

Ya no podemos seguir pensando en nosotros como una especie zarandeada por fuerzas superiores; ahora, nosotros somos esas fuerzas superiores.

Bill McKibben, *El fin de la naturaleza*

| | |
|--|-----|
| 1ª Parte. La industria en un contexto económico | 277 |
| 1a. El uso industrial del agua | 277 |
| Fig. 8.1: Tendencias en el uso industrial de agua por región, 1950-2000 | |
| Fig. 8.2: Uso industrial total de agua en el mundo, 1950-2000 | |
| Fig. 8.3: El uso industrial del agua frente a los usos doméstico y agrícola | |
| 1b. Repercusiones negativas de la industria en el medio acuático | 277 |
| Recuadro 8.1: Identificación, evaluación y priorización de los “puntos calientes” de contaminación. | |
| Fig. 8.4: Proporción de la demanda biológica de oxígeno (DBO) correspondiente a la industria por sector industrial en una serie de países seleccionados | |
| Fig. 8.5: Vertido directo o indirecto de carbono orgánico total (COT) al agua en trece de los Estados Miembros de la Unión Europea, 2003 | |
| Tabla 8.1: Vertido directo o indirecto de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos al agua en ocho Estados Miembros de la Unión Europea, 2003 | |
| 1c. Desastres Natec | 281 |
| Recuadro 8.2: Desastres industriales alrededor del mundo | |
| | |
| 2ª Parte. Gobernabilidad y desarrollo sostenible en la regulación de la industria | 284 |
| Recuadro 8.3: Acuerdos internacionales y Acuerdos Multilaterales sobre Medio Ambiente (AMM) | |
| 2a. Mejores prácticas ambientales y estándares internacionales para la industria | 284 |
| Tabla 8.2: Tendencias en la certificación ISO 14001 a nivel regional y mundial, 1997-2002 | |
| Recuadro 8.4: Mejores Prácticas Ambientales (MPA) | |
| <i>Evaluación del Impacto Ambiental (EIA)</i> | 285 |

| | |
|--|-----|
| 3ª Parte. La visión: Hacia una alta productividad del agua y un nivel cero de vertido de residuos | 290 |
| 3a. Estrategias para el ahorro del agua y el aumento de la productividad del agua en la industria | 290 |
| <i>Auditoría del agua</i> | 290 |
| <i>Adaptar la calidad del agua a los requisitos de uso</i> | 290 |
| <i>Reciclaje del agua y reutilización in situ</i> | 290 |
| <i>Utilizar agua depurada</i> | 291 |
| Recuadro 8.5: Definiciones de recuperación, reutilización y reciclaje de agua | |
| Tabla 8.3: Requisitos de tratamiento del agua residual en función de su uso final para el suministro de agua a la industria | |
| <i>Minimizar el agua virtual en los productos manufacturados</i> | 293 |
| <i>Mejores herramientas políticas e incentivos económicos</i> | 293 |
| 3b. Estrategias y metodologías para la reducción de la contaminación: allanando el camino hacia el vertido cero | 294 |
| <i>Una producción más limpia</i> | 294 |
| Recuadro 8.6: Producción más limpia de queso en El Salvador | |
| Recuadro 8.7: Producción más limpia de cerveza en Cuba | |
| <i>Tecnologías Ecológicamente Racionales (la estrategia TEST)</i> | 295 |
| Recuadro 8.8: La estrategia TEST en la Cuenca del Danubio | 297 |
| <i>Separación de flujos</i> | 297 |
| <i>Recuperación de materias primas y energía de los residuos</i> | 297 |
| <i>Reutilización de residuos</i> | 297 |
| <i>Tecnologías de tratamiento de las aguas residuales</i> | 297 |
| <i>Lograr el vertido cero</i> | 298 |
| | |
| 4ª Parte. El concepto “de la cuna a la cuna” | 299 |
| Tabla 8.4: Productividad industrial del agua por país, 2000/2001 | |

| | |
|--|-----|
| Bibliografía y sitios web | 303 |
|--|-----|

8

CAPÍTULO 8

Agua e industria

Por
ONU
DI
(Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial)

Mensajes clave:

Para la mayoría de la población mundial, una economía próspera y una mejora en la calidad de vida están estrechamente unidas a un mejor acceso a los bienes de consumo. Las industrias locales en crecimiento crean los muy necesarios empleos que permitirán que las personas dispongan de mayores ingresos, que después podrán gastar en productos manufacturados. Esto se produce a menudo al precio de un volumen de vertidos de residuos sólidos cada vez mayor, el deterioro de la calidad del agua y un aumento de la contaminación del aire cuando la industria vierte los residuos sin tratar a la tierra, al agua y al aire. Sin embargo, el vínculo entre industria y contaminación no es inevitable. El propósito de este capítulo es mostrar que las actividades industriales pueden ser a la vez limpias y rentables. En efecto, la industria puede abrir el camino en la fijación de los precios del agua de acuerdo con su valor real y la conservación de una alta calidad de los recursos hídricos. La gobernabilidad tiene un importante papel que desempeñar en la creación de las condiciones que promuevan un crecimiento industrial sano y sostenible.

- La industria es un importante motor de crecimiento que proporciona el 48% del Producto Interior Bruto (PIB) en el Este de Asia y el Pacífico, el 26% del PIB en los países de bajos ingresos y el 29% del PIB en los países de ingresos más elevados, aunque esta última cifra está en descenso.
- Gran parte de la actividad industrial en los países de ingresos medios y bajos se ve acompañada de unos niveles innecesariamente altos de consumo y contaminación del agua.
- A nivel mundial, el ritmo total de extracciones de agua por parte de la industria se está ralentizando, mientras que la tasa de consumo de agua está aumentando de manera sostenida.
- Es posible desligar el desarrollo industrial del deterioro medioambiental, reducir radicalmente el consumo de recursos naturales y energéticos y, al mismo tiempo, disponer de unas industrias limpias y rentables.
- Una amplia gama de instrumentos normativos, iniciativas voluntarias, actividades de formación y asesoramiento está disponible para ayudar a los gestores industriales a mejorar la productividad del uso del agua y a reducir las emisiones contaminantes a niveles muy bajos. Al mismo tiempo, estas herramientas pueden ayudar a la eficiencia de la producción, reducir el consumo de materias primas, facilitar la recuperación de materiales valiosos y permitir una gran expansión de la reutilización y el reciclaje.

*De arriba a abajo:
Planta industrial en
Grangemouth, Escocia*

*Construcción de un
muelle en EE. UU.*

*Agua tratada in situ en
una fábrica de caucho,
Malasia*





El total del agua superficial y subterránea extraída por la industria es normalmente mucho mayor que la cantidad de agua realmente consumida

1ª Parte. La industria en un contexto económico

La industria es el motor del crecimiento y del desarrollo socioeconómico en muchos países en vías de desarrollo. En la región de rápido crecimiento de Asia Oriental y el Pacífico, la industria proporciona actualmente el 48% del total del Producto Interior Bruto (PIB) y esta proporción sigue aumentando. En los países pobres y altamente endeudados, la proporción del PIB suministrada por la industria creció rápidamente del 22% al 26% entre 1998 y 2002. En los países ricos, en cambio, la proporción del PIB procedente de la producción de bienes manufacturados está disminuyendo lentamente, proporcionando actualmente alrededor del 29% del PIB, constituyendo los servicios el grueso de la economía. En términos generales, sin embargo, la producción industrial continúa creciendo a nivel mundial, a medida que crecen las economías (Banco Mundial, 2003).

1a. El uso industrial del agua

La industria emplea el agua de innumerables modos: para limpiar, calentar y enfriar; para generar vapor; para transportar sustancias disueltas o en partículas; como materia prima; como disolvente; y como una parte componente del propio producto (por ejemplo en la industria de la bebida). El agua que se evapora en el proceso debe ser también considerada en las evaluaciones si éstas pretenden ser precisas, al igual que el agua que permanece en el producto, los subproductos y los residuos sólidos generados a lo largo del proceso. El resto se desecha, después de ser usada, como agua residual o vertido. El total de agua superficial y subterránea extraída por la industria es normalmente mucho mayor que la cantidad de agua realmente consumida, como muestran los gráficos de las **Figuras 8.1 y 8.2**. El uso industrial del agua suele medirse en términos de extracción de agua y no de consumo de la misma.

Tras el importante crecimiento registrado entre 1960 y 1980, la extracción de agua para la industria se ha estabilizado bastante en todo el mundo. La extracción de agua para la industria en Europa ha estado de hecho disminuyendo desde 1980, aunque la producción industrial continúa expandiéndose. En Asia, el crecimiento de la extracción de agua para la industria fue rápido hasta 1990 y, desde entonces, ha estado creciendo a un ritmo mucho más lento, a pesar del elevado crecimiento de la producción industrial de la región. Como muestran estas cifras, la intensidad del uso del agua en la industria está aumentando en estas regiones, al igual que el valor añadido por la industria por unidad de agua empleada (véase la **Tabla 8.4** al final del capítulo).

Una vez que se disponga de más información sobre las necesidades de caudal ecológico en muchos ríos y de la agricultura de secano, se podrá mostrar una imagen más completa de la distribución del agua entre todos sus distintos usos. Será igualmente necesario analizar el uso real del agua por lo que al consumo se refiere por parte de los diversos sectores (véase la **Figura 8.3**). Los flujos de retorno desde los diferentes sectores a las aguas superficiales y subterráneas deben describirse con precisión, incluyendo los ciclos de reutilización del agua (y de recuperación de agua, véase una discusión sobre el tema más adelante). Sólo entonces se podrá realizar un balance hídrico realista en una determinada cuenca fluvial o país.

1b. Repercusiones negativas de la industria en el medio acuático

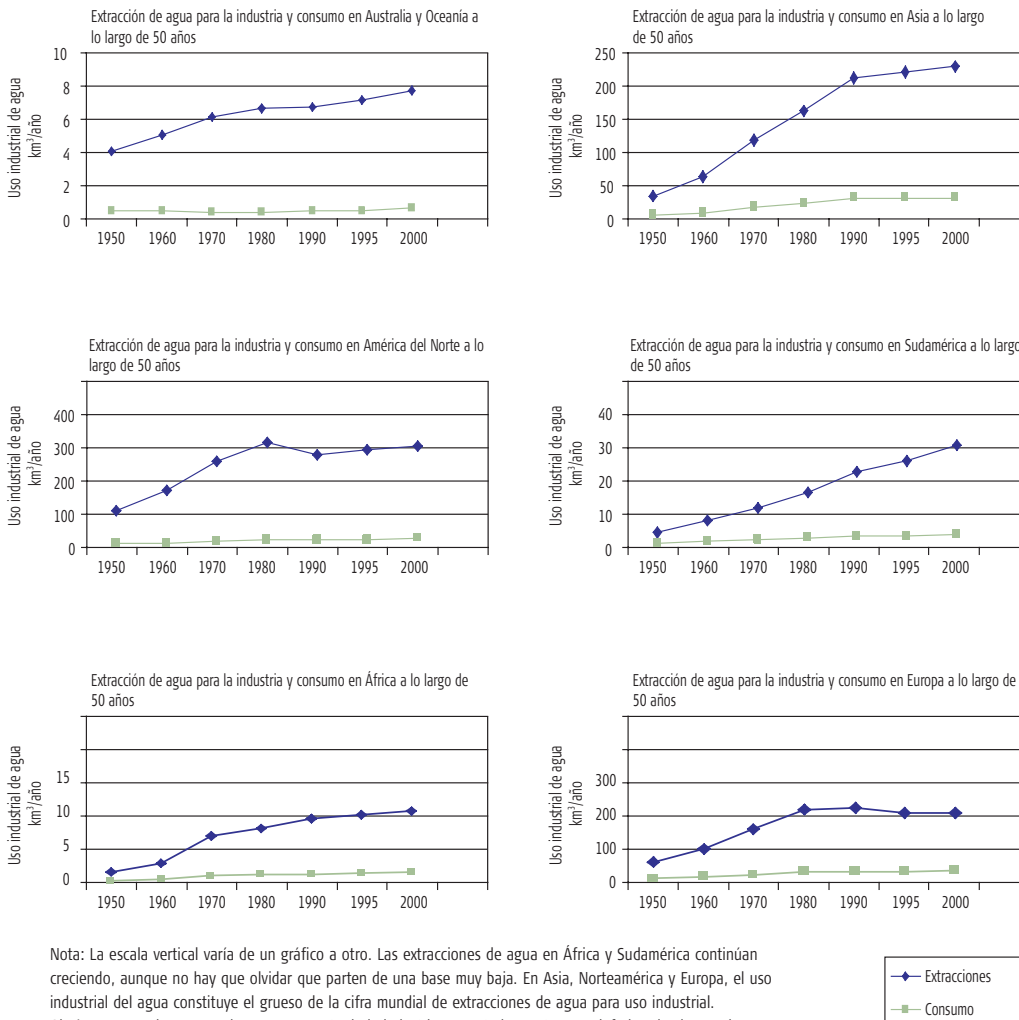
Más que el volumen efectivo de agua usado por la industria, lo que con frecuencia preocupa más es el impacto negativo de la industria sobre el medio ambiente acuático. La calidad del agua se está deteriorando en muchos ríos en todo el mundo y el medio ambiente marino también se está viendo afectado por la contaminación industrial. ¿Cómo tiene lugar este proceso? Gran parte del agua empleada por la industria se vierte al “desagüe”. Esto puede significar una de las siguientes cosas:

- vertido directo a un arroyo, canal o río, o al mar
- vertido al alcantarillado (que puede verter los residuos sin tratar aguas abajo, o conducirlos hasta la planta municipal de tratamiento de aguas residuales más cercana)
- tratamiento en una planta de tratamiento de aguas residuales in situ antes de ser vertida a un cauce, o tratamiento de las aguas residuales en una serie de estanques abiertos.

Hay muchos ejemplos de recuperación del agua (tratar o procesar el agua residual para que se pueda volver a usar) en los que el vertido industrial no vuelve inmediatamente al ciclo natural del agua después de usarse. Ésta puede reciclarse o reutilizarse directamente in situ tanto antes como después del tratamiento. El agua puede también tratarse y, a continuación, ser reutilizada por otras industrias de los alrededores o por usuarios agrícolas o municipales, tanto para el riego de campos de cultivo como para el de parques y jardines locales. Todas estas posibilidades de recuperación y reutilización del agua dependen de la calidad del vertido y se exponen con más detalle en la 3ª Parte. El agua recuperada que ha sido tratada puede además ayudar a conservar el medio ambiente acuático al inyectarla para recargar los acuíferos subterráneos o prevenir la intrusión de agua salada, o bien puede ser vertida sobre un humedal afectado por la sequía.

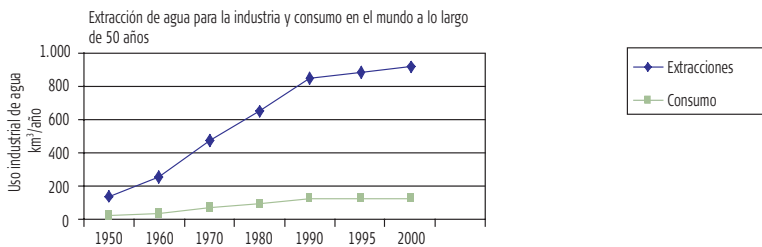
De mayor preocupación son las situaciones en las que el vertido industrial vuelve directamente al ciclo del agua sin un tratamiento adecuado. Si el agua se contamina con metales pesados, sustancias químicas o partículas de las mismas, o se

Figura 8.1: Tendencias en el uso industrial de agua por región, 1950–2000



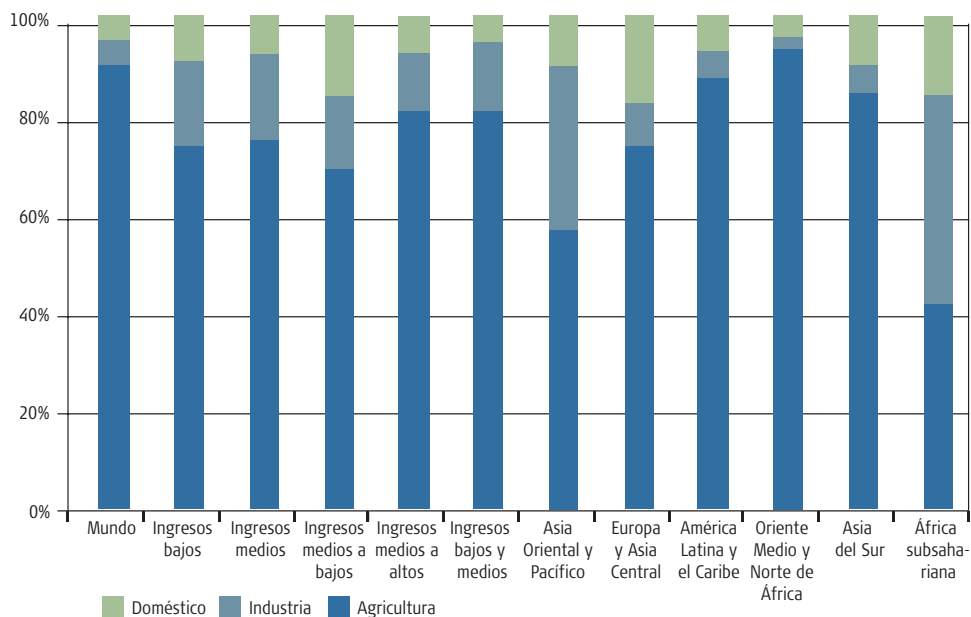
Fuente: Shiklomanov, 2000.

Figura 8.2: Uso industrial total de agua en el mundo, 1950–2000



Fuente: Shiklomanov, 2000.

Figura 8.3: El uso industrial del agua frente a los usos doméstico y agrícola



Nota: Existe una competencia creciente por el agua en muchas cuencas fluviales entre los diversos sectores que usan el agua. Si comparamos el uso del agua (es decir, la extracción de agua) por la industria con el uso del agua que hacen otros sectores, en concreto el uso agrícola y doméstico, está claro que, a nivel mundial, la industria utiliza tan solo una fracción de la cantidad de agua utilizada por la agricultura. Sin embargo, en el Este de Asia y en el Pacífico, el uso industrial del agua ha aumentado hasta una proporción considerable del uso total, de acuerdo con su importancia para las economías de esos países. En el África subsahariana, aunque el consumo total de agua es bajo, el agua utilizada por la industria representa una proporción mayor del total del uso agrícola, pues existe más agricultura de secano que de regadío. Estos datos excluyen a la agricultura de secano de los cálculos de uso del agua y no incluyen las necesidades de caudal ecológico como una categoría de uso del agua. En muchas cuencas, las necesidades medioambientales no han sido aún calculadas (véase el **Capítulo 5**).

Fuente: Banco Mundial 2002.

ve cargada de materia orgánica, ello obviamente afecta a la calidad de la masa de agua o acuífero receptor. Los sedimentos aguas abajo del vertido industrial pueden también estar contaminados. El agua que tiene un elevado contenido orgánico (lo que se denomina demanda biológica de oxígeno, DBO) a menudo aparece turbia o con espuma y se caracteriza por el rápido crecimiento de algas, bacterias y cieno (véanse las **Figuras 8.4 y 8.5** y el **Capítulo 5**). El crecimiento de estos organismos reduce el nivel de oxígeno en el agua. Resulta más difícil para los peces, insectos, anfibios y muchas especies de plantas acuáticas vivir y reproducirse en un agua con falta de oxígeno. Si el agua vertida está todavía caliente, esta "contaminación térmica" puede igualmente afectar a los ecosistemas acuáticos aguas abajo, que tienen que adaptarse a una temperatura más alta de lo normal (véase también el **Capítulo 9**).

Un volumen de agua mucho mayor que el propio volumen del vertido industrial puede verse afectado. Las industrias y los reguladores de la calidad del agua todavía confían en algunos lugares en el llamado "efecto de dilución" para dispersar

contaminantes dentro del medio acuático hasta niveles que estén por debajo de los niveles perjudiciales. En áreas en las que las industrias están creciendo rápidamente y están entrando en funcionamiento más plantas industriales con muchos puntos de vertido, este enfoque puede desembocar rápidamente en ríos y embalses contaminados. Los niveles de toxicidad y la falta de oxígeno en el agua pueden dañar o destruir completamente los ecosistemas acuáticos corriente abajo, al igual que los lagos y las presas, afectando a la larga a los estuarios ribereños y a los entornos costeros marinos. En las cuencas fluviales internacionales, la contaminación habitual y los incidentes como los accidentes industriales y los vertidos accidentales pueden tener efectos transfronterizos. Las fuentes de contaminación considerable en las cuencas fluviales, como las grandes plantas industriales, pueden calificarse como "puntos calientes" y considerarse de limpieza prioritaria dentro de un plan de gestión de una cuenca fluvial (véase el **Recuadro 8.1**).

Es importante considerar no sólo el nivel o la concentración de sustancias individuales, sino también su efecto combinado.



Arriba: Un niño ljaw muestra el petróleo que ha dañado el bosque comunal alrededor de su pueblo en la región del Delta en Nigeria. Las capturas de pesca han descendido drásticamente como resultado del derrame de petróleo desde una tubería de extracción cercana.

Abajo: Aguas residuales procedentes del blanqueo de algodón en un molino, Ndola, Zambia



Resulta muy caro controlar la calidad del agua para detectar la presencia de numerosas sustancias químicas, cada una de las cuales debe ser analizada por separado. Controlando las poblaciones de determinados organismos, llamados organismos indicadores (como las ranas, los moluscos o ciertas especies de insectos), es posible crear una imagen de cómo la masa de agua se está viendo afectada a lo largo del tiempo. Estos métodos ecotoxicológicos proporcionan una forma más económica de evaluar el impacto de los vertidos industriales y se exponen con más detalle en el **Capítulo 5** sobre los ecosistemas.

También pueden producirse repercusiones directas sobre la salud humana si el vertido industrial está localizado aguas arriba de:

- una zona recreativa de baño o de zonas de pesca comercial, recreativa o de subsistencia
- un punto donde los agricultores extraen agua para regar sus campos de cultivo

- un punto donde un municipio extrae agua para uso doméstico
- un punto donde las personas sin suministro de agua convencional extraen agua para beber.

Muchos municipios se dan ahora cuenta de que la calidad del agua potable que suministran está viéndose comprometida a causa de la contaminación industrial. Esto eleva los costes de tratamiento del agua para la empresa suministradora. En aquellos lugares donde el problema es la calidad variable del agua dulce causada por vertidos irregulares de aguas residuales, la planta de tratamiento de agua puede no ser capaz de hacer frente a los agentes contaminantes de manera adecuada. En estos casos, la salud de la población local puede verse afectada a largo plazo, dependiendo de la concentración y el tipo de sustancias implicadas.

Dos formas adicionales en que las industrias pueden afectar de forma más indirecta al medio acuático son las siguientes:

RECUADRO 8.1: IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LOS "PUNTOS CALIENTES" DE CONTAMINACIÓN

La metodología para evaluar los puntos calientes se desarrolló dentro del marco del proyecto regional del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) dedicado a la preparación de un Plan Estratégico de Acción para la cuenca hidrográfica transfronteriza del río Dniéper, incluyendo áreas de los tres países involucrados; a saber, Rusia, Ucrania y Bielorrusia. Los objetivos del Plan Estratégico de Acción son facilitar la reducción de la contaminación en la cuenca fluvial y, a la larga, contribuir a la protección del Mar Negro.

Al igual que en muchas otras cuencas fluviales de áreas pobladas, existen miles de fuentes de contaminación en la Cuenca del Río Dniéper. La metodología del punto caliente identifica, evalúa y prioriza las fuentes más significativas de contaminación en función de sus efectos y características. Éstas incluyen fuentes localizadas, como vertidos industriales y municipales, y fuentes no localizadas, como escorrentía agrícola y urbana. Cada una contribuye al riesgo para la salud humana y a la degradación del medio ambiente, incluyendo importantes repercusiones sobre zonas ecológicamente sensibles donde la biodiversidad está amenazada.

Un sistema de control de múltiples fases, desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), se usa para identificar los puntos calientes prioritarios. Éstos se evalúan de acuerdo con cuestiones relacionadas con el control de la contaminación, la calidad del agua y la biodiversidad, así como según criterios económicos y de empleo. Las fuentes localizadas de contaminación se puntúan sobre una serie de criterios bajo cada uno de estos conceptos y se ponderan en función de su importancia, antes de asignarles una puntuación total. Las fuentes no localizadas y las áreas que son difíciles de calificar (por ejemplo, instalaciones militares abandonadas o grandes estanques de desechos) pueden clasificarse como puntos calientes pero se describen de forma cualitativa basándose en el juicio profesional de expertos nacionales. Finalmente, para un pequeño grupo de puntos calientes prioritarios, se proponen medidas de mitigación junto con una estimación de los costes de implementación y un análisis de rentabilidad.

Un ejemplo de los problemas de calidad del agua puntuados incluye los siguientes criterios:

- ubicación del punto de extracción de agua potable municipal más cercano aguas abajo
- influencia de la calidad del río en el punto de extracción de agua potable municipal más cercano
- población a la que se suministra agua del río dentro del área de 25 kilómetros aguas abajo del punto caliente
- áreas recreativas de baño localizadas cerca del punto caliente
- otras actividades recreativas acuáticas cercanas al punto caliente
- cualquier enfermedad atribuida a las áreas recreativas
- punto caliente directamente identificado como fuente de enfermedad
- proximidad de las áreas de pesca recreativa y sostenibilidad
- proximidad de las áreas de pesca comercial y sostenibilidad
- uso agrícola del agua cerca del punto caliente
- calidad de los sedimentos
- proximidad a las fronteras nacionales.

Fuente: ONUDI, 2003.

- El lixiviado de sustancias químicas procedentes de residuos sólidos: Los residuos sólidos generados por la actividad industrial pueden contener una cantidad de agua contaminada, u otros líquidos, que gradualmente se filtran una vez que se vierte el residuo. Con la lluvia (o a través del agua subterránea, si el desecho se entierra en un vertedero) pueden filtrarse otras sustancias químicas o exudarse desde el residuo sólido a medida que pasa el tiempo. Este lixiviado finalmente alcanza un arroyo o un acuífero. Los vertederos industriales y municipales, si no están correctamente construidos, normalmente generan tales “columnas de lixiviado”, que pueden ser puntos calientes de contaminación significativos.
- La deposición atmosférica de sustancias químicas distribuidas por la contaminación del aire y la lluvia: Algunas industrias emiten considerables cantidades de compuestos de azufre y nitrógeno (SOx y NOx) a la atmósfera. Éstos pueden disolverse en gotas de agua y caer en forma de lluvia ácida. Muchos arroyos, ríos y lagos de Europa son más ácidos de lo que serían de forma natural debido a este proceso. Otros compuestos como las dioxinas y los furanos pueden también liberarse a la atmósfera desde hornos y, de este modo, entrar en el ciclo del agua.

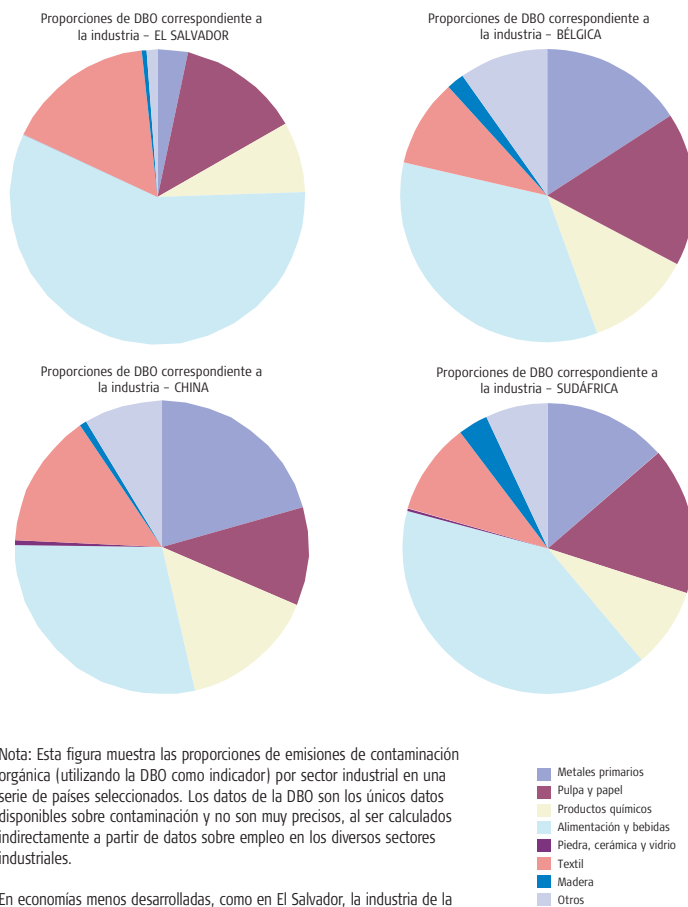
Desde la introducción del Registro Europeo de Emisiones Contaminantes existe información más detallada sobre la contaminación industrial en Europa. Todas las fábricas de la Unión Europea que superan un determinado tamaño tienen la obligación de informar sobre sus emisiones. La **Figura 8.5** muestra las cifras del total de vertidos de carbono orgánico al agua (una medida más exacta que los datos de DBO disponibles). La **Tabla 8.1** muestra las cantidades de benceno, tolueno, etilbencenos y xilenos que se liberan anualmente al medio ambiente acuático, tanto directa como indirectamente. Estos hidrocarburos tóxicos son emitidos por una serie de industrias que van desde las refinerías petrolíferas a las plantas farmacéuticas.

1c. Desastres Natec

Los desastres Natec son una nueva categoría de desastres identificada por la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (ONU/EIRD) como un desastre tecnológico provocado por un fenómeno natural (véase el **Recuadro 8.2**). En Europa, por ejemplo, hay muchas instalaciones vulnerables, cercanas a ríos o en regiones propensas a terremotos, que son vulnerables a las inundaciones o a fuertes temblores de tierra (véase el **Capítulo 10**).

Por ejemplo, la magnitud de un terremoto en Turquía, que llegó a los 7 grados en la escala Richter en agosto de 1999, provocó múltiples y simultáneos escapes sin precedentes de materias peligrosas, haciendo estragos en las operaciones de ayuda a las víctimas del terremoto. En uno de estos incidentes, la fuga de 6,5 millones de kilogramos del tóxico acrilonitrilo

Figura 8.4: Proporción de la demanda biológica de oxígeno (DBO) correspondiente a la industria por sector industrial en una serie de países seleccionados



Nota: Esta figura muestra las proporciones de emisiones de contaminación orgánica (utilizando la DBO como indicador) por sector industrial en una serie de países seleccionados. Los datos de la DBO son los únicos datos disponibles sobre contaminación y no son muy precisos, al ser calculados indirectamente a partir de datos sobre empleo en los diversos sectores industriales.

En economías menos desarrolladas, como en El Salvador, la industria de la alimentación y las bebidas genera la mayoría de los vertidos con carga orgánica. En países desarrollados como Bélgica, donde la economía está más diversificada, el vertido procedente de la industria de la alimentación y las bebidas es aún significativo, pero hay una distribución más amplia entre otros sectores contribuyentes. En China, los sectores de los metales primarios, de los productos químicos y de los textiles aportan el grueso del total. En todos los países, el sector de la pulpa y el papel puede ser un importante contaminante del medio ambiente acuático si sus residuos se vierten sin tratar.

Fuente: Banco Mundial, 2002.

(ACN) contaminó el aire, el suelo y el agua, amenazando las áreas residenciales. Los pulverizadores de espuma automáticos disponibles en las instalaciones industriales en el momento del terremoto, y que normalmente habrían contenido la emanación de acrilonitrilo (ACN), resultaron inútiles debido a la falta de agua y energía. Tales desastres tecnológicos plantearon problemas psicológicos y de salud adicionales a una población ya devastada. De ahí que los actuales reglamentos de gestión del riesgo industrial deban ser cuidadosamente revisados para asegurar que se atajan esta clase de riesgos “Natec”.

Figura 8.5: Vertido directo o indirecto de carbono orgánico total (COT) al agua en trece de los Estados Miembros de la Unión Europea, 2003

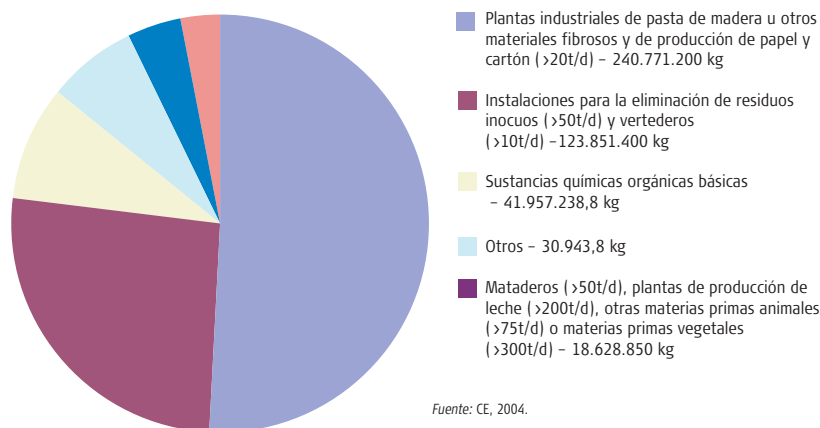
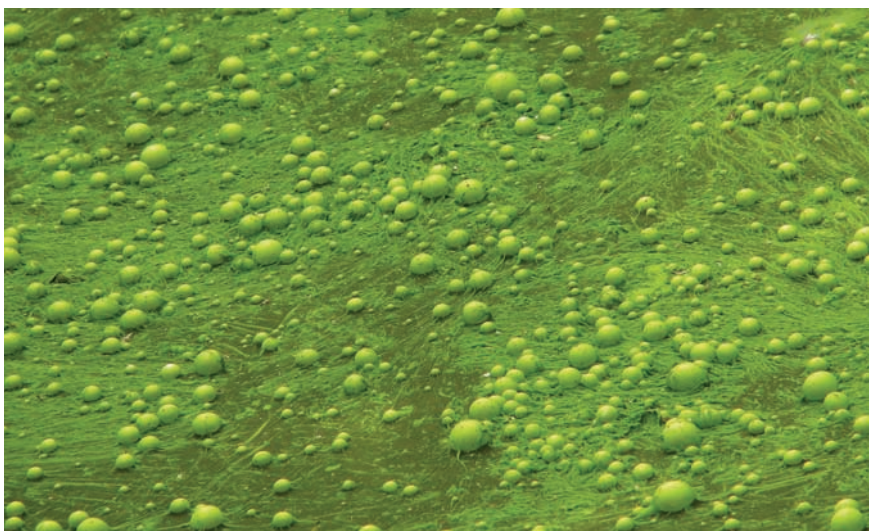


Tabla 8.1: Vertido directo o indirecto de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos al agua en ocho Estados Miembros de la Unión Europea, 2003

| Actividad liberadora de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos | Directamente al agua (kg/año) | Indirectamente al agua (kg/año) |
|---|-------------------------------|---------------------------------|
| Instalaciones de combustión (> 50 MW) | 967 | 2.830 |
| Refinerías de petróleo mineral y de gas | 67.486 | 880 |
| Hornos de coque | 390 | - |
| Gasificación de carbón y plantas de licuación | 1.020 | - |
| Industria del metal y plantas de calcinación de minerales o sinterización | 16,080 | 8.080 |
| Productos químicos básicos orgánicos | 40.328 | 127.158 |
| Productos químicos básicos inorgánicos o fertilizantes | 57.996 | - |
| Biocidas y explosivos | 6.170 | 365 |
| Productos farmacéuticos | 1.282 | 7.550 |
| Instalaciones para la eliminación o la recuperación de residuos peligrosos (>10 t/día) | 2.300 | 2.136 |
| Planta para el tratamiento previo de las fibras o textiles | - | 707 |
| Instalaciones para tratamiento de superficies o productos que utilizan disolventes orgánicos (>200 t/año) | - | 3.773 |
| Total | 194.019 | 153.479 |

Fuente: CE, 2004.

Sección 3: RETOS PARA EL BIENESTAR HUMANO Y EL DESARROLLO



RECUADRO 8.2: DESASTRES INDUSTRIALES ALREDEDOR DEL MUNDO**El desastre de la balsa de residuos del Tisza**

El 30 de junio de 2000, una grieta en una balsa de residuos liberó unos 100.000 metros cúbicos de escorias ricas en cianuro al sistema fluvial próximo a "Baia Mare" en el noroeste de Rumania (véase también el **Capítulo 14**). Este vertido soltó una cantidad estimada de entre 50 y 100 toneladas de cianuro, así como metales pesados, a los ríos Somes, Tisza y, por último, al Danubio, antes de alcanzar el Mar Negro. El hielo de los ríos, y los bajos niveles de agua en Hungría, retrasaron la dilución del cianuro, aumentando el riesgo para los suministros de agua municipales. Las altas concentraciones de cobre, zinc y plomo lixiviados por el cianuro agravaron el problema. Los impactos incluyeron:

- la contaminación e interrupción del agua potable en veinticuatro poblaciones, afectando a 2,5 millones de personas
- la muerte masiva de peces y la destrucción de especies acuáticas en los sistemas fluviales
- el grave impacto negativo sobre las condiciones socioeconómicas de la población local
- la reducción a largo plazo de los ingresos del turismo y el piragüismo
- la caída de los precios inmobiliarios.

El incidente del Rin rojo

En 1986, un incendio destruyó un almacén de productos químicos en Basilea, Suiza, cerca de las fronteras de Francia y Alemania. Los productos químicos alcanzaron el agua del río Rin a través de los sistemas de alcantarillado de la planta, cuando enormes cantidades de agua (10.000-15.000 m³) fueron empleadas para luchar contra el incendio. El almacén contenía grandes cantidades de treinta y dos sustancias químicas diferentes, incluyendo insecticidas

y materias primas, y los efectos en el agua se identificaron por la presencia de un tinte rojo en una de las sustancias, que tiñó de este color el río. La principal ola de sustancias químicas destruyó anguilas, peces e insectos, así como los hábitats de pequeños animales a orillas del río. La población total de anguilas a lo largo de 500 kilómetros aguas abajo fue destruida, desde Basilea, en Suiza, hasta Loreley, en Alemania. Pasaron tres meses tras el accidente antes de que las concentraciones de contaminantes descendieran hasta niveles normales. Como resultado de las nuevas normas y medidas de seguridad implantadas después de este incidente, la carga permanente de sustancias químicas en el Rin se ha reducido y han mejorado los sistemas de información sobre potenciales incidentes.

Contaminación por arsénico procedente de minas en Tailandia

Las pasadas actividades mineras causaron una fuerte contaminación por arsénico en las aguas subterráneas y en la capa superficial del suelo en un área de unos 40 km³ en la provincia de Nakhon Si Thammarat, en Tailandia (véase el **Capítulo 14**). La contaminación fue dada a conocer a través de un estudio encargado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) en 2000. Una conclusión del estudio fue que la contaminación permanecería durante los próximos treinta a cincuenta años. El análisis de 1.000 muestras mostró que la contaminación por arsénico en algunos pozos de agua subterránea era 50 a 100 veces superior a los valores máximos aconsejados por las normas de la Organización Mundial de la Salud sobre agua potable (0,01 miligramos por litro). La mayoría de las personas en los distritos afectados dejaron de beber agua de los pozos en 1993, después de que se detectaran efectos sobre la salud local, y está actualmente pagando un coste muy elevado por el agua del grifo.

Condado de Martin, Kentucky, Estados Unidos

El 11 de octubre de 2000, una balsa de residuos de carbón se rompió después del hundimiento de una mina subterránea situada bajo el depósito de lodos, vertiéndose 950.000 m³ de lodos de carbón a los arroyos locales. Unos 120 km de ríos y arroyos se tiñeron de negro tornasolado, causando la muerte de peces en el río Tug Fork, afluente del Big Sandy, y algunos de sus afluentes. Las ciudades a lo largo del Tug fueron obligadas a cerrar sus tomas de agua potable.

Condado de Nandan, Provincia de Guangxi, China

También en octubre de 2000, tras la rotura de una balsa de escorias, al menos 15 personas murieron y 100 desaparecieron. Más de 100 casas fueron destruidas por la ola del vertido aguas abajo.

Sebastião das Águas Claras, Distrito de Nova Lima, Minas Gerais, Brasil

El 22 de junio de 2001, la rotura de una balsa de residuos de una mina de hierro causó una ola de vertido que recorrió al menos 6 km. Cinco mineros murieron en el accidente.

San Marcelino, Zambales, Filipinas

En agosto de 2002, en las Minas de Cobre y Plata de Dizon, después de una fuerte lluvia, el desbordamiento de dos balsas de escorias abandonadas causó que algunas escorias se derramasen al lago Mapanuepe, y finalmente al Río St. Tomas. Hacia el 11 de septiembre, varios pueblos situados en zonas bajas habían sido inundados con residuos de las minas: 250 familias fueron evacuadas; no se informó de heridos.

Fuente: OMS, 2004.



2ª Parte. Gobernabilidad y desarrollo sostenible en la regulación de la industria

La gobernabilidad medioambiental es fundamental para asegurar que las industrias en crecimiento emprendan una gestión medioambiental y un control de los niveles de contaminación de manera que ambos sean aceptables y asequibles. Esta sección examina un determinado número de convenciones internacionales y acuerdos multilaterales sobre el medio ambiente (AMM) existentes para regular las industrias y, en particular, aquellas que tratan las sustancias químicas peligrosas y tóxicas (véase la Tabla 8.2). Es igualmente importante señalar que los sistemas voluntarios requieren mucho tiempo ante de poder demostrar que las industrias pueden ser tanto limpias como rentables. A lo largo del tiempo se han desarrollado diversos enfoques voluntarios, éstos se expondrán más adelante en este capítulo.

El principio de “quien contamina paga”, o de las 3P (“Polluter Pays Principle”), se discutió ampliamente por vez primera en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Río de Janeiro, Brasil (Principio 16 de Río). El principio fue aprobado por los representantes de los países asistentes y fue también adoptado por la Conferencia de las Partes de la Convención de Basilea, entre otros (véase la sección 2a. más abajo). Según la Convención de Basilea, el principio de las 3P establece que el contaminador potencial debe actuar para prevenir la contaminación y que, aquéllos que la causen, deben pagar para remediar las consecuencias de dicha contaminación. Con el desarrollo del concepto de una Producción más Limpia (véase la sección 3b. más abajo), las 3P significan ahora que la prevención de la contaminación es rentable (“Pollution Prevention Pays”), en otras palabras: una buena gestión medioambiental no tiene por qué ser simplemente un coste adicional que debe asumir una empresa, sino que ésta puede mejorar los procesos de producción, ahorrar dinero y recursos y hacer a la empresa más eficiente, más rentable y más competitiva en el mercado mundial.

Para que los países adopten políticas de reducción de la pobreza es deseable el crecimiento industrial con el fin de diversificar sus economías, crear puestos de trabajo y añadir valor a los productos primarios y materias primas que se produzcan. Sin embargo, es muy importante que existan los necesarios acuerdos legales e institucionales para hacer posible que este crecimiento tenga lugar de forma sostenible. Puesto que la contaminación del agua puede tener efectos transfronterizos significativos, una buena gobernabilidad medioambiental a nivel nacional supone comprometerse con los acuerdos internacionales y las convenciones sobre cooperación transfronteriza en materia de aguas compartidas (véase el **Capítulo 11**).

2a. Mejores prácticas ambientales y estándares internacionales para la industria

Las medidas voluntarias y la autorregulación son los medios por los que las industrias pueden demostrar su compromiso para mejorar el medio ambiente y controlar su propio funcionamiento. La extensión de la autorregulación tiende a variar con el tamaño de la empresa y el sector industrial en cuestión. Los consumidores y la presión de los medios de comunicación pueden, a menudo, influir en el nivel de conciencia ecológica de las empresas de un sector en particular. Las mujeres que trabajan en organizaciones de consumidores y grupos de presión medioambiental han tenido especialmente éxito a la hora de introducir buenas prácticas medioambientales en las empresas que fabrican productos para el hogar, como los detergentes. El etiquetado ecológico es una práctica reciente por medio de la cual los consumidores pueden elegir comprar ciertos productos que incorporan una etiqueta que indica que éstos se han producido de una forma más limpia y más respetuosa con el medio ambiente.

La competencia internacional de una empresa y sus productos en el mercado mundial se mejora por tanto a menudo gracias a su compromiso con las mejores prácticas ambientales (MPA)². Una empresa puede mostrar la gran calidad de su autorregulación solicitando la certificación ISO 14001, que es el actual estándar internacional

1. Véase www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIToc.htm

2. Las Mejores Prácticas Ambientales (MPA) son directrices que existen para todos los sectores de la sociedad humana que se esfuerzan por coexistir con el medio ambiente natural, tales como el de la vivienda, las infraestructuras, la industria y el turismo. Las MPA para la industria incluyen llevar a cabo evaluaciones de impacto ambiental para nuevos proyectos, auditorías medioambientales para proyectos existentes y la utilización de la mejor tecnología disponible.

La Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (CMDS), celebrada en Johannesburgo, Sudáfrica, en agosto de 2002, propuso un Plan de Aplicación que establece un fuerte vínculo entre los objetivos interrelacionados de desarrollo industrial, erradicación de la pobreza y gestión sostenible de los recursos naturales¹ (véase el **Recuadro 8.3**). Los objetivos de Johannesburgo propusieron que la industria se basase en lo que se había definido en el Objetivo 7 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en 2000, lo que supone:

- garantizar la sostenibilidad del medio ambiente
- incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales
- invertir el proceso de pérdida de recursos medioambientales.

medioambiental administrado por la Organización Internacional de Normalización. A finales de 2002, cerca de 50.000 empresas en 118 países habían recibido esta certificación (véase la **Tabla 8.2**).

Algunos de los enfoques de MPA que se exponen más adelante se han convertido en obligatorios en las leyes medioambientales nacionales de algunos países, pero no de otros. Las MPA pueden empezar en la fase de planificación y de diseño de una nueva instalación industrial con una evaluación de impacto ambiental (EIA) y continuarse por medio de la implantación de un sistema de gestión ambiental (SGA) para la planta. Pueden llevarse a cabo auditorías medioambientales periódicas u ocasionales durante la vida útil de la planta a fin de evaluar la eficacia del sistema de gestión ambiental y la conformidad de la planta con las normas medioambientales. El uso de la Mejor Tecnología Disponible (MTD) normalmente va de la mano de la MPA (véase el **Recuadro 8.4**).

Evaluación del Impacto Ambiental (EIA)

El proceso de EIA se requiere actualmente por ley en muchos países para nuevos proyectos y ampliaciones significativas de proyectos existentes. La EIA cubre una amplia gama de actividades, que van desde los proyectos industriales a los de infraestructuras. El proceso introduce elementos de procedimiento, como la presentación de una declaración de impacto ambiental y la consulta con las autoridades públicas y medioambientales, dentro del marco de los procedimientos de autorización de desarrollo de las actividades cubiertas.

... una buena gestión medioambiental no tiene por qué ser simplemente un coste adicional que debe asumir una empresa...

RECUADRO 8.3: ACUERDOS INTERNACIONALES Y ACUERDOS MULTILATERALES SOBRE MEDIO AMBIENTE (AMM)

La Convención de Basilea sobre el Control de Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación

Entrada en vigor en mayo de 1992. A 28 de mayo de 2004, 159 Estados y la Unión Europea eran Partes de la Convención, que es un mecanismo efectivo para tratar el problema de la generación de residuos, su traslado, gestión y eliminación. La Convención desempeña un importante papel en la gestión segura de las sustancias químicas. Recientemente, la Convención de Basilea se unió a otros organismos internacionales existentes en la creación del Proyecto de Reservas de África, cuyo propósito es eliminar los depósitos de plaguicidas peligrosos en ese continente. La Convención de Basilea está también trabajando en la creación de alianza útiles en ámbitos tan diversos como el "e-waste"¹ (basura electrónica), los residuos médicos y biológicos y en la de una alianza mundial cuyo propósito es tratar los aceites usados almacenados en África.

El Convenio de Rotterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo (CFP) Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional

Un procedimiento voluntario desde 1980, y que es ahora obligatorio en los 73 países participantes de la Convención. Dicha Convención entró en vigor en febrero de 2004. Un total de 27 sustancias químicas peligrosas están actualmente sujetas al Procedimiento de CFP. Para poder entenderlo en su contexto, unas 70.000 sustancias químicas están actualmente en el mercado y cada año se incorporan 1.500 más. Esto plantea un reto considerable para los Gobiernos, que deben hacer un seguimiento y controlar el uso de tales productos químicos. El tratado ayuda a los países a reducir los riesgos asociados con la producción, el comercio y el uso de sustancias químicas peligrosas.

La Convención de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

Un tratado mundial que entró en vigor en mayo de 2004 y que está diseñado para proteger la salud humana y el medio ambiente de los contaminantes orgánicos persistentes (COP). Los COP son sustancias químicas que permanecen intactas en el medio ambiente durante largos periodos de tiempo, se dispersan ampliamente, se acumulan en el tejido adiposo de los organismos vivos y son tóxicos para los seres humanos y la flora y fauna. Se ha demostrado que estas sustancias causan cáncer y dañan los sistemas nervioso, reproductivo e inmunológico, además de causar defectos congénitos. Actualmente, doce sustancias químicas peligrosas, incluyendo el DDT, las dioxinas y los furanos, están catalogados como COP. Para implementar la Convención, los Gobiernos toman medidas para eliminar o reducir la liberación de COP en el medio ambiente.

RECUADRO 8.3: Continuación

La Directiva Marco del Agua de la Unión Europea sobre la Gestión Integrada de las Cuencas Fluviales en Europa

Adoptada en octubre de 2000, la Directiva coordina los objetivos de la política hídrica Europea a fin de proteger todas las aguas, incluyendo las aguas superficiales y las subterráneas, utilizando un enfoque de gestión de cuenca. La Directiva se coordina con todas las directivas anteriores de la UE relacionadas con el agua, incluyendo la **Directiva de Prevención y Control Integrados de la Contaminación** (PCIC) de 1996, que trata el problema de las instalaciones industriales con un alto potencial de contaminación. Tales instalaciones sólo pueden funcionar si el operador tiene un permiso que incluye los requisitos para la protección del aire, el agua y el suelo, la minimización de los desechos, la prevención de accidentes y, si fuese necesario, la limpieza de la zona. Estos requisitos deben basarse en el principio de las **Mejores Tecnologías Disponibles** (MTD) (véase la siguiente sección). El Registro Europeo de Emisiones Contaminantes, que ha sido recopilado bajo la Directiva PCIC, contiene información sobre las emisiones al aire y al agua de alrededor de 10.000 instalaciones industriales en Europa².

El Convenio de la CEPE sobre la Protección y Uso de los Cursos de Agua Transfronterizos y de los Lagos Internacionales (Convenio sobre el Agua de la CEPE)

Pensado para reforzar las medidas nacionales de protección y una buena gestión ecológica de las aguas superficiales y subterráneas transfronterizas, el Convenio obliga a las Partes a prevenir, controlar y reducir la contaminación del agua desde fuentes puntuales y difusas. Más de 150 ríos importantes y 30 grandes lagos en la región de la CEPE atraviesan dos o más países o sirven de frontera entre éstos. **El Convenio entró en vigor en octubre de 1996** y ha sido ratificado por 34 países y por la Comunidad Europea. El Convenio está abierto a la incorporación de todos los Estados Miembros de la ONU.

La Convención de la CEPE de 1992 sobre los Efectos Transfronterizos de los Accidentes Industriales

Entrada en vigor en abril de 2000, la Convención cuenta actualmente con 32 países de la Comunidad Europea Partes de la Convención. Esta Convención coopera con el Convenio sobre el Agua de la CEPE para los asuntos relacionados con la prevención de accidentes químicos y la limitación de su impacto en las aguas transfronterizas. En el año 2003, el resultado fue la firma del Protocolo Conjunto sobre Responsabilidad Civil e Indemnización por Daños Causados por Accidentes Industriales en Aguas Transfronterizas. De acuerdo con ambas Convenciones, se está desarrollando el siguiente trabajo:

- Un inventario de las directrices de seguridad y buenas prácticas existentes para la prevención de la contaminación accidental de aguas transfronterizas³
- Directrices de seguridad y buenas prácticas para las balsas de retención de residuos, tuberías y navegación de barcos por los ríos
- Sistemas de alarma y notificación
- Ejercicios de respuesta internacional⁴
- Planes de contingencia transfronteriza.

1. Los "e-waste" son residuos electrónicos y eléctricos, entre ellos los computadores domésticos y los electrodomésticos.

2. El registro actualizado, el Registro Europeo de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (PRTR, por sus siglas en inglés), estará disponible en línea en el año 2009 y sustituirá al actual, el Registro Europeo de Emisiones de Contaminantes, EPER. Al igual que el EPER, éste proporcionará información clara sobre el nivel de contaminantes específicos, la calidad de nuestro entorno local, las emisiones procedentes de instalaciones y actividades industriales específicas e informaciones por país. Pero mientras que el EPER informa sobre 50 sustancias emitidas al aire y al agua, el PRTR informará sobre más de 90 sustancias emitidas o vertidas al aire, al agua y sobre la tierra. El registro actual cubre 56 actividades industriales; el nuevo cubrirá 65. Este último también incluirá información sobre lo que hacen las instalaciones industriales con sus desechos y sus aguas residuales. El ciclo de informes será anual en vez de trienal. El PRTR recopilará incluso informes sobre contaminación procedente de fuentes difusas como el tráfico rodado, la aviación, la navegación y la agricultura.

3. Para más información véase www.unece.org/env/teia/water/inventory.htm

4. Para más información véase www.unece.org/env/teia/response.htm

Tabla 8.2: Tendencias en la certificación ISO 14001 a nivel regional y mundial, 1997-2002

Los institutos nacionales de normalización de países individuales han creado la norma ISO 14000, que proporciona estándares voluntarios para los sistemas de gestión medioambiental. La norma ISO 14001 sustituyó a la ISO 14000 en 1995. La siguiente tabla muestra el número de empresas en cada región que ha recibido la certificación ISO 14001 antes de diciembre de los años correspondientes. Las empresas adheridas a

la norma ISO 14001 implementan sistemas de gestión medioambiental, realizan auditorías medioambientales y evalúan su rendimiento medioambiental. Sus productos se rigen por los estándares de etiquetado medioambiental y los flujos de desechos se gestionan por medio de evaluaciones del ciclo de vida. Sin embargo, la norma ISO no exige a las empresas que proporcionen informes públicos sobre su

rendimiento medioambiental. El número de empresas con certificación ISO 14001 aumentó más de diez veces a nivel mundial entre 1997 (dos años después de la introducción de la norma) y 2002. Europa y Extremo Oriente dominan las estadísticas - con el 47% y el 36% respectivamente - de las empresas certificadas en todo el mundo.

| Regiones | Número de empresas con certificación ISO 14001 | | | | | |
|-----------------------------------|--|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
| Norteamérica | 117 | 434 | 975 | 1.676 | 2.700 | 4.053 |
| Proporción en porcentaje | 2,64 | 5,50 | 6,91 | 7,32 | 7,35 | 8,20 |
| Nº de países | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Europa | 2.626 | 4.254 | 7.365 | 11.021 | 18.243 | 23.316 |
| Proporción en porcentaje | 59,24 | 53,94 | 52,21 | 48,13 | 49,62 | 47,14 |
| Nº de países/economías | 25 | 29 | 32 | 36 | 41 | 44 |
| Centroamérica y Sudamérica | 98 | 144 | 309 | 556 | 681 | 1.418 |
| Proporción en porcentaje | 2,21 | 1,83 | 2,19 | 2,43 | 1,86 | 2,87 |
| Nº de países/economías | 5 | 12 | 14 | 18 | 22 | 21 |
| África/Asia Occidental | 73 | 138 | 337 | 651 | 923 | 1.355 |
| Proporción en porcentaje | 1,65 | 1,75 | 2,39 | 2,84 | 2,51 | 2,74 |
| Nº de países/economías | 10 | 15 | 21 | 25 | 29 | 31 |
| Australia/Nueva Zelanda | 163 | 385 | 770 | 1.112 | 1.422 | 1.563 |
| Proporción en porcentaje | 3,68 | 4,88 | 5,46 | 4,86 | 3,87 | 3,16 |
| Nº de países | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Extremo Oriente | 1.356 | 2.532 | 4.350 | 7.881 | 12.796 | 17.757 |
| Proporción en porcentaje | 30,59 | 32,10 | 30,84 | 34,42 | 34,81 | 35,90 |
| Nº de países/economías | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 17 |
| Total mundial | 4.433 | 7.887 | 14.106 | 22.897 | 36.765 | 49.462 |
| Número de países/economías | 55 | 72 | 84 | 98 | 112 | 118 |

Este rápido crecimiento mundial en el número de empresas certificadas viene acompañado de un aumento espectacular de la conciencia medioambiental por parte de directivos y trabajadores, ya que el proceso de certificación conlleva un elemento sustancial de formación y fortalecimiento de capacidades. Este fortalecimiento de capacidades y desarrollo de la base de conocimientos medioambientales va estrechamente unida a la introducción de nuevos sistemas de gestión y patrones de rendimiento en estas empresas (véase el **Capítulo 13**).

Fuente: www.iso.org/iso/en/prods-services/otherpubs/iso14000/index.html



Arriba: Agua contaminada a raíz del vertido de residuos de una azucarera en Nosy Bé Dzamandzar, Madagascar

La UE encargó la realización de dieciocho estudios de casos del proceso de EIA (Evaluación del Impacto Ambiental) por toda Europa con el fin de investigar su efectividad. Este análisis mostró que el proceso de EIA mejoró la implementación del proyecto en sí y aseguró la protección del medio ambiente. En la mayoría de los estudios de casos, todos los participantes confirmaron que el proceso de EIA había ayudado en la toma de decisiones de una o más de las siguientes formas:

- se mejoró la calidad del diseño del proyecto en el 83% de los estudios de casos
- se identificaron los problemas clave medioambientales en el 94% de los estudios de casos
- se consiguieron estándares de mitigación más elevados de lo que se habría esperado de otro modo en el 83% de los estudios de casos
- las áreas ecológicamente sensibles fueron evitadas por medio de la reubicación o rediseño del proyecto en el 56% de los estudios de casos

- se proporcionó un mejor marco para preparar las condiciones y los acuerdos legales que dirigirían futuras operaciones del proyecto en el 72% de los estudios de casos
- se incorporaron las preocupaciones medioambientales desde una fase más temprana del proceso de diseño en el 61% de los estudios de casos
- se consiguió una mejor toma de decisiones en, al menos, el 61% de los estudios de casos gracias a:
 - un marco para el análisis más sistemático y estructurado
 - una información más objetiva y creíble
 - un aumento del rigor en la evaluación de la información medioambiental.



RECUADRO 8.4: MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES (MPA)**Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)**

Enfocados a lograr la política medioambiental de la organización, de acuerdo con lo definido por la dirección. El sistema necesita describir varios aspectos, incluyendo el establecimiento de las responsabilidades, la definición de objetivos medioambientales, los medios para conseguirlos y los procedimientos operativos, las necesidades de formación, el seguimiento y los sistemas de comunicación que deban usarse. La estructura de un SGA es básicamente una “cáscara vacía”, dentro de la cual la empresa define sus maneras específicas de funcionar y de establecer la responsabilidad. Los SGA utilizados más ampliamente son aquéllos que proporciona la Organización Internacional de Normalización dentro del marco de la ISO 14001 (véase la **Tabla 8.2**).

Auditorías medioambientales

Éstas deberían llevarse a cabo periódicamente con el fin de evaluar la efectividad del sistema de gestión y su conformidad con la política y el programa medioambiental de la organización. Pueden formar parte de este proceso las auditorías técnicas cuantitativas, como las auditorías del agua y la energía. Una auditoría medioambiental debe además evaluar el cumplimiento por parte de la organización de los requisitos normativos medioambientales relevantes.

Sistema Comunitario de Ecogestión y Auditoría Medioambiental (EMAS, por sus siglas en inglés)

Sistema voluntario diseñado para promover mejoras continuas del rendimiento medioambiental y el cumplimiento de todos los requisitos normativos relevantes relacionados con el medio ambiente. Para conseguir este objetivo, se requiere que las zonas industriales de Europa usen sistemas de gestión medioambiental para controlar la eficiencia e informar sobre sus logros relativos al rendimiento medioambiental. Además, se les anima a solicitar la acreditación ISO 14001. Las declaraciones de EMAS están orientadas principalmente a mejorar el rendimiento medioambiental, al describir las condiciones medioambientales actuales y los aspectos operativos requeridos a nivel de las instalaciones para proporcionar mejoras continuas en dicho rendimiento. En el ámbito de

los instrumentos normativos, los permisos establecen los valores límite de emisiones para las actividades de la empresa. La licencia estipula una carga máxima sobre el medio ambiente y qué reducción de esta carga debe conseguirse. El sistema de gestión medioambiental EMAS es un instrumento que proporciona a las industrias un conjunto de medios adecuados para conseguir una reducción efectiva de la carga sobre el medio ambiente.

Mejor Tecnología Disponible (MTD)

El concepto de MTD es una útil herramienta de fijación de estándares para reducir las emisiones en muchos sectores industriales. En la Unión Europea, el uso de la MTD es obligatorio como parte de la Directiva de 1996 de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (PCIC). Desde 2000, todas las nuevas instalaciones industriales de la UE han estado sometidas a la Directiva PCIC y a las estipulaciones de la MTD. Imponer nuevas y considerablemente más duras normas MTD sobre todas las instalaciones industriales existentes en la UE podría poner en peligro muchos puestos de trabajo europeos; por eso, la Directiva PCIC concedió a dichas instalaciones un periodo de transición de once años (es decir, hasta 2007). En muchos casos, la MTD significa mejoras medioambientales bastante radicales, y a veces puede ser muy costoso para las empresas adaptar sus plantas existentes a la MTD.



“Lo mejor” se define como aquello que es más efectivo para conseguir un nivel general elevado de protección del medio ambiente como un todo. Las técnicas “disponibles” se definen como aquéllas que pueden ser implementadas en el sector industrial pertinente bajo condiciones económica y técnicamente viables, teniendo en consideración los costes y beneficios de las mismas y si las técnicas se usan o producen dentro del país o no, así como si son razonablemente accesibles para el operador. Esto incluye tanto la tecnología utilizada como la forma en la que la instalación industrial se diseña, construye, mantiene, opera y desmantela. Las siguientes consideraciones deberían tenerse en cuenta a la hora de determinar la MTD:

- el uso de tecnología que genere pocos residuos
- el uso de sustancias menos peligrosas
- el fomento de la recuperación y el reciclaje de sustancias generadas y empleadas en el proceso y las de desecho, cuando ello sea oportuno
- procesos comparables, instalaciones o métodos de funcionamiento que han sido probados con éxito a escala industrial
- avances y cambios tecnológicos en el conocimiento y entendimiento científico
- la naturaleza, los efectos y el volumen de las emisiones concernidas
- las fechas de puesta en servicio de instalaciones nuevas o existentes
- el tiempo necesario para introducir la mejor tecnología disponible
- el consumo y la naturaleza de las materias primas (incluida el agua) empleadas en el proceso y su eficiencia energética
- la necesidad de prevenir o reducir al mínimo el impacto global de las emisiones al medio ambiente y los riesgos que éstas suponen para el mismo
- la necesidad de prevenir accidentes y de minimizar las consecuencias para el medio ambiente
- el uso de la información publicada por la UE o por las organizaciones internacionales.



Se puede ahorrar agua tanto reduciendo la entrada de agua donde ésta se esté gastando innecesariamente como identificando las oportunidades de reciclaje y reutilización del agua...

3ª Parte. La visión: Hacia una alta productividad del agua y un nivel cero de vertido de residuos

Tanto la cantidad como la calidad del agua deben tenerse en cuenta cuando se aborda el reto de mejorar el uso industrial del agua. En lo concerniente a la *cantidad* de agua, es útil considerar la productividad de la misma en términos del valor industrial añadido por unidad de agua empleada (véase la Tabla 8.5 al final del capítulo).

Cuanto más alta es la productividad del agua, mayor es el valor intrínseco depositado en el agua. En regiones con escasez de agua, donde hay competencia por ésta entre los distintos usuarios, es probable que el agua se destine a los usos más productivos. La industria consigue una mayor productividad del agua que la agricultura, pero es difícil comparar la productividad del uso doméstico del agua o las necesidades de caudal ecológico porque no se dispone de los datos e instrumentos económicos adecuados para hacer tales comparaciones. Dentro de la industria, como en otros sectores, es importante esforzarse por conseguir una mayor productividad del agua.

Allí donde existe una preocupación por la *calidad* del agua, la meta última es conseguir un nivel cero de residuos con el fin de evitar cualquier liberación de contaminantes al medio ambiente acuático. Un nivel cero de vertidos, o vertido cero, implica el reciclaje del agua, lo que contribuye además a aumentar la productividad de la misma. Si el vertido cero no es económica ni técnicamente factible, hay algunas valiosas estrategias intermedias que pueden seguirse para reducir la contaminación y asegurar que las sustancias de desecho sean recuperadas y el agua reutilizada.

3a. Estrategias para el ahorro del agua y el aumento de la productividad del agua en la industria

Auditoría del agua

Llevar a cabo una auditoría del agua en una planta industrial o en una fábrica, muestra claramente dónde se está usando el agua suministrada a la planta, cuánta se emplea en cada proceso y dónde acaba ésta a la larga. El agua de lluvia que cae en el lugar, al igual que la evaporación natural que se produce, debería incluirse igualmente en la auditoría. Una vez que una auditoría del agua ha sido realizada, es posible dibujar un diagrama de flujo y mostrar el balance hídrico de toda la planta o por unidades individuales del proceso. Éste es el primer paso para encontrar formas innovadoras de ahorrar agua en un emplazamiento industrial.

Se puede ahorrar agua tanto reduciendo la entrada de agua donde ésta se esté gastando innecesariamente como identificando las oportunidades de reciclaje y reutilización del agua, que se tratan con más detalle a continuación. La recogida del agua de lluvia in situ puede también tomarse en consideración, puesto que ello es preferible a permitir que el agua de lluvia (que puede estar contaminada) simplemente fluya hasta el sistema de desagüe de aguas pluviales. Los estudios de casos del mismo sector industrial pueden proporcionar algunas ideas y lecciones generales sobre el ahorro de agua, pero cada emplazamiento debe auditarse y analizarse individualmente.

Adaptar la calidad del agua a los requisitos de uso

En muchos casos, el agua empleada en la industria es de una calidad innecesariamente alta para el uso al que está destinada. La analogía en el uso del agua doméstica es, por ejemplo, utilizar agua potable para la cisterna del inodoro o regar el jardín. De modo similar, en los procesos industriales hay muchas aplicaciones donde podría emplearse un agua de calidad inferior. Esto ofrece oportunidades para el reciclaje. A menudo, el 50% o más del consumo de agua de una planta industrial puede estar utilizando para el proceso de enfriado, una necesidad que puede satisfacerse con un agua de calidad inferior. Por otra parte, algunas industrias (como la industria farmacéutica) requieren agua de calidad excepcionalmente alta. En tales procesos se llevan a cabo tratamientos adicionales sobre el agua recibida del suministrador local o la extraída de aguas subterráneas o superficiales a fin de mejorar aún más la calidad del agua antes de su uso.

Hay casos de industrias donde el agua se emplea inadecuadamente en las que podría adoptarse un enfoque completamente diferente para ahorrar agua en áreas con escasez de la misma. Un ejemplo de esto podría ser empezar a usar sistemas neumáticos o mecánicos para el transporte en vez de usar el agua para mover los productos, como se suele hacer en la industria avícola y otras industrias alimentarias.

Reciclaje del agua y reutilización in situ

El reciclaje del agua es el principal medio para ahorrar agua en una aplicación industrial, es decir, tomar el agua residual, que de otra manera sería vertida, y emplearla en una aplicación de calidad inferior (a menudo después de tratamiento). Cada metro cúbico de agua que se recicla in situ representa un metro cúbico que no tendrá que extraerse de una fuente de agua superficial o subterránea. El agua puede incluso usarse muchas más veces. En aquellos casos, donde, por ejemplo, un metro cúbico de agua puede llegar a usarse diez veces en el proceso (una "relación de reciclaje" de diez a uno), ello

Los usos más comunes del agua recuperada son el enfriamiento industrial y la generación de energía, seguidos de la alimentación de calentadores y el enfriamiento rápido

representa 9 m³ que no se extraen de una fuente de agua dulce. También se puede incrementar el ahorro de agua elevando la relación de reciclaje. La productividad relativa del agua industrial del producto se incrementa también en gran medida por esta razón, puesto que se emplea menos cantidad de agua dulce para producir la misma cantidad de producto.

La forma en que se realiza el reciclaje de agua in situ se debe regir por el principio de concordancia de la calidad del agua con los requerimientos de uso, como se ha mencionado anteriormente. Ello depende de la naturaleza del proceso de fabricación, así como del grado de tratamiento del agua residual llevado a cabo en el lugar. Procesos como calentar, enfriar y apagar son las aplicaciones más comunes para el agua de calidad inferior, que también puede usarse como agua de enjuague y para el riego del lugar.

Una segunda consideración a tener en cuenta en el reciclaje del agua industrial es el coste del tratamiento del agua residual hasta que ésta alcance el nivel de calidad requerido, incluyendo el coste de tuberías y bombas nuevas o adicionales, en comparación con el coste del suministro de agua "natural" (agua dulce). Allí donde la calidad del agua dulce está disminuyendo localmente, o donde los suministros de agua potable se tornan poco fiables debido a la escasez de agua en la región (sequías o descensos del nivel de agua subterránea), el reciclaje de agua industrial in situ se convierte en una opción cada vez más atractiva. El reciclaje de agua in situ puede considerarse como un componente de la gestión de

los riesgos industriales, puesto que ello contribuye a reducir el riesgo relacionado con la poca fiabilidad de los suministros de agua dulce.

Por ejemplo, el fabricante de microchips Intel, estableció el Grupo Corporativo de Gestión del Agua Industrial para mejorar la eficiencia del uso del agua en sus principales lugares de fabricación, donde se usan grandes cantidades de agua muy depurada para la limpieza de los microchips. El grupo incluye representantes de las plantas de fabricación, expertos en desarrollo de tecnología de la empresa y personal de control del cumplimiento de las normas. La meta inicial de Intel era reducir antes de 2003 al menos el 25% de sus necesidades de suministro total de agua dulce usando agua reciclada e instalando sistemas más eficientes. En 2002, la empresa fue más allá al alcanzar un 35% de ahorro de agua por medio del reciclaje de la misma y las ganancias en eficiencia.

Utilizar agua depurada

Una forma más indirecta de reciclar el agua se da cuando una empresa industrial reutiliza las aguas residuales producidas por otra planta cercana (con un tratamiento intermedio si ello resulta necesario). De nuevo, debe seguirse el principio de adaptar la calidad del agua a los requisitos de uso. La disponibilidad de las aguas residuales cuando ello sea necesario, y su variabilidad en términos de calidad, también deben tenerse en cuenta. Por ejemplo, una planta industrial podría utilizar aguas residuales de una planta municipal cercana de tratamiento de aguas. El resultado normalmente se

RECUADRO 8.5: DEFINICIONES DE RECUPERACIÓN, REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE DE AGUA

"La recuperación", "la reutilización" y "el reciclaje" de agua no deberían confundirse. En la industria de tratamiento de aguas residuales se utilizan las siguientes definiciones:

El reciclaje de agua normalmente implica a un único uso o usuario. El efluente del usuario es captado y redirigido a dicho esquema de uso. El reciclaje de agua se practica principalmente en la industria.

La recuperación de agua es el tratamiento o el procesado de aguas residuales (industriales o municipales) para hacerlas reutilizables.

El agua recuperada es el agua residual tratada apta para una aplicación concreta.

La reutilización de agua es el uso de aguas residuales tratadas para propósitos beneficiosos

como el riego agrícola y el enfriamiento en los procesos industriales. La reutilización del agua puede hacerse de forma directa o indirecta.

La reutilización directa del agua requiere la existencia de tuberías u otras instalaciones de transporte y reparto del agua recuperada.

La reutilización indirecta del agua es el vertido de agua residual a aguas receptoras (un río, lago o humedal) para su asimilación y posterior extracción aguas abajo. Esto se considera importante y puede planificarse, pero no constituye una reutilización directa de agua.

El reciclaje y la reutilización del agua tienen beneficios de gran alcance para las industrias que van más allá de la mera exigencia de cumplir con los permisos de vertido de aguas residuales:

1. Reducción de la extracción y consumo de agua dulce.
2. Minimización del vertido de aguas residuales mediante la recuperación de aguas residuales reduciendo, por lo tanto, los costes de limpieza y las responsabilidades ligadas a los vertidos.
3. Recuperación de subproductos valiosos.
4. Mejora del margen de beneficio mediante la reducción de costes.
5. Mejora de la imagen corporativa, aceptación pública y responsabilidad medioambiental.

Fuente: Asano y Visvanathan, 2001.



Arriba: Este campo de golf en Arizona, EE. UU., se riega con agua recuperada de la ciudad de Page

denomina “agua recuperada” y es vendida a la industria por los municipios en muchos países, entre ellos Australia, Sudáfrica y EE. UU. Los usos más comunes del agua recuperada son el enfriamiento en la industria y la generación de energía, seguidos de la alimentación de calentadores y el enfriamiento rápido. En tales sistemas, el uso de agua recuperada por la industria alivia la presión sobre los escasos recursos hídricos.

En la región metropolitana de Durban, Sudáfrica, una innovadora asociación entre el sector público y privado ha estado suministrando agua recuperada a las industrias desde el año 1999 (véase el **Capítulo 14**). La Planta Sur de Tratamiento de Aguas Residuales de los Servicios Hídricos Metropolitanos de Durban trata más de 100.000 m³ al día de aguas residuales domésticas e industriales (sólo aplicando un tratamiento primario) antes de verterlos al mar a través de un emisario submarino. Las previsiones mostraron que la capacidad del emisario submarino pronto se saturaría debido a la creciente población y a los vertidos de aguas industriales. Ante esta situación, se construyó una planta de tratamiento secundario con una capacidad de 48.000 m³/día y se permitió que ésta descargase agua a un canal que fluía sobre la playa hasta llegar al mar. Una fábrica de papel cercana contrató entonces el suministro de 9.000 m³/día de agua tratada. Mediante una encuesta local se comprobó que era necesario un tratamiento incluso mayor para vender el agua recuperada a otras industrias de la zona, las cuales necesitaban agua de una calidad mayor que la fábrica de papel. Ya que no era económicamente viable que la empresa de aguas municipal construyera y gestionara una planta de tan alta tecnología, se construyó una planta de tratamiento terciario (que trata y vende actualmente hasta 30.000 m³/día de agua recuperada a las industrias locales) a través de una sociedad de capital público y privado.

La irrigación agrícola y la urbana (de parques, campos de deporte y campos de golf) son también importantes aplicaciones para el agua recuperada, lo cual es importante puesto que el regadío es en general el mayor usuario de agua en cualquier región (véase el **Capítulo 7**). En Israel, actualmente se reutiliza alrededor del 84% del agua residual tratada para el riego en la agricultura. La Organización Mundial de la Salud ha establecido unas directrices para el uso de agua recuperada en el regadío, ya que pulverizar agua recuperada en lugares abiertos puede tener repercusiones negativas para la salud (OMS, 2005). El agua recuperada puede también utilizarse para recargar acuíferos, por ejemplo para evitar la intrusión de agua salina al acuífero, o simplemente para aumentar el suministro de aguas subterráneas. En la región de Adelaida, en Australia, la mitad de la demanda de agua de la ciudad se satisface mediante la recuperación del agua que se almacena en los acuíferos.

En la construcción, el agua recuperada puede utilizarse para el control del polvo, el asentamiento y compactación de suelos, el lavado de agregados y la producción de cemento. Las aplicaciones domésticas del agua recuperada incluyen la extinción de incendios, el lavado de coches, la descarga de cisternas de inodoros y el riego de jardines. El suministro de agua recuperada en zonas urbanas requiere dos tipos de tuberías: uno para el agua potable y otro para el agua recuperada, sistema llamado de “red dual”. La instalación de una red dual se realiza normalmente en nuevas urbanizaciones, ya que su tendido a obra terminada puede resultar prohibitivo. El Gobierno metropolitano de Tokio, Japón, ha incentivado el acondicionamiento de nuevos bloques de oficinas y apartamentos en Tokio con red dual (véase también el **Capítulo 14**). Existen también algunas ciudades en zonas áridas, como Windhoek, Namibia, donde el agua recuperada se trata siguiendo un estándar de calidad muy elevado y luego se reutiliza directamente para aumentar el suministro de agua potable.

Tabla 8.3: Requisitos de tratamiento del agua residual en función de su uso final para el suministro de agua a la industria

| Uso industrial del agua | Eliminación de nitrógeno y fósforo | Precipitación química | Filtración |
|--|--|-----------------------|-------------|
| Aporte a torres de refrigeración | Normalmente | Sí | Sí |
| Tras su uso como refrigerante | | | |
| – Condensación del escape de turbinas | A veces | Rara vez | A veces |
| – Refrigeración por contacto directo | Rara vez | No | A veces |
| – Refrigeración de cojinetes y equipos | Sí | Sí | Sí |
| Agua de proceso | Sí | Sí | Sí |
| Agua para alimentación de calentadores | Requiere un tratamiento más extenso; uso de aguas residuales depuradas generalmente no recomendado | | |
| Agua de lavado | A veces | Rara vez | Sí |
| Riego del lugar | No | No | Normalmente |

Fuente: Asano y Visvanathan, 2001.

Tanto el agua dulce como el agua depurada pueden contener componentes que pueden causar problemas, aunque sus concentraciones suelen ser mayores en el agua depurada.

- **Incrustación:** se refiere a la formación de depósitos duros en superficies, lo que reduce la eficiencia de los procesos de transferencia de calor. A causa de un reiterado reciclaje del agua de alimentación en los circuitos de enfriamiento, el agua perdida por evaporación conlleva un aumento en la concentración de impurezas minerales como calcio, magnesio, sodio, cloro y sílice, lo que a la larga lleva a la formación de incrustación. Los componentes que forman las incrustaciones pueden eliminarse utilizando las adecuadas técnicas de precipitación química.
- **Corrosión:** el amoníaco, que puede estar presente en concentraciones considerables en las aguas residuales municipales recuperadas, es una de las principales causas de corrosión en muchas instalaciones de reutilización de agua para la industria. El oxígeno disuelto y ciertos metales (manganeso, hierro y aluminio) pueden también provocar corrosión por su alto potencial de oxidación. La corrosión puede controlarse añadiendo sustancias químicas inhibidoras.
- **Crecimiento biológico:** el cieno y la proliferación de algas son problemas comunes del agua recuperada a causa del alto contenido en nutrientes, lo que promueve el crecimiento biológico. Este crecimiento puede controlarse o eliminarse añadiendo biocidas durante el proceso de tratamiento interno.
- **Espumación:** los problemas de la formación de espuma, asociados a la presencia de detergentes biodegradables, pueden evitarse mediante la utilización de productos químicos antiespumantes.
- **Organismos patógenos:** cuando se utiliza agua recuperada en la industria, la seguridad de que haya una desinfección adecuada es una preocupación primordial para la protección de la salud de los trabajadores y operarios de la planta. El requisito más riguroso, similar al que se aplica al uso irrestricto de agua recuperada para el riego de los cultivos de alimentos, sería el apropiado si existe la posibilidad de que las personas se expongan a la aspersión de agua.

Minimizar el agua virtual en los productos manufacturados

El concepto del comercio de agua virtual se ha mencionado en los **Capítulos 7, 11 y 12** en relación con el comercio de cultivos y productos alimenticios. El mismo concepto se aplica en relación con los productos manufacturados, donde el agua virtual de un producto terminado representa el

volumen de agua que se utilizó para su producción. Esto puede calcularse de dos maneras, ya sea como m³/t de producto, o como m³/dólar de valor añadido. Fijándonos en las importaciones y exportaciones de cada tipo de producto, es posible calcular los flujos de agua virtual que entran y salen de la región. También se puede calcular la productividad del agua industrial de diversos productos y sectores por lo que se refiere al valor industrial añadido por unidad de agua utilizada (véase la **Tabla 8.4** al final del capítulo). En las regiones donde existe escasez de agua tiene sentido centrarse en la fabricación de productos que utilizan poca agua y exportar sólo los productos con una productividad alta de agua. Ello minimiza la cantidad de agua virtual exportada. Por otra parte, en regiones donde existe escasez de agua, deberían importarse aquellos productos que necesitan mucha agua en su producción y los que tienen una baja productividad hídrica, tales como el aluminio y la cerveza, ya que esto representa una manera de importar indirectamente agua.

Mejores herramientas políticas e incentivos económicos

Las estrategias de gestión del agua industrial que tienen por objeto minimizar el consumo de agua y la generación de aguas residuales y, de este modo, mejorar la productividad del agua, pueden ser tanto internas como externas a la empresa. Las estrategias internas son aquellas medidas que necesitan tomarse a nivel de la fábrica para poder así controlar el consumo de agua y la generación de aguas residuales, como el reciclaje de agua. Estas medidas pueden tomarse de forma más o menos independiente de las estrategias externas.

Las estrategias externas, por otro lado, son medidas que se requieren a nivel de la industria en el contexto de la gestión local, regional o nacional del agua industrial. Generalmente, la gestión de la fábrica no controla estas estrategias; sin embargo, en algunos casos se requieren algunas medidas a nivel de la fábrica en respuesta a medidas externas. La naturaleza y el número de un cierto tipo de industria en una localidad o región pueden influir considerablemente sobre estas estrategias. Algunas de dichas estrategias se resumen a continuación:

- políticas nacionales de reciclaje de agua y reutilización
- agrupación de industrias en un lugar en concreto (parques industriales) asociada con métodos de tratamiento combinado y políticas de reutilización
- racionar el uso del agua en la industria para que cada proceso utilice una cantidad de agua definida
- aplicación de instrumentos económicos como multas, pagos, subvenciones, créditos y ayudas.

... el agua virtual de un producto terminado representa la cantidad de agua utilizada para producirlo



La contaminación corriente arriba por una fábrica química destruyó piscifactorías a lo largo del Río Tuo, afluente del río Yangtsé, China

La política nacional de conservación del agua, también denominada gestión de la demanda, es el factor clave en el reciclaje y reutilización del agua en las industrias. Esta política es un componente importante de los planes nacionales de eficiencia hídrica. En algunos países en vías de desarrollo, la industria no paga por el agua ni por los servicios de aguas residuales; en otras palabras, la extracción de agua con fines industriales y los vertidos de aguas residuales son todavía gratuitos y están sin regular. Tanto la regulación como la imposición de tarifas del agua de forma escalonada según el volumen de agua utilizado son herramientas clave que pueden utilizar los Gobiernos en estas situaciones (véase el **Capítulo 12**).

El cumplimiento de requisitos rigurosos para los efluentes puede obligar a las industrias a implementar nuevas tecnologías de ahorro de agua para reducir los vertidos y prevenir los incidentes de contaminación. Las multas por el incumplimiento y la amenaza de cierre por reincidencia en el incumplimiento pueden también lograr que se lleve a cabo un mayor reciclaje y reutilización del agua. Otra posibilidad puede ser aplicar tasas más altas por el agua natural a las industrias que utilizan grandes volúmenes de agua. Un ejemplo de ello puede verse en Singapur, que cobra un impuesto de conservación del agua del 15% a las operaciones que utilizan más de una cantidad especificada. Las nuevas fábricas que requieren más de 500 m³ de agua al mes deben solicitar al ayuntamiento su aprobación durante la fase de planificación. Una planta de fertilizantes en Goa, India, recortó su demanda de agua en un 50% a lo largo de un periodo de 6 años en respuesta al aumento de los precios del agua. En Sao Paulo, Brasil, las industrias de productos lácteos, farmacéuticas y de procesado de alimentos (véase también el **Capítulo 14**), redujeron su consumo de agua por unidad producida en un 66%, 49% y 42% respectivamente (Kuylenstierna y Najlis, 1998).

Si se suministran los incentivos adecuados, generalmente se observa que la industria puede recortar su demanda de agua entre un 40% y un 90%, incluso con las técnicas y prácticas existentes (Asano y Visvanathan, 2001). Sin embargo, las políticas de conservación del agua deben ser justas, viables y exigibles. Deberían darse incentivos económicos a la industria para que ésta pueda cumplir con las normas y las políticas y para reducir el consumo de agua natural y el vertido de aguas residuales. Tales incentivos podrían incluir subvenciones para las industrias que implementen tecnologías medioambientales innovadoras y ayuda financiera y asesoramiento para las industrias que financien nuevas investigaciones.

3b. Estrategias y metodologías para la reducción de la contaminación: allanando el camino hacia el vertido cero

Ningún operario de una planta industrial sale de su casa para contaminar el medio ambiente. Los objetivos del operario de una planta son minimizar los costes de producción y maximizar el volumen de producción. La liberación de contaminantes a los ríos y arroyos se realiza porque es normalmente una opción de bajo coste y de baja tecnología para la eliminación de residuos y de aguas residuales. Con frecuencia, una vez que los operarios y gestores de plantas industriales son conscientes de las posibilidades que existen de conseguir una producción más limpia, ahorro de agua y energía, así como ahorros en los costes, su respuesta es entusiasta. Además, la empresa en conjunto puede hacerse más competitiva en el mercado mundial mediante la publicidad de su política medioambiental y sus estrategias para reducir la contaminación. Algunos ejemplos de empresas individuales que se han beneficiado de la introducción de métodos de producción más limpios se describen en los **Recuadros 8.6 y 8.7**.

Las estrategias para reducir la contaminación incluyen la aplicación de los principios de producción más limpia en general. Esto se ilustra por medio de un ejemplo específico de una metodología de la ONUDI para la promoción de una producción más limpia, la estrategia TEST (Transferencia de Tecnologías Ecológicamente Racionales), que ha sido implementada en varias cuencas fluviales. Algunas de las técnicas de procesamiento específicas que pueden aplicarse para la reducción de la contaminación del agua en plantas industriales incluyen la separación de flujos, la recuperación de materias primas y energía, así como la reutilización de residuos y aguas residuales. Las tecnologías de tratamiento al final del proceso también se exponen brevemente a continuación, ya que estas tecnologías son aplicables tanto para reciclar el agua como para tratarla antes de verterla de nuevo al entorno acuático. A largo plazo, el método más deseable es el de proponerse el vertido cero de residuos, para que no se vierta ningún tipo de agua residual directamente al medio ambiente.

Una producción más limpia

Los principios de una producción más limpia incluyen la optimización del uso de los recursos utilizados en el proceso de producción, tales como las materias primas, el agua y la energía, y la minimización de la generación de residuos. Estos principios también se refieren al método de eliminación de los residuos y su impacto en el agua, el aire y el suelo. La Evaluación de una Producción más Limpia (CPA, por sus siglas en inglés) es una metodología específica para identificar las áreas de uso ineficiente de los recursos y mala gestión de los residuos que se centra en los aspectos medioambientales y las consecuencias de los procesos industriales. Esta metodología (desarrollada por el PNUMA) consta de las siguientes 5 fases:

- **Fase I:** Planificación y organización: obtener un compromiso de gestión, establecer un equipo de proyecto, desarrollar políticas y objetivos; planificar la CPA.
- **Fase II:** Evaluación previa (examen cualitativo): preparar una descripción de la empresa y un diagrama de flujo, realizar una inspección visual; establecer en qué se va a concentrar la evaluación.
- **Fase III:** Evaluación (examen cuantitativo): recoger datos cuantitativos, evaluar el balance de material, identificar las oportunidades de Producción más Limpia, registrar y priorizar las opciones.
- **Fase IV:** Evaluación y estudio de viabilidad: preparar una evaluación preliminar, realizar una evaluación técnica, realizar una evaluación económica, realizar una evaluación medioambiental, seleccionar las opciones viables.
- **Fase V:** Implementación y continuación: preparar un plan de implementación, implementar las opciones seleccionadas; hacer un seguimiento del rendimiento; apoyar las actividades de Producción más Limpia.

Existe una red de Centros Nacionales de Producción Más Limpia en veintisiete países establecida por la ONUDI que ayuda a extender la metodología CPA entre las empresas en los diferentes sectores industriales. Hay disponibles muchos estudios de casos de producción más limpia que han sido llevados a cabo con éxito, lo que demuestra que la CPA puede ayudar a las empresas a ser más limpias y rentables.

Tecnologías Ecológicamente Racionales (la estrategia TEST)

Mientras que las CPA se concentran en la empresa, la TEST se aplica a nivel de cuenca fluvial con el fin de aumentar los beneficios de la producción limpia. La estrategia TEST es una metodología desarrollada por la ONUDI que implica a empresas individuales, Gobiernos locales y nacionales y organizaciones de cuenca (véase también el **Capítulo 14**). Hasta la fecha, ésta ha sido aplicada en las cuencas del Danubio y el Dniéper con un éxito considerable, ayudando a proteger el ecosistema marino del Mar Negro (véase el **Recuadro 8.8**). La metodología consiste en los siguientes aspectos:

- identificar los puntos calientes de contaminación en la cuenca (véase el **Recuadro 8.1**)
- introducir los principios de producción más limpia y reducir la contaminación industrial asociada a ciertas empresas, seleccionadas como lugares de demostración, ubicadas en estos puntos calientes de contaminación
- intensificar la TEST formando y equipando a los gestores del agua, operarios de plantas y formadores y consultores locales y dotándoles de los principios y herramientas de la Evaluación de una Producción más Limpia (CPA), el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) y la Auditoría de la Gestión Medioambiental (AGA)
- apoyar a la organización de cuenca hidrográfica pertinente en sus esfuerzos de sensibilización sobre los beneficios de la Producción Más Limpia y del aumento de la productividad del agua en la industria.

Si se suministran los incentivos adecuados, generalmente se observa que la industria puede recortar su demanda de agua entre un 40% y un 90%...

RECUADRO 8.6: PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE QUESO EN EL SALVADOR

Una típica empresa de fabricación de productos lácteos en El Salvador utilizaba 10 litros de leche y alrededor de 80 litros de agua para producir un kilogramo de queso. Tras ello, se producían cerca de 9 litros de suero como subproducto que se descargaba como aguas residuales. El suero es un líquido orgánico altamente concentrado que contiene proteínas y lactosa. Las grandes empresas de lácteos utilizan plantas de ultrafiltración para producir lactosa pura, aditivos para helados y otros productos procedentes de este subproducto. Sin embargo, esta tecnología no es asequible para las pequeñas y medianas empresas.

La solución propuesta por el Centro Nacional de Producción Más Limpia en el Salvador fue procesar el suero para producir bebidas comerciables de suero y fruta. Tales bebidas están disponibles en el mercado europeo y son muy populares entre los consumidores. No fue necesaria ninguna inversión adicional por parte de la empresa para procesar este suero. Los beneficios estimados incluyeron:

- un 11,5% de reducción del volumen de aguas residuales
- una reducción de 40.000 miligramos por litro (mg/l) del nivel de demanda biológica de oxígeno (DBO) en las aguas residuales
- una reducción de 60.000 mg/l en el nivel de demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales
- un ahorro anual de 60.000 dólares estadounidenses en los costes de tratamiento de las aguas residuales.

Otras empresas de lácteos en el Salvador están empezando a producir este producto y se están desarrollando programas similares en Guatemala y México.

RECUADRO 8.7: PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE CERVEZA EN CUBA

La fábrica de cerveza Tinima es la segunda mayor cervecera de Cuba, produciendo 47.600 metros cúbicos (m³) de cerveza al año. En el año 2002, la Red Nacional de Producción Más Limpia respondió a una solicitud de la dirección de la cervecera de llevar a cabo una evaluación de producción más limpia (CPA, por sus siglas en inglés).

La cerveza se produce mezclando, moliendo e hirviendo tres componentes principales: malta de cebada, azúcar y agua. Este proceso produce un líquido azucarado llamado mosto, el cual se enfría, fermenta y filtra para poder obtener el producto final. Se propuso una nueva tecnología para la fábrica de cerveza Tinima por la que el sirope de azúcar concentrado y el agua evitan la sección caliente y se añaden directamente al

barril de fermentación. Esto significa que el volumen principal de líquido no pasa por la sección caliente. La inversión requerida era baja, ya que estos cambios necesitaban tan solo la instalación de algunas tuberías nuevas.

Esta nueva tecnología se implementó en la fábrica de cerveza Tinima en el año 2003. Los consumidores encontraron la cerveza producida igual de aceptable y la tecnología se ha aprobado para todas las fábricas de cerveza de Cuba. La cervecera Tinima consiguió los siguientes ahorros gracias a la tecnología de producción más limpia:

- 74% de reducción del consumo de agua para enfriamiento
- 7% de reducción del consumo total de agua

- 11% de reducción del volumen de aguas residuales
- 4% de ahorro en el consumo de azúcar (utilizado como aditivo de la cerveza)
- 3% de ahorro en el consumo de una solución cáustica para la limpieza
- 50% de ahorro en el consumo de energía térmica en las etapas de calentamiento y evaporación
- 30% de ahorro en el consumo de energía térmica en las etapas de enfriamiento
- 12% de ahorro en el consumo total de electricidad
- 21% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Fuente: ONUDI, 2004.

RECUADRO 8.8: LA ESTRATEGIA TEST EN LA CUENCA DEL DANUBIO

La implementación del programa TEST en la cuenca del Danubio comenzó en mayo de 2001 y se completó en diciembre de 2003, introduciendo con éxito el enfoque TEST en 17 empresas de cinco países (Bulgaria, Croacia, Hungría, Rumanía y Eslovaquia). Las empresas fueron identificadas como puntos calientes de contaminación industrial y pertenecían a sectores industriales diversos, entre los que se incluían el químico, el alimentario, el de producción de maquinaria, el textil, y el de pulpa y papel. Se lograron una serie de resultados tangibles tales como mayor productividad y mejor rendimiento medioambiental. Estos resultados se utilizan para mostrar a otras empresas de la cuenca que es posible reducir los impactos ambientales hasta unos niveles aceptables y ser a la vez más competitivas.

Se identificaron 224 medidas de Tipo A (sin coste o coste reducido), de las cuales 128 fueron implementadas por las 17 empresas participantes. Estas medidas implicaron lo siguiente:

- la mejora del proceso (con pequeños cambios tecnológicos realizados utilizando los equipos existentes)
- el aumento de las destrezas del personal operativo
- la revisión de los procedimientos de laboratorio

- la mejora de la programación de la gestión y del mantenimiento
- la mejora del almacenamiento de materias primas
- el ajuste del consumo de agua reduciendo malgastos y fugas y mejorando el control del proceso.

Se identificaron 260 medidas de Tipo B (que implicaban una inversión relativamente pequeña con un período de recuperación de la inversión breve), de las cuales 109 fueron aplicadas al final del proyecto. La inversión total realizada por las 17 empresas para aplicar las medidas de Tipo B fue de 1.686.704 dólares estadounidenses, mientras que el ahorro estimado como resultado de estas medidas ha sido de 1.277.570 dólares estadounidenses al año.

Es interesante mencionar que las empresas búlgaras, rumanas y eslovacas fueron las que identificaron un mayor número de medidas de Tipo A y de Tipo B. Esto puede explicarse por el hecho de que estas empresas utilizaban tecnologías relativamente obsoletas, por lo se pudieron identificar muchas más medidas para optimizar el proceso ya existente. Los beneficios medioambientales fueron importantes en términos de reducción del consumo de recursos naturales (incluida el agua dulce y la energía), la

reducción de vertidos de aguas residuales y de contaminantes al río Danubio y sus afluentes, así como la reducción de la generación de residuos y de emisiones al aire. La reducción total del vertido de aguas residuales a la cuenca del Danubio lograda a finales de 2003 como resultado de la puesta en práctica de las medidas de Tipo A y B fue de 4.590.000 m³ al año. Las cargas de contaminantes en las aguas residuales se redujeron en la mayoría de las empresas, incluida la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda biológica de oxígeno (DBO), los productos oleosos, el total de sólidos en suspensión, los metales pesados y las sustancias químicas tóxicas.

Por último, se identificaron 141 medidas de Tipo C (que requieren una inversión financiera importante), de las cuales 38 fueron aprobadas por la dirección de varias empresas para su aplicación. La inversión total necesaria para las medidas de Tipo C aprobadas es de 47.325.000 dólares estadounidenses y está previsto que éstas se completen en 2007. La reducción total adicional en los vertidos de aguas residuales será de 7.863.000 m³ al año, con un ahorro calculado por parte de las empresas de 5.362.000 dólares estadounidenses.

Fuente: ONUDI, 2004.

Separación de flujos

El principio de separación de flujos es una herramienta útil a la hora de evaluar los flujos de aguas residuales para tratar el vertido final e identificar los flujos de agua utilizada en los procesos que pueden ser reciclados o reutilizados. Resulta mucho más difícil y caro tratar eficazmente aguas residuales que contienen varios contaminantes que aquellas que sólo tienen un agente contaminante. Además, mezclar un flujo concentrado de residuos con un flujo más diluido puede dar como resultado volúmenes mucho mayores de aguas residuales que requieren un proceso de tratamiento caro. El flujo diluido puede ser adecuado para verterse directamente al alcantarillado, para ser tratado en la planta municipal de tratamiento de aguas residuales, o puede ser reciclado in situ para su reutilización directa en otra parte del proceso. Tratar el flujo concentrado aparte puede resultar más fácil, porque normalmente contendrá menos contaminantes, y probablemente sea más barato, pues el volumen es mucho menor. Ahora que contamos con un gran abanico de tecnologías de tratamiento, la separación de flujos quizás proporcione mejores y más baratas soluciones en comparación con la producción de un solo vertido mezclado. Cuanto mayor sea la empresa, más rentable resulta este enfoque. Sin embargo, incluso las pequeñas y medianas empresas pueden beneficiarse de aplicar la separación de flujos.

Recuperación de materias primas y energía de los residuos

Un aspecto importante en la reducción de la contaminación es la atención que se ha de prestar a los residuos sólidos y líquidos generados por un proceso de producción determinado para calcular las cantidades de materia prima no transformada que quedan en las corrientes de residuos. Estas materias primas no transformadas pueden ser potencialmente reutilizables. La viabilidad del proceso de recuperación puede evaluarse determinando lo siguiente:

- el coste del proceso de separación, que puede recuperar las materias primas del resto del residuo
- las cantidades de materia recuperable
- el coste de las materias primas
- el coste de la eliminación de los residuos.

Si el coste del proceso de separación es demasiado elevado, o si las cantidades de materia recuperable son demasiado pequeñas, la recuperación de material no resulta rentable. De modo similar, una materia prima muy barata y un bajo coste de la eliminación de residuos no favorecen la viabilidad del proceso.

También puede ser posible recuperar la energía de las aguas residuales que transportan calor residual. Tras el vertido, el calor residual se convierte en contaminación térmica en la masa de agua receptora. Sin embargo, el calor podría ser recuperado y reutilizado en otra parte del proceso, o incluso en otra empresa cercana que requiera un calor de temperatura

menos elevada. La recuperación de energía indirecta se puede hacer a través de una forma biológica de tratamiento de las aguas residuales, proceso en el que las bacterias anaerobias descomponen las materias orgánicas en el agua residual y producen metano (biogás). El metano se puede utilizar luego para encender una caldera o generar electricidad (véase el **Capítulo 9**).

Reutilización de residuos

El reciclaje de vidrio, papel y varios tipos de plásticos son los mejores ejemplos conocidos de reutilización de desechos. Sin embargo, existen muchos casos en la industria en que los disolventes y aceites usados, las aguas residuales concentradas que contienen almidón, o los diferentes residuos sólidos pueden comercializarse por su valor residual y reutilizarse. Un parque industrial innovador en Ciudad del Cabo, Sudáfrica, ha establecido un registro de residuos voluntario para las empresas ubicadas dentro del parque (véase el **Capítulo 14**). Cada empresa registra su producción de residuos, la cantidad y el tipo de residuos, al igual que los tipos de materias primas utilizadas en el proceso e indica si todos éstos pueden ser recuperados. El registro de residuos se puede consultar en la página web del parque industrial, de modo que las empresas puedan identificar los recursos que encajen con sus necesidades. Este enfoque supone un ahorro de materias primas y de los costes de eliminación de residuos para las empresas participantes.

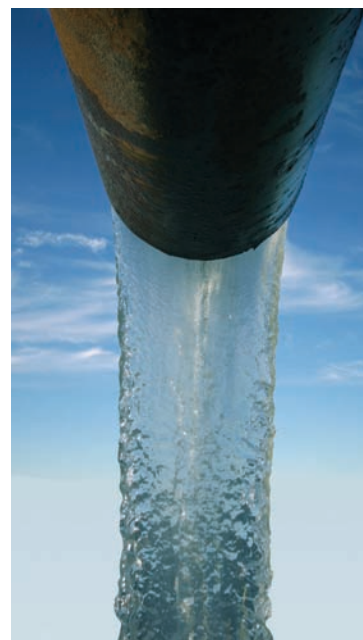
Tecnologías de tratamiento de las aguas residuales

Estas tecnologías son aplicables tanto para el reciclaje de agua como para su tratamiento antes de verterla de nuevo al medio acuático. A menudo se aplica un tratamiento al final del proceso antes de verter las aguas residuales al sistema de alcantarillado, pues los municipios pueden cobrar a las industrias por aceptar sus aguas residuales, con una tarifa que crece según la concentración de los vertidos. Algunas de las tecnologías mencionadas a continuación tienen como resultado la recuperación de energía o materias primas de las aguas residuales, tales como el tratamiento anaerobio, que produce biogás, o la eliminación de sulfatos, mediante el que se obtiene yeso.

Hoy día, existe una amplia variedad de tecnologías de tratamiento disponibles. Las tecnologías de tratamiento de aguas residuales corresponden por regla general a dos amplias categorías:

- el tratamiento físico-químico (por ejemplo: aclarado, filtración, ósmosis inversa, absorción, floculación, cloración) y el tratamiento biológico (tratamiento aeróbico o anaeróbico mediante el que se elimina la materia orgánica)
- otros procesos más especializados, como la reducción de fosfatos y la eliminación de sulfatos.

... existen muchos casos en la industria en que los disolventes y aceites usados, las aguas residuales concentradas que contienen almidón, o los diferentes residuos sólidos pueden comercializarse por su valor residual y reutilizarse



También hay métodos de tratamiento realizados en tierra, como el tratamiento de flujos a través de los humedales, y diversos tipos de lagunas de decantación (la mayor parte de las cuales son tanto aeróbicas como anaeróbicas). Adaptar el tipo de tratamiento a los contaminantes de las aguas residuales, junto con la separación de flujos mencionada anteriormente, resulta ser la solución más económica. No hay limitación tecnológica sobre la calidad del agua que puede conseguirse mediante tratamiento, aunque inevitablemente sí hay limitaciones de coste.

Lograr el vertido cero

El vertido cero es un objetivo clave, tanto para reducir la extracción de agua por parte de la industria como para reducir la contaminación del medio acuático. Todos los residuos que se verterían normalmente, se reciclan o venden a otro usuario utilizando los principios de separación de flujos, recuperación de materias primas y energía y reutilización de los residuos anteriormente descritos.

Reducir el volumen de residuos vertidos al medio acuático por parte de la industria, resulta esencial para acortar la brecha entre la extracción de agua y el consumo real de agua, asunto tratado en la primera sección de este capítulo. Una vez que ya no se vierta más agua desde una instalación industrial, su consumo total de agua igualará a la cantidad de agua que se

extrae de la fuente. En la práctica, esto significa que las extracciones de agua por parte de la industria descenderán de forma gradual a medida que aumenten los niveles de reciclaje del agua, hasta llegar al punto en el que la extracción y el consumo sean iguales. Este proceso ya ha empezado y se ha visto reflejado en el descenso de las extracciones de agua por parte de la industria en Europa durante los últimos veinticinco años (véase la **Figura 8.1**).

La ciudad de St. Petersburg, Florida, EE. UU., es la primera del mundo en conseguir un vertido cero a las aguas superficiales de su alrededor. Situada en una bahía que es una gran atracción turística, la ciudad ha diseñado un extenso sistema de red dual para aprovechar el agua recuperada. Toda el agua residual de las viviendas y fábricas se depura a un nivel muy elevado. El agua recuperada es utilizada por miles de clientes para regar y para aplicaciones de enfriamiento industrial, cubriendo casi la mitad de las necesidades de agua de la ciudad, que ascienden a 190.000 m³. Sustituyendo el agua potable por agua recuperada en muchas aplicaciones, la ciudad ha eliminado la necesidad de ampliar su sistema de suministro de agua potable hasta 2030. Igualmente importante para la zona es que ya no se ve contaminación en las playas y en los ecosistemas marinos procedente del agua residual municipal, ni tampoco son necesarios los antiestéticos emisarios marinos.



4ª Parte. El concepto "de la cuna a la cuna"

Se comprende cada vez más a nivel mundial que es necesario encontrar modos de hacer que nuestra sociedad industrializada sea más conservadora en el uso de los materiales y los recursos. Hoy día, el uso de materiales y otros inputs para los procesos industriales (como la energía y el agua) es principalmente lineal. Se explotan los recursos, se fabrican los productos, se generan los residuos y luego se eliminan al final del proceso. Tarde o temprano, los productos terminan convirtiéndose en un residuo que se arroja. Por el contrario, el concepto "de la cuna a la cuna" es una visión de flujos cíclicos de los materiales: los materiales que forman los productos se reutilizan una y otra vez. Este enfoque pretende eliminar el concepto de residuo, acercando más la producción industrial al proceso ecológico natural.

En 2002, el concepto fue presentado por William McDonough y Michael Braungart en su libro, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things* ("De la cuna a la cuna: rehaciendo la forma en que hacemos las cosas"). Los autores argumentan que tienen que existir dos flujos principales de materiales: los materiales biodegradables, llamados "nutrientes biológicos", y los materiales no biodegradables (como metales y plásticos), llamados "nutrientes tecnológicos". Los ciclos químicos y biológicos naturales de la tierra asegurarán el reciclaje de los materiales biodegradables, mientras que la sociedad habrá de aplicar los sistemas necesarios para el reciclaje completo de los "nutrientes tecnológicos". Para el reciclaje de materiales, es importante que los dos flujos estén diferenciados, de lo contrario cada ciclo contaminaría progresivamente al otro. Por lo tanto, el origen de los materiales utilizados en la industria y el diseño de los productos resulta crucial: cada producto ha de poder asignarse con facilidad a uno u otro flujo de nutrientes al final de su período de vida para que no se produzca una contaminación cruzada de los dos ciclos. Los autores argumentan que los fabricantes necesitan cambiar, pasando de ser proveedores de un producto a proveedores de un servicio. Un consumidor utilizaría un producto durante un determinado tiempo después del cual el fabricante lo recuperaría y lo desmontaría, reutilizando todos los materiales para crear productos nuevos.

Lo que supone el concepto "de la cuna a la cuna" para el agua es una cuestión compleja, ya que el agua es una parte esencial, tanto del ciclo biológico como del tecnológico. Sin embargo, la clave es claramente el reciclaje del agua. El principio básico ha de ser abstenerse de contaminar el agua que será devuelta al ciclo biológico con "nutrientes tecnológicos" o con materiales no biodegradables, metales o disolventes. Lo ideal sería que el agua recirculase continuamente tanto en el ciclo biológico como en el tecnológico. Poner en marcha el vertido cero de residuos al medio acuático garantizaría que, una vez utilizada por la industria, el agua se quedara en el ciclo tecnológico, excepto la parte que se evapora y que volviese así al ciclo

biológico, sin contaminantes. Prevenir la deposición atmosférica de contaminantes y la lixiviación de residuos sólidos al medio acuático también sería esencial para poner en práctica la visión "de la cuna a la cuna".

A largo plazo, la idea "de la cuna a la cuna" podría convertirse en la base de casi todos los diseños de productos en la industria de fabricación. Ello se reflejaría en un mundo más limpio y más sano. Han de descubrirse las aplicaciones del concepto que puedan ser ejecutadas por las industrias de los países en vías de desarrollo sin un coste excesivo. Esto implica la creación, tanto de la capacidad necesaria en esos países, como de la capacidad para aprovechar las tecnologías mundiales y las redes de información de apoyo. La experiencia de las empresas que ya han adoptado la estrategia "de la cuna a la cuna" muestra que un diseño eficaz, no sólo genera externalidades positivas, sino que también puede tener jugosas aplicaciones comerciales.

Este capítulo se ha centrado principalmente en el impacto de la industria en el medio ambiente acuático a través de sus actividades rutinarias de extracción de agua y eliminación de aguas residuales. Sin embargo, la eliminación de residuos sólidos y la contaminación del aire causada por la industria, así como los grandes desastres industriales, como el incidente del Rin rojo, pueden afectar a la calidad del agua y suponer por lo tanto un peligro para el medio acuático. Los ecosistemas acuáticos del mundo están siendo dañados o destruidos en muchos lugares por la contaminación industrial, que en el caso de la pesca tiene consecuencias económicas directas. Muchos municipios descubren ahora que la calidad del agua potable que suministran está comprometida por la contaminación industrial. Esto eleva los costes de tratamiento del agua para las empresas de abastecimiento de agua, lo que se traslada a su vez a los consumidores mediante mayores tarifas. Allí donde el problema es la calidad variable del agua dulce provocada por vertidos irregulares de aguas residuales, las plantas de tratamiento de agua pueden no tratar adecuadamente los contaminantes. Por ello, las empresas que requieren agua



... una visión de flujos cíclicos... los materiales que forman los productos se reutilizan una y otra vez



Lavado de remolachas conforme se descargan en una fábrica de azúcar, cuenca del Artois-Picardie, Francia

... con frecuencia, la industria lidera el camino hacia una sociedad más sostenible practicando el reciclaje del agua y poniendo en marcha sistemas de gestión ambiental...

dulce limpia, así como los municipios, se encuentran con que la seguridad del agua se ve cada vez más afectada por la escasez de agua y el deterioro de su calidad.

Las industrias tienen por tanto un efecto enorme sobre el estado de los recursos hídricos del mundo, tanto por la cantidad de agua que consumen como por su potencial para contaminar el medio acuático al verter sus residuos. Sin embargo, con frecuencia, la industria lidera el camino hacia una sociedad más sostenible practicando el reciclaje del agua y poniendo en marcha sistemas de gestión ambiental en sus fábricas y oficinas. Tal y como ya se ha expuesto, se ha producido un aumento exponencial durante la pasada década en cuanto al número de empresas industriales de todo el mundo que buscan la certificación ISO 14001, la norma medioambiental internacional. Ello demuestra el compromiso

de muchas empresas de ser medioambientalmente responsables, a la vez que rentables, fomentando tanto su imagen corporativa como su competitividad.

Tal y como se recoge en el Plan de Aplicación de la CMDS, la erradicación de la pobreza y la gestión sostenible de los recursos naturales están muy relacionadas. Para los países que adoptan políticas para la reducción de la pobreza es muy deseable el crecimiento industrial para diversificar sus economías, crear puestos de trabajo y añadir valor a los productos primarios y a las materias primas producidas. Sin embargo, resulta importante que se lleven a cabo los acuerdos legales e institucionales necesarios para permitir que este crecimiento sea sostenible, teniendo en cuenta que el compromiso medioambiental puede ser una herramienta muy eficaz para aumentar la rentabilidad y la competitividad.

Tabla 8.4: Productividad industrial del agua por países, 2000/2001

| País | Valor industrial añadido (VIA): 2001* (Miles de millones de USD a precios constantes de 1995) (1) | Uso industrial de agua: 2000 (km³/año) (2) | Población: 2000 (Millones) (3) | Productividad industrial del agua (PIA) (VIA en USD/m³) (4) = (1)÷(2) | PIA per cápita VIA en USD/m³/c (5) = (4)÷(3) |
|------------------|--|--|---------------------------------------|---|--|
| Alemania | 748,18 | 31,93 | 82,02 | 23,43 | 0,29 |
| Angola | 4,84 | 0,06 | 13,13 | 86,13 | 6,56 |
| Argelia | 23,21 | 0,8 | 30,29 | 28,97 | 0,96 |
| Argentina | 69,13 | 2,76 | 37,03 | 25,07 | 0,68 |
| Armenia | 1,19 | 0,13 | 3,79 | 9,18 | 2,42 |
| Australia | 107,29 | 2,4 | 19,14 | 44,70 | 2,34 |
| Austria | 82,15 | 1,35 | 8,08 | 60,85 | 7,53 |
| Azerbaiyán | 1,02 | 4,77 | 8,04 | 0,21 | 0,03 |
| Bangladesh | 13,1 | 0,52 | 137,44 | 25,25 | 0,18 |
| Benín | 0,4 | 0,03 | 6,27 | 15,04 | 2,4 |
| Bielorrusia | 5,76 | 1,3 | 10,19 | 4,44 | 0,44 |
| Bolivia | 2,25 | 0,05 | 8,33 | 46,86 | 5,63 |
| Botsuana | 3,41 | 0,03 | 1,54 | 127,97 | 83,05 |
| Brasil | 239,36 | 10,65 | 170,41 | 22,48 | 0,13 |
| Bulgaria | 3,48 | 8,21 | 7,95 | 0,42 | 0,05 |
| Camboya | 0,79 | 0,02 | 13,1 | 35,14 | 2,68 |
| Camerún | 2,67 | 0,08 | 14,88 | 33,69 | 2,26 |
| Canadá | 205,98 | 31,57 | 30,76 | 6,52 | 0,21 |
| Chad | 0,3 | <0,01 | 7,89 | 93,97 | 11,92 |
| Chile | 26,29 | 3,16 | 15,21 | 8,33 | 0,55 |
| China | 593,7 | 161,97 | 1.282,44 | 3,67 | <0,01 |
| Colombia | 25,24 | 0,4 | 42,11 | 62,36 | 1,48 |
| Congo, Rep. Dem. | 0,86 | 0,06 | 50,95 | 14,66 | 0,29 |
| Corea, Rep. | 285,64 | 3,05 | 46,74 | 93,66 | 2 |
| Costa de Marfil | 2,4 | 0,11 | 16,01 | 21,79 | 1,36 |
| Costa Rica | 4,16 | 0,46 | 4,02 | 9,11 | 2,26 |
| Dinamarca | 44,9 | 0,32 | 5,32 | 138,59 | 26,05 |
| Ecuador | 7,18 | 0,9 | 12,65 | 7,96 | 0,63 |
| Egipto | 24,03 | 9,57 | 67,88 | 2,51 | 0,04 |

Tabla 8.4: *Continuación*

| País | Valor industrial añadido (VIA): 2001* (Miles de millones de USD a precios constantes de 1995) (1) | Uso industrial de agua: 2000 (km³/año) (2) | Población: 2000 (Millones) (3) | Productividad industrial del agua (PIA) (VIA en USD/m³) (4) = (1)÷(2) | PIA per cápita VIA en USD/m³/c (5) = (4)÷(3) |
|---------------------|--|--|---|---|--|
| El Salvador | 3,39 | 0,2 | 6,28 | 16,89 | 2,69 |
| España | 208,17 | 6,6 | 39,91 | 31,54 | 0,79 |
| Estados Unidos | 2.147,8 | 220,69 | 283,23 | 9,73 | 0,03 |
| Estonia | 1,72 | 0,06 | 1,39 | 26,8 | 19,24 |
| Etiopía | 0,77 | 0,15 | 62,91 | 5,3 | 0,08 |
| Federación Rusa | 139,79 | 48,66 | 145,49 | 2,87 | 0,02 |
| Filipinas | 28,07 | 2,69 | 75,65 | 10,42 | 0,14 |
| Finlandia | 53,22 | 2,07 | 5,17 | 25,66 | 4,96 |
| Francia | 430,02 | 29,76 | 59,24 | 14,45 | 0,24 |
| Gabón | 2,85 | 0,01 | 1,23 | 198,17 | 161,12 |
| Ghana | 2,04 | 0,08 | 19,31 | 26,52 | 1,37 |
| Grecia | 28,18 | 0,25 | 10,61 | 114,44 | 10,79 |
| Guatemala | 3,53 | 0,27 | 11,39 | 13,2 | 1,16 |
| Guinea | 1,59 | 0,03 | 8,15 | 45,85 | 5,62 |
| Honduras | 1,32 | 0,1 | 6,42 | 13,63 | 2,12 |
| Hungría | 17,26 | 4,48 | 9,97 | 3,85 | 0,39 |
| India | 120,24 | 35,21 | 1.008,94 | 3,42 | <0,01 |
| Indonesia | 94,42 | 0,56 | 212,09 | 169,18 | 0,8 |
| Irán, Rep. Islámica | 29,51 | 1,69 | 70,33 | 17,5 | 0,25 |
| Italia | 332,94 | 16,29 | 57,53 | 20,44 | 0,36 |
| Jamaica | 1,95 | 0,07 | 2,58 | 28,08 | 10,9 |
| Japón | 1.889,94 | 15,8 | 127,1 | 119,62 | 0,94 |
| Jordania | 1,8 | 0,04 | 4,91 | 40,27 | 8,2 |
| Kazajstán | 8,39 | 5,78 | 16,17 | 1,45 | 0,09 |
| Kenia | 1,32 | 0,1 | 30,67 | 13,6 | 0,44 |
| Kirguistán | 0,36 | 0,31 | 4,92 | 1,17 | 0,24 |
| Laos, RDP | 0,59 | 0,17 | 5,28 | 3,46 | 0,66 |
| Lesoto | 0,43 | 0,02 | 2,04 | 19,31 | 9,49 |
| Letonia | 1,88 | 0,1 | 2,42 | 19,6 | 8,1 |
| Libano | 2,52 | 0,01 | 3,5 | 333,78 | 95,47 |
| Lituania | 2,48 | 0,04 | 3,7 | 60,34 | 16,33 |
| Malasia | 48,65 | 1,9 | 22,22 | 25,58 | 1,15 |
| Malawi | 0,28 | 0,05 | 11,31 | 5,9 | 0,52 |
| Mali | 0,81 | 0,02 | 11,35 | 49,92 | 4,4 |
| Marruecos | 13,36 | 0,2 | 29,88 | 66,51 | 2,23 |
| Mauritania | 0,31 | 0,05 | 2,67 | 6,34 | 2,38 |
| México | 99,69 | 4,29 | 98,87 | 23,25 | 0,24 |
| Moldavia | 0,78 | 1,33 | 4,3 | 0,59 | 0,14 |
| Mongolia | 0,26 | 0,12 | 2,53 | 2,06 | 0,81 |
| Mozambique | 1,5 | 0,01 | 18,29 | 102,65 | 5,61 |
| Namibia | 0,94 | 0,01 | 1,76 | 73,34 | 41,74 |
| Nicaragua | 0,48 | 0,03 | 5,07 | 14,34 | 2,83 |
| Níger | 0,39 | 0,01 | 10,83 | 31,69 | 2,93 |
| Nigeria | 14,31 | 0,81 | 113,86 | 17,65 | 0,16 |
| Noruega | 49,05 | 1,46 | 4,47 | 33,56 | 7,51 |
| Nueva Zelanda | 15,85 | 0,2 | 3,78 | 79,26 | 20,98 |
| Países Bajos | 119,9 | 4,76 | 15,86 | 25,17 | 1,59 |
| Pakistán | 15,71 | 3,47 | 141,26 | 4,53 | 0,03 |
| Panamá | 1,49 | 0,04 | 2,86 | 34,47 | 12,07 |
| Papúa Nueva Guinea | 1,65 | 0,03 | 4,81 | 51,24 | 10,66 |

Para los países que adoptan políticas de reducción de la pobreza, el crecimiento industrial es muy deseable para diversificar sus economías



Tabla 8.4: Continuación

| País | Valor industrial añadido (VIA): 2001* (Miles de millones de USD a precios constantes de 1995) (1) | Uso industrial de agua: 2000 (km ³ /año) (2) | Población: 2000 (Millones) (3) | Productividad industrial del agua (PIA) (VIA en USD/m ³) (4) = (1)÷(2) | PIA per cápita VIA en USD/m ³ /c (5) = (4)÷(3) |
|--------------------------|---|--|---|--|---|
| Paraguay | 2,61 | 0,04 | 5,5 | 61,9 | 11,26 |
| Perú | 17,08 | 2,03 | 25,66 | 8,42 | 0,33 |
| Polonia | 50,65 | 12,75 | 38,61 | 3,97 | 0,1 |
| Portugal | 36,71 | 1,37 | 10,02 | 26,87 | 2,68 |
| Reino Unido | 340,03 | 7,19 | 59,63 | 47,28 | 0,79 |
| República Centroafricana | 0,23 | <0,01 | 3,72 | 56,08 | 15,09 |
| República Checa | 20,97 | 1,47 | 10,27 | 14,31 | 1,39 |
| Ruanda | 0,37 | 0,01 | 7,61 | 35,11 | 4,61 |
| Rumania | 12,32 | 7,97 | 22,44 | 1,55 | 0,07 |
| Senegal | 1,42 | 0,06 | 9,42 | 24,32 | 2,58 |
| Sierra Leona | 0,17 | 0,01 | 4,41 | 24,86 | 5,64 |
| Siria | 3,18 | 0,36 | 16,19 | 8,74 | 0,54 |
| Sri Lanka | 4,11 | 0,31 | 18,92 | 13,33 | 0,7 |
| Sudáfrica | 51,35 | 1,61 | 43,31 | 31,99 | 0,74 |
| Suecia | 81,68 | 1,61 | 8,84 | 50,67 | 5,73 |
| Tailandia | 69,52 | 2,14 | 62,81 | 32,46 | 0,52 |
| Tanzania | 1,07 | 0,03 | 35,12 | 42,31 | 1,2 |
| Tayikistán | 0,7 | 0,56 | 6,09 | 1,25 | 0,21 |
| Togo | 0,33 | 0,01 | 4,53 | 25,22 | 5,57 |
| Trinidad y Tobago | 3,46 | 0,08 | 1,3 | 41,98 | 32,44 |
| Túnez | 7,04 | 0,07 | 9,46 | 105,03 | 11,1 |
| Turkmenistán | 3,46 | 0,19 | 4,74 | 18,34 | 3,87 |
| Turquía | 50 | 4,11 | 66,67 | 12,18 | 0,18 |
| Ucrania | 21,62 | 13,28 | 49,57 | 1,63 | 0,03 |
| Uganda | 1,34 | 0,05 | 23,3 | 29,4 | 1,26 |
| Uruguay | 5,32 | 0,04 | 3,34 | 147,69 | 44,26 |
| Uzbekistán | 2,79 | 1,2 | 24,88 | 2,33 | 0,09 |
| Venezuela | 31,69 | 0,59 | 24,17 | 53,82 | 2,23 |
| Vietnam | 10,89 | 17,23 | 78,14 | 0,63 | 0,01 |
| Yemen | 1,86 | 0,04 | 18,35 | 43,74 | 2,38 |
| Zambia | 1,11 | 0,13 | 10,42 | 8,45 | 0,81 |
| Zimbabue | 1,58 | 0,12 | 12,63 | 13,15 | 1,04 |

*Para algunos países sólo existen estadísticas del año 2000.

Nota: Los valores sobre el VIA y la población han sido redondeados a dos posiciones decimales. Fuente: Banco Mundial, 2001; FAO, 2003.

Bibliografía y sitios web

- Asano, T. y Visvanathan, C. 2001. Industries and water recycling and reuse. *Business and Industry - A Driving or Braking Force on the Road towards Water Security*.
- Seminario Founders, organizado por el Instituto Internacional del Agua de Estocolmo, Estocolmo, Suecia, pp. 13-24.
- Banco Mundial. *Indicadores del desarrollo mundial 2003*. Nueva York, Banco Mundial.
- CE (Comisión Europea). 2004. *Registro Europeo de Emisiones Contaminantes*. Luxemburgo, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- CEPA (Comisión Económica para África de las Naciones Unidas). 2002. *The Way Forward*. Addis Abeba, CEPA.
- ISO (Organización Internacional de Normalización). 2004. *The ISO Survey of ISO 9000 and ISO 14001 Certificates, Twelfth cycle: up to and including 31 December 2002*, ISO, Ginebra.
- Kuylenstierna, J. y Najlis, P. 1998. The comprehensive assessment of the freshwater resources of the world - policy options for an integrated sustainable water future. *Water International*, Vol. 23, No.1, pp. 17-20.
- Levine, A. D. y Asano, T. 2004. Recovering sustainable water from wastewater. *Environmental Science & Technology*. Junio, de 2004, pp. 201-08.
- McDonough, W. y Braungart, M. 2002. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. Nueva York, North Point Press.
- Morrison, J. y Gleick, P. 2004. *Freshwater Resources: Managing the Risks Facing the Private Sector*, Pacific Institute, Oakland, California.
- Naciones Unidas. 2002. Plan de Acción de Johannesburgo. Nueva York, Naciones Unidas. www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIToc.htm
- ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial). 2004. *Industry, Environment and the Diffusion of Environmentally Sound Technologies*. Informe Anual, 2004. Viena, ONUDI.
- . 2003. Identification, assessment and prioritisation of Pollution Hot Spots: UNIDO Methodology. Unilever. 2003. *Unilever Environment Report*. Unilever, N.V. Países Bajos, Unilever.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006. Directrices para un uso seguro de las aguas residuales, los excrementos y las aguas grises. Ginebra, OMS.
- . 2004. Guidelines for Drinking Water Quality. Ginebra, OMS. www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3/en/-index.html
- Shiklomanov, I.A. 1999. *World Water Resources and their Use*. Paris, UNESCO y el Instituto Hidrológico Estatal, San Petersburgo.

Convención de Basilea: www.basel.int

Convención de Estocolmo: www.pops.int

Convención de la CEPE/ONU sobre la Protección y Uso de Hidrovías Transfronterizas y Lagos Internacionales (Convención sobre el Agua): www.unece.org/env/water/

Convención de la CEPE/ONU sobre los Efectos Transfronterizos de los Accidentes Industriales: www.unece.org/env/teia/welcome.htm

Convenio de Rotterdam: www.pic.int

Cronología de los principales incidentes en balsas de residuos: www.wise-uranium.org/mdaf.html

Directiva Marco del Agua de la Unión Europea: <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28002b.htm>

Instituto del Pacífico: www.pacinst.org

Instituto de Recursos Mundiales: www.wri.org

ONUDI: www.unido.org

Organización Internacional de Normalización: www.iso.org

PNUMA - Descripción de los desastres tecnológicos: www.uneptie.org/pc/apell/disasters/lists/technological.html

PNUMA - Base de datos sobre desastres: www.uneptie.org/pc/apell/disasters/database/disastersdatabase.asp

PNUMA - División de Tecnología, Industria y Economía: www.uneptie.org

Registro Europeo de Emisiones Contaminantes: www.eper.cec.eu.int/eper/

Unilever: www.unilever.com/environmentsociety/

World Water Resources and Their Use - un producto conjunto de SHI/UNESCO: webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/