

Impacto al agua por un servicio de hemodiálisis mediante el enfoque del análisis de ciclo de vida

Martínez-Salto SJ¹, Hernández de Anda MT², Guerrero-García-Rojas HR³, Sánchez-Yáñez JM⁴, Márquez-Benavides L¹✉

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich.

² Programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich.

³ Facultad de Economía, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich.

⁴ Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich

Resumen

La atención a hemodiálisis es un servicio de salud pública, que deja una huella en el ambiente. Este servicio demanda grandes volúmenes de agua, ya que se utilizan 275 L por sesión. La huella hídrica es un indicador que permite estimar el volumen de agua consumido, además de medir los impactos potenciales relacionados con el agua de cualquier producto, proceso o servicio durante todo su ciclo de vida. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto ambiental al agua atribuible a un servicio de hemodiálisis realizado en una unidad médica de atención ambulatoria de la ciudad de Morelia, Michoacán, mediante la metodología de Análisis de Ciclo de Vida. Se realizó un perfil del consumo de agua en todas las etapas del servicio de hemodiálisis, las cuales abarcan desde la entrada del recurso hídrico, el tratamiento de agua, la higienización de filtros, el procesamiento de ácidos y la hemodiálisis, para conocer el volumen de agua que demanda este servicio y así mismo identificar los impactos potenciales en contaminación y escasez. Se estimó un impacto potencial de entre 78.4-95.2 kg de NO₄ eq sobre la eutrofización de agua, un impacto potencial de 51.1-65.2 kg 1,4-DCB eq sobre la ecotoxicidad y un impacto potencial de 227 m³ de agua sobre la huella de escasez. Tales resultados manifiestan que la hemodiálisis representa además de un problema de salud pública, un problema ambiental que limita el uso de agua para el resto de la población.

Palabras clave: Hospitales; huella hídrica; análisis de ciclo de vida; servicio de hemodiálisis

Abstract

Hemodialysis care is a public health service with an environmental footprint. This service demands large volumes of water, as 275 L per session are used. The water footprint is an indicator that allows estimating the volume of water consumed, in addition to measuring the potential impacts related to water of any product, process or service throughout its life cycle. The aim of this work was to evaluate the environmental impact of a hemodialysis service performed in an ambulatory medical unit of the city of Morelia, Michoacán, using the Life Cycle Analysis approach. A profile of water consumption was carried out in all stages of the hemodialysis service, ranging from the entry of water resources, water treatment, filter sanitization, acid processing and hemodialysis, to determine the volume of water that this service demands and to also identify the potential impacts on pollution and water scarcity footprints. A potential impact between 78.4-95.2 kg of NO₄ eq on eutrophication of water was estimated, a potential impact of 51.1-65.2 kg 1,4-DCB eq on ecotoxicity and a potential impact of 227 m³ of water on the water scarcity footprint. These results show that hemodialysis also represents a public health problem, an environmental problem that limits the use of water for the rest of the population.

Key words: Hospitals; Water footprint; Life cycle analysis; hemodialysis

Introducción

La hemodiálisis es una terapia de reemplazo de la función renal que consiste en filtrar la sangre de los paciente a través de una membrana semipermeable, con ayuda de un líquido dializador (Ávila-Palomares *et al.*, 2010). En México y el mundo, esta es una de las principales causas de atención médica y aunque no se cuenta con registros oficiales, en México se estima una incidencia de insuficiencia renal crónica de 337 casos por millón de habitantes (Méndez-Durán *et al.*, 2010).

Este problema de salud pública representa también un impacto ambiental que ha sido escasamente estudiado. En el ámbito internacional, algunos reportes atribuyen su impacto ambiental al gran volumen de agua, suministros médicos y energía requeridos. En los Estados Unidos de Norteamérica, un paciente sometido a tratamiento

de hemodiálisis utiliza aproximadamente 18,000 litros de agua y entre 800-925 kWh de energía al año (Grafals & Sanchez, 2016). Además, se ha cuantificado la huella de carbono de este servicio en países como el Reino Unido, Australia y China, reportándose emisiones anuales de entre 1.8-10 t de CO₂eq/paciente al año (Chen *et al.*, 2017; Lim *et al.*, 2013; Connor *et al.*, 2011). Sin embargo, en México aún es desconocido el impacto al agua por brindar este servicio a la salud. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto ambiental al agua atribuible al servicio de hemodiálisis realizado en una unidad médica de atención ambulatoria, mediante el enfoque de análisis de ciclo de vida.

Metodología

Desarrollo del Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

El presente estudio se realizó en apego a las normas internacionales ISO 14040 y 14044 (ISO, 2006). A continuación se desarrollan las cuatro etapas de la metodología, según estos estándares internacionales.

✉ Dra. Liliana Márquez Benavides, lmarquez@umich.mx

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Unidad San Juanito Itzicuaru, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. San Juanito Itzicuaru s/n Colonia Nueva Esperanza, C.P. 58337 Morelia, Michoacán

Fase 1. Definición del objetivo y alcance

El objetivo del ACV fue estimar el impacto ambiental al agua atribuible al servicio de hemodiálisis en una unidad de atención ambulatoria de la ciudad de Morelia, Michoacán. El estudio se desarrolló con la finalidad de generar un primer perfil ambiental de los procesos unitarios que integran un servicio de hemodiálisis con enfoque de huella hídrica. Los resultados serán comunicados a la comunidad científica-académica y no se reportarán aseveraciones comparativas.

La unidad funcional (UF) del estudio se definió como: asistir la función renal mediante la hemodiálisis como terapia de reemplazo, en una clínica renal ambulatoria técnicamente adaptada a los requisitos de la norma oficial mexicana NOM-003-SSA3-2016 (DOF, 2017). El flujo de referencia consideró un promedio de 826 sesiones de hemodilisis por mes de servicio, que es la base para el reporte de resultados en este trabajo.

El sistema producto se limita a estudiar el servicio de hemodilisis, exclusivamente los procesos unitarios que incurren en una clínica renal de atención ambulatoria, por lo que se excluyen etapas como extracción de materias primas, transporte y manufactura (Figura 1).

La evaluación de impacto ambiental consideró solo las categorías de impacto hacia el aguadel método ReCiPe Midpoint: eutrofización (en agua dulce y marina), ecotoxicidad (en agua dulce y marina) y escasez. El análisis se realizó en el Software para ACV SimaPro versión 8.3.0. La Figura 2 ilustra el proceso en que se desarrolló la evaluación de impacto.

Fase 2. Inventario de ciclo de vida (ICV)

Se generó un inventario de entradas y salidas de materia y energía por proceso unitario de acuerdo a la Figura

1. Los datos se obtuvieron directamente en el sitio de estudio, realizándose las siguientes actividades:

- Entrevistas al personal sobre los requerimientos de insumos y materiales.
- Perfil de consumo de electricidad y agua.
- Estudio de caracterización de residuos hospitalarios de manejo especial.

Todos los datos de entrada y salida se calcularon con base en la unidad funcional definida y se realizaron los balances de masa y energía entre las entradas y salidas de cada proceso unitario del sistema producto.

Resultados

Fase 3. Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

La **Tabla 1** muestra los resultados globales del impacto al agua atribuible al servicio de hemodiálisis por UF. De acuerdo con la EICV, el impacto sobre la eutrofización en agua dulce fue mayor con respecto a la eutrofización marina, lo que puede relacionarse con el compartimento hacia el cual se descarga el agua residual. En esta categoría, la hemodiálisis ocupó la mayor proporción del impacto potencial con un total de 50 kg de NO₄ eq/UF, lo que se atribuye al agua residual cargada de compuestos orgánicos nitrogenados (urea y creatinina) retirados de la sangre del paciente.

El impacto sobre la ecotoxicidad marina fue mayor con respecto a la ecotoxicidad en agua dulce. La hemodiálisis fue el proceso con mayor contribución con un impacto potencial de 30.3 kg de 1,4-DCB eq/UF. Estos resultados pueden relacionarse con la descarga de agua residual cargada de compuestos químicos inorgánicos procedentes de la solución dializadora

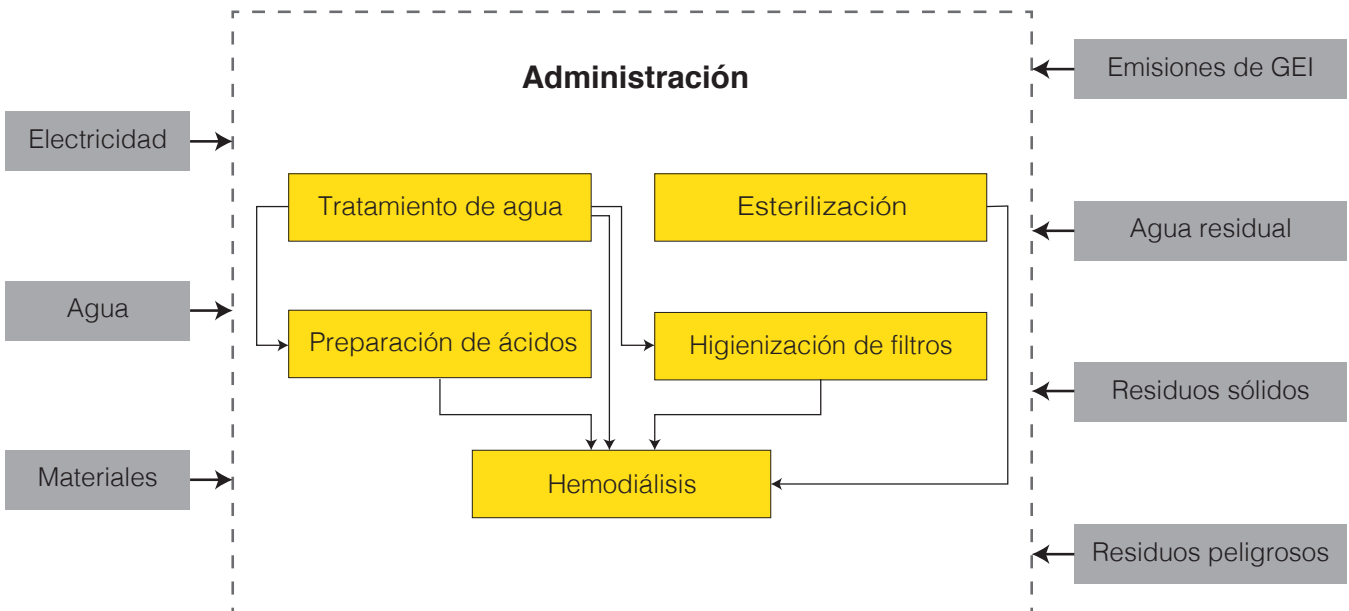


Figura 1. Sistema producto: Procesos unitarios del servicio de hemodiálisis en México

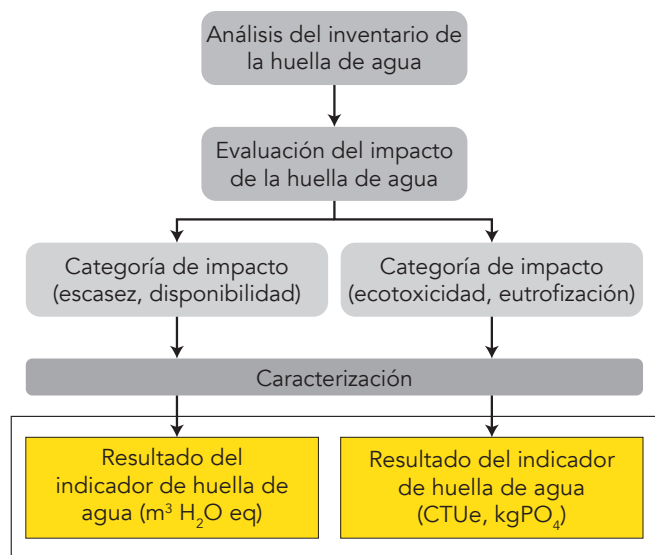


Figura 2. Evaluación de impacto ambiental para las categorías de impacto al agua

tales como Cl, K, Na, Ca y Mg.

Por otra parte, el impacto potencial sobre la escasez de agua se estimó en 227.2 m³/UF. El procesamiento de ácidos y la higienización de filtros concentraron los mayores volúmenes de agua en todo el servicio de hemodiálisis. Esto implica que por cada hemodiálisis se requieren 275.1 L, lo que equivale al agua que necesitan en Michoacán dos personas para realizar sus actividades diarias (Pacheco-Vega, 2015).

Discusión

Fase 4. Interpretación

Todas las acciones humanas dejan una huella sobre el medio ambiente y la atención a la salud y específicamente los servicios de hemodiálisis no escapan de ello. Las consecuencias ambientales de la hemodiálisis se deben a la demanda de grandes cantidades de agua, el uso de energía y los requerimientos de materiales de uso médico, sin embargo, tales implicaciones ambientales

aún son desconocidas.

Dado que la hemodiálisis es la opción más común para el tratamiento de la insuficiencia renal en México y en muchos otros países del mundo (Méndez-Durán *et al.*, 2010), el estudio de los impactos ambientales toma relevancia. Al respecto se ha investigado la huella de carbono de las modalidades de asistencia renal (diálisis peritoneal, hemodiálisis casera y hemodiálisis en clínica) (Connor *et al.*, 2011; Lim *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2017), sin embargo, hasta ahora los impactos hacia la contaminación del agua y la escasez habían sido no conocidos y no reportados en México.

Al respecto, en este trabajo se intentó responder esta limitante y se estimaron los impactos potenciales sobre la contaminación y la escasez de agua. La hemodiálisis ha sido denominada como una terapia “sedienta de agua” (Agar, 2008), durante el proceso de hemodiálisis se generan dos flujos diferentes de agua. El primero es el agua de rechazo procedente del sistema de ultrapurificación de agua y que se compone generalmente de agua sin contaminación. El segundo es el efluente del líquido de diálisis y los procesos previos (higienización de filtros y procesamiento de ácidos) y es donde se mezcla con un concentrado químico en sistemas de diálisis de un solo paso para formar un dializado bicarbonato tamponado con suero que elimina electrolitos, solutos y desechos metabólicos urémicos de la sangre a través de la membrana del dializador. El efluente de dializado así formado es luego drenado uniformemente a la red de alcantarillado.

Conclusión

La atención a las enfermedades crónico-degenerativas como la insuficiencia renal, representa un impacto ambiental hacia el agua. En este trabajo, se ha presentado que el servicio de hemodiálisis influye directamente en la escasez y contaminación de este recurso.

Se recomienda el fortalecimiento de las estrategias de prevención a enfermedades que desembocan en

Tabla 1. Impacto potencial al agua por brindar el servicio de hemodiálisis

Categoría de impacto	Eutrofización		Ecotoxicidad		Escasez
	Agua dulce	Marina	Agua dulce	Marina	Agua
Indicador de categoría	kg de NO ₄ eq/UF		kg 1,4-DCB eq/UF		m ³ /UF
Procesos unitarios					
Administración	0.1	0.1	1.3	0.8	2.4
Esterilización	0.0	0.0	0.2	0.2	9.2
Hemodiálisis	50.0	29.0	34.1	30.3	57.8
Procesamiento de ácidos	25.1	20.1	1.0	18.7	61.5
Higienización de filtros	20.0	29.1	14.5	15.1	63.2
Ultrapurificación	0.0	0.0	0.0	0.0	33.1
Total	95.2	78.4	51.1	65.2	227.2

daños renales crónicos, con la finalidad de reducir la demanda del servicio de hemodiálisis y por ende el consumo de agua. Además, se recomienda mejorar los sistemas de purificación (ósmosis inversa), o reutilizar el agua de rechazo por estas tecnologías médicas.

Referencias

- Agar JWM** (2008) Reusing Dialysis Wastewater: The Elephant in the Room. *American Journal of Kidney Diseases* 52(1): 10–12.
- Ávila-Palomares P, López-Cervantes M, Durán-Arenas L** (2010) Estimación del tamaño óptimo de una unidad de hemodiálisis con base en el potencial de su infraestructura. *Salud Publica de Mexico* 52(4): 315–323.
- Chen M, Zhou R, Du C, Meng F, Wang Y, Wu L, Wang F, Xu Y, Yang X** (2017) The carbon footprints of home and in-center peritoneal dialysis in China. *Int Urol Nephrol* 49: 337-343. doi: <https://www.doi.org/10.1007/s11255-016-1418-5>
- Connor A, Lillywhite R, Cooke MW** (2011) The carbon footprints of home and in-center maintenance hemodialysis in the United Kingdom. *Hemodialysis International* 15(1): 39-51.
- DOF** (2017) *Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA3-2016, para la práctica de hemodiálisis*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- Grafals M, Sanchez R** (2016) The Environmental Impact of Dialysis vs Transplantation. *Am J Transplant* 16(suppl 3). Available at: <https://atcmeeetingabstracts.com/abstract/the-environmental-impact-of-dialysis-vs-transplantation/>
- ISO 14040** (2006) *ISO 14040:2006. Environmental management. Life Cycle Assessment. Pincipies and Framework*, Ginebra, Suiza. Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en>
- Lim AE, Perkins A, Agar JW** (2013) The carbon footprint of an Australian satellite haemodialysis unit. *Aust Health Rev* 37: 369-374. doi: <https://www.doi.org/10.1071/AH13022>
- Méndez-Durán A, Méndez-Bueno JF, Tapia-Yáñez T, Muñoz Montes A, Aguilar-Sánchez L** (2010) Epidemiología de la insuficiencia renal crónica en México. *Diálisis y Trasplante* 31: 7-11
- Pacheco-Vega R** (2015) Agua embotellada en México: De la privatización del suministro a la mercantilización de los recursos hídricos. *Espiral* 23(63): 221-263. Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13836846007>