



## Title: Agua y salud en México: patógenos y legislación

**Authors:** BARRERA-BERNAL, Clementina, DOMÍNGUEZ-BARRERA, Clemen y GUZMÁN-GUILLERMO, Jorge

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2020-04

BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

Pages: 17

RNA: 03-2010-032610115700-14

### ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# Resumen/Abstract

Se resume el panorama en México sobre las enfermedades infecciosas y no infecciosas transmitidas por el agua, su etiología y sintomatología. Además, se presenta un análisis sobre la legislación mexicana en este tema. Finalmente, se abordan otros nuevos temas poco tratados en la literatura pero con una importancia primaria como las enfermedades emergentes transmitidas por el agua, vertido de antibioticos en el agua de drenaje y el efecto del cambio climático en la salud humana.

In this chapter we resume the panorama about infectious or no infectious waterborne diseases in Mexico, its etiology and symptomatology. Furthermore, an analysis about mexican legislation in this topic is presented. Finally, we explain other new topics little treated but of primary importance such as emerging waterborne diseases, antibiotics in drain water and the effect of climate change on human health.

**Palabras claves: Enfermedades emergentes, Bacterias, Virus.**

**Key words: emerging diseases, Bacteria, Viruses.**

# Introducción

Las enfermedades transmitidas por el agua nos han acompañado como especie humana desde nuestros orígenes evolutivos, debido a nuestra necesidad fisiológica de consumirla. Sin embargo, el agua se encuentra muchas veces contaminada por diversas partículas como bacterias, protozoarios, hongos, virus e incluso compuestos o iones inorgánicos, que pueden tener un efecto tanto negativo como positivo sobre nuestra salud.

Es por ello que en este capítulo presentamos una revisión bibliográfica del tema de las *enfermedades transmitidas por el agua*, como una puesta al día de las enfermedades más recurrentes, su etiología y sintomatología. Por otro lado se presenta un panorama general de la legislación en México que regula la sanidad en el agua para el consumo humano y lo relacionado con sus usos.

# En la presente revisión se tratan los siguientes temas:

1. **Patógenos transmitidos por el agua en la historia**
2. **Agua y salud en el México moderno**
3. **Patógenos transmitidos por el agua.**
4. **Virus**
5. **Bacterias patógenas transmitidas por el agua**
  1. **Cólera**
  2. **Cepas patogénicas de *Escherichia coli***
  3. **Salmonelosis**
  4. **Shigelosis**
  5. **Patógenos bacterianos emergentes que pueden ser transmitidos por el agua**
  6. **Vertido de antibióticos a cuerpos de agua como un origen de la cepas multiresistentes**
  7. **Protozoos transmitidos por el agua**
  8. ***Giardia* sp.**
  9. ***Entamoeba* y otras amibas**
  10. ***Toxoplasma gondii***
  11. ***Cryptosporidium* sp.**
6. **Enfermedades no infecciosas relacionadas al agua**
7. **Contaminantes emergentes en el agua**
8. **Normatividad mexicana sobre el agua para consumo**
9. **Cambio climático, salud y agua**

# Patógenos transmitidos por el agua en la historia

Como en muchas otras áreas del conocimiento científico, durante la edad media los avances de las tecnologías relacionadas a la purificación, extracción y distribución del agua fueron mínimos, debido a que la experimentación científica era escasa (Mays, 2013). 4152 3134 3681 0530

Los escritos más antiguos relacionados a la purificación del agua son tratados médicos en Sánscrito escritos alrededor del 2000 a.c., ¡hace más de 4000 años!

Se ha concluido que al mantener el agua en contenedores de cobre se limita el crecimiento de algunas bacterias patógenas y se genera también un efecto bactericida sobre *Shigella flexneri*, *Salmonella enterica* Typi, *Salmonella* Paratyphy, *Vibrio cholerae* O1 y algunas cepas patogénicas de *Escherichia coli* (Preethi et al., 2012).

# Patógenos transmitidos por el agua en la historia

En la cultura Griega, 1500 años después, Hipócrates parece haber dilucidado una relación entre la pureza del agua y la salud del ser humano, ya que a sus pacientes les hacía beber agua limpia y también curaba sus heridas con agua limpia o con vino (Andrades *et al.*, 2004).

A Hipócrates, se le atribuye la fabricación de un artefacto (*Hippocrate's sleeve*) capaz de limpiar las partículas suspendidas en el agua, posteriormente eliminaba los patógenos al ser hervida, lo cual cobra importancia al conocerse que lo daba a sus pacientes para que estos tuvieran acceso a agua limpia y acelerar su recuperación (Lauria, 2008).

Para las culturas mesoamericanas, la abundancia y manejo del recurso agua en los ecosistemas presentes en esa región marcó un aspecto decisivo en su florecimiento, majestuosidad y desarrollo (Scarborough y Gallopín, 1991). Numerosas deidades, ceremonias y expresiones artísticas nos relatan la importancia que tenía el agua para estas culturas.

## 2. Agua y salud en el México moderno

Para el año 2007 se reporta que en México aún mueren 4800 personas por complicaciones derivadas de la diarrea y solo un 74% de la población tiene acceso a servicios de saneamiento (Llorente y Casas, 2007).

En México, el consumo de refrescos (bebidas azucaradas) y otras conductas alimenticias junto con el sedentarismo ubican al país con el mayor índice de obesidad del mundo (Espinosa-Montero *et al.*, 2013). Y más que las enfermedades ocasionadas por patógenos transmitidos por el agua, las afecciones cardiacas y metabólicas como la hipertensión y la diabetes, provocan la mayor cantidad de muertes e incapacidades entre la población del país (Rivera et al., 2008).

# 3. Patógenos transmitidos por el agua.

El microbioma acuático en aguas naturales es altamente diverso, pues está formado por bacterias, protoctistas, hongos y animales. Si bien la mayoría de estos no son patogénicos, existen organismos capaces de burlar las barreras mucosas y dérmicas del cuerpo humano ocasionando una amplia gama de padecimientos. Estas enfermedades comúnmente están asociadas a desequilibrios gastrointestinales.

Básicamente son tres grupos de microorganismos patógenos transmitidos al entrar en contacto con el agua; virus, bacterias y protozoarios (Leclerc *et al.*, 2002). Sin embargo, algunos patógenos que si bien no son transmitidos por el agua, como los causantes de la malaria, dengue o la enfermedad de Chagas, presentan vectores que necesitan de un medio acuático para completar sus ciclos de vida, principalmente hacia los trópicos.



# 3.1 Virus

Pocos son los tipos virus que pueden continuar siendo infectivos por un tiempo prolongado después de salir del cuerpo del hospedero. Uno de estos es el Virus de la Hepatitis tipo A (VHA). Se ha documentado extensamente la permanencia y transmisión de VHA en agua sin tratamientos para su consumo, o bien agua contaminada (Bruguera, 2006; Valdespino *et al.*, 2007). La distribución de VHA está zonificada en el globo, siendo África, Asia y Latinoamérica las regiones con mayor incidencia (Tanno y Fay, 2005). Para México la seroprevalencia de VHA arroja datos crudos, pues se comporta de tal manera que funge como un indicador de inequidad social en la población, para el 2007 el 87% de la población (78.7 millones de personas) se encontraban infectadas del virus, asimismo Valdespino *et al.* (2007) argumentan que esto puede deberse a diferencias en las condiciones sanitarias y sociales en el país.

# Bacterias patógenas transmitidas por el agua

Las enfermedades bacterianas son las infecciones agudas o crónicas más comunes en la población humana. Las especies y cepas patogénicas comúnmente están relacionadas con aquellas que producen eventos agudos, violentos, contagiosos y si no son tratados; potencialmente mortales. Las enfermedades más comunes ocasionadas por bacterias relacionadas al consumo de agua son:

**Cólera**

**Cepas patogénicas de *Escherichia coli***

**Salmonelosis**

**Shigelosis**

# Patógenos bacterianos emergentes que pueden ser transmitidos por el agua

Destaca el complejo *Mycobacterium avium*, relacionado a desordenes en el tracto respiratorio y digestivo, normalmente estas bacterias se encuentran en cuerpos de agua naturales, tuberías y redes de distribución de agua y es resistente a la cloración del agua para consumo. Otro organismo emergente es *Aeromonas hydrophyla*, un patógeno oportunista que habita aguas naturales comúnmente aislado en la comida y el agua de consumo; esta bacteria se ha señalado como un agente potencial de gastroenteritis, septicemia, meningitis e infecciones en heridas, tanto en poblaciones inmunocomprometidas como en niños sanos. Otra bacteria patógena que puede ser aislada de cuerpos de agua es *Helicobacter pylori*, la cual se ha implicado en la enfermedad ácido péptica, úlceras gástricas y carcinoma gástrico.

# Vertido de antibióticos a cuerpos de agua como un origen de la cepas multiresistentes

A diferencia de las eucariotas (células nucleadas presentes desde las plantas hasta los hepatocitos humanos) que usan el sexo, específicamente en el entrecruzamiento cromosómico en la meiosis gametogénica, como principal fuente de variación genética, las bacterias pueden usar otros recursos como las mutaciones puntuales, la recombinación genética y la transferencia horizontal de material genético entre especies e incluso entre géneros bacterianos distintos (Hernández, 2010). Esta amplia variedad de mecanismos evolutivos han permitido a las bacterias generar resistencia a antibióticos y “compartir” estas características entre ellas, a su vez, se ha demostrado que la capacidad infecciosa o virulenta de las bacterias también puede ser adquirida a través de estos mecanismos (Meléndez-Marmolejo *et al.*, 2020).

Para México, Rodríguez-Noriega *et al.* (2014) generan una revisión de los casos reportados de resistencia bacteriana en el periodo de 1973-2013. Inician con 1973 que es el año donde se produce una epidemia de salmonelosis resistente al cloranfenicol, tetraciclina, streptomina y a las sulfas. Asimismo encuentran reportes de *E. coli* enterotóxica con resistencia a ampicilina, tetraciclina, estreptomina y kanamicina. Otros organismos de importancia clínica compilados en la revisión de Rodríguez-Noriega *et al.* (2010), son *Klebsiella pneumoniae*, *K. oxytoca*, *Serratia marcescens*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Streptococcus pneumoniae*, *S. pyrogenes* y *Staphylococcus aureus*.

# Protozoos transmitidos por el agua.

Algunos de los protozoarios que podemos encontrar en el intestino como comensales son especies del género *Entamoeba*, *Endolimax* y las *Trichomonas*, mientras que especies como *E. histolytica*, *Iodamoeba buetschlii*, *Dientamoeba fragilis*, *Giardia intestinalis*, *Toxoplasma gondii* y *Balantium coli* se consideran protozoarios patógenos (Solarte, 2006; Efstratiou *et al.*, 2017).

En la actualidad los protozoarios causan más de 2.2 millones de muertes en todo el mundo, siendo los países tropicales los más afectados, y son la segunda causa de muerte entre menores de 5 años (Efstratiou *et al.*, 2017).

# Enfermedades no infecciosas relacionadas al agua

Otros agentes disueltos en el agua que representan una amenaza para la salud son ciertos iones metálicos y compuestos químicos naturales o sintéticos, que pueden causar desequilibrios nerviosos, hormonales, renales, y diversos tipos de cáncer, que pueden llevar a la incapacidad, malformaciones embrionarias e incluso la muerte. Algunos de estos metales son el arsénico, cadmio, plomo y mercurio.

# Contaminantes emergentes en el agua

Los contaminantes emergentes por definición son un conjunto de sustancias no reguladas que se encuentran en el ambiente en cantidades extremadamente bajas, además de que se requieren análisis especiales para evidenciar su existencia. A su vez, se sabe que la principal puerta de entrada al ambiente de estas sustancias es por vías como aguas residuales domésticas, industriales o infiltración de actividades agrícolas (Gil *et al.*, 2012).

Desafortunadamente muchas de estas sustancias tienen consecuencias catastróficas en los sistemas biológicos, pueden bioacumularse, tener efectos miméticos con sustancias naturalmente presentes como algunas hormonas y provocar un efecto de disruptor endócrino en órganos blancos, además se ha demostrado que algunas de estas puede influir en la aparición de distintos tipos de cánceres.

# Normatividad mexicana sobre el agua para consumo

Un factor importante para la salud de la población es la provisión de agua potable y de saneamiento pues evita su exposición a los agentes patógenos.

Existen diversas normas aplicables al tema del agua algunas de las normas más relevantes se pueden aglomerar por grupos: SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), salud, energía y normas mexicanas. Se debe enfatizar que, conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), son regulaciones técnicas de observancia obligatoria, en tanto que las Normas Mexicanas (NMX) son de aplicación voluntaria.



# Normatividad mexicana sobre el agua para consumo: Nomas y leyes.

NOM-001-SEMARNAT-1996

NOM-003-SEMARNAT-1997

NOM-003-CONAGUA-1996

NOM-004-CONAGUA-1996

NOM-006-CONAGUA-1997

NOM-009-CONAGUA-2001

NOM-010-CONAGUA-2000

NOM-008- CONAGUA-1998

NOM-011-CONAGUA-2000

NOM-014-CONAGUA-2003

NOM-015-CONAGUA-2007

Ley General de Salud de 1984

NOM-179-SSAI-1998

NOM-230-SSAI-2002

NOM-127-SSA1-1994

# Cambio climático, salud y agua

Se ha documentado que cambios en la temperatura y temporadas de lluvia pueden afectar la distribución de vectores como aquellos de la malaria y el dengue, y aumentar la incidencia de enfermedades diarreicas (Haines *et al.*, 2006; Patz y Holson, 2006; Shuman, 2010). De la misma manera, para aquellos lugares donde el cambio climático ha traído consigo disminución en la lluvia como en la amazona y en Centroamérica patógenos como la malaria probablemente disminuyan su transmisión (Haines *et al.*, 2006).

Es durante las últimas décadas que los periodos del fenómeno donde la temperatura aumenta drásticamente se han dado las condiciones para que patógenos que se transmiten por agua, como el hantavirus o la bacteria causante del cólera, proliferen (Patz *et al.*, 2005; Shuman 2010). Otros patógenos que se cree han proliferado junto con el cambio climático son *Mycobacterium avium*, *Helicobacter pylori* y *Aeromonas hydrophyla* (O'Dwyer *et al.*, 2016).



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)