

## Las aguas residuales: saneamiento y reuso

La expansión urbana y el aumento del consumo hídrico consecuente, han provocado un crecimiento proporcional de las aguas residuales generadas. Entre un 70 y 80% de las aguas recibidas a nivel domiciliario se transforman en residuales vertiéndose en las redes de saneamiento, si las hay, o en drenajes de diverso tipo, para terminar engrosando los cuerpos de agua naturales. Del mismo modo, las aguas utilizadas por la industria, ya sea para ser consumidas en los procesos industriales, en el enfriado o en la limpieza, también se vierten en las redes y canales de desagüe, culminando su itinerario en ríos, lagos y mares.

Los establecimientos agropecuarios consumen volúmenes considerables de agua, sobre todo cuando plantan sus cultivos bajo riego. A la salida de los drenajes agrícolas, el agua sale cargada de agroquímicos, materia orgánica y partículas de suelos, de las formaciones superficiales o geológicas.

Todos estos vertidos residuales tienen un impacto muy fuerte en la ecología acuática. Su irrupción repentina introduce modificaciones en las características habituales de los sistemas hídricos: cambia el contenido y composición de las sales, la materia orgánica y los tenores de gases disueltos, se producen variaciones de temperatura, de color y turbidez y alteraciones del pH, y se introducen elementos extraños, a menudo agresivos para los organismos del lugar.

Para evitar, o por lo menos, para paliar esa situación, algunas ciudades e industrias han establecido plantas de tratamiento tendientes a mejorar la

calidad de sus residuos líquidos. Sin embargo, el costo elevado de estos sistemas, unido a la falta de comprensión de los riesgos ambientales, lleva a que en muchos lugares, las aguas residuales sean arrojadas al medio natural en estado crudo, sin ningún tipo de tratamiento. El efecto de este tipo de acción es la contaminación más o menos rápida de los cuerpos de agua, con la consiguiente mortandad de los organismos que en ellos habitan.

Esta situación está transformándose gradualmente en un problema crítico en muchas partes del mundo. En ciertas áreas densamente pobladas los volúmenes vertidos exceden en mucho las posibilidades de recepción de los cursos de agua, lagos y ambientes litorales o estuáricos. El resultado es una degradación creciente y la destrucción de los recursos biológicos que de ellos dependen. Este problema se ha vuelto común en todas las grandes urbes de América Latina, África y Asia.

En algunas de estas ciudades, se han propuesto proyectos e iniciativas para solucionar el problema, pero los costos involucrados en corregirlo son muy elevados, a menudo fuera del alcance de las economías urbanas e incluso nacionales. La situación de São Paulo es ilustrativa de estos procesos. El río Tiête, que atraviesa la ciudad, está altamente contaminado debido al inadecuado saneamiento de la cuenca alta. A principios de la década de 1990 se aprobó un proyecto con un costo estimado superior a los 3,000 millones de dólares para limpiarlo. Las referencias recientes sobre el mismo, provenientes de ONGs locales e internacionales, indican que las obras proyectadas o a implementarse son insuficientes tendiendo más bien a satisfacer intereses empresariales que a resolver el problema del Tiête, y no es probable que terminen limpiando efectivamente el río.

Un caso similar se registró en Buenos Aires a mediados de esa misma década. El entonces presidente de la Argentina prometió limpiar el Riachuelo de Buenos Aires, un curso de agua con un alto nivel de polución, a través del tratamiento de las aguas residuales de la cuenca y otras medidas, en un plazo muy corto. Varios años después, dicho presidente ya terminó su mandato, y los planes quedaron sin ejecutar. El Riachuelo continúa recibiendo aguas residuales de múltiples fuentes y sus aguas están más contaminadas que antes.

Estos dos ejemplos son ilustrativos de las dificultades reales que existen para reducir el impacto negativo del vertido de aguas residuales.

De todos modos, existen numerosas razones, ambientales, sociales, sanitarias e incluso económicas, que impelen a extremar esfuerzos en esa tarea. El tratamiento generalizado y completo de todas las aguas residuales urbanas y agropecuarias se ha transformado en una necesidad urgente, si queremos evitar que el planeta se transforme en un mundo de aguas residuales.

## Reuso de aguas residuales

En general, y en particular en las áreas urbanas, el costo de obtener nuevos recursos hídricos es elevado. En casi todos los casos es más alto que lo que costó el desarrollo de las fuentes actuales, pues normalmente éstas, en su momento, habían sido escogidas por su mayor accesibilidad y menor costo.

Sin embargo, a menudo es posible evitar nuevas inversiones y aumentos de costos mediante la reutilización de las fuentes actuales. Una opción posible es la optimización del recurso a través del reciclado de las aguas residuales. Esta estrategia es particularmente atractiva en las ciudades localizadas en el interior de los continentes que deben tratar sus aguas para evitar la contaminación aguas abajo.

El desarrollo de sistemas de reciclado de aguas residuales tiene limitaciones de diverso tipo. En primer lugar, para que puedan instalarse se requiere cobertura de saneamiento. Esto limita su aplicación pues en la mayor parte de los países menos desarrollados la cobertura sanitaria es inferior al 50%. A ello se agrega, que para un mejor aprovechamiento de las aguas crudas y sus productos tratados, se requiere que las redes de saneamiento sean diseñadas de una cierta forma, normalmente diferente a la existente en



**Aguas residuales son arrojadas sin tratamiento en el río Nilo, al sur del Cairo, Egipto. Debido a los grandes volúmenes de aguas residuales industriales y urbanas que se vierten al río, la calidad de sus aguas se encuentra crecientemente deteriorada.**

las redes que han sido planificadas como mera descarga.

## Calidad del agua reciclada

Desde el punto de vista de la calidad las aguas obtenidas luego de un proceso de reciclado deben ser claras, incoloras e inodoras para ser estéticamente aceptables. La presencia de color, turbiedad u olores disminuye sus posibilidades de uso y su valor.

Cuando se logran buenos estándares de calidad, las aguas residuales recicladas pueden ser utilizadas para diversos fines, riego de jardines públicos, lavado, enfriamiento, etc. De todos modos, aún en los casos en que se obtienen óptimos resultados, estas aguas tienen ciertas restricciones de uso, particularmente en las redes de agua potable.

Normalmente los sistemas de reciclado requieren que el agua se bombee del caño cloacal a un tanque de sedimentación primario para formar un lodo primario (que vuelve a la red cloacal). Por encima de éste, se liberan líquidos que van a un tanque de aereación desde donde bajan más lodos. Luego el líquido pasa a un tanque de sedimentación final de donde también descienden lodos. El líquido sobrenadante es tratado con cloro y coagulante. El líquido con el coagulado baja y sube nuevamente con un filtro de recuperación intermedio para ser sedimentado liberándose de sus coágulos en cada vuelta. Los coágulos y otros sólidos se eliminan hacia el lodo primario. Al líquido filtrado y descoagulado se le echa más cloro y luego se bombea el agua para el reuso. Todos los lodos vuelven al caño cloacal, recuperándose la agua despojada de ellos.

Las experiencias e investigaciones de los Distritos de Sanidad de Los Angeles mostraron que un efluente secundario de buena calidad tratado con pequeñas dosis de coagulante y/o polímero, filtrado directo convencional con arena y desinfección con cloro, puede producir fácil y económicamente un producto satisfactorio.

## Tipos de plantas de reuso

Dependiendo del destino de las aguas recicladas, hay dos tipos principales de sistemas de reuso: las plantas cuyo producto solamente se ha de verter en los drenajes, y aquellas que producirán aguas recicladas para la su utilización y/o comercialización posterior. Estas últimas son también aptas para ser inyectadas en los acuíferos subyacentes.

En el primer caso se procesa toda el agua recibida y el lodo producido es tratado en la planta para reducir los volúmenes vertidos a los sistemas na-

turales.

En el segundo caso se procesan tan sólo los volúmenes requeridos y los lodos producidos se retornan a la red cloacal o a otra planta para su disposición final.

La reutilización del agua tiene varias limitaciones tecnológicas, económicas y sociales. En primer lugar, la salinidad del agua reciclada no debe ser demasiado elevada (150 a 300 mg/l constituyen límites aceptables). En segundo lugar, debe existir la posibilidad técnico-económica de que la depuración sea adecuada y garantizada, y finalmente, el producto final debe ser aceptable y aceptado por parte de los usuarios.<sup>1</sup>

A diferencia de las plantas de tratamiento convencionales, que pueden estar ubicadas aguas debajo de la zona de generación de aguas residuales (lo cual facilita su instalación y operación, y abarata los costos), las plantas de tratamiento y reciclado que persiguen fines comerciales deben tener en cuenta la localización de los mercados para asegurar su competitividad.

Al mismo tiempo, el resultado del reciclado con fines comerciales debe ser un producto vendible, de calidad y cantidad confiables como para satisfacer a los "clientes". Por ese motivo, estas plantas son diseñadas con unidades duplicadas, fuentes de energía de emergencia, monitoreo continuo de la turbidez y de los residuales clorados.

## **Las plantas de reciclado comerciales**

Existen dos tipos de plantas comerciales, las que satisfacen a un usuario principal con ciertas exigencias, que a veces son menores, y aquellas que deben satisfacer una multitud de usuarios cuyas exigencias suelen ser mayores.

Hay numerosos tipos de usuarios potenciales de aguas residuales tratadas. En general se trata de establecimientos industriales que no requieren agua con elevados estándares de pureza o potabilidad: aguas de enfriamiento, para la limpieza o para procesos industriales poco exigentes. Otros clientes de las plantas de reciclado pueden ser los municipios (para riego, limpieza y uso sanitario) y establecimientos agropecuarios que riegan sus cultivos.

Algunos ejemplos de proyectos que utilizan aguas residuales se describen a continuación.<sup>2</sup>

### **Plantas siderúrgicas (altos hornos).**

Es el caso de la planta siderúrgica de Back River de Baltimore, establecida en el año 1942, donde se utilizó el efluente de una planta de lodos activa-

dos, aplicándosele cloro y enviándolo por una cañería de 7.2 km y 96 pulgadas a la planta Sparrows Point de la Bethlehem Steel Company.

## **Plantas termoeléctricas y nucleares para su uso en las torres de enfriamiento evaporativo**

Otro ejemplo es el de una cañería de 58 km que transportaba efluente secundario de Phoenix a la planta nuclear de Palo Verde (allí se hacía nitrificación biológica con filtros de goteo, ablandamiento con soda, coagulación, filtración y cloración). Debido a este uso principal, la ciudad de Phoenix fue enjuiciada por la utilización del recurso por una compañía inmobiliaria. El mero hecho de que se haya producido una instancia judicial de este tipo muestra el valor de las aguas residuales como recurso.

## **Uso doméstico y municipal, en general para letrinas y riego de jardines**

Ya en 1926 se había instalado un sistema de reciclado de este tipo en Grand Canyon Village, Arizona. Se utilizó un sistema de reuso para riego de jardines y retretes. Se aplicó un sistema dual (una red para las aguas residuales tratadas, otro para el agua potable).

## **Para la irrigación**

Un ejemplo de este tipo de uso es el del Irvine Ranch Water District en California. Allí se instaló un sistema dual para irrigación. Debido al estándar de tratamiento secundario exigido, se instaló una planta de reuso, para evitar el vertido de aguas residuales crudas en el mar. Más tarde, cuando se eliminó la exigencia, se constató que el agua obtenida por ese medio era 1/3 más barata que la del Metropolitan Water District. Actualmente 25% del agua consumida allí es no-potable, lo que equivale a 0.5 m<sup>3</sup>/seg.

## **Otros ejemplos de tratamiento de aguas residuales**

En Los Angeles las plantas de reuso están localizadas aguas arriba del sistema y arrojan el lodo de nuevo a la red para su tratamiento posterior. Una situación similar se observa en Irvine y Orange County (California).

Desde 1977, hay un sistema dual muy grande en St Petersburg, Florida. El tratamiento por reuso resultó más barato que lo que hubiera costado cumplir los requisitos exigidos para verter efluentes en la bahía de Tampa y en el Golfo de México. El sistema consume 2.7 m<sup>3</sup>/seg. de los cuales 0.9 m<sup>3</sup>/seg provienen del reuso, con 5,900 clientes (5,650 residenciales, y 250 comerciales/industriales). La principal motivación para St Petersburg

fue el carácter limitado del recurso hídrico, el crecimiento rápido de la ciudad y la distancia a las fuentes de abastecimiento. Lazarus J., Drake P. G. y Shoenfeld, P.B., 1994, describen dos casos ilustrativos en Nuevo México (EEUU) en donde las aguas residuales tratadas se usan para el riego de campos de golf e hípicas, con un costo sensiblemente menor al de la red de abastecimiento regular<sup>3</sup>.

En Japón, a pesar de ser un país densamente poblado, no se ha avanzado mucho en la reutilización de aguas residuales. Una de las principales razones es que tan sólo 40 % está cubierto por red de saneamiento. Actualmente se usan apenas 3.2 m<sup>3</sup>/seg de agua reciclada, de la cual un tercio es para abastecer edificios. Los principales destinos son toillettes, enfriamiento, irrigación, lavado de carros, limpieza y aumento de caudal de ciertos cursos de agua. Existen algunas plantas pequeñas de 50 litros por segundo, y menos del 1% es reusado, aunque en los últimos años se aprecia un cierto crecimiento relativo.

En Singapur, una ciudad-estado situada en una isla, los efluentes son recogidos por un caño colector para luego ser filtrados y tratados con cloro. El caudal del producto reciclado es de 0.5 m<sup>3</sup>/seg que sirve para abastecer un parque industrial. La red fue luego extendida a través de un sistema dual, para toillettes en edificios, satisfaciendo las necesidades de unas 25,000 personas.

## Los sistemas duales

Los sistemas duales utilizan dos redes, una para el agua potable y otra para el agua reciclada o salobre. Estos sistemas tienen aceptación en sitios en donde el costo del agua potable es elevado, como ciertos países áridos, islas pequeñas, etc.

Con todo, a pesar de la ventaja económica y racionalidad aparente del sistema dual existen ciertos inconvenientes relacionados con el costo diferencial de ambos. Debido a que el agua reciclada posee menor calidad que la potable, suele ser más barata. Ello promueve su uso por la población más pobre a su precio más económico, con el consecuente riesgo sanitario.

## Costo del agua reciclada

El agua reciclada debería ser mucho más barata que el agua potable. Sin embargo, a menudo ello no ocurre porque el diseño de las redes de saneamiento hace muy onerosa su utilización.

Desde el punto de vista económico el principal problema de los países

industrializados consiste en que las redes de saneamiento ya están construidas. Por esa razón, las plantas de tratamiento deben ser instaladas en lugares situados en posiciones topográficas más bajas. En esos casos, muchas de ellas quedan ubicadas lejos de los “clientes” que a menudo están aguas arriba, como es el caso de ciertos parques industriales localizados en áreas topográficamente elevadas. Esto último se debe a que muchas zonas costeras más bajas son más valiosas y más bien se dedican al uso residencial o turístico.

En algunas zonas urbanizadas, las áreas bajas son de menor valor inmobiliario y por ende, se han instalado numerosas industrias. En esta situación la utilización de aguas residuales tratadas puede ser rentable.

También es de hacer notar que la instalación de sistemas duales que se requeriría para ampliar el espectro de usuarios, es una obra de alto costo. Debido a que las redes ya están instaladas, el costo de tendido de nuevas redes haría antieconómica su instalación.

Curiosamente, en los países más pobres no hay tantas diferencias de costo entre un sistema dual y uno que no lo es. En los casos en que no se puedan obtener fondos de inversión para un sistema dual en el presente, puede ser conveniente dejar “espacio” para una red adicional de aguas recicladas, así como para las cañerías de un futuro sistema dual.

A veces se puede alimentar el sistema de reuso con aguas del alcantarillado pluvial. Para ello se requiere que estos sistemas sean especialmente diseñados. Solamente se puede almacenar el agua pluvial para verter en las cañerías en los casos en que existe sistema de saneamiento.

En los países más pobres también es posible diseñar las redes teniendo en cuenta estas posibilidades.

Como señalábamos anteriormente, se prefiere que las plantas de reciclado estén ubicadas aguas arriba, que es donde se encuentran los compradores industriales.

En los casos en que las aguas tratadas no se usen, de todos modos es posible alimentar los cursos de agua urbanos.

La utilización de agua reciclada se debe en general al costo o inaccesibilidad del agua potable. En los últimos años se establecieron o continúan operando varios sistemas de tratamiento y reuso en California, Arizona y otras zonas áridas de los Estados Unidos. También se les encuentra en Israel, en varios países del Golfo, en Singapur y en varias islas turísticas pequeñas. A partir de 1988 se desarrolló una experiencia exitosa en São Paulo, Brasil.

Existen otros lugares con potencial de reuso del agua residual. La zona de Beijing-Tianjin en China con un área de 28,000 km<sup>2</sup>, 18 millones de habitantes y un 60% de población urbana es una zona especialmente apropiada.



da para desarrollar un sistema de este tipo. En esta región el uso principal del agua es agrícola (65%), industrial y residencial (35%). Los estudios realizados mostraron que el reuso es la mejor alternativa. Actualmente hay casi 25m<sup>3</sup>/seg. que se utilizan para uso no potable. La limitante principal para la expansión de dicho sistema es que la cobertura de saneamiento es escasa (10-20%).

## Alternativas de saneamiento

Los problemas centrales que resultan de la instalación y operación de los sistemas de agua potable y saneamiento son el alto consumo de agua y su contribución a la contaminación de los cursos de agua.

Estos tipos de obras hidráulicas urbanas fueron establecidas desde tiempos muy antiguos. En las ciudades romanas se construyeron numerosas redes de abastecimiento hídrico y saneamiento. Otros pueblos enfocaban el problema en forma diferente. Los persas no arrojaban nada a los ríos, ni siquiera escupían u orinaban. Los maoríes (de Nueva Zelanda) creen que se profana el agua si se vierten residuos.

Las ciudades industriales europeas desarrollaron tecnologías y establecieron sistemas de saneamiento a partir del siglo XIX, que luego se extendieron al resto del mundo.

El sistema adoptado fue simple, se mezclaba el agua “gris” (de lavados) con las aguas cloacales, y todo ello se vertía en los ríos.

Hoy sabemos que conviene mantener el agua “gris” separada de las aguas cloacales. Debido a sus características diferentes, las primeras pueden tratarse en el ámbito local utilizando ecosistemas naturales o artificiales apropiados (cañaverales, pantanos, lagos). En algunos casos es posible instalar criaderos de peces, como es frecuente en China.

Se puede optimizar el funcionamiento de las redes mediante la instalación de aparatos sanitarios apropiados (por ejemplo inodoros de aspiración con bombas de vacío, como se usan en los aviones, que consumen apenas 1 litro por vez, 15 a 20 veces menos que lo habitual). En los retretes normales se va aproximadamente un tercio del agua consumida (50 a 150 litros por persona y por día).

A la contaminación doméstica antes mencionada, se agregan los “pequeños contaminadores”: tintoreros, dentistas, talleres mecánicos, laboratorios fotográficos. Generalmente estas personas tienen costumbre de librarse de sus contaminantes por las alcantarillas municipales, complicando la operación de tratamiento.

Desde 1950 la situación empeoró considerablemente en las grandes ciu-

dades porque se comenzaron a usar ácidos alcanosulfónicos ramificados que, por ser subproductos de la industria química, son más baratos, y detergentes fosfatados y policarboxilatos varios (que se utilizan para limpiar más blanco), en vez de jabones hechos con aceites y grasas naturales biodegradables. Como las bacterias no pueden digerirlos provocan excesiva fertilización y eutroficación.

Otro problema surge de la excesiva esterilización de objetos y ambientes, que además de eliminar los organismos dañinos, mata los beneficiosos y altera el ambiente<sup>4</sup>.

En las ciudades todos los productos de la limpieza van a parar al alcantarillado: detergentes, jabones, champúes, desodorantes, geles y sales de baño, blanqueadores, acondicionadores.

No sabemos si estas sustancias son dañinas para las personas y ecosistemas acuáticos, aunque seguramente muchas de ellas lo sean. Tampoco sabemos cuán dañinos y de qué forma. No hay respuestas para estas interrogantes pues las fórmulas son secretas. A diferencia de la industria de la alimentación que debe describir la composición de sus productos, la industria de los productos de limpieza está exenta de dicha obligación.

Hay otros problemas adicionales. El sobreuso de productos “sólo por oler mejor” (que en la mayor parte de los casos no son necesarios e incluso ocasionan alergias y dermatopatologías).

Esta desodorización es más social que higiénica. Se debe sobre todo a las pautas establecidas de prestigio social. El olor corporal “apropiado” o sea “perfumado”, es sinónimo de respetabilidad.

Estas actitudes muestran el carácter relativo de los criterios de limpieza que se aplican en la sociedad de consumo. Desafortunadamente, la situación en esta materia es cada vez peor. Se construyen más cuartos de baño, duchas más potentes, *whirpools*, *yacuzzi*s, piscinas, bañeras. Todo ello aumenta el consumo del agua. Hay gente aficionada al baño que gasta 2000 litros por día o más.

La tarea fisiológica necesaria de mantenernos limpios se ha transformado en una patología hedonista, apoyada por un arsenal de productos jabonosos y, por supuesto, altos consumos de agua y generación creciente de aguas residuales.

La solución a estos problemas no es de carácter técnico. Los ingenieros sanitarios pueden proveer crecientes cantidades de agua, pero mientras se siga enfocando la relación con el agua en esos términos de despilfarro y sensualismo desenfrenado, va a ser imposible obtener los recursos hídricos adecuados para satisfacer esta demanda. Y todo ello está ocurriendo a un costo inaceptable, la degradación probablemente irreversible de los sistemas