

Higiene y Sanidad Ambiental, **20** (1): 1847-1852 (2020)

Riesgo sanitario por abastecimiento de agua y eliminación de excretas en asentamientos precarios de Buenos Aires, Argentina

HEALTH RISK DUE TO WATER SUPPLY AND EXCRETA DISPOSAL IN PRECARIOUS SETTLEMENTS IN BUENOS AIRES, ARGENTINA

Lidia NUÑEZ, Soledad TERÁN, Carina TORNELLO, Julián MANTOVAN, Marta PAZ, Juan MORETTON

Salud Pública e Higiene Ambiental. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires. Junín 956, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Correspondencia: Lidia Nuñez. Correo-e: lidian@ffyb.uba.ar

RESUMEN

Establecer las herramientas para caracterizar y cuantificar los riesgos sanitarios generados por el abastecimiento, consumo domiciliario de agua y eliminación de excretas en asentamientos precarios de la ciudad de Buenos Aires con el fin de proporcionar a los evaluadores de gestión la posibilidad de estimar en forma rápida sencilla y económica los resultados generados por mejoras en suministros de agua o por eliminación correcta de excretas. Se seleccionaron para este estudio los asentamientos precarios: Villa 21 y 24 y Villa 31 de la Ciudad de Buenos Aires. El estudio realizado se basó en entrevistas a los vecinos y análisis químicos y biológicos de las diferentes fuentes de riesgo en distintos puntos de los asentamientos y evaluación de riesgo sanitario estimando el ACRM. En la Villa 31, las condiciones de distribución, almacenamiento, escasez, baja presión de agua para consumo humano contribuyen a que esta población esté expuesta a un alto riesgo de contaminación. Se observó un importante riesgo sanitario debido al alto grado de exposición a la que está sometida la población tanto por las deficiencias en higiene personal relacionadas con la falta de agua segura y el inadecuado manejo de líquidos residuales.

Palabras clave: Riesgo sanitario, asentamientos precarios, saneamiento, líquidos residuales, ACRM.

ABSTRACT

The aim was to establish the tools for characterizing and quantifying the health risks from the domestic drinking water supply and sewerage in precarious settlements in the City of Buenos Aires, so as to provide the assessors of the process with the possibility of estimating this in an easy, fast and economic way. The following precarious settlements were chosen: 'Villas 21 and 24', and 'Villa 31' in the City of Buenos Aires. Chemical and biological analyses of different sources of risk in different places in the settlements were performed, and the sanitary risk was evaluated by estimating the QMRA. In 'Villa 31', the conditions in the supply, storage, shortage and low pressure of water for human consumption all contribute to the fact that its population is exposed to a high risk health. A significant sanitary risk was observed due to the high degree of exposure to which the population is subjected, either by deficiencies in personal hygiene related to the lack of safe water or by the inappropriate handling of wastewater.

Keywords: Health risk, slum, sanitation, wastewater, QMRA.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua potable constituyen una carga importante para la salud pública. El principal riesgo para la salud es la ingestión de agua contaminada con heces que contienen patógenos que causan enfermedades infecciosas como el cólera y otras enfermedades diarreicas. La carga de enfermedades relacionadas con el agua varía según el contexto y es más alta en entornos de bajos ingresos donde la diarrea sigue siendo una de las principales causas de muerte infantil. Las revisiones sistemáticas de la evidencia epidemiológica de los estudios de intervención, y especialmente las investigaciones de brotes, sugieren que la calidad del agua potable desempeña un papel importante en la transmisión fecal oral (Bain et al., 2014).

Los mecanismos clásicos de transmisión de enfermedades transmitidas por el agua son la falta de higiene personal, descrita como el *ciclo corto* (excreta → mano → boca), y la contaminación ambiental, descrita como el *ciclo largo*. Típicamente, las inversiones físicas en saneamiento comunitario rompen el ciclo largo de manera más efectiva. Romper el ciclo corto requiere cambios en el comportamiento y las prácticas personales, lo que presenta un desafío más difícil (Bosh et al., 2001).

Los riesgos microbianos para la salud humana son causados por virus entéricos, bacterias, protozoos y helmintos debido a malas prácticas de higiene y saneamiento (Mara et al., 2010). Estos riesgos pueden ser mayores en los barrios marginales urbanos debido a la falta de provisión adecuada de saneamiento (Katukiza et al., 2012). Las infecciones relacionadas con malas prácticas de saneamiento e higiene siguen siendo la principal causa de mortalidad y morbilidad en los barrios marginales urbanos (Alirol et al., 2010; WHO/UNICEF, 2012). En los asentamientos precarios, la incidencia de diarrea, disentería y gastroenteritis es especialmente alta en grupos que incluyen a niños, ancianos y mujeres embarazadas y se atribuye al contacto de persona a persona, así como el agua y el suelo con contaminación fecal (Bellido et al., 2010). Son muy pocos los estudios de análisis cuantitativo de riesgo microbiológico (ACRM) llevados a cabo en asentamientos precarios (Machdar et al., 2013; Labite et al., 2010; Howard et al., 2006).

La evaluación cuantitativa de riesgo microbiano (QMRA) es una técnica que proporciona un marco directo y científico para evaluar la calidad del agua y determinar si las aguas representan un peligro para la salud de sus usuarios. Se ha utilizado para investigar todos los sistemas de agua urbanos, redes de distribución de agua y también para evaluar el impacto de microorganismos infecciosos del medio acuático en la población urbana (Obi et al., 2003; Ashbolt, 2004; Ashbolt et al., 2006).

Según datos de la Dirección General de Estadística y Censos (2010), una población de más de

160000 personas habita los asentamientos precarios de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En los últimos años, surgieron 24 nuevos asentamientos. La distribución geográfica, dentro de los barrios de Buenos Aires, de las llamadas Villas miseria sigue en gran medida la cuenca del Matanza Riachuelo, la zona sur de la ciudad, donde los terrenos anegadizos, degradados, y contaminados resultan no aptos para vivienda, ni para instalaciones comerciales o industriales. Sobre estos terrenos insalubres se ha construido el 95% de las Villas. Son asentamientos espontáneos, sin planificación, con trazados irregulares. Estas comunidades informales no tienen el mismo acceso a servicios que el resto de la población de la ciudad. Como resultado, el sistema sanitario, los sistemas para distribución de agua, aceras y calles pavimentadas son completamente inadecuados. Su localización se relacionó generalmente con la proximidad a las fuentes de trabajo y el acceso a servicios urbanos (Clichevsky, 2002).

El presente trabajo tiene como objetivo establecer las herramientas para caracterizar y cuantificar los riesgos sanitarios generados por el abastecimiento, consumo domiciliario de agua y eliminación de excretas en asentamientos precarios de la Ciudad Autónoma de Buenos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio del área

Se seleccionaron para este estudio los asentamientos precarios conocidos como las Villas 21, 24 y 31 (Figura 1). Ambos asentamientos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires fueron seleccionados debido a que presentan características diversas en el acceso a los abastecimientos de agua y en los sistemas para eliminación de excretas.

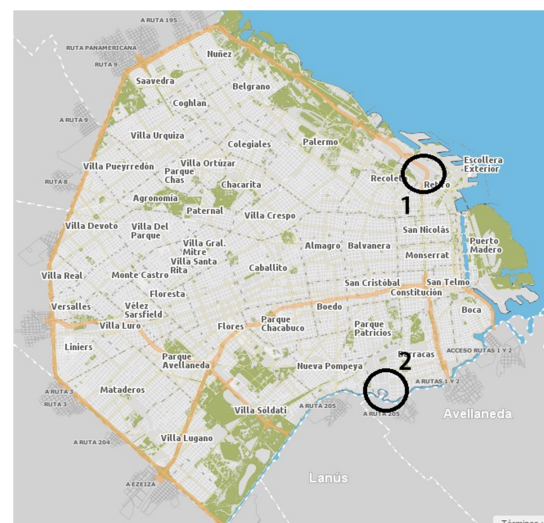


Figura 1. Mapa de las Villas 31, y 21 y 24, y su localización en la ciudad de Buenos Aires.

La Villa 31 tiene una población de 26492 personas. La población se distribuye en los 0.32 km² resultando una densidad de 85171 habitantes por km². Los datos relevados muestran que el 64.3% de los hogares encuestados poseen agua de red precaria dentro de la vivienda. El 35.7% restante carece incluso de dicha instalación precaria, indicando una proporción significativa de hogares que no cuenta con niveles mínimos de saneamiento y bienestar del hogar.

Las Villas 21 y 24 bordean el Riachuelo, con un área de 0.65 Km², tienen una población de 32688 personas. La totalidad del asentamiento está abastecido por una red precaria de agua. Este asentamiento forma parte del *corredor sur* que es, a la fecha, el que cuenta con los mayores índices relativos de pobreza, indigencia, desempleo, déficit habitacional y trabajo informal de la CABA. En relación directa con lo anterior, durante los últimos años, la creciente instalación en la Villa de residentes provenientes del Paraguay ha tenido amplias repercusiones socioculturales que transformaron las problemáticas sociales que afectan a la Villa (Oniszczyk, 2011).

Control de potabilidad del agua de consumo en diferentes niveles de distribución

Se realizaron tomas de muestras en diferentes abastecimientos de agua: conexiones centrales de la red, red domiciliaria, tanques comunitarios, recipientes abiertos dentro de la vivienda. Los puntos de muestreo correspondientes a las conexiones centrales fueron elegidos en base al estudio del sistema de red de abastecimiento.

Para el análisis bacteriológico de potabilidad de agua se realizaron los ensayos requeridos por el Código Alimentario Argentino: Recuento de bacterias viables mesófilas, bacterias coliformes, y búsqueda de *Escherichia coli* y de *Pseudomonas aeruginosa* en 100 mL, de acuerdo al Standard Methods (2017).

Muestreo y análisis microbiológico de aguas grises y cloacales

En las Villas 21 y 24, desde el punto de vista sanitario el asentamiento pudo dividirse en varios sectores relacionados con la provisión de agua potable y la infraestructura para eliminación de excretas.

Se seleccionó dentro del sector más crítico aquel que mostraba condiciones sumamente precarias de vivienda que en este caso correspondía a los pobladores más recientes radicados en el asentamiento. En dicho sector se decidió realizar un muestreo en un conducto deteriorado que en la mayor parte de su recorrido lleva las aguas residuales a cielo abierto. El conducto desagua al Riachuelo en forma directa previo pasaje a través de un basural. Existe allí un contacto frecuente, en particular de la población infantil, con las aguas contaminadas. Se realizaron tomas de muestras estacionales (punto A).

Se analizaron aguas residuales en otros puntos del asentamiento: (B), agua gris en el cordón de la acera

al inicio del asentamiento; (C), agua gris recogida en terrenos destinados a actividades infantiles.

Se determinó la presencia de bacterias indicadoras de contaminación (coliformes totales, *Escherichia coli* y enterococos), bacterias patógenas (*Salmonella*). Para realizar los ensayos microbiológicos se procedió como sigue: De alícuotas de las muestras se prepararon diluciones decimales seriadas de 10⁻¹ a 10⁻⁴ en solución fisiológica y se inoculó 1 mL de las diluciones en microaerofilia en Agar Violeta rojo Bilis Lactosa, Agar selectivo para enterococos Slanetz Bartley (Biokar), y se incubó 48 horas a 35 °C para determinar las unidades formadoras de colonias (ufc) de coliformes fecales y enterococos.

Para determinar *Salmonella* spp. se realizó una inoculación en tubos, de acuerdo al método 1682, técnica del número más probable (NMP), descrita por la Agencia de Protección Ambiental de los EUA para *Salmonella* en biosólidos (U.S. Environment Agency, 2005), modificada de acuerdo a lo siguiente: se inocularon cinco tubos de caldo tripticaseína por dilución incubando durante 24 h a 35° C. Los tubos con crecimiento se inocularon en Caldo Tetrionato (Biokar) y Caldo Rappaport-Vassiliadis (Biokar) que se incubaron durante 18 h a 35 y a 44 °C respectivamente. Después de la incubación se sembró en superficie en placas de Agar xilosa-lisina-desoxicolato (XLD, Biokar) que se incubaron 48h a 37 °C. Las colonias características, se sembraron en los siguientes medios: triple azúcar hierro (TSI, Biokar), lisina hierro agar (LIA, Britania), y caldo urea (Britania). La identificación se realizó mediante el índice analítico de perfil API 20E (Biomérieux).

Evaluación cuantitativa de riesgo microbiológico

Evaluar el riesgo de infección por *Salmonella* spp. por ingestión accidental de líquidos residuales que se encontraban en zanjas o charcos expuestos a la población.

En este estudio, el riesgo microbiano asociados con la exposición a líquidos residuales se investigó a través de una Evaluación Cuantitativa de Riesgo Microbiano (QMRA). Los cuatro pasos para implementar una QMRA son: identificación de peligros, evaluación de exposición, análisis de dosis-respuesta y caracterización de riesgos

Salmonella spp. fue utilizado como un patógeno de referencia para el QMRA debido a su ocurrencia y persistencia en barrios precarios y su fácil detección y cuantificación. Para calcular la concentración de *Salmonella*, se utiliza la relación *Salmonella*-coliformes fecales (Haas et al, 1999). La dosis se calculó como el producto de la concentración de patógenos en una ruta de exposición específica y el volumen ingerido.

Escenario de exposición

Se asume una ingestión de 10 mL al salpicarse o de 10 mL/hora con 3 horas de exposición por parte de niños que jueguen en el terreno inundado, con una

exposición anual de 96 días al año (Diallo et al, 2008).

Modelo Dosis- Respuesta

Para calcular el riesgo de infección por una sola exposición, se utilizó el modelo de beta-Poisson.

Para *Salmonella* spp.: ID=23600; $\alpha=0.3126$ (Haas et al., 1999; Steyn et al., 2004).

Se utilizaron las siguientes ecuaciones modelo:

$$A) P_i = 1 - [1 + (d/ID_{50}) (2^{1/\alpha} - 1)]^{-\alpha} \quad (1)$$

donde:

P_i = probabilidad de infección.

d = dosis ingerida del microorganismo.

ID_{50} = dosis infectiva mínima.

α = parámetro de la curva dosis-respuesta.

B) Riesgo anual de infección.

$$P_{\text{Inf:anual}} = 1 - [1 - P_i]^{FE} \quad (2)$$

FE = frecuencia de exposición para cada uno de los escenarios.

RESULTADOS

Villa 31

Todas las muestras de agua para consumo analizadas contenían cloro residual en un rango de 2.5 ppm en las conexiones centrales a 0.1 ppm en recipientes abiertos. Todos los parámetros evaluados estuvieron dentro de los límites establecidos por el Código Alimentario Argentino.

En la Figura 2 se muestran los valores de bacterias coliformes y de enterococos detectados en las muestras de líquidos residuales de los diferentes puntos de muestreo. Al estimar el riesgo de infección por *Salmonella* spp., se observaron riesgos por una sola exposición del orden de 10^{-3} y anuales del orden de 10^{-1} en los diferentes puntos de muestreo tanto de aguas cloacales como grises.

Villas 21 y 24

Todas las muestras de agua de consumo analizadas contenían cloro residual en un rango de 1.2 a 0.6 ppm. Todos los parámetros evaluados estuvieron dentro de los límites establecidos por el Código Alimentario Argentino para aguas de consumo humano.

En la Figura 3 se representan los valores medios de las concentraciones de las bacterias indicadoras de contaminación fecal en las muestras de aguas residuales analizadas. Los valores medios de coliformes son similares entre el punto (A) y (B) y significativamente diferentes con respecto al punto (C). En el líquido cloacal, se observaron valores de coliformes y enterococos similares a los hallados en el sistema cloacal de la ciudad de Buenos Aires (Nuñez et al., 2011). Además se detectó la presencia de *Salmonella* spp. tanto en agua gris como cloacal.

En la Tabla 1, se muestran los valores de riesgo de infección con *Salmonella* para una sola exposición y para exposición anual en los diferentes puntos de muestreo de líquidos residuales. El mayor riesgo de

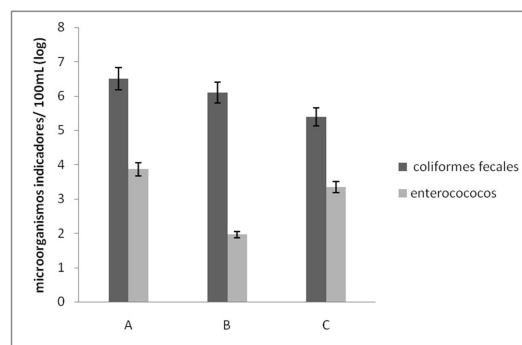


Figura 2. Media geométrica de los indicadores bacterianos de contaminación fecal de los líquidos residuales en la Villa 31.

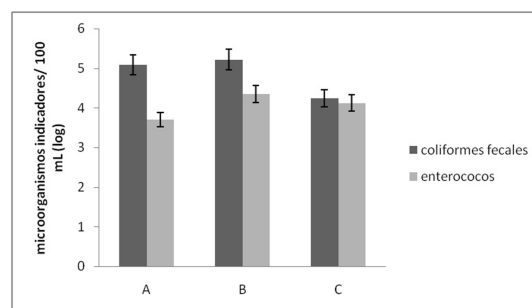


Figura 3. Media geométrica de los indicadores bacterianos de contaminación fecal de los líquidos residuales en la Villa 21 y 24.

infección por una sola exposición se obtiene en el conducto con líquidos cloacales (punto A). Aun cuando los recuentos de bacterias indicadoras de contaminación fecal fueron menores que en los puntos A y B, en el punto C se observó un alto riesgo de infección en el terreno destinado a recreación infantil, por el mayor grado de exposición de la población.

DISCUSIÓN

En la Villa 31, en ninguna muestra de agua de bebida se detectaron las bacterias indicadoras de contaminación fecal, todas las muestras de agua potable fueron aptas para el consumo humano. Estos resultados se deben principalmente al elevado nivel de cloro residual que contenía las muestras. Sin embargo esto no indica que la ingesta del agua sea segura. Las condiciones de distribución, almacenamiento, escasez, baja presión, unidas a la deficiencia en la eliminación de excretas contribuyen a que esta población esté expuesta a un alto riesgo de contaminación del agua de consumo con las aguas residuales.

Tabla 1. Riesgo de infección por una sola infección y anual por *Salmonella* spp. por exposición a líquidos residuales.

Villas 21 y 24		
Sitios de muestro	Riesgo por una sola exposición (P_i)	Riesgo anual
A	1.30×10^{-3}	1.12×10^{-1}
B	1.18×10^{-4}	1.68×10^{-2}
C	5.69×10^{-5}	5.45×10^{-3}

A: una zanja con agua cloacal; B: agua gris en el cordón de la acera al inicio del asentamiento; C: agua gris en charcos en terreno donde los chicos juegan.

Villa 31		
Sitios de muestro	Riesgo por una sola exposición (P_i)	Riesgo anual
A	1.37×10^{-3}	1.23×10^{-1}
B	2.67×10^{-3}	2.26×10^{-1}
C	3.37×10^{-3}	2.77×10^{-1}

A y C: agua gris; B: líquido cloacal.

En las Villas 21 y 24, las aguas residuales analizadas presentaron una importante contaminación fecal demostrada por el alto contenido de coliformes totales y por la presencia de *Salmonella* spp.

El riesgo sanitario por la exposición a un patógeno depende de su virulencia, su infectividad y la vía de exposición, que se ve afectada por el medio ambiente (Pettersson et al., 2006). El efecto de la exposición sobre la salud humana aumenta con la dosis de los microorganismos patógenos. En ausencia de datos epidemiológicos, el modelo de ACRM, descrito por Hass (1999) permite determinar si la presencia de un agente patógeno en un ambiente acuático puede presentar un riesgo para la población expuesta a dicho ambiente y cuantificarlo. Dichos resultados revelan que el riesgo de infección estimado es mayor que el nivel de seguridad establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) de 10^{-4} (CAMRA, 2013), para todos los escenarios estimados.

El riesgo por *Salmonella* spp. por exposición a líquidos cloacales es similar en ambos asentamientos precarios. Katukiza (2013) en asentamientos precarios en Uganda obtuvo un riesgo anual por *Salmonella* en agua gris de 3.64×10^{-1} , similares a los obtenidos en la Villa 31. Estos valores son importantes debido al alto grado de exposición a la que está sometida la población, especialmente los niños que pueden entrar en contacto con el agua contaminada al jugar. Esto justifica la necesidad de priorizar la gestión de aguas grises en barrios marginales urbanos. Se requiere una combinación de intervenciones

de higiene y saneamiento para minimizar el riesgo de infección constituido por virus y bacterias en el agua en las fuentes de contaminación identificadas.

Los resultados muestran que los niños pueden merecer una atención especial en los análisis de QMRA, incluso desde el punto de vista de que sus tasas de ingestión de agua o inhalación pueden ser más altas que en el caso de los adultos.

Las herramientas técnicas desarrolladas y aplicadas en el presente estudio serán de utilidad para evaluar los resultados de las mejoras sanitarias que se plantean en los distintos proyectos de urbanización de asentamientos precarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Aliroi E, Getaz L, Stoll B, Chappuis F, Loutan L. Urbanisation and infectious diseases in a globalised world. *Lancet Infect Dis* 2010; 10:131–141.
- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th ed. American Public Health Association, Washington, D.C. 2017.
- Bain R, Cronk R, Hossain R, Bonjour S, Onda K, Wright J, et al. Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review. *Tropical Medicine & International Health* 2014; 19: 917-927.
- Bellido JG, Barcellos C, Barbosa FS, Bastos FI. Saneamiento ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil. *Rev Panam Salud Pública* 2010; 28: 114–120.
- Bosch C, Hommann K, Sadoff C, Travers L. Agua, saneamiento y la pobreza. 1999 Banco Mundial, Washington, D.C. Available at: <http://www.worldbank.org/poverty/spanish/strategies/srbook/wat0118.pdf>.
- Código Alimentario 2012 Capítulo XII Artículos: 982 al 1079 - Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificadas.
- CAMRA. Theory and practice of quantitative microbial risk assessment: An introduction. Center for Advancing Microbial Risk Assessment. 2013. http://qmrawiki.msu.edu/images/6th_QMRA_Manual_2013
- Clichevsky N. Pobreza y políticas urbano-ambientales en Argentina. 2002 Santiago de Chile: CEPAL- ECLAC, División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos.
- Diallo MBC, Anceno AJ, Tawatsupa B, Houpt ER, Wangsuphachart V, Shipina OV. Infection risk assessment of diarrhea-related pathogens in a tropical canal network. *Science Total Environmental* 2008; 407: 223-232.
- Dirección General de Estadística y Censos. Resultados provisionales del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas en la Ciudad de Buenos Aires, 2010.

- Haas CN, Rose JB, Gerba CP. Quantitative microbial risk assessment. New York, USA: John Wiley and Sons Inc. 1999.
- Howard G, Pedley S, Tibatemwa S. Quantitative microbial risk assessment to estimate health risks attributable to water supply: Can the technique be applied in developing countries with limited data? *Journal Water Health* 2006; 4: 49-65.
- Katukiza AY, Ronteltap M, Niwagaba CB, Foppen JWA, Kansime F, Lens PNL. Sustainable sanitation technology options for urban slums. *Biotechnol Adv* 2012; 30: 964-978.
- Katukiza AY, Ronteltap MP, van der Steen JW, Foppen JWA, Lens PNL. Quantification of microbial risks to human health caused by waterborne viruses and bacteria in an urban slum. *J Appl Microbiol* 2013; 116: 447-463.
- Labite H, Lunani I, van der Steen P, Vairavamoorthy K, Drechsel P, Lens P. Quantitative Microbial Risk Analysis to evaluate health effects of interventions in the urban water system of Accra, Ghana. *Journal Water Health* 2010; 8: 417- 430.
- Machdar, van der Steen NP, Raschid-Sally L, Lens PNL. Application of quantitative microbial risk assessment to analyze the public health risk from poor drinking water quality in a low income area in Accra, Ghana. *Sci Total Environ* 2013; 449: 134-142.
- Mara D, Lane J, Scott B, Trouba D. Sanitation and Health. *PLoS Medicine* 2010; 7: 1-7.
- Oniszczyk G, Capelli L, Miguens L. Ferme Poblaciones vulnerables y derechos al hábitat y movilidad en la ciudad autónoma de Buenos Aires. *Población* 2011; 7:19- 30.
- Núñez L, Paz M, Mantovano J, Puentes N, Tornello C, Moretton J. Riesgo sanitario para la red cloacal urbana del vertido de residuos líquidos hospitalarios crudos Libro de Actas del XXIII Congreso Nacional del Agua. 2011 pp 188-CD.
- Petterson S, Signor R, Ashbolt N, Roser D. QMRA methodology. *MicroRisk*. 2006. http://www.microrisk.com/uploads/microrisk_qmra_methodology.pdf
- UNICEF & World Health Organization. Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012 update. 2012 World Health Organization. United States of America.
- U.S. Environment Agency. "Method 1682: *Salmonella* in Sewage Sludge (Biosolids) by Modified Semisolid Rappaport-Vassiliadis (MSRV) Medium 2005.
- World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. Fourth ed., Geneva; World Health Organization. 2011.