

Detección y diversidad en huevos de helmintos de importancia zoonótica asociados a agua tratada y de riego en nuevo casas grandes, Chihuahua

Detection and Diversity in Zoonotic Important Helminth Eggs Related to Treated and Irrigation Waters in Nuevo Casas Grandes, Chihuahua

Pablo Iván Maya Carrillo¹ y Zarhelia Carlo-Rojas^{1,2*}

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, División Multidisciplinaria en Nuevo Casas Grande, Av. Universidad #3003 Sección Hidalgo, Nuevo Casas Grandes, Chih., Méx. C.P. 31803

² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas, Departamento de Ciencias Veterinarias, Av. Plutarco Elías Calles #1210 Fovisste Chamizal s/n Ciudad Juárez, Chih., Méx. C.P. 32310.

*Autor para correspondencia: zarhelia.carlo@uacj.mx

RESUMEN

En este trabajo se buscó establecer la presencia de huevos de helminto en las aguas tratadas y de riego de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua; determinar los organismos al menos hasta género y su prevalencia. Se implementó un protocolo con base en Normas Oficiales Mexicanas para muestreo y contabilización, se estimó la prevalencia parasitaria en muestras de agua y se realizó una posterior identificación. Los resultados mostraron la existencia de huevos de helminto en los afluentes a las plantas tratadoras de Nuevo Casas Grandes, por lo que la vigilancia de su proceso eficaz es vital para el cumplimiento normativo y el posterior reuso del líquido. Las aguas para riego y uso recreativo de la Laguna Fierro también presentaron alta presencia de huevos de helminto. En las muestras de efluentes y agua con contacto a población la prevalencia fue de 87.5%. Los parásitos con mayor prevalencia fueron *Ascaris lumbricoide* 38.0(%), *Toxocara* spp (32.8%), e *Hymenolepis* spp. (9.0%). Se encontraron cinco géneros de helmintos en los sistemas de tratamiento de agua estudiados en Nuevo Casas Grandes, que se abocan al cumplimiento de los límites máximos permitidos por norma. En aguas para irrigación y de uso recreativo de la Laguna Fierro se contabilizaron seis géneros de helmintos y concentraciones por sobre los límites fijados en normas. Del total de parásitos encontrados *Ascaris lumbricoide*, *Toxocara* spp. y *Taenia* spp. son reconocidos como problemas de salud generales mientras se requieren estudios más puntuales para corroborar el riesgo de los restantes géneros presentes en las condiciones ambientales particulares a la región.

Palabras clave: *Ascaris*, *Toxocara*, suelo, agua tratada.

SUMMARY

This work is aim to establish the presence and incidence of helminth eggs in treated and irrigation waters in Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. A protocol based in Normas Oficiales Mexicanas was implemented for sampling and counting, the parasite prevalence was estimated in water samples and a subsequent identification was carried out. The results showing the existence of helminth eggs in the affluents to residual water treatment plants of Nuevo Casas Grandes, so monitoring their effective process is a key for ensuring the law compliment and the last re cycling of the liquid. The water for recreation uses and crop irrigation of the Laguna Fierro also were with high presence of helminth eggs. Take in consideration only the samples of waters with people contact the prevalence was 87.5%. The most prevalent were *Ascaris lumbricoide* 38.0(%),

Toxocara spp (32.8%), e *Hymenolepis* spp. (9.0%). Five genera of helminths were found in the water treatment systems studied in Nuevo Casas Grandes, which are aimed at complying with the maximum limits allowed by regulation. In waters for irrigation and recreational use of Laguna Fierro, six types of helminths and inappropriate contact were recorded in despite of the high prevalence. Of the total number of parasites found, *Ascaris lumbricoide*, *Toxocara* spp. and *Taenia* spp. are recognized as general health problems while more specific studies are required to corroborate the risk of the remaining genera present in the particular environmental conditions of the region.

Key words: *Ascaris*, *Toxocara*, soil, treated water.

INTRODUCCIÓN

Los helmintos son organismos multicelulares parásitos, que viven etapas de desarrollo en animales y en humanos, por lo que aunque de distribución global, se considera los ambientes rurales como más susceptibles a propiciar la infestación, por la ocurrencia de interacción entre especies (Wakelin, 1996). A pesar de que se conocen las medidas preventivas y existen tratamientos eficaces, se calcula que un cuarto de la población mundial tiene una parasitosis por helmintos (WHO, 2004; Al Amin & Whatwa, 2021).

Al ser causa de una morbilidad trascendente a nivel global y que predomina entre los sectores de población más pobre, con sistemas deficientes de sanidad, la WHO (2004) ha marcado como una de los puntos estratégicos a atender para disminuir este conjunto de enfermedades es la atención a sanidad, salud y agua limpia como prioridad.

El 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales se asocian con una tercera parte de las defunciones causada por el uso y consumo de agua insalubre (Gallego et al. 2011; Al Amin & Whatwa, 2021). Los helmintos parásitos son encontrados principalmente en animales domésticos y de granja, en los que pueden generar enfermedades diversas o utilizarlos como reservorio asintomático. Estos gusanos en sus ciclos biológicos utilizan el agua como medio de incubación y de transporte de huevos además presentan diferentes estadios larvarios; tanto los huevos como algunas

larvas de helmintos poseen la capacidad de causar zoonosis. Los seres humanos invadidos por helmintos pueden presentar diferentes tipos de patologías, que puedan presentar sintomatología inmediata como cuadros entéricos o presenten periodos de latencia de meses o incluso años causando problemas generalmente de desnutrición o atrofas musculares (WHO, 2004).

Los huevos de los helmintos llegan a los cuerpos de agua a través de las excretas de animales y humanos infectados. La WHO (2004;2006) y las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996, NOM-003-ECOL-1997, NOM-127-SSA1-1994 y NOM-230-SSA1-2002 (SEMARNAT,1996a; SEMARNAT, 1996b; SEMARNAT, 1997; SSA, 1994 y SSA, 2002) los señalan como bioindicadores de calidad del agua y exigen cero presencias de huevos en agua potable de calidad; los límites máximos permitidos según el uso y destino del agua, contemplan el contacto a la población y varían desde una concentración de cero a un huevo de helminto por cada cinco litros.

En México, las parasitosis han sido la quinta causa de consulta en el Instituto Mexicano del Seguro Social, y la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud (2015) reportan dentro de las 20 principales causas de morbilidad general a cuatro diferentes tipos de helmintiasis. Se destacan *Ascaris lumbricoide* y *Tenia* spp. que son contabilizadas en categorías propias de su parasitosis.

Un factor que contribuye es la falta de información sobre los helmintos presentes en las diferentes condiciones ecológicas y sociales. En México, a pesar de que se cuenta con la NOM-ECOL-003-1997 (SEMARNAT, 1997) de cumplimiento obligatorio, esta normativa aún no tiene un nivel de cumplimiento generalizado.

En el noroeste de México, la zona de Nuevo Casas Grandes tiene una economía y sociedad semiurbana, con una creciente actividad agropecuaria y necesidad de optimizar sus recursos hídricos, se da tratamiento a gran parte de su agua residual, pero no hay registros de las especies de helmintos presentes en la zona. Hoy en día no existen estudios que demuestren que los recursos hídricos de locales son libres de contaminación por huevos de helmintos, se desconocen las especies presentes y su importancia, lo que genera una incertidumbre sobre la calidad del agua. El objetivo de este trabajo fue detectar la presencia de huevos de helmintos en las aguas tratadas y de riego que representen un potencial de zoonosis a los usuarios de Nuevo Casas Grandes. Para ello se realizó un muestreo a dos de las Planta Tratadora de Aguas Residuales (PTAR) del área y a una laguna para uso en irrigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población de Nuevo Casas Grandes Chihuahua se encuentra ubicada entre los paralelos 30° 09' y 30° 52' de latitud norte; los meridianos 107° 24' y 107° 60' de longitud oeste a una altitud entre 1,300 y 2,600 metros. El área de estudio comprende una población estimada en más de 63,000 habitantes (INEGI, 2015), que centran sus actividades económicas en la agricultura y ganadería, empleando en su oportunidad las aguas del Río Casas Grandes.

En el municipio se le da tratamiento secundario a las aguas residuales en una PTAR municipal, un porcentaje variable cada año se recicla para riego y el restante se reintegra al núcleo urbano en un sistema de agua tratada o línea morada. Tanto el volumen de agua para uso

agrícola como los excedentes de eventos extraordinarios de precipitación son desfogados hacia el cauce del Río Casas Grandes. Otro cuerpo de agua importante en la población es la laguna para irrigación Laguna Chiquita o Laguna Fierro, que es usada en actividades de recreación y pesca.

En uno de los puntos fuera del sistema central de tratamiento de agua, se ubica la División Multidisciplinaria en Nuevo Casas Grandes (DMNCG) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), que trata en un sistema primario avanzado su agua residual.

La recolección de las muestras se realizó de acuerdo a lo establecido en las normas mexicanas NOM-230-SSA1-2002 (Secretaría de Salud, 2002) y NMX-AA-003-SECOFI-1980 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1980).

Para el análisis de las muestras se implementó un protocolo con base el método de prueba descrito por la Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI-2012 (Secretaría de Salud, 2012), el método emplea la separación por densidad y centrifugación, para realizar un conteo final al microscopio y se identifican visualmente una a una las estructuras, con lo que se permite la ubicación de los géneros presentes.

Se analizaron 36 muestras a lo largo de los meses de septiembre a noviembre del 2015, de las cuales 15 forman parte de los afluentes de abastecimiento de las plantas tratadora y la Laguna Fierro y 21 muestras pertenecen a los efluentes que son utilizadas con fines de riego de áreas verdes, jardines y en actividades agrícolas y ganaderas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del total de las muestras 33 resultaron positivas para la presencia de huevos de helminto (Tabla 1). Al considerar sólo muestras de efluentes y de agua con contacto a población la prevalencia general fue de 87.5%.

Tabla 1. Muestras positivas para huevos de helminto y sus usos que recibe el agua.

Lugar de muestreo	Número de muestras analizadas	Número de muestras positivas para huevos de helminto	Uso que recibe el Agua
Afluente planta UACJ	6	6	Tratamiento primario
Efluente planta UACJ	6	6	Riego de jardines de la UACJ
Afluente planta municipal	6	6	Tratamiento primario y secundario
Efluente planta municipal red morada	6	4	Riego de áreas verdes en parques y jardines del municipio
Efluente planta municipal riego agrícola	6	5	Riego para producción agrícola
Afluente Laguna Fierro	3	3	Abastecimiento y recarga de la Laguna Fierro
Efluente Laguna Fierro	3	3	Riego de áreas verdes, jardines, producción agrícola y ganadera
Total	36	33	

La PTAR de la División Multidisciplinaria de la Universidad Autónoma en Nuevo Casas Grandes, con tratamiento primario avanzado resultó altamente ineficiente para eliminación de los huevos de helmintos, con una media de entrada es de 618.33HH/L (huevos de helminto por litro) contra una media de salida de 724.86HH/L, superior en un 17.22%. Por lo que sobrepasó los límites máximos de huevos de helmintos en aguas tratadas de uso directo en 1 HH/L y en 5 HH/L para uso indirecto (NOM-003-ECOL-1997). Este efluente es destinado a instalaciones puntuales del mismo campus.

La PTAR municipal de Nuevo Casas Grandes, que cuenta con tratamiento primario avanzado y secundario, posee una media de 186.83 HH/L que entran a la planta contra las medias de 0.13 HH/L y 0.26 HH/L en sus salidas de agua destinadas a la red morada y riego agrícola respectivamente; por lo cual se puede demostrar una eliminación del 99.93% de huevos de helmintos en los tratamientos efectuados en el agua que abastece la red morada del municipio y en un 99.86% en el agua destinada a riego agrícola. Se cumple con los parámetros establecidos por la NOM-003-ECOL-1997 con respecto a los niveles

máximos permitidos de huevos de helmintos para agua tratada para uso directo e indirecto.

Con relación a la Laguna Fierro podemos constatar que hay una dilución del 13.41% en la concentración de huevos de helmintos que entran al cuerpo de agua, se observa que existe una contaminación de la laguna por helmintos al presentar una media de efluente es igual a 40HH/L que sobrepasa por mucho los niveles permitidos por las normas mexicanas. Para descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), la NOM-001-ECOL-1996 especifica el límite máximo permisible de 1 HH/L para riego no restringido, y de 5 HH/L para riego restringido, aunque no se establece un límite para aguas para recreación en la citada norma.

De los huevos encontrados con más frecuencia en las muestras analizadas se identificaron organismos de siete géneros diferentes: *Ascaris lumbricoide*, *Dipylidium caninum*, *Fasciola hepatica*, *Hymenolepis* spp., *Necator* spp., *Taenia* spp. y *Toxocara* spp (Figura 1).

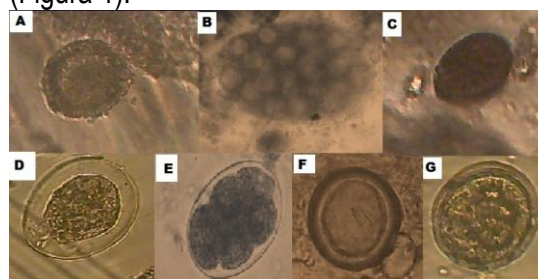


Figura 1. Fotografías de huevos de helmintos tomadas en las muestras analizadas. A.-*Ascaris lumbricoide*. B.-*Dipylidium caninum*. C.-*Fasciola hepática*. D.-*Hymenolepis* spp. E.-*Necator* spp. F.-*Taenia* spp. G.-*Toxocara* spp.

Por géneros encontrados los más comunes y en orden de frecuencia son: *Ascaris lumbricoide* 38.0%, *Toxocara* spp. 32.8%, *Hymenolepis* spp. 9.0%, *Dipylidium caninum* 7.0%, *Fasciola hepática* 6.0%, *Taenia* spp. 3.7% y *Necator* spp. 2.9% (Tabla 2).

Tabla 2. Frecuencia de los géneros encontrados en las zonas analizadas

Géneros	Frecuencia de aparición de los géneros por zonas de estudio							Promedio
	Afluente planta UACJ	Efluente planta UACJ	Afluente planta municipal	Efluente planta municipal red morada	Efluente planta municipal riego agrícola	Afluente Laguna Fierro	Efluente Laguna Fierro	
<i>Ascaris lumbricoide.</i>	1.0%	0.5%	83.5%	75.0%	50.0%	27.0%	29.0%	38.0%
<i>Dipylidium caninum</i>	3.0%	2.0%	2.0%	0.0%	12.5%	15.0%	13.0%	7.0%
<i>Fasciola hepática</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.0%	21.0%	6.0%
<i>Hymenolepis spp.</i>	2.0%	1.0%	13%	25%	25.0%	0.0%	0.0%	9.0%
<i>Necator spp</i>	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	9.0%	10.0%	2.9%
<i>Taenia spp.</i>	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	13.0%	11.0%	3.7%
<i>Toxocara spp.</i>	92.0%	95.5%	1.0%	0.0%	12.5%	13.0%	16.0%	32.8%

A pesar de conocerse su trascendencia general y diversidad de organismos parásitos con ciclos característicos diversos, se establece como grupo de población susceptible a los infantes en condiciones sanitarias precarias (WHO, 2004, Al Amin & Whatwa, 2021) donde el acceso al agua limpia se destaca, y es a esta población donde se centran las políticas de salud.. Se simplifica la diversidad de especies causales, condiciones ambientales e interacciones interespecíficas, lo que matiza y atenúa la ocurrencia de estas infestaciones a nivel global hacia modelos que obstaculizan su real comprensión y combate eficiente (Ruiz et al., 1996, Hollingsworth, 2018).

En recientes consideraciones sobre la importancia de las parasitosis gastrointestinales, se abre el espectro de factores a estudiar en el combate a estas enfermedades (Hollingsworth, 2018; Molyneux, 2018) como grupo de riesgo epidemiológico se considera a los niños en condiciones de sanidad deficiente propensos a caminar descalzo o ingerir suelo contaminado, pero la ocurrencia de las diversas helmintiasis pueden

agudizarse en grupos de trabajadores con contacto a suelo y agua o ligadas a el consumo de vegetales que fueron regados con agua contaminada, y tener contacto con cuerpos de agua naturales en zonas de ocurrencia endémica (WHO 2006; Al Amin & Whatwa, 2021).

Un aspecto que es enmascarado en esta simplificación de las parasitosis es la ocurrencia de infección y enfermedad en una población, donde el parásito se vale de la variabilidad intraespecie del huésped y ocurre en muy escasos individuos a niveles de enfermedad pero sobrevive en un gran número de individuos a baja infestación. (Hollingsworth, 2018). Esta variación de las interacciones huésped-hospedero permite una sobrevivencia más exitosa de la población parásita y mayor dificultad de detectarla. A nivel global Macpherson (2013) reconoce que la diversa y muy cercana interacción con animales de interacciones y deriva en compartir involuntariamente más de 60 especies parásitas.

Ruiz et al., (1996) demuestran el diferente grado de agregación según los grupos etarios después de tratamientos en masa a helmintiasis y soportan la necesidad de tratamientos específicos a las condiciones de cada caso. La naturaleza de estas infestaciones, con largos periodos de desarrollo y existencia de población asintomática deja un gran margen para no ser detectadas y se enmascaren. Una forma de lograr modelos de manejo más realista se requiere mejorar los medios de detección, combatir vectores y condiciones particulares de cada infestación y ajustar las poblaciones blanco de cada infección. Los modelos de medicación preventiva generalizados tienen su área de acción eficaz y debe detectarse cuando la situación requiere ajustar el tratamiento al tiempo y forma de la especie a combatir, redefinir la población blanco a conocimientos más particularizados del ciclo parasitario (Hollingsworth, 2018). Actualmente se tiene un desconocimiento de la intensidad y tipo de contacto entre humanos y ganado, (Klous et al., 2016) la información sobre estos patrones puede contribuir a la mejor comprensión y atención de las zoonosis.

La infraestructura de tratamiento de agua debe ser monitoreada para respaldar su eficiencia y en ello es fundamental contar con la normativa y métodos asequibles (WHO, 2006; Amoah et al., 2017; Braun, et al., 2018). Se debe tener énfasis en caracterizar los diferentes peligros y riesgos que presenta cada especie en el ambiente para poder dirigir los esfuerzos sanitarios a las especies presentes, la población humana y animal susceptible. La adopción y apropiación de medidas sanitarias que excluyan el contacto con los parásitos son acciones continuas y progresivas que deben incluir el tratamiento eficiente de las aguas residuales con monitoreo y seguimiento técnico adecuado (Braun et al., 2018). En

estas labores de estudio y saneamiento ambiental es altamente recomendable la realización de estudios de caracterización de riesgo que prioricen las acciones y políticas de salud en cada localidad particular. Como parte del proceso de gestión, se debe llegar a la implementación de monitoreo ambiental y evaluación de la comprensión social de los riesgos de parasitosis zoonóticas asociados al medio humano y cultura a nivel local, sin dejar de lado la visualización del control global de helmintiasis y otras zoonosis, con los retos inminentes que conlleva (Molyneux et al., 2018).

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos, se observa que existen serios problemas de contaminación por huevos de helmintos registrados en los afluentes tanto de la planta tratadora perteneciente a la DMNCG UACJ como en PTAR municipal, por lo que su eficiencia de trabajo y cumplimiento normativo es vital para resguardar la salud en el uso de agua tratada en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. Los tratamientos efectuados en el agua residual por la planta tratadora municipal son efectivos para la eliminación de huevos de helminto. El cuerpo de agua de la Laguna Fierro, entretanto es un riesgo inminente a la salud al sobrepasar los límites establecidos y ser utilizado para actividades recreativas y ocasional captura pesquera.

Los géneros más frecuentes fueron *Ascaris lumbricoide*, *Hymenolepis*, *Dipylidium caninum* y *Toxocara* spp. en efluentes de las plantas tratadoras con un contacto final con el público muy bajo. Mientras en la Laguna Fierro se encontró con diferente proporción en la diversidad de helmintos, seis géneros con mayor prevalencia en agua de un mayor contacto a personas. Los helmintos *Ascaris lumbricoide*, *Fasciola hepática*, *Dipylidium*

caninum, Toxocara spp., Taenia spp. y Necator spp. fueron registrados en este cuerpo de agua y se requiere revisar el ciclo de vida particular de cada uno para evaluar el riesgo que pueden representar.

LITERATURA CITADA

Al Amin, A., & Wadhwa, R. (2021). Helminthiasis. In StatPearls. StatPearls Publishing.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560525/#article-22686.s4> (Accessed in 20 August 2021).

Amoah, I. D., Singh, G., Stenström, T. A., & Reddy, P. (2017). Detection and quantification of soil-transmitted helminths in environmental samples: A review of current state-of-the-art and future perspectives. *Acta Tropica*, 169, 187-201. doi: 10.1016/j.actatropica.2017.02.014.

Braun, L., Grimes, J., & Templeton, M. R. (2018). The effectiveness of water treatment processes against schistosome cercariae: A systematic review. *PLoS neglected tropical diseases*, 12(4), e0006364. doi:10.1371/journal.pntd.0006364.

Gallego JL, González GM, Guillén PA, Suárez UB, Salazar JJ, Hernández TM, et al. (2011). Helmintos intestinales en agua de consumo, Aragua, Venezuela, 2011. *MedULA* 21. 2012; 87-92. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/36500/articulo1.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Accessed 15 August 2021).

Hollingsworth, T. D. (2018). Counting down the 2020 goals for 9 neglected tropical diseases: what have we learned from quantitative analysis and transmission

modeling?. *Clinical Infectious Diseases*, 66(suppl_4), S237-S244. doi: 10.1093/cid/ciy284.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2011. México en cifras. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/Movil/MexicoCifras/mexicoCifras.aspx?em=08050&i=e&tema=geo> (Accessed 20 May 2015).

Klous, G., Huss, A., Heederik, D. J., & Coutinho, R. A. (2016). Human–livestock contacts and their relationship to transmission of zoonotic pathogens, a systematic review of literature. *One Health*, 2, 65-76. doi: 10.1016/j.onehlt.2016.03.001.

Macpherson, C. N.L. 2005. Human behaviour and the epidemiology of parasitic zoonoses. En *Parasitic Zoonoses - Emerging Issues*, *International Journal for Parasitology*. 2005 35(11):1319-1331. doi:10.1016/j.ijpara.2005.06.004.

Macpherson, C. N.L. 2013. "The epidemiology and public health importance of toxocariasis: A zoonosis of global importance". En: *Zoonoses Special Issue*, *International Journal for Parasitology*. 43(12-13):999-1008. doi:10.1016/j.ijpara.2013.07.004.

Molyneux, D., Dean, L., Adekeye, O., Stothard, J., & Theobald, S. (2018). The changing global landscape of health and disease: Addressing challenges and opportunities for sustaining progress towards control and elimination of neglected tropical diseases (NTDs). *Parasitology*, 145(13), 1647-1654. doi:10.1017/S0031182018000069.

- Ruíz, A., Ocampo, G., Soto, A., & José, M. V. (1996). El grado de agregación de *Ascaris lumbricoides* según grupos de edad, después de una intervención antihelmíntica de masas. *Salud Pública de México*, 38(4), 249-256 (Accesed 20 May 2015).
- Robertson, I.D.; P.J. Irwin; A.J. Lymbery ; R.C.A. Thompson. 2000. The role of companion animals in the emergence of parasitic zoonoses. *International Journal for Parasitology* 30 (12-13):1369-1377.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.4257&rep=rep1&type=pdf> (Accesed 20 May 2015).
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). 1980. Norma Mexicana NMX-AA-003-SCFI-1980 Manejo y muestreo de aguas residuales. *Diario Oficial de la Federación*. 25 March 1980.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). 2012. Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI-2012 Análisis de agua para determinación de huevos de helmintho. *Diario Oficial de la Federación*. 9 Abril 2013.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 1996a. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. *Diario Oficial de la Federación*. 24 June 1996.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 1996b. Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996, límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. *Diario Oficial de la Federación*. 9 January 1996.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público. *Diario Oficial de la Federación*. 14 January 1998.
- Secretaría de Salud. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. *Diario Oficial de la Federación*. 20 June 2000.
- Secretaría de Salud. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua. *Diario Oficial de la Federación*. 1 August 2003.
- Secretaria de Salud. 2015. Boletín epidemiológico, sistema único de información. Veinte principales causas de enfermedad Nacional, por mes de notificación. México: Secretaria de Salud, Sistema nacional de vigilancia epidemiológica.
<https://www.gob.mx/salud/documentos/> (Accesed 15 June 2015).

- Wakelin D. (1996). Helminths: Pathogenesis and Defenses. In: Baron S, editor. Medical Microbiology. 4th edition. Galveston (TX): University of Texas Medical Branch at Galveston; 1996. Chapter 87. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK8191/> (Accessed 20 August 2021).
- World Health Organization (WHO). 2004. Regional Office for the Eastern Mediterranean. Integrated guide to: Sanitary Parasitology. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/16408> (Accessed 15 August 2021).
- World Health Organization (WHO). 2006. Guidelines for the Safe Use of Wastewater Excreta and Greywater, vol. 4, World Health Organization, Geneva. <https://www.who.int/publications/i/item/9241546859> (Accessed 15 August 2021).