., Muller, C.T., Pascoe, D., Dawson, A., Buchanan, K.L., (2011). Pollutants affect development in nestling starlings *Sturnus vulgaris*. *J. Appl. Ecol.* 48 (2), 391–397.
- Maskowskaa Joanna, Stefan Stoltea, JolantaKumirskaa, PaulinaŁu kaszewicza, Katarzyna Mioduszewskaa, Alan Puckowskia, Magda Caban, Marta Wagila, Piotr Stepnowskia, Anna Bia. (2014). Beta-blockers in the environment: Part I. Mobility and hydrolysis study. *Science of the TotalEnvironment*493 1112–1121. [dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.023](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.023).
- Muhammad B. Asif a, Faisal I. Hai a, Lakhveer Singh b, William E. Price c, Long D. Nghiem. (2017). Degradation of pharmaceuticals and personal care products by white-rot fungi – A critical review. *Current Pollution Reports* June, Volume 3, Issue 2, pp 88–103
- Na G., X. Fang, Y. Cai, L. Ge, H. Zong, X. Yuan, et al., (2013). Occurrence distribution, and bioaccumulation of antibiotics in coastal environment of Dalian, China, *Mar. Pollut. Bull.* 69: 233–237.
- Ohtani, H., Miura, I., Ichikawa, Y., (2003). Role of aromatase and androgen receptor expression in gonadal sex differentiation of ZW/ZZ-type frogs, *Rana rugosa*. *Compar. Biochem. Physiol. C – Toxicol Pharmacol.* 134, 215–225.
- Ping-Yi Lin, Shu-Ping Lai, Min-Chao Wang, Jeng-Jong Liang, Chow-Feng Chiang & Hsien-Wen Kuo. (2018). Environmental health risks perception, attitude, and avoidance behaviour toward municipal solid waste incinerator. *International Journal of Environmental Health Research*, <https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1453052>.
- Ryokkynen, A.M. Mustonen, T. Pyykonen, P. Nieminen. (2006). Endocrine and metabolic alterations in the mink (*Mustela vison*) due to chronic phytoestrogen exposure, *Chemosphere* 2006, 64, 1753–1760.
- Sabourin L., Duenk P., Bonte-Gelok S., Payne M., Lapen D.R., Topp E. (2012). Uptake of pharmaceuticals, hormones and parabens into vegetables grown in soil fertilized with municipal biosolids, *Sci. Total Environ.* 431: 233–236. [47]

- Safholm, M., Ribbenstedt, A., Fick, J., Berg, C. (2014). Risks of hormonally active pharmaceuticals to amphibians: a growing concern regarding progestogens. *Philos. Trans. R. Soc. B – Biol. Sci.* 369. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0577>.
- Sanjay Kumar, Thejasenuo Julia Kirha and Tsipila Thonger (2014). Toxicological effects of sodium dodecyl sulfate. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(5):1488-1492
- Silva L.J.G., Pereira A.M.P.T., Meisel L.M., Lino C.M., Pena A., (2015). Reviewing the serotonin reuptake inhibitors (SSRIs) footprint in the aquatic biota: uptake, bioaccumulation and ecotoxicology, *Environ. Pollut.* 197: 127–143.
- UNESCO. (2015). Agua para un mundo sostenible. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos del mundo. Disponible en: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf
- United States Environmental Protection Agency (2019). National Recommended Water Quality Criteria-Human Health Criteria Table. [Online; cited 2019 July 17] Available from: www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-human-health-criteria-table
- Wang Yi, Xiaojuan Tan, Chuanwu Xi and K. Scott Phillips (2018). Removal of *Staphylococcus aureus* from skin using a combination antibiofilm approach. *Biofilms and Microbiomes*, 4:16; doi:10.1038/s41522-018-0060-7
- Weiyang, Fanping Menga,b, Hongwu Cuia, Yufei Linc, Guoshan Wangc, Jiangyue Wu. (2018). Ecotoxicity of phenol and cresols to aquatic organisms: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 157: 441–456. doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.089.
- Watson S, cabreras-aguas M, Khoo P. (2018). Common eye infections. *Aust Prescr* 2018; 41:67–72 <https://doi.org/10.18773/austprescr.2018.016>.
- Whittaker Robert, Joana Gomes Dia, Miriam Ramliden, Csaba Ködmön, Assimoula Economopoulou, Netta Beer, Lucia Pastore Celentano. (2017). The epidemiology of invasive meningococcal disease in EU/EEA countries, 2004–2014. *Vaccine* Volume 35, Issue 16, p 2034-2041. doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.03.007
- WHO (2018). Health-care waste. [Online; cited 2019 July 15] Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
- WHO (2019). Hepatitis A. [Online; cited 2019 July 15] Available from: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/hepatitis-a>
- Verma, R., (2014). Medical waste disposal: incineration and non incineration technology their effects and prospects. *Nat. Environ.* 195-198.
- Yang Y., G.S T. (2015) Contaminants in the Urban Environment. Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) Part 2, University of Florida Extension,
- Zenker, M.R. Cicero, F. Prestinaci, P. Bottoni, M. Carere, (2014). Bioaccumulation and biomagnification potential of pharmaceuticals with a focus to the aquatic environment, *J. Environ. Manage.* 133: 378–387.
- Zhao J.-L., Liu Y.-S., Liu W.-R., Jiang Y.-X., Su H.-C., Zhang Q.-Q., et al. (2014). Tissue-specific Bioaccumulation of human and veterinary antibiotics in bile plasma, liver and muscle. Tissues of wild fish from a highly urbanized region, *Environ. Pollut.* 198: 15–24.
- Zhu, F., et al. (2015). “Study on heavy metal levels and its health risk assessments in some edible fishes from Nansi Lake, China.” *Environ. Monit. Assess.*, 187(4), 1–13.