

# Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica

## *Identificación del Problema*

por Kelly A. Reynolds, MSPH, Ph.D.

**D**e acuerdo al Banco Mundial, más de 300 millones de habitantes de ciudades en Latinoamérica producen 225,000 toneladas de residuos sólidos cada día. Sin embargo, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento (ver [www.esd.worldbank.org](http://www.esd.worldbank.org) o <http://vbln0018.worldbank.org/external/lac/lac.nsf>). Con la ausencia de tratamiento, las aguas negras son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo obvio para la salud humana, la ecología y los animales. En Latinoamérica, muchas corrientes son receptoras de descargas directas de residuos domésticos e industriales. La contaminación del suelo ocurre tanto en áreas urbanas como rurales. Conteniendo 40% de las especies tropicales de plantas y animales del mundo, y 36% de las especies cultivadas de alimentos y productos industriales,<sup>1</sup> la región presenta intenso interés en la preservación y protección del medio ambiente, sin mencionar una preocupación por la salud humana.

De 1950 a 1995, la población de Latinoamérica aumentó de 179 millones a 481 millones de habitantes, lo cual correspondió con una carga mayor sobre la infraestructura existente y un aumento en la producción de residuos domésticos. De igual manera, la tendencia de aumento en la población seguirá durante las próximas décadas, al igual que las presiones sobre la infraestructura. Para 1995, se estimó que el porcentaje de latinoamericanos que contaban con instalaciones para el desecho de aguas residuales incluía 69% de la población total (80% urbana; 40% rural). Aunque, como promedio, 80% de la población urbana de Latinoamérica tiene acceso a servicios de recolección de aguas de alcantarillado, existe una gran variación entre los países (ver *Tabla 7*). La mayor parte de las aguas negras no han recibido tratamiento. Aun las grandes ciudades

como la Ciudad de México y São Paulo-Santos se encuentran a menudo altamente contaminadas y carecen de infraestructura de saneamiento para tratar los residuos peligrosos.

Es difícil generalizar acerca de cualquier condición en Latinoamérica, debido a la diversidad económica, social y ambiental de la región, tanto entre país y país como dentro de una misma nación. Una gran inquietud, es la gente pobre que vive en áreas urbanas y habita en colonias y áreas que no son adecuadas para el desarrollo (como laderas empinadas de cerros, pantanos, y planicies propensas a inundaciones). En Latinoamérica, existe una división marcada entre las poblaciones de escasos recursos y las de altos ingresos, con respecto al acceso a los servicios de saneamiento. Aproximadamente 18% de la población de escasos recursos cuenta con agua de tubería en sus casas, comparado con 80% de la población de altos ingresos. Las personas de escasos recursos se encuentran más susceptibles a las enfermedades y potencialmente están menos conscientes de cómo mantener las condiciones salubres, lo cual lleva a una mayor propagación de enfermedades en la población general.

### **Propagando enfermedades**

Se sabe que las aguas residuales albergan microorganismos que causan enfermedades (patógenos), incluyendo virus, protozoos y bacteria. Los organismos patogénicos pueden originarse en los individuos infectados o en animales domésticos o salvajes, de los cuales pueden o no presentar señales de enfermedad. La diarrea y la gastroenteritis se encuentran entre las tres principales causas de muerte en el mundo y en la región latinoamericana. El agua no segura para beber y la contaminación

a través del desecho inadecuado de aguas negras son responsables por la gran mayoría de estas muertes. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, sólo en Brasil, 20 niños mueren cada día debido a la falta de sistemas de aguas negras. Este es un problema que está directamente relacionado con la presencia de enfermedades infecciosas tales como el cólera, hepatitis, disentería, gastroenteritis y muchas otras.

La reciente epidemia de cólera en Latinoamérica (ver "De La Llave: La Pandemia de Cólera en Latinoamérica," *Agua Latinoamérica*, mayo-junio 2001, pp. 48-49) es evidencia de la necesidad de implementar mejores prácticas de higiene, saneamiento y desecho de residuos, ya que dicha enfermedad rara vez alcanza proporciones de epidemia en aquellas regiones con acceso al agua limpia y prácticas efectivas de manejo de aguas residuales.

### **Necesidades de infraestructura**

Para mejorar las condiciones de salud y saneamiento en las regiones en vías de desarrollo, se necesitan plantas de tratamiento eficientes para el manejo de agua potable y aguas residuales. Sin embargo, dichos esfuerzos requieren inversiones sustanciales de capital. Solamente en México, se estima una inversión de US\$2,900 millones para proporcionar agua limpia y servicios de saneamiento a los habitantes urbanos. Se necesitan miles de millones de dólares para servir a la región latinoamericana.

En 1995, el Banco Mundial estimó que se requeriría una inversión de US\$12,000 millones anuales durante 10 años para elevar los estándares de abastecimiento de agua y de aguas residuales a niveles razonables. Aproximadamente US\$7,000 millones serían

para aguas residuales, con US\$4,400 millones para la recolección de aguas de alcantarillado, US\$1,200 millones para tratamiento, US\$1,200 millones para rehabilitación de las instalaciones existentes, y el resto para el saneamiento rural. Estas estimaciones de costos estuvieron basadas en una meta de tratamiento de aguas residuales para 60% de la población con sistema de alcantarillado público.

Según un estudio patrocinado por el Banco Mundial en 1997,<sup>2</sup> la construcción de una planta convencional para el tratamiento secundario de aguas residuales para una población de 1 millón de habitantes requiere una inversión capital de aproximadamente US\$100 millones, sin mencionar los costos sustanciales de operación y mantenimiento para su operación continua. Sin embargo, los costos económicos asociados con un brote de enfermedad indican que la inversión inicial de capital valdría mucho la pena. En el primer año de la epidemia del cólera de 1991 en el Perú, se asociaron altos costos a las necesidades

curativas y de atención preventiva de la salud para el público. Asimismo se incurrieron pérdidas debido a la disminución de turismo y una prohibición temporal sobre las importaciones de productos alimenticios peruanos. Sólo en el primer año, los cálculos de estas pérdidas varían entre US\$180-500 millones.<sup>2</sup>

Además del desecho de residuos domésticos, también debe considerarse el control de residuos industriales, los cuales pueden ser altamente tóxicos y en muchos casos no pueden ser eliminados utilizando el tratamiento convencional de aguas residuales. Los requisitos ambientales cada vez más estrictos en los países desarrollados han resultado en la transferencia de residuos peligrosos (o la fabricación que los involucra) a otros países. Se reporta que la mayor cantidad de residuos peligrosos va de los Estados Unidos hacia México. Los residuos de fabricantes locales, al igual que los residuos importados, idealmente deberían ser controlados en su fuente de producción. La prevención de la

contaminación es mucho menos costosa que tratar de limpiar un suministro de agua contaminada o rectificar un brote de enfermedades contagiosas.

### Opciones de tratamiento

Como promedio, solamente 10% de las aguas de alcantarillado recolectadas en Latinoamérica son sujetas a cualquier tipo de tratamiento. Además, continúan las dudas acerca del modo apropiado de operar las plantas de tratamiento existentes. Una evaluación de las plantas de tratamiento de aguas de alcantarillado en México calcula que solamente 5% de las plantas existentes están siendo operadas de manera satisfactoria.

El tratamiento de aguas residuales es necesario para la prevención de la contaminación ambiental y del agua, al igual que para la protección de la salud pública. Mientras que cada región tiene sus propias necesidades correspondientes a métodos de tratamiento particulares, cierto número de opciones tradicionales y modernas de tratamiento se encuentran disponibles al diseñar

**Tabla 1. Población Servida con Suministro de Agua Pública y Saneamiento en Latinoamérica y el Caribe, 1995**

País	Población (millones, redondeados)		Agua Potable (% hogares conectados)		Saneamiento Público (% hogares conectados)	
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
Argentina	30.3	4.1	68	24	39	42
Bahamas	0.3	**	88	86	16	100
Barbados	0.1	0.2	98	98	4	98
Belice	0.1	0.1	89	51	44	21
Bolivia	4.2	3.0	74	42	31	39
Brasil	124.5	37.2	74	28	35	43
Chile	12.2	2.0	99	47	79	7
Colombia	26.4	10.3	86	32	65	27
Costa Rica	1.5	1.6	100	99	55	95
Dominicana	5.2	2.9	56	55	28	68
Ecuador	6.5	4.7	79	10	61	26
El Salvador	2.7	3.4	78	24	60	65
Guatemala	4.2	6.1	84	48	70	50
Guyana	0.3	0.5	77	69	27	28
Haití	2.2	4.9	29	39	—	16
Honduras	2.8	3.1	77	66	50	71
Jamaica	1.4	1.1	57	53	34	65
México	68.1	22.7	93	57	81	29
Nicaragua	2.5	1.6	86	28	34	28
Panamá	1.6	1.4	98	73	64	81
Paraguay	2.6	2.4	59	6	20	44
Perú	16.8	6.6	63	31	59	23
Surinam	0.3	0.1	95	70	2	36
Trinidad	0.9	0.4	90	88	32	92
Uruguay	2.7	0.3	90	—	56	—
Venezuela	19.8	1.7	73	79	62	60
<b>Total</b>	<b>340.2</b>	<b>122.4</b>	<b>79</b>	<b>39</b>	<b>52</b>	<b>39</b>

— No disponible. \*\*Insignificante

FUENTE: Edelovitch, E., y K. Ringskog, "Directions & Development: Wastewater Treatment in Latin America, Old and New Options," World Bank, Washington, D.C., 1997.

**Tabla 2: Factores que Contribuyen a un Mejoramiento en el Manejo de Residuos en Latinoamérica en el Futuro**

- Aumento en el crecimiento urbano
- Mayor atención al tratamiento de aguas negras
- Aumento en la concienciación pública sobre asuntos de impacto ambiental
- Reglamentos y aplicación de la ley más estrictos
- Mayor concienciación sobre el impacto de los residuos industriales
- Enfoque en las municipalidades
- Mayor participación por parte de todos los interesados
- Mayor coordinación entre las agencias gubernamentales y el sector privado
- Implementación de sistemas de manejo de cuencas hidrológicas
- Aumento en el desarrollo de proyectos y financiamiento por parte de los gobiernos y el sector privado
- Optimización de sistemas existentes de aguas residuales
- Privatización de sistemas de abastecimiento de agua y sistemas de aguas residuales

FUENTE: [www.idrc.ca](http://www.idrc.ca)

una planta de tratamiento de aguas residuales. Es necesario hacer una evaluación del nivel óptimo de tratamiento requerido, al igual que una evaluación práctica de cuáles métodos de tratamiento están dentro del presupuesto. En aquellas áreas donde no es factible construir plantas convencionales de tratamiento de aguas residuales, podrían emplearse muchas otras opciones naturales de tratamiento. El manejo efectivo de aguas residuales debe dar como resultado un efluente ya sea reciclado o reusable, o uno que pueda ser descargado de manera segura en el medio ambiente.

La meta del tratamiento de aguas residuales nunca ha sido producir un producto estéril, sin especies microbianas, sino reducir el nivel de microorganismos dañinos a niveles más seguros de exposición, donde el agua es comúnmente reciclada para el riego o usos industriales. Al escoger la tecnología apropiada de tratamiento, deben considerarse cierto número de factores, incluyendo la cantidad y composición de la corriente de residuos, los estándares del efluente, opciones indicadas de uso y desecho, opciones de pretratamiento industrial; y, factibilidad de funcionamiento (es decir, inquietudes económicas y técnicas).

Muchas opciones de tratamiento pueden ayudar a reducir los efectos de contaminación ambiental. La eficacia del tratamiento debe ser balanceada con el costo, la aplicación práctica y el cumplimiento con los métodos que han sido escogidos para la implementación. Para algunos ambientalistas, la opción más segura para deshacerse de los residuos puede ser la descarga costera, pero a mayor distancia para minimizar el impacto sobre los nadadores. Aún así, uno debe estar al tanto de que reportes recientes indican que la degradación de los arrecifes de coral en el Mar Caribe se ha atribuido a residuos humanos.<sup>3</sup> El reuso de

aguas residuales es una opción válida para el desecho, donde el medio ambiente puede filtrar efectivamente las corrientes de residuos moderadamente tratados. La minimización del ingreso de residuos peligrosos generados por procesos industriales (como, metales pesados) a las plantas municipales de tratamiento, es algo clave para reducir los efectos tóxicos de estos efluentes, muchos de los cuales no pueden ser eliminados a través de procesos convencionales de tratamiento.

### Fundamentos de aguas residuales

En general, las aguas residuales consisten de dos componentes, un efluente líquido y un constituyente sólido, conocido como lodo. Típicamente existen dos formas generales de tratar las aguas residuales. Una de ellas consiste en dejar que las aguas residuales se asienten en el fondo de los estanques, permitiendo que el material sólido se deposite en el fondo. Después se trata la corriente superior de residuos con sustancias químicas para reducir el número de contaminantes dañinos presentes. El segundo método más común consiste en utilizar la población bacteriana para degradar la materia orgánica. Este método, conocido como tratamiento de lodos activados, requiere el abastecimiento de oxígeno a los microbios de las aguas residuales para realzar su metabolismo.

Los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales incluyen:

1. Pretratamiento—remoción física de objetos grandes.
2. Deposición primaria—sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.
3. Tratamiento secundario—digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos.

4. Tratamiento terciario—tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección). También puede utilizarse para realzar los pasos del tratamiento primario.

Las tecnologías de precipitación—coagulación y floculación—por lo general involucran sistemas de alimentación química sofisticados que a menudo se encuentran fuera del alcance tecnológico de los operadores de plantas de tratamiento de agua en las áreas más remotas. Mientras tanto, la filtración lenta con arena es utilizada más a menudo como una aplicación de agua potable, pero puede—bajo condiciones propicias—ser también utilizada para el control de aguas residuales, jugando un papel doble como un sistema de tratamiento biológicamente activo antes de alimentar las corrientes naturales de agua. Aún así, éstas también requieren un funcionamiento y mantenimiento cuidadoso.

Las alternativas para las operaciones de tratamiento de aguas residuales hechas por el hombre involucran cierto número de tratamientos naturales. Los sistemas de desecho en sitio (tanques sépticos o pozos negros) ofrecen una opción viable para deshacerse de los residuos, al ser debidamente manejados. Además, el uso de lagunas de estabilización, sistemas de tratamiento de terrenos y sistemas acuáticos para el desecho de residuos son adecuados, nuevamente, al ser manejados apropiadamente. Las lagunas de estabilización son una alternativa de bajo costo para el tratamiento de corrientes de residuos, pero requieren vastas extensiones de terreno. Las aguas de alcantarillado también pueden ser aplicadas al terreno y utilizadas como una fuente de agua para los cultivos agrícolas. Los sistemas de tratamiento acuático incluyen estanques o ciénagas con plantas que tienen la capacidad de tomar los contaminantes dañinos que se encuentran en las aguas negras. Estos sistemas pueden ser ciénagas naturales o hechas por el hombre.

Aunque existe la tecnología para producir un producto de agua potable de los efluentes de aguas residuales tratadas, los efluentes de aguas residuales son utilizados de manera más eficiente como aguas de enfriamiento en aplicaciones industriales, riego (como campos de golf y engramillados públicos), aguas para recreo designadas solamente para un contacto corporal parcial (como velear) y uso doméstico no potable (como el inodoro). El efluente de aguas residuales parcialmente tratadas también puede utilizarse para recargar los acuíferos subterráneos, donde el suelo actúa como filtro natural, eliminando los contaminantes.

El lodo es un producto derivado del

tratamiento de aguas residuales y del cual uno no puede deshacerse tan fácilmente. Los rellenos sanitarios, las desembocaduras a corta distancia de la costa y lagunas han servido de depósitos para deshacerse del lodo. El lodo puede ser tratado y utilizado para una variedad de propósitos. La digestión del lodo de alcantarillado puede producir gas metano, el cual es útil para la producción de calor y energía. El lodo también ha sido utilizado en los cultivos agrícolas y en terrenos forestales, añadiendo sustancias nutritivas a los suelos deficientes. La presencia de contaminantes dañinos, incluyendo patógenos y metales pesados, es algo de que preocuparse al deshacerse del lodo y deben tomarse los pasos apropiados para minimizar su presencia. El lodo también puede ser utilizado como abono para producir fertilizantes o puede ser horneado para fabricar ladrillos para construcción.

## Conclusión

Se calcula que solamente 5% de las viviendas en Latinoamérica y el Caribe están conectadas a sistemas de tratamiento de aguas negras, de acuerdo al International Development Research Centre en Ottawa, Canadá.<sup>4</sup> La gran mayoría de estos sistemas de tratamiento solamente emplean deposición primaria para eliminar los sólidos suspendidos.

Mientras los costos de tratamiento de aguas residuales municipales son tambaleantes, se están tomando los pasos necesarios para mejorar el estado actual. Muchos factores contribuyen al aumento de conocimiento entre los oficiales gubernamentales, políticos, ambientalistas, y los sectores privado y público sobre la necesidad de tratar con este tema tan importante de preservación ecológica y de salud (ver *Tabla 2*). Los analistas predicen que la cooperación entre los sectores público y privado tendrá un mayor éxito en mejorar la entrega de servicios de saneamiento en la región latinoamericana—y dicha cooperación se ha hecho aún más evidente en años recientes.

## Referencias

1. LAC CDE, *Our Own Agenda*, Latin American and Caribbean Commission on Development and the Environment (LAC CDE), UNDP, IDB en colaboración con ECLAC y UNEP, 1992.
2. Idelovitch, E., y K. Ringskog, "Directions in Development: Wastewater Treatment in Latin America, Old & New Options," World Bank, Washington, D.C., August 1997.

3. Schmid, R.E., "Common Human Bacteria Linked to Disease Killing Caribbean Coral Strain," Prensa Asociada, 17 de Junio, 2002.
4. Looker, N., "Municipal Wastewater Management in Latin America & the Caribbean: A Discussion Paper on Trends, Challenges & the Market," Canadian Environment Industry Association, Roundtable on Municipal Water, Vancouver, Canadá, Marzo 15-17, 1998, ([www.idrc.ca/industry/canada\\_e6.html](http://www.idrc.ca/industry/canada_e6.html))

### Acerca de la Autora

Kelly A. Reynolds, MSPH, Ph.D., es una científica en la Universidad de Arizona, EE.UU., en el Laboratorio de Investigación Ambiental del Departamento de Suelos, Agua y Ciencias Ambientales. Sus membresías incluyen la American Water Works Association, American Society for Microbiology y Water Quality Association. Además forma parte del Comité de Asesores Técnicos de la revista *WC&P*. Contacto: +1(520) 626-2309, Fax: +1(520) 573-0852, [reynolds@u.arizona.edu](mailto:reynolds@u.arizona.edu)