

ACERCAMIENTO A LA PROBLEMÁTICA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Ing. Dainerys Amaro Prieto¹, Dr. C. Elpidia Caridad Cruz Cabrera², MSc. Milagros Beatón Berenguer³

1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. dainerys.amaro@umcc.cu

2. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. caridad.cruz@umcc.cu

3. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. milagros.beaton@umcc.cu

Resumen

El vertido de las aguas residuales sin tratamiento o con tratamiento insuficiente constituye una de las principales fuentes de contaminación ambiental existentes hoy en día. En correspondencia con lo anterior se realiza una recopilación de información sobre el comportamiento de la generación de agua residual en diferentes regiones del mundo, así como de su tratamiento. Se muestra la evolución de los diferentes sistemas de tratamientos desde su aparición a finales del siglo XIX y específicamente en la década de los 50 en la región de América Latina y el Caribe. Se reconoce el uso de lagunas de oxidación como principal vía de tratamiento en algunos países de esta región.

Palabras claves: Aguas residuales; Tratamientos biológicos; Lagunas de oxidación.

Introducción

La recolección, conducción, tratamiento y adecuada disposición final de los residuales líquidos que se generan en los asentamientos humanos, las industrias e instalaciones agropecuarias, son actividades o acciones encaminadas a conservar y proteger el medio ambiente y la salud humana, al evitar o disminuir la contaminación de las aguas, el suelo, el aire y mitigar los impactos negativos que producen estos fenómenos sobre otras variables del medio natural y socioeconómico.

Según García y Pérez (1985) desde el momento en que aparecieron las primeras poblaciones estables, la eliminación de los residuos ha constituido un problema primordial para las sociedades humanas, ya que surgió la necesidad de deshacerse tanto de las excretas como de los restos de alimentación. Durante las últimas décadas de este siglo, el mundo ha observado con mayor inquietud, analizando y tratando de resolver una serie de problemas relacionados con la disposición de los residuos líquidos procedentes del uso doméstico, agrícola e industrial.

Uno de los desechos contaminantes más peligrosos que produce el ser humano son las aguas residuales. Con este nombre se agrupan todas las aguas que, debido a la acción del hombre, poseen gran cantidad de sustancias (algunas de ellas tóxicas) y microorganismos que pueden ser causa y vehículo de contaminación, en aquellos lugares donde son evacuadas sin un tratamiento previo; por lo que pueden ser potencialmente peligrosas (Espigares y Pérez, 1985; Barrantes y Cartín, 2017).

Por tal motivo existen diferentes tratamientos que permiten lograr que los efluentes de las diferentes actividades humanas sean dispuestos sin peligro para la salud humana y con la menor afectación posible para el ambiente. Según Rojas (2002) dentro de ellos se encuentran, el tratamiento preliminar o pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento avanzado o terciario.

La selección de uno u otro depende del uso que se le destinará al efluente tratado, la naturaleza del agua residual, la compatibilidad de las distintas operaciones y procesos, los medios disponibles de evacuación de los contaminantes finales y la posibilidad económica de las distintas combinaciones (Saturnino y López, 2016).

Dentro de los tratamientos secundarios se destacan los tratamientos biológicos, que se caracterizan en general por su escasa necesidad de personal, mantenimiento, consumo energético reducido y baja producción de fangos. Estos sistemas naturales de depuración son procedimientos o técnicas en los que la eliminación de sustancias contaminantes presentes en las aguas residuales urbanas se realiza a través de componentes del medio natural sin la utilización de ningún tipo de aditivo químico. El efecto depurador se produce por la acción combinada de la vegetación, del suelo y de los microorganismos, siendo sus efluentes aprovechados para otras actividades (Romero, 2008). Tal es el caso de las

lagunas de oxidación o estabilización, las cuales presentan una serie de ventajas que las convierten en una vía de tratamiento alternativo muy interesante para reducir o eliminar la carga contaminante de las aguas residuales proveniente de diferentes sectores.

Este tipo de lagunas se caracteriza por permitir un manejo sencillo, la recirculación de nutrientes y la producción primaria de alimento en la cadena alimenticia a partir de la simplicidad de operación, bajo costo y eficiencia energética.

Desarrollo

La disponibilidad de recursos hídricos está intrínsecamente ligada a la calidad del agua, ya que la contaminación de las fuentes de agua puede excluir diferentes usos. El aumento en los vertidos de aguas residuales sin tratar, junto con la escorrentía de tierras agrícolas y las aguas residuales industriales con tratamiento inadecuado, han llevado al deterioro de la calidad del agua en el mundo. Si las tendencias actuales perduran, la calidad del agua continuará deteriorándose en las próximas décadas, especialmente en los países de bajos recursos en zonas áridas, poniendo así aún en mayor riesgo la salud humana y los ecosistemas (PMERHNU, 2017).

1. Generación de aguas residuales. Tendencias en las diferentes regiones del mundo

La mayoría de las actividades humanas que utilizan agua, generan aguas residuales. A medida que crece la demanda global de agua, el volumen de aguas residuales generadas y su nivel de contaminación se encuentran en constante aumento en todo el mundo. Esta generación y el respectivo tratamiento pueden variar en función del país y de la región, atendiendo a las características y nivel de desarrollo que presenten (PMERHNU, 2017).

En promedio, los países de ingresos altos tratan cerca del 70 % de las aguas residuales municipales e industriales que generan. Este promedio cae a un 38 % en los países de ingresos medios-altos y a un 28 % en los países de ingresos medios-bajos. En los países de ingresos bajos solo el 8 % recibe algún tratamiento. Estas estimaciones sustentan la aproximación que se cita comúnmente que, en el mundo, más del 80 % de las aguas residuales son vertidas sin tratamiento alguno (Sato *et al.*, 2013).

También existe una variabilidad significativa entre diferentes regiones. En Europa, se trata el 71 % de las aguas residuales municipales e industriales generadas, mientras que en los países de América Latina solo se trata el 20 %. Se estima que en Oriente Medio y África del Norte un 51 % de las aguas residuales municipales e industriales son tratadas (ONU-Agua, 2015).

Según PMERHNU (2017), específicamente la región de América Latina y el Caribe se caracteriza por presentar 74 % de su potencial técnico aún subdesarrollado. Es predominantemente húmeda con importantes recursos hídricos, y si bien tiene zonas sumamente áridas, la región es altamente dependiente de la energía hidroeléctrica, la cual

provee más del 60 % de la energía eléctrica que consume. Es una de las regiones más urbanizadas del mundo: el 80 % de la población vive en zonas urbanas y se espera que esta tasa aumente aún más con un 86 % de la población viviendo en ciudades para el año 2050.

La actividad agrícola es la principal usuaria de agua, a la que se destina el 70 % de las extracciones, mientras que los insumos domésticos y la industria representan el 17 % y 13 % respectivamente (AQUASTAT, 2016); de lo que se infiere que mayoritariamente el 30 % del agua extraída que se destinó a estas actividades fue potencialmente convertida en agua residual.

En esta región, los vertidos de aguas residuales urbanas están aumentando debido al crecimiento de la población (la población urbana pasó de 314 millones en 1990 a casi 496 millones en el 2017 y se espera que alcance los 674 millones en 2050) y al aumento de los servicios de abastecimiento de agua y de saneamiento (UNICEF/OMS, 2015). Se estima que los asentamientos urbanos de la región producen más de 30 km³ de agua residual cada año (Mateo *et al.*, 2017).

La cobertura de saneamiento varía entre países, pero también entre las zonas rurales y urbanas de un mismo país. Así, el porcentaje de la población en América Latina y el Caribe con acceso a instalaciones de saneamiento es del 88 % en áreas urbanas y tan sólo 64 % en zonas rurales.

La Tabla 1 muestra los porcentajes globales y específicos de cobertura de saneamiento mejorado en zonas urbanas y rurales en determinados países.

Los valores más bajos de cobertura se dan en Haití, donde menos del 50 % de su población tiene acceso a un saneamiento. En 2015, más de 105 millones de habitantes carecían de acceso a estos servicios en América Latina y el Caribe (OMS-UNICEF, 2015). No obstante, desde 1990 los datos indican una tendencia muy positiva hacia un aumento de la cobertura, especialmente en áreas rurales donde pasó de una cobertura del 36 % en 1990 al 64 % en 2015 (Mateo *et al.*, 2017).

Tabla 1. Cobertura de saneamiento en países de América Latina y el Caribe en 2015

País	Cobertura de saneamiento mejorada (% de población)	
	Urbana	Rural
Chile	100	91
Argentina	96	98
Uruguay	97	93
Costa Rica	95	92
Venezuela	97	70
Cuba	94	89
Paraguay	95	78
México	88	74
Ecuador	87	81
Rep. Dominicana	86	76
Brasil	88	52
Honduras	87	78
Colombia	85	68
Perú	82	53
Panamá	84	58
El Salvador	82	60
Nicaragua	76	56
Guatemala	78	49
Bolivia	61	28
Haití	34	19
ALC	88	64

Fuente: UNICEF-OMS, 2015

2. Evolución histórica de los sistemas de tratamiento de aguas residuales hasta principios del siglo XIX

El tratamiento de aguas residuales se inició en Inglaterra a finales del siglo XIX y principios del XX, para controlar los brotes infecciosos en las principales ciudades de ese país, específicamente, después de la epidemia del cólera en la segunda mitad del siglo XIX (Osorio et al., 2014.).

La gestión de aguas residuales se ha practicado por varios milenios, y con el paso del tiempo ha evolucionado y mejorado. Los etruscos, por ejemplo, desarrollaron sistemas de canales para recolectar diferentes flujos de agua, y los romanos posteriormente asimilaron estas técnicas, mejorándolas y adaptándolas a sus necesidades (Bianchi, 2014).

Las primeras alcantarillas de la antigua Roma fueron construidas por Tarquinius Superbus alrededor del siglo VII a.C. Consistían en un sistema de canales a cielo abierto que drenaba el agua de los pantanos en el fondo de los valles de las siete colinas (tierra inhabitable en ese entonces) y la transportaba al Tíber. Estos sistemas de drenaje evolucionaron lentamente y los romanos finalmente construyeron un complejo sistema de alcantarillas cubierto por piedras, similar a los drenajes modernos. La evacuación de las letrinas se realizaba hacia el sistema de alcantarillado principal y luego, a través de un canal central, al río o arroyo más cercano (Bianchi, 2014).

El segmento más sofisticado del sistema de alcantarillado romano fue la Cloaca Máxima Cubierta, considerado el colector más grande entre los diversos colectores de aguas residuales. Construido primero como un canal de agua dulce abierto, alrededor de los siglos II y I a.C. se transformó en un monumental túnel subterráneo con paredes de toba y bóvedas. Conocida como la máxima cloaca de Roma, la Cloaca Máxima es una obra maestra de la ingeniería hidráulica y la arquitectura. Es uno de los artefactos sanitarios más impresionantes del mundo antiguo, que proporcionó el drenaje necesario para la creación del Foro Romano y se convirtió en la pieza central de una red de saneamiento que brindó servicios de higiene a las colinas alrededor de Roma (Bianchi, 2014).

Con el tiempo el río Tíber llegó a estar sumamente contaminado, lo que causó graves problemas para los romanos que usaban su agua para beber, cocinar, lavar y otros fines. El vertido de las alcantarillas aguas abajo de la ciudad no fue suficiente para garantizar una adecuada calidad del agua aguas arriba. Además, debido a que el sistema de drenaje transportaba aguas negras y escurrientía urbana (es decir, era un sistema de alcantarillado combinado), durante fuertes precipitaciones subía el reflujó por las grandes aberturas a lo largo de las calles, exponiendo así a los romanos a las aguas residuales (Bianchi, 2014).

Para drenar el agua de lluvia de las calles hacia la Cloaca, los romanos construyeron drenajes circulares especiales en forma de grandes máscaras, que representaban a los dioses del río tragando agua (la famosa Boca de la Verdad era probablemente una de ellas). Otro rasgo distintivo del sistema de alcantarillado romano fue la tarifa establecida para el uso de las letrinas públicas o el alquiler de orinales, lo que lo convierte en uno de los primeros ejemplos históricos del principio de usuario-pagador para los servicios de saneamiento (Bianchi, 2014).

Un estudio de 1889 de la Cloaca Máxima y otras alcantarillas llevó a la restauración de ciertas partes que podían ser conectadas al sistema de alcantarillado moderno y ser utilizadas en un proyecto que sigue beneficiando a Roma hasta el día de hoy (Bianchi, 2014). A continuación en la Tabla 2 se muestra el desarrollo de los primeros sistemas de tratamiento a nivel mundial y en los países que lo llevaron a cabo desde A.C. hasta 1925.

Tabla 2. Desarrollo histórico en el tratamiento de aguas residuales

Fecha	Desarrollo
A. C.	Irrigación con aguas residuales - Atenas
1550	Uso de aguas residuales en agricultura - Alemania
1700	Uso de aguas residuales en agricultura - Reino Unido
1762	Precipitación química de aguas residuales - Reino Unido
1860	Dispositivo de Mouras. Tratamiento anaerobio de sólidos de aguas residuales
1865	Experimentos sobre microbiología de digestión de lodos - Reino Unido
1868	Investigaciones sobre filtración intermitente de aguas residuales - Reino Unido
1870	Filtración en arena de aguas residuales - Reino Unido
1876	Primeras fosas sépticas - USA
1882	Experimentos sobre aeración de alcantarillas - Reino Unido
1884	Introducción de las rejillas de desbaste - USA
1887	Estación experimental de Lawrence para el estudio de agua y aguas residuales. Massachussets - USA
1887	Primera planta de precipitación química - USA
1889	Filtración en lechos de contacto - Massachussets, USA
1891	Digestión de lodos - Alemania
1895	Recolección de metano de fosas sépticas y su empleo en alumbrado - Reino Unido
1898	Molinete hidráulico para filtros percoladores - Reino Unido
1904	Empleo de desarenadores - USA
1904	Fosa séptica Travis de dos pisos - Reino Unido
1904	Tanque Imhoff - Alemania
1906	Cloración de aguas residuales - USA
1908	Ley de Chick - USA
1911	Aplicación de tanques Imhoff - USA
1911	Digestión separada de lodos - USA
1914	Tratamiento de aguas residuales por lodos activados - Reino Unido
1916	Primera planta municipal de lodos activados - USA
1925	Aeración por contacto - USA

Fuente: Rojas, 2002

3. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en países de América Latina y el Caribe

El nivel de tratamiento de las aguas residuales municipales es muy variado en los diferentes países de esta región. Así, por ejemplo, Perú tiene 336 plantas de tratamiento de aguas residuales de las que 255 se basan en lagunas de estabilización (siendo 162 de ellas conformadas por lagunas primarias y secundarias, y 93 por solo lagunas primarias). Sin embargo, el 70 % de todas las aguas recolectadas en el Perú reciben solo un tratamiento preliminar avanzado y luego son vertidas al mar mediante emisarios submarinos (Moscoso, 2016). En Brasil, el 21% de las plantas de tratamiento de aguas residuales consiste en solo un tratamiento preliminar, el 17 % no va más allá de un tratamiento primario, el 52 % llega hasta un tratamiento secundario y el 10 % a tratamiento terciario (ANA, 2012). En el caso de México, 1 360 plantas de tratamiento se encargan de depurar las aguas residuales del país. El 59.5 % de ellas emplean sistemas de lodos activos, el 12.5 % son lagunas de estabilización y el resto se reparte entre tratamientos primarios avanzados, tanques de aireación y oxidación, decantadores primarios, biofiltros y tanques sépticos (CONAGUA, 2015). Estos ejemplos ilustrativos evidencian que el tratamiento secundario es el más utilizado en América Latina y el Caribe, destacándose como tecnologías más empleadas las lagunas de estabilización y los lodos activos.

3.1. Evolución histórica de las lagunas de oxidación como sistemas de tratamiento de aguas residuales en países de América Latina y el Caribe

Las lagunas de estabilización como tratamiento biológico depurador de aguas residuales, comenzó de forma casual. A los ingenieros y científicos les parecía imposible que en una estructura tan simple, como era una excavación donde se retenían las aguas residuales por varios días, bajo las condiciones ambientales existentes, se llevaran a cabo procesos de depuración tan eficientes.

La primera instalación de laguna de estabilización construida como resultado de un proyecto concreto para tratar aguas residuales domésticas, estuvo localizada en Dakota del Norte, EE. UU., en 1948. Este proyecto fue autorizado por las autoridades de Salud Pública. (Van Heuvelen y Svore, 1954). Desde entonces una gran cantidad de instalaciones fueron construidas en varios países.

En los países de América Latina y el Caribe, el uso de lagunas de estabilización comenzó a introducirse a finales de la década de los cincuenta (Talboys, 1971; Menéndez y Díaz, 2015; Castillo, 2018). Las primeras instalaciones tuvieron lugar en Costa Rica en 1958 y en Panamá por la misma época. Luego se desarrollaron en Perú, Brasil y Argentina. Durante la década de los sesentas, el uso de estas lagunas ya se habían generalizado en la mayoría de los países de América Latina, tanto así que para 1971 existían 181 instalaciones de lagunas en 20 países. (Talboys, 1971)

Específicamente Cuba, fue uno de los países en mostrar un incremento considerable en el número de lagunas construidas, considerándose como pionera en América Latina (Castillo, 2018). En 1974 ya se había reportado la existencia de 260 instalaciones y en años más tarde, a fines de la década, ya contaba con 350 lagunas en funcionamiento (Martínez, 1978). Este aumento considerable sobrepasa en magnitud al número de todos los demás países juntos y el número existente constituye el 70 % de todas las instalaciones de lagunas existentes en países de América Latina y el Caribe.

Este aumento en el número de lagunas constituyó una consecuencia de la construcción masiva de instalaciones habitacionales, industriales y agropecuarias. En la Tabla 3 se muestran la relación por países con respecto al número de lagunas construidas en esta década. Según Menéndez y Díaz (2015), se estima que a finales de 1993 existían unas 2 500 funcionando a lo largo de todo el país. En Cuba predominan las lagunas de estabilización para el tratamiento del agua residual de asentamientos poblacionales. Las lagunas facultativas primarias independientes son mucho más numerosas que las lagunas anaerobias y sistemas de lagunas en serie o en paralelo. (Sánchez *et al.*, 2011).

Cuba constituye otro ejemplo donde se evidencia que el tratamiento secundario, específicamente las lagunas de oxidación, es uno de los métodos más difundidos para el tratamiento de los residuales líquidos. Se considera que esto se deba a las grandes ventajas

que ellas brindan, principalmente desde el punto de vista económico, ya que presentan el menor costo de la inversión inicial, operación y mantenimiento.

Tabla 3. Uso de lagunas de estabilización en países de América Latina y el Caribe

En 1971		A finales de la década del 70	
País	No.	País	No.
Brasil	30	Cuba	350
Cuba	24	Brasil	48
Argentina	23	México	25
Perú	21	Argentina	23
México	14	Perú	19
Ecuador	11	Venezuela	7
Costa Rica	10	Costa Rica	5
Chile	9	Panamá	5
Colombia	7	Chile	3
Venezuela	7	Colombia	3
El Salvador	5	Ecuador	3
Guatemala	4	El Salvador	3
Trinidad y Tobago	4	Bolivia	1
Nicaragua	3	Honduras	1
Panamá	3	República Dominicana	1
Barbados	2	Trinidad y Tobago	1
Bolivia	1	Uruguay	1
Honduras	1		
República Dominicana	1		
Uruguay	1		
Total	181		499

Fuente: Martínez, 1978

Conclusiones

El crecimiento demográfico y la urbanización generan una mayor producción de aguas residuales y aunque la capacidad de saneamiento y tratamiento de estas aguas también está creciendo, no se desarrolla al mismo ritmo, y por tanto la mayoría de estos efluentes en muchos países se vierten al medio ambiente sin tratar o con tratamiento insuficiente. La utilización de los diferentes sistemas de tratamiento varían entre países y regiones, dependiendo del grado de desarrollo alcanzado por estos; de forma general, resalta como el más utilizado el tratamiento biológico, específicamente las lagunas de oxidación que comenzaron a desarrollarse en la región de América latina y el Caribe en la segunda mitad de la década de los 50.

Bibliografía

AQUASTAT. *Water Withdrawal by Sector, circa 2010*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2016.

ANA (Autoridad Nacional del Agua). *Registro administrativo de autorizaciones de vertimientos y reúsos*. 2012. Consultado: 20.11.2012.

BARRANTES, E.; CARTÍN, M. *Eficacia del tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Costa Rica en la Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica*. Cuadernos de Investigación UNED, 9(1), junio, 2017, pp. 193-197. Disponible en: www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldDataWithdrawal_eng.pdf. Consultado: 23.10.2018.

BIANCHI, E. *La Cloaca Maxima e i Sistemi Fognari di Roma dall'Antichità ad Oggi*. Roma, Palombi Editore (en italiano). 2014.

CASTILLO, Y. Updating of status of Mayabeque city stabilization lagoons. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. VOL. XXXIX, No. 2, mayo-agosto, 2018, pp. 72-85.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). *Estadísticas del Agua en México Edición 2015*. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2015.

ESPIGARES, M. Y PÉREZ, JA. *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada: 1985.

MARTÍNEZ, C. *Funcionamiento de las Lagunas de Estabilización en Cuba*. XIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria. México.1978.

MENÉNDEZ, C.; DÍAZ, M. *Lagunas. Diseño, operación y control*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Cuba. Edition Primera. 2015, pp 3-6, 35-40. ISBN 959-261-257-9

MATEO, J.; GONZÁLEZ, G.; LIEBE, J. *Reutilización de aguas para agricultura en América Latina y el Caribe: Estado, principios y necesidades*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile: 2017.

MOSCOSO, J. *Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas*. Autoridad Nacional del Agua (ANA) y Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2016

ONU-Agua. *Wastewater Management: A UN-Water Analytical Brief*. ONU-Agua. 2015. Disponible en: www.unwater.org/fileadmin/user_upload/unwater_new/docs/UNWater_Analytical_Brief_Wastewater_Management.pdf. Consultado: 23.10.2018

OSORIO, J.; CANEPA, J.; PAZ, R. *Caracterización y propuesta de tratamiento de las aguas residuales generadas en la División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT*. Kuxulkab, vol. 17, no. 32, 2014, pp. 61-70.

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (PMERHNU). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. París, UNESCO. 2017.

ROJAS, R. Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales: Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 2002.

ROMERO, J. *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño*, 3 ed., Bogotá – Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. (2008), p. 17 – 19, 57 - 61, 69, 75 - 77, 80, 130, 131.

SÁNCHEZ, R.; DOMÍNGUEZ, E.; Moreno, M. *Analysis of the reliability of operation of optional lagoons primaries in Villa Clara-Cuba*. Scientific Electronic Library [online], 31, (1), [fecha de consulta: 10 octubre 2018], 2011, pp.23-38. . Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852011000100003.

SATO, T.; QUADIR, M.; YAMAMOTO, S.; ENDO, T. Y ZAHOOR, A. *Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use*. Agricultural Water Management, Vol. 130, 2013, pp. 1-13.

SATURNINO, G.; LÓPEZ, G. *Tratamiento de aguas residuales*. Tlamati Sabiduría, 7 (2), septiembre, 2016, p. 10.

TALBOYS, A. *Lagunas de estabilización en América Latina. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)*. Lima (Perú): 1971.

UNICEF/OMS (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia/Organización Mundial de la Salud). *Progresos en materia de saneamiento y agua potable: informe de actualización 2015 y Evaluación de los ODM*. Nueva York/ Ginebra. 2015.

VAN HEUVELEN, W.; SVORE, J. *Sewage Lagoons in North Dakota*. *Sawage and Industrial Wastes*, 26, 1954, pp. 771.