

Capítulo 3

La Planificación de Sistemas de Regeneración y Reutilización de Aguas Residuales.

3.1 Introducción

La planificación prospectiva nos ofrece una alternativa para la gestión organizada de proyectos cuyo análisis puede ser aplicado a todo tipo de proyectos o situaciones (Ackoff, 1983). La figura 3.1 muestra las etapas a seguir en este tipo de planificación.

En la primera etapa, correspondiente a la presentación de la realidad, se debe realizar un diagnóstico de la situación tal cual es, y de ser posible con la mayor información en relación con la historia o antecedentes existentes respecto al objeto de estudio; esto nos permite visualizar un futuro deseado (etapa 4). Para alcanzar este estado, es necesario hacer un análisis de los recursos materiales, económicos y humanos con los que se cuenta. Esta situación normalmente corresponde al “estado ideal” que en general no puede ser fácilmente alcanzable, por lo que es necesario visualizar un futuro factible (etapa 3) y de acuerdo con los medios con los que se cuenta para alcanzarlo, poder seleccionar el futuro (etapa 5). Trabajando con estas etapas, en forma sucesiva y en algunas ocasiones paralelamente, se llega a la definición y estructuración del proyecto, cuya evaluación nos permite llegar a la etapa de decisión o acción (etapa 6).

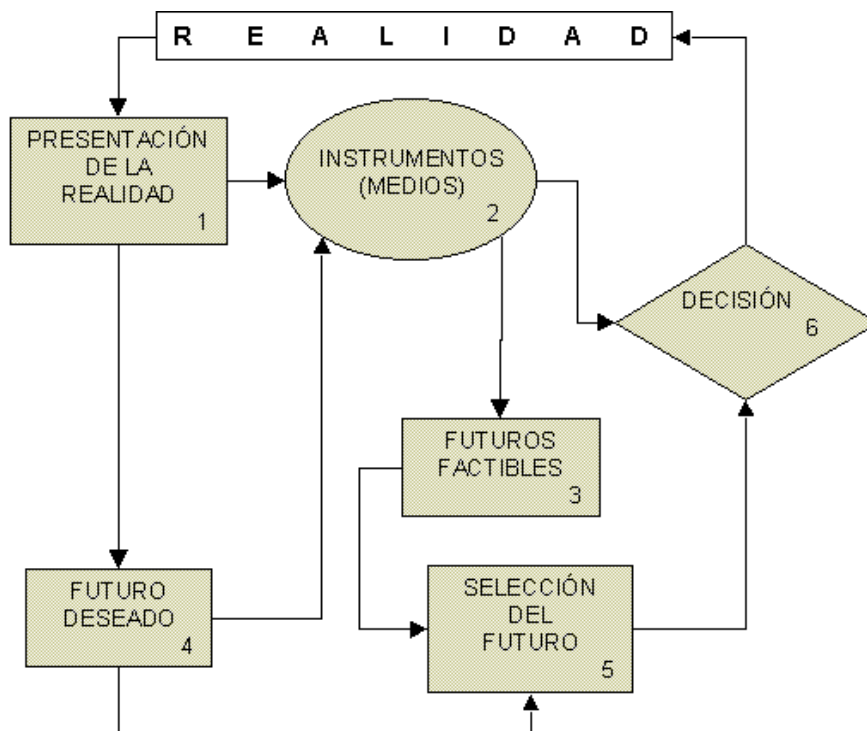


Figura. 3. 1 Paradigma de la planificación prospectiva (Ackoff, 1983).

La planificación para la concepción e implementación de los Sistemas de Regeneración y Reutilización de Aguas Residuales (SRRAR) debe combinar los pasos que normalmente se asocian tanto para el abastecimiento de agua, como para el saneamiento (Asano, 1998). Dentro de la planificación de los SRRAR existen varias corrientes que proponen diversas metodologías para realizar esta planificación.

No obstante todas ellas coinciden en que debe existir una estrategia organizada que permita gestionar este tipo de sistemas, donde desde un principio se plantee con objetividad las metas a alcanzar, los medios disponibles para obtenerlas y que permita evaluar exhaustivamente todas las opciones disponibles para seleccionar la alternativa más adecuada.

En el presente capítulo se analizan las publicaciones que sobre la planificación de los SRRAR, son consideradas como un referente en el contexto internacional. El análisis comprende la revisión de las diferentes metodologías aplicadas en la planificación de estos sistemas.

Las metodologías técnicas para la planificación de proyectos enfocados a la regeneración y reutilización del agua son analizadas a detalle y comparadas con una metodología para la evaluación de proyectos genérica, pero a su vez, que considera un enfoque económico del mismo, donde el objetivo es determinar el beneficio social o privado de realizar proyectos de regeneración y reutilización de aguas.

Así mismo, se realiza un examen más minucioso de los avances realizados en los últimos años de la información existente, para lo cual, hemos decidido agrupar el análisis de las metodologías para la planificación de proyectos en cinco aspectos: 1) legales, 2) técnicos, 3) sociales, 4) ambientales y 5) económicos.

3.2 Metodologías para la planificación de proyectos en regeneración y reutilización de las aguas residuales.

En la literatura las metodologías para la planificación de SRRAR son escasas. Básicamente existen tres corrientes que desarrollan el tema a profundidad:

- 1) Takashi Asano y colaboradores, quienes han desarrollado una metodología basada en su gran mayoría bajo una perspectiva de la ingeniería y visualizada para ser aplicada en países desarrollados.
- 2) Banco Mundial, quienes desarrollan una metodología con visión multidisciplinaria e interdisciplinaria, dirigida básicamente a países en vías de desarrollo, y
- 3) Perri Standish-Lee quien continúa la escuela de Takashi Asano pero dando mayor importancia a los aspectos sociales, legales y de mercado.

A continuación se analizan con detalle cada una de estas metodologías.

3.2.1 Una perspectiva desde la ingeniería. Takashi Asano y Colaboradores

La metodología para la planificación e implantación de proyectos de reutilización de agua residual ha sido descrita y documentada por este investigador durante la última década, siendo sus principales trabajos: Asano y Mills (1990), Asano (1991), Asano y Levine (1996), Asano (1998) y Asano (2001). A continuación se presenta una síntesis de estos trabajos.

Desde el punto de vista de la ingeniería, un proyecto de regeneración y reutilización de aguas residuales ideal es aquel que contempla integrar las necesidades del tratamiento de agua residual así como las del suministro de agua. Para lo cual, es necesario planificar la regeneración de aguas residuales y su reutilización en los siguientes aspectos:

- Evaluar las necesidades del tratamiento de aguas residuales y su disposición.
- Conocer el suministro de agua y la evaluación de la demanda
- Desarrollar un análisis minucioso de mercado del agua regenerada
- Elaborar un análisis técnico y económico de las alternativas, y
- Desarrollar un plan de implantación, apoyado en un análisis financiero

En los Estados Unidos de Norteamérica, se dan dos tendencias que fomentan el cambio en la visión de abordar los proyectos de regeneración de aguas residuales y su reutilización:

1. Estándares cada vez más estrictos para el vertido de las aguas residuales, y
2. La disminución de la disponibilidad de los recursos hídricos por la competencia creciente de las demandas de agua.

Típicamente la planificación de la regeneración y reutilización de agua se desarrolla a través de tres estrategias: (1) la planificación a escala conceptual, (2) La investigación preliminar de viabilidad, y (3) la planificación a detalle.

Inicialmente para realizar la planificación a un nivel conceptual, es preciso visualizar el grado de regeneración al que se desea llegar, para lo cual, se han identificado 7 categorías para la reutilización de aguas regeneradas, las cuales se resumen en la tabla 3.1.

Si la concepción parece ser válida, una investigación preliminar de viabilidad consistirá en (Asano, 1991):

Tabla 3. 1

Categorías de la reutilización de aguas regeneradas y sus restricciones. (Asano, 1991)

Categorías de la reutilización de aguas residuales municipales	Restricciones potenciales
Irrigación agrícola Irrigación en cultivos Viveros comerciales	Efectos por la calidad del agua, particularmente, sales, sólidos y cultivos. Comercialidad de cultivos y aceptación pública.
Irrigación en jardinería Parques Jardines escolares Jardines en calles y vías públicas Campos de golf Cementerios Zonas verdes Jardines residenciales	Concernientes a la salud pública, relativo a microorganismos patógenos (bacterias, virus y parásitos). Contaminación de aguas superficiales y subterráneas si no se gestiona correctamente el agua regenerada. Aceptación pública.
Reutilización industrial Enfriamiento Calderas Agua para el proceso industrial Construcción	Constituyentes del agua regenerada relativos a la corrosión, crecimiento biológico y residuos. Concernientes a la salud pública, particularmente la transmisión por el aerosol de microorganismos patógenos en el agua de enfriamiento y microorganismos patógenos en varios procesos de agua.
Recarga de acuíferos Recarga de acuíferos Intrusión salina Control de hundimientos	Trazas de compuestos orgánicos en el agua regenerada y sus efectos tóxicos. Sólidos disueltos totales, metales y microorganismos patógenos en el agua regenerada.
Usos recreativos / ambientales Lagos y lagunas Mejoramiento de humedales Aumento del caudal ecológico Acuicultura Nieve artificial	Concernientes a los riesgos en la salud pública por bacterias y virus. Eutrofización por nitrógeno y fósforo. Estéticos incluido el olor.
Usos urbanos no potables Protección contra incendios Aire acondicionado Agua para sanitarios	Concernientes a la salud pública debido a la transmisión de microorganismos patógenos por aerosoles. Efectos de la calidad del agua en la corrosión, crecimiento biológico y residuos. Potencial riesgo en el cruce de conexiones con los sistemas de agua potable.
Reutilización potable Mezcla en el abastecimiento de agua Conexión directa a la conducción del suministro de agua.	Trazas de compuestos orgánicos en el agua regenerada y sus efectos tóxicos. Estéticos y de aceptación pública. Concernientes a la salud pública en la transmisión de microorganismos patógenos incluidos los virus.

1. Desempeñar una evaluación de mercado, como por ejemplo, identificar un mercado para el agua regenerada y determinar las condiciones más apropiadas para el mercado.
2. Evaluar la existencia de los abastecimientos de agua y los vertidos de aguas residuales, los medios y posibilidad de desarrollo de algunas alternativas preliminares que puedan dar servicio a una parte o a todo el mercado y las necesidades técnicas, así como los requerimientos de calidad.
3. Desarrollar o identificar las alternativas no relacionadas con la facilidad para regenerar, tal como el tratamiento de las aguas residuales para verterlas en la masa de agua o la construcción de depósitos de almacenamiento para el suministro de agua, con los

cuales pueda compararse contra la opción de la regeneración y reutilización del agua residual; y

4. Desempeñar una selección preliminar de las alternativas de regeneración del agua, que consideren los requerimientos técnicos, económicos, las ventajas financieras, comerciabilidad del agua regenerada, y otras restricciones, como la protección a la salud pública.

Muchos proyectos se proponen originalmente con un sólo propósito teniendo inevitablemente más ventajas de las preconcebidas. Si los múltiples beneficios y beneficiarios se reconocen al principio, los planificadores podrían aprovecharse de opciones disponibles adicionales tales como compartir la responsabilidad y los costes de los proyectos, y de esta forma alcanzar el balance de beneficios óptimo (es decir, la obtención del máximo beneficio).

La clave en la tarea de la planificación de proyectos en regeneración y reutilización de aguas residuales, es encontrar los clientes potenciales que desean y saben del uso de agua regenerada. La aproximación a esta tarea, se basa en la comercialización del agua regenerada que depende de dos factores (Asano y Mills 1990):

1. La finalidad del proyecto: El proyecto puede tener como objetivo solamente el tratamiento y disposición de las aguas residuales, o el objetivo se centra en la obtención de una fuente alternativa de suministro de agua.
2. Opciones del usuario: El usuario decide libre y voluntariamente consumir el agua regenerada, o el usuario debido a ciertas condiciones se ve obligado al consumo de agua regenerada.

Finalmente, si la investigación preliminar es positiva, se realiza una última fase que consiste en desarrollar una planificación mas detallada que arroje todos los elementos de decisión, la tabla 3.2 reseña las necesidades que deberán ser cubiertas para el desarrollo de un plan de regeneración y reutilización de aguas residuales.

3.2.2 Una perspectiva multidisciplinaria. Banco Mundial

Por otro lado, el Banco Mundial (Kalbermatten y colaboradores, 1982, Khouri, y colaboradores, 1994 y Marinio y Boland 1999) en sus publicaciones para la reconstrucción y el desarrollo, propone una metodología para la planificación en proyectos de reutilización del agua residual, la figura 3.2 muestra el esquema conceptual de esta metodología.

Estos autores establecen una estrategia multidisciplinaria para la planificación de proyectos en reutilización, y cómo los técnicos, especialistas en salud, sociólogos, y economistas deben coordinarse.

Tabla 3. 2
Descripción de las necesidades de un plan para la regeneración
de aguas residuales y su reutilización. (Asano, 1991)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Características de la zona de estudio: geografía, geología, climatología, situación de los acuíferos y las aguas superficiales, usos de la tierra, crecimiento poblacional. 2. Características y necesidades del suministro de agua: jurisdicción de las agencias del agua, cantidad y calidad de los abastecimientos, descripción de las mejores alternativas, tendencias de los usos del agua, necesidades futuras, administración y problemas del agua subterránea, costes actuales y futuros del agua potable, subsidios y precios a los clientes. 3. Características y necesidades del agua residual: jurisdicción de las agencias del agua, descripción de las mejores alternativas, cantidad y calidad de los efluentes tratados, variaciones estacionales y horarias del flujo y calidad del agua residual, necesidades futuras, necesidades de tratamiento para controlar los constituyentes que afecten la reutilización, descripción y existencias de reutilización (usuarios, cantidades, convenios contractuales de precio). 4. Requerimientos de tratamiento: para el vertido y reutilización, otras restricciones: requerimientos relativos a la salud pública y calidad del agua, requerimientos de calidad del agua para usos específicos, controles de uso en el área. 5. Clientes potenciales de reutilización del agua: descripción del procedimiento para el análisis de mercado, inventario de los usuarios potenciales para la reutilización y resultados de usuarios encuestados. 6. Análisis de las alternativas de proyecto: costes de capital, explotación y mantenimiento, viabilidad técnica, análisis económico, análisis financiero, análisis energético, impactos en la calidad del agua, aceptación pública y de mercado, impactos en los derechos a terceros, impactos sociales y ambientales, comparación de alternativas y selección. <ol style="list-style-type: none"> a. Alternativas de tratamiento b. Alternativas de mercado: basado en los diferentes niveles de tratamiento y zonas de servicio c. Alternativas de trazado en la conducción d. Alternativas en la localización de almacenamientos del agua regenerada y sus opciones e. Alternativas de suministros de agua fresca f. Alternativas para el control de la contaminación del agua g. Alternativa de mantener el estado actual (no realizar proyecto) 7. Plan recomendado: descripción de las necesidades propuestas, criterios de diseño preliminar, proyección de costes, descripción de los potenciales usuarios y compromisos, cantidad y variabilidad de la demanda de agua regenerada en relación con la suministrada, confiabilidad de los abastecimientos y necesidades para respaldar el suministro de agua, implantación del plan, operatividad del plan. 8. Plan de construcción y financiamiento y el programa de ingresos: recursos y tiempos de financiamiento para el diseño y construcción, política de precios del agua regenerada, costes de asignación y beneficios entre suministro de agua y las propuestas para el control de la contaminación, proyección de futuros usos del agua regenerada, precios del agua fresca, costes del proyecto de regeneración, costes unitarios, precios unitarios, financiamiento total, subsidios, costes a fondo perdido y, análisis de sensibilidad al cambio de condiciones.

Los autores de esta metodología argumentan que una tecnología puede fallar técnicamente si las preferencias sociales de los usuarios actúan contra su implantación o mantenimiento, o que el coste económico de un sistema depende fuertemente de los factores económicos de la población donde se implanta (Kalbermatten y colaboradores, 1982). Como consecuencia de estas relaciones debe haber una asociación de trabajo cercana entre los diversos agentes participantes en el proceso de la planificación.

Los especialistas del Banco Mundial asumen que, los individuos o los grupos de especialistas que participan en el proyecto son responsables de cada parte, aunque las responsabilidades pueden traslaparse en la práctica. En la fase 1 de la figura 3.2, cada especialista recoge la información necesaria para hacer su evaluación respectiva. Para la recopilación de la

información el ingeniero, el especialista en salud, el economista y el sociólogo deberán interactuar estrechamente con la comunidad en la que se pretende implantar el sistema de regeneración y reutilización de agua residuales.

El economista hablará con las autoridades de gobierno y los funcionarios municipales para obtener la información necesaria que le permita calcular las posibles tarifas, así como investigará sobre la disponibilidad de los fondos de concesión o de otros medios de subsidio.

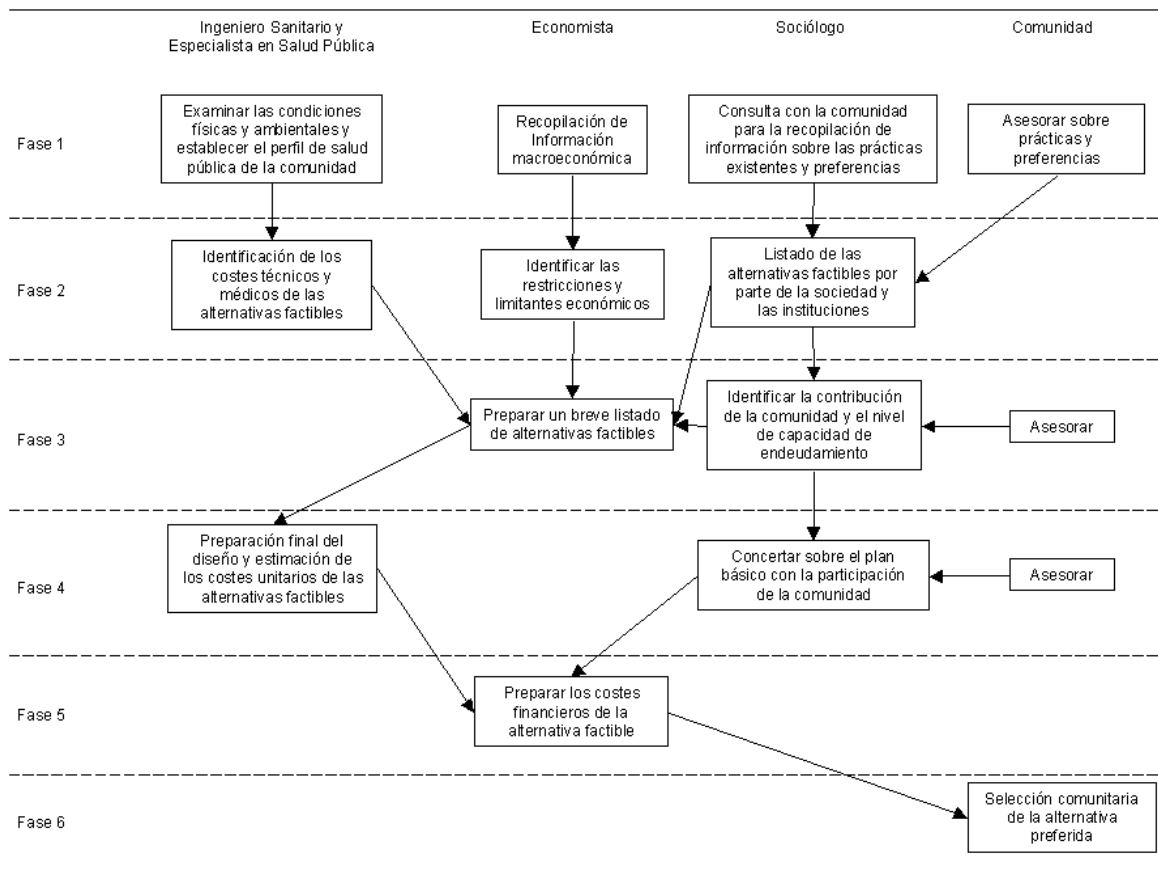


Figura. 3. 2 Estructura para los estudios de factibilidad para la planificación de sistemas de regeneración y reutilización del agua residual. (Kalbermatten y colaboradores, 1982)

El ingeniero, el especialista de la salud y el sociólogo aplicarán la información que han recopilado para llegar a definir las listas preliminares de las posibles alternativas técnicas, medicas y sociales viables. En la tercera fase el economista prepara las valoraciones de costes para esas tecnologías que han sido aprobadas tanto técnica como socialmente, y seleccionará la alternativa de menor coste para cada uno.

En el cuarto paso, el ingeniero prepara los diseños y los costos unitarios finales para estas opciones. Así mismo, con la información social recopilada, el sociólogo debe concertar el proyecto propuesto con la comunidad, a fin de involucrarlos en la toma de decisión.

Los diseños finales se utilizan en la quinta fase para determinar los costes financieros (basados en la disponibilidad del financiamiento nacional y municipal), incluyendo cuánto tendrá el usuario que pagar para la construcción y el mantenimiento de cada alternativa. La fase final está para que el sociólogo presente y explique a la comunidad las alternativas y sus costes para la selección final.

Los estudios de viabilidad convencionales se desarrollan básicamente con equipos formados en su mayoría por ingenieros. Pueden contar con un analista financiero, pero raramente con un economista, y casi nunca con un sociólogo. Las soluciones que se obtienen son generalmente el resultado del subconjunto individual del grupo técnico, y en muchos casos los términos de la referencia para el alcance del estudio (escrito por otros ingenieros) se basan solamente en aspectos técnicos. Kalbermatten y colaboradores consideran que si alguno de los grupos domina sobre los otros, el proceso de planificación fallará. Esto repercutirá como consecuencia en que el SRRAR no se implante o que su funcionamiento sea deficiente.

En los estudios de viabilidad convencional, tradicionalmente no se efectúa la interacción con la comunidad con el fin de asegurarse que la solución técnica diseñada y presupuestada es socialmente aceptada. Excluyendo la comparación económica entre alternativas, el método tradicional no garantiza que la solución ofrecida es la económicamente viable. Los responsables en la toma de decisión dictaminan sin considerar las prioridades económicas o la capacidad de pago de los usuarios, que finalmente son los últimos beneficiarios.

En una evaluación realizada a las instituciones y sectores del agua en 11 países (México, Chile, Brasil, España, Marruecos, Israel, Sudáfrica, Sri Lanka, Australia, China e India), efectuada por Saleth y Dinar (2000), concluyeron que en lo relativo a los criterios de selección de proyectos, en promedio los expertos deciden sobre factores de justicia, sin llegar a criterios de decisión como: factores ecológicos, análisis beneficio-coste, tasa interna de retorno, y criterios múltiples. Así mismo, en lo que al criterio de la recuperación de costes se refiere, en promedio se considera una recuperación parcial de los costes invertidos.

3.2.3 Una perspectiva social. Perri Standish-Lee

Por su parte, Standish-Lee (1997) ha publicado un trabajo sobre la planificación de proyectos de reutilización de agua que considera los siguientes elementos:

- El mercado del agua regenerada.
- La aceptación social al programa de reutilización.
- La calidad de agua requerida.
- Las restricciones legales y ambientales.
- Los derechos jurídicos del recurso y la administración del sistema.

- El análisis económico y financiero.

Este autor incorpora en la metodología de planificación dos aspectos de gran interés, (1) los sociales y (2) los legales.

En referencia a los aspectos sociales, argumenta que la aceptación social es esencial para iniciar, implantar y sostener por largo tiempo un programa de reutilización. Varios estudios resumen la actitud que el público tiene hacia varias alternativas en la reutilización del agua regenerada, y cuyos resultados han arrojado constantemente que la aceptación pública de una alternativa depende del nivel de contacto que el ser humano tenga con el agua. Por ejemplo, el uso de agua residual regenerada para aumentar el agua de abastecimiento o para la preparación de alimentos en conserva no fue favorecido (54% al 56% de oposición), mientras que, la aceptación para usos como el riego de jardines públicos y campos de golf es extensa (solamente entre el 1% y 2% se oponen).

Además de ser necesario legislar y reglamentar los usos y calidades que el agua regenerada deberá cumplir, en los aspectos legales también se debe contemplar: los derechos de propiedad del agua producida, la reducción de los flujos de agua en las masas de agua, la obligación de otros marcos legales (leyes estatales), acuerdo entre usuarios y estructuras institucionales.

Respecto a los derechos de propiedad del agua regenerada, concluye que tradicionalmente la ley sobre derechos del agua (en los EE.UU.) apoya el concepto de que el dueño de una estación depuradora de aguas residuales tiene el derecho de propiedad de las aguas regeneradas, sobre cualquier persona que ha vertido el agua residual en un sistema de alcantarillado, o sobre cualquier usuario aguas abajo del vertido.

La tabla 3.3 presenta un análisis de las metodologías descritas. Se observa que los diferentes aspectos que componen estas metodologías muestran una enorme descompensación en su desarrollo.

La principal diferencia entre estas metodologías es básicamente el ámbito de aplicación, las metodologías de Asano y Standish-Lee están orientadas hacia países desarrollados, donde la responsabilidad de la gestión del agua está bien definida y existen instituciones que realizan esta administración, mientras que la metodología del Banco Mundial está desarrollada para países donde la gestión del agua es incipiente y las instituciones del agua no están consolidadas, lo que conlleva la necesidad de buscar la participación de la comunidad para el éxito de los proyectos hidráulicos. De manera específica las particularidades para cada aspecto son:

Tabla 3. 3

Análisis crítico de las metodologías técnicas para la planificación de proyectos en regeneración y reutilización de aguas residuales. (Elaboración propia)

Aspecto de la Planificación	Metodología		
	Asano y Colaboradores	Banco Mundial	Perri Standish-Lee
Legal	Una amplia aportación en relación con los criterios que deberá cumplir el agua regenerada para su reutilización, sobre todo en lo que a la protección de la salud pública se refiere.	Hace importantes reflexiones sobre la importancia de tener presente el marco legal donde se piensa implantar el proyecto, sobre todo lo relacionado al daño a terceros.	Reflexiona sobre los derechos a terceros y la interacción entre los marcos legales.
Técnico	Es la mayor aportación, sus análisis y pasos para la planificación técnica son exhaustivos y con un amplio soporte de experiencias.	Da una importancia relevante a las alternativas de baja tecnificación, y donde no es necesario personal con una alta capacitación técnica.	Hace un breve análisis de las tecnologías disponibles, apoyándose en los trabajos desarrollados por Asano y colaboradores.
Social	Realiza algunas reflexiones, pero basa su aprobación social con el estudio de mercado.	Es una de las mayores aportaciones, de manera explícita detalla la forma de intervención social y su retroalimentación para la aceptación y participación social.	Reflexiona sobre la necesidad de involucrar a los interesados en el proyecto en la toma de decisiones.
Financiero	Cita la necesidad de un análisis financiero pero de manera muy somera.	Cita la necesidad de un análisis financiero pero no da más detalles.	Cita la necesidad de un análisis financiero pero no da más detalles.
Económico	Reflexiona profundamente en la necesidad de la existencia de un mercado del agua regenerada para poder soportar el proyecto, hace referencia al análisis coste-beneficio, definiendo con claridad lo que se refiere a los costes de inversión, explotación y mantenimiento, pero no incorpora al análisis los costes ambientales y de oportunidad. No valora los beneficios obtenidos de la regeneración y reutilización del agua.	Basa su análisis única y exclusivamente en los costes de inversión y explotación del sistema de regeneración y reutilización. No incorpora los costes ambientales y de oportunidad. No hace referencias a los beneficios y su valoración.	Solo hace referencia a la necesidad de realizar un análisis económico, profundizando en la necesidad del estudio de mercado del agua regenerada. No hace explícito los componentes y forma de realizar dicho análisis. No hace referencia alguna a los costes ambientales y de oportunidad No hace referencias a los beneficios y su valoración.
Ambiental	Se contemplan dos componentes básicamente dentro de este aspecto: a) La eliminación de vertidos a los cuerpos de agua b) La utilización del agua regenerada con fines ambientales.	Se contempla básicamente como una mejora al entorno ambiental, en busca de solucionar los problemas de salud pública debido a la relación que existe entre la falta de saneamiento y las enfermedades gastrointestinales de origen hídrico	No hace referencias directas a este aspecto.

1. **Aspecto Legal.** La tendencia básica es la creación y homogenización de criterios de calidad del agua regenerada que normen su reutilización, así como la protección de los derechos al uso del agua por los usuarios que se ven afectados por la reutilización de las aguas regeneradas.
2. **Aspecto Técnico.** Es el aspecto más desarrollado, existe un consenso general en cuanto a los SRRAR viables, asimismo se tiene una amplia experiencia para pronosticar con un mínimo de información los requerimientos técnicos necesarios para alcanzar los objetivos de reutilización que se plantean en un proyecto.

3. **Aspecto Social.** Las metodologías del Banco Mundial y Standish-Lee reconocen la necesidad de la participación social para este tipo de proyectos, mientras que Asano delega esta participación o aceptación social al estudio de mercado.
4. **Aspecto Financiero.** Las tres corrientes reconocen la necesidad de un análisis financiero, pero no detallan la forma en que éste deberá realizarse.
5. **Aspecto Económico.** Se establece la necesidad de realizar un análisis de mercado, pero en realidad lo que se plantea es un análisis potencial de la demanda de agua regenerada, en ningún caso se establece la idea de un verdadero mercado del agua cuyo objetivo central sea el establecimiento del precio mediante el estudio de la oferta y la demanda.

No se explica con detalle la forma en que se realizará el análisis económico, si bien es cierto que se establece como técnica genérica el Análisis Coste - Beneficio (ACB) sin mayor profundización. Sólo son considerados los costes privados (es decir, los costes de inversión, explotación y mantenimiento del SRRAR) por lo que en la gran mayoría de los proyectos, no se realiza un ACB, sino un Análisis Coste – Eficiencia (ACE).

Los beneficios de la reutilización de aguas regeneradas entre los que se pueden citar a manera de ejemplo: 1) la disminución de los costes de tratamiento y de vertido del agua residual, 2) la reducción del aporte de contaminantes a los cuerpos de agua, 3) el aplazamiento, la reducción o incluso la supresión de instalaciones adicionales de tratamiento de agua de abastecimiento, 4) ahorros energéticos y 5) mayor fiabilidad y regularidad del caudal de agua disponible, entre otros. Estos beneficios son en el mejor de los casos solamente identificados, pero en general no se plantea su cuantificación y valoración en términos monetarios.

6. **Aspecto Ambiental.** Este aspecto si bien no se reconoce explícitamente, es abordado en la metodología de Takashi Asano y sus colaboradores como parte de un uso más dentro de las posibilidades de reutilización del agua regenerada. Así pues, en esta metodología considera que la regeneración y reutilización de aguas residuales puede tener, entre otros, los siguientes efectos en el medio ambiente: 1) la disminución de los vertidos contaminantes a cuerpos de agua sensibles, 2) la creación o mantenimiento de hábitats en humedales y ríos, 4) reducir y evitar la contaminación.

La metodología desarrollada por el Banco Mundial aborda el aspecto ambiental al relacionarlo con la salud pública, esta metodología argumenta que la eliminación de los vertidos de agua residuales conllevan un efecto en la salud pública, ya que la

reutilización adecuada del agua regenerada elimina los contaminantes, particularmente los biológicos que tienen que ver con las enfermedades gastrointestinales típicas de los países en vías de desarrollo.

Hasta aquí hemos realizado un análisis de las principales metodologías para la planificación de los sistemas de regeneración y reutilización de las aguas residuales descritos en la literatura, como se ha podido apreciar, la planificación de este tipo de proyectos tiene múltiples aspectos que son necesarios afrontar para el buen desarrollo de los mismos. En los siguientes apartados abordaremos estos aspectos y los últimos trabajos realizados al respecto.

3.3 Aspectos sobre la planificación de los SRRAR

Con la finalidad de realizar un examen más minucioso de los avances realizados en los últimos años de la información existente, hemos decidido agrupar el análisis de la planificación de proyectos en cinco aspectos: 1) legales 2) técnicos, 3) sociales, 4) ambientales y 5) económicos.

3.3.1 Aspectos legales

Una ley sobre recursos hídricos debe servir para fijar temas que deben ser considerados en cada región del país, algo así como una ayuda, memoria o punteo de cuestiones consideradas como esenciales, para cumplir con las políticas del gobierno sobre la actividad pública y privada destinadas a conseguir metas de desarrollo sostenible según la región o cuenca donde se aplique. No debe constituir una camisa de fuerza para la inversión ni una puerta de salida que impida poner freno a una explotación irracional del agua que concluya en un atentado a la sociedad, una degradación al medio ambiente, del recurso o de la población local que a veces ni siquiera se beneficia de los recursos que posee en su territorio (Dourojeanni, 1999).

Uno de los tres componentes fundamentales dentro de la institución del agua, es el relativo a la legislación (Dinar 1998, Dinar y Xepapadeas 1998, Saleth y Dinar 1999 y 2000), donde se busca legislar básicamente con relación a los siguientes aspectos:

- a) El tratamiento legal del agua y de los recursos relacionados.
- b) La conformación para los derechos del agua.
- c) Las facilidades para la resolución de conflictos.
- d) Las descripciones para el establecimiento de responsabilidades.
- e) La definición del alcance para la participación del sector privado.
- f) La definición de la tendencia a la centralización.

3.3.1.1 Legislación.

El parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea consideran que el agua no es un bien comercial como los demás, si no un patrimonio que hay proteger, defender y tratar como tal. La Directiva 2000/60/CE establece un marco de actuación en el ámbito de la política de aguas. El objetivo de esta directiva es establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas. Este marco debe contribuir a:

1. Garantizar el suministro suficiente de agua superficial o subterránea en buen estado, tal como requiere un uso del agua sostenible, equilibrado y equitativo.
2. Reducir de forma significativa la contaminación de las aguas subterráneas.
3. Proteger las aguas territoriales y marinas.
4. Lograr los acuerdos internacionales mínimos para la prevención y control de la contaminación del medio ambiente.

Esta directiva marco establece la cuenca hidrográfica como unidad de gestión de los recursos hídricos, por lo que las diferentes fuentes de suministro de agua superficiales, subterráneas y alternativas deben gestionarse de una manera integral. Si bien es cierto que en muchas cuencas hidrológicas existe un balance de recursos positivo, la circunstancia de que esto sólo sea generalmente aplicable a la cantidad y no a la calidad hace que dichos excedentes sean limitados, creando verdaderos espejismos de disponibilidad.

Este instrumento normativo, claramente clasificable dentro del grupo de las denominadas “Directivas de nuevo enfoque”, intenta ofrecer a los estados miembros de la Unión Europea las herramientas necesarias –mediante una perspectiva integradora de las diversas políticas y aspectos relacionados con el agua y exigiendo un planteamiento combinado de medidas a adoptar- para la consecución de los objetivos pretendidos, consciente de la importancia de los ecosistemas acuáticos y de la vinculación entre éstos y los ecosistemas terrestres y humedales debido a sus necesidades de agua marcadamente medioambientales y tendentes a garantizar el suministro suficiente y en buen estado (Arteaga, 2001).

El artículo 149, fracción 1, apartado 22 de la Constitución Española reserva al Estado la competencia exclusiva en materia de legislación, ordenación y concesión de recursos y aprovechamientos hídricos cuando las aguas discurren por más de una Comunidad Autónoma.

El 2 de agosto de 1985 se publicó en España la Ley de Aguas, que fue modificada en 1999, y cuyo objetivo es regular el dominio público hidráulico, el uso del agua y el ejercicio de las competencias atribuidas al Estado en las materias relacionadas con dicho dominio en el marco de las competencias delimitadas en el artículo 149 de la Constitución. Esta ley detalla los

bienes que integran el dominio público hidráulico, la administración pública del agua, la planificación hidráulica, la utilización y protección del dominio público hidráulico y el régimen económico-financiero del mismo.

Los siguientes artículos son de particular interés:

- El artículo 13 establece la cuenca hidrográfica como unidad de gestión, e indica que la administración pública del agua corresponde al estado.
- El artículo 16 indica que la comunidad autonómica tiene las mismas facultades que el estado cuando la totalidad de dicha cuenca se encuentre en su territorio.
- El capítulo III versa sobre los organismos de cuenca, su configuración y funciones, los órganos de gobierno y administración, y su hacienda y patrimonio.
- El título V trata sobre la protección del dominio público hidráulico y de la calidad de las aguas continentales; el capítulo III versa particularmente sobre la reutilización de aguas depuradas y en él se resaltan básicamente dos aspectos: el primero es que el Gobierno establecerá las condiciones para la reutilización, y el segundo, es el establecimiento de las condiciones jurídicas de propiedad de este bien público.

Finalmente, en el ámbito de la comunidad autonómica y a manera de ejemplo, el Gobierno de Cataluña creó el 31 de diciembre de 1998 la Agencia Catalana del Agua, órgano responsable de administrar los recursos hídricos en el ámbito de competencia que corresponde a la Generalitat de Catalunya, y el 11 de junio de 1999 se decretó la aprobación de los estatutos de dicha agencia.

El 12 de julio de 1999 el Parlamento de Cataluña aprueba la Ley de ordenación, gestión y tributación del agua, cuyos objetivos son: 1) ordenar las competencias de la Generalitat y la de los entes locales en materia de aguas y obras hidráulicas, 2) regular, en el ámbito de estas competencias, la organización y el funcionamiento de la administración hidráulica de Cataluña, 3) mejorar la actuación descentralizadora, coordinadora e integradora que ha de comprender la preservación, la protección y la mejora del medio y 4) establecer un nuevo régimen de planificación económico-financiero del ciclo hidrológico.

Soler (2003) presenta un trabajo reciente sobre la evolución y la situación actual de la gestión del agua en España. Este autor describe la manera en que están organizadas las instituciones del agua en el estado español, y realiza un análisis detallado de la creación de la Agencia Catalana del Agua.

3.3.1.2 Criterios de la Calidad del Agua Regenerada.

El progreso de la regeneración y reutilización planificada de las aguas residuales no depende únicamente de los avances tecnológicos, sino también de la existencia de un marco legal sólido que marque las directrices para que la reutilización no comporte riesgos para los beneficiarios. La legislación de reutilización de aguas residuales a escala mundial es un tema complicado, pues existen países con normativas de carácter legal, otros disponen sólo de recomendaciones y cada una con sus propios parámetros e indicadores. Asano et al (1998) presentan un resumen histórico de las normativas de reutilización en los EE.UU. y una discusión sobre la aplicación de los criterios de calidad del agua. En el caso de la Unión Europea, muy pocos estados disponen de una normativa clara, lo que podría generar dificultades en el libre comercio de frutas y vegetales (Bontoux, 1997), sin embargo, autoridades y científicos en la UE trabajan en conjunto con el fin de establecer unos criterios mínimos, en el ámbito europeo y particularmente mediterráneo, que regulen el uso de aguas regeneradas (Lazarova et al, 2001 y Marecos do Monte et al 1996).

De esta forma, una de las primeras acciones para permitir la reutilización de aguas regeneradas, será el establecer los criterios necesarios que estas aguas deberán cumplir para ser reutilizadas en las múltiples aplicaciones dependiendo del nivel de tratamiento realizado.

Existen básicamente dos tendencias en relación con los criterios para la reutilización del agua residual. Una es la establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la segunda, la formulada por el Estado de California de los EE.UU.

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX, 1999) ha utilizado los criterios establecidos por la OMS para desarrollar una propuesta de calidades mínimas exigidas para la reutilización directa de efluentes depurados según los distintos usos posibles, aplicables en todo el estado español. Por su parte, el estado de California publicó en junio de 2001 el “Libro Morado” donde se recogen los criterios de calidad mínima exigida y los usos a que puede ser destinada el agua regenerada dentro de este territorio estadounidense. (California Health Laws, 2001)

La tabla 3.4 presenta estos criterios, en los cuales se establecen los parámetros físico-químicos y bacteriológicos que el agua regenerada deberá cumplir para su posterior reutilización.

Los criterios físico-químicos establecidos por la OMS parecen más rigurosos. Sin embargo, el estado de California, donde la práctica del saneamiento y el control de calidad del agua están muy desarrolladas, opta por establecer el nivel mínimo de tratamiento al que deberá someterse el agua residual para poder ser reutilizada, de tal forma que las eficiencias de los sistemas de tratamiento exigidos resultan en aguas de calidad igual o mayor que las establecidas por los criterios físico-químicos de la OMS.

Tabla 3. 4
Criterios de calidad de agua regenerada para diversos usos (elaboración propia).

Criterios	Parámetros	Usos (*)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
CEDEX	Físico-químico	Sólidos en suspensión (mg/l)	< 10	< 20	< 20	< 20	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 10	
		Turbidez (UTN)	< 2	< 5	< 5	< 5	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	< 2	
		Nitrógeno Total (mg/l)	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	< 50	< 15
	Bacteriológico	Huevos de Nemátodos intestinales (huevo/l)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	No se fija límite	< 1	No se fija límite	< 1	< 1	< 1	
		Escherichia coli (ufc/100 ml)	0	< 200	< 200	< 200	< 1,000	< 1,000	< 10,000	No se fija límite	< 10,000	< 200	No se fija límite	< 1,000	< 1,000	0	
		Legionella Pneumophila (ufc/100 ml)	No se fija límite	No se fija límite	0	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	0	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite
		Taenia Saginata y solium (huevo/l)	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	< 1	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite
Nivel de Tratamiento		No se establece															
CALIFORNIA	Físico-químico	Turbidez (UTN)	2	2	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite			
		Bacterias Coliformes Totales (NMP/100 ml)	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	23	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite	23	2.2		
	Nivel de Tratamiento		A	A	C	A	B	C	C	C	A	A	B	B			

(*) Clasificación de los usos:

1. Domiciliarios: riego de jardines privados, descargas de aparatos sanitarios, sistemas de calefacción y refrigeración de aire doméstico y lavado de vehículos.
2. Servicios urbanos: riego de zonas verdes de acceso público (campos deportivos, campos de golf, parques públicos), limpieza de calles, sistemas contra incendios, fuentes y estanques ornamentales.
3. Cultivos de invernadero.
4. Riego de cultivos para consumo humano en crudo. Frutales regados por aspersión.
5. Riego de pasto para consumo de animales productores de leche y carne.
6. Riego de cultivos destinados a industrias conserveras y productos que no se consuman crudos. Riego de frutales excepto por aspersión.
7. Riego de cultivos industriales, viveros, forrajes, ensilados y semillas oleaginosas.
8. Riego de bosques, industria maderera, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público.
9. Refrigeración industrial, excepto industrial alimentaria.
10. Estanques, masas de agua y caudales circulantes, de uso recreativo en las que está permitido el contacto del público con agua (excepto el baño).
11. Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el contacto del público con el agua.
12. Acuicultura (biomasa vegetal o animal).
13. Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.
14. Recarga de acuíferos por inyección directa.

A = Tratamiento terciario con desinfección

B = Tratamiento secundario con desinfección

C = Tratamiento secundario sin desinfección

Fuentes: CEDEX, 1999 y California Health Law, 2001

Por lo que respecta a los criterios microbiológicos, el estado de California se muestra más conservador al utilizar los coliformes totales como indicador de contaminación microbiológica.

La identificación y cuantificación de este grupo de bacterias heterogéneo permite reducir significativamente el riesgo de una contaminación bacteriana.

La OMS, al ser un organismo internacional, presenta criterios de calidad microbiológica más diversos, como la determinación de parásitos intestinales, microorganismos relacionados con la contaminación en países en vías de desarrollo, así como la identificación de bacterias relacionadas exclusivamente con enfermedades gastrointestinales de origen hídrico.

El avance tecnológico tanto en el desarrollo de los sistemas de tratamiento, como en la mejora de los métodos de análisis para la determinación de la calidad de las aguas, ha permitido avanzar en la definición precisa de los criterios físico-químicos y bacteriológicos que un agua regenerada deberá cumplir para poder ser reutilizada, quedando ahora por establecer los criterios microbiológicos relacionados con los virus.

Cabe destacar que estos criterios se han establecido partiendo del supuesto de que el agua que se piensa regenerar es un agua de origen urbano, por lo que la determinación de las sustancias tóxicas, radioactivas o de otro tipo no tienen especial razón de ser identificadas y cuantificadas, partiendo del supuesto de que los vertidos industriales al alcantarillado municipal están controlados.

3.3.2 Aspectos técnicos

Actualmente el desarrollo tecnológico permite la obtención de agua regenerada de la más alta calidad, incluida la calidad para consumo humano, a partir de las aguas residuales municipales. Como se aprecia en la figura 3.3, existen tecnologías que permiten alcanzar el nivel de calidad de agua adecuado al uso del que se trate; obviamente a medida que los requisitos de calidad del agua son más exigentes, el proceso de tratamiento se hace más complejo. Así mismo, es importante tener presente que cualquier proceso de regeneración requiere considerar también la línea de los subproductos obtenidos. Gracias a los avances tecnológicos se dispone actualmente de un amplio espectro de sistemas de tratamiento que permiten obtener calidades adecuadas para cualquier tipo de reutilización. Arora y Voutchkov (1997) resumen varios procesos para el tratamiento de las aguas residuales que permiten alcanzar diferentes calidades del efluente en función de su posterior requerimiento.

Las investigaciones sobre tecnologías para la regeneración y reutilización de agua en el ámbito internacional se han incrementado en los últimos años. Entre los múltiples temas técnicos que en materia de regeneración y reutilización de aguas residuales han sido documentados, nos

hemos concretado en las principales líneas de investigación de los últimos 10 años y que tienen que ver con: 1) los indicadores y riesgos microbiológicos, 2) los humedales y sistemas naturales y 3) la filtración y desinfección.

3.3.2.1 Los Indicadores y riesgos microbiológicos

En la actualidad, ya no solamente es necesario satisfacer la calidad físico-química del agua, sino también es necesario también satisfacer una calidad microbiológica, de tal forma que, la reutilización de las aguas regeneradas no conlleve riesgos para la salud pública.

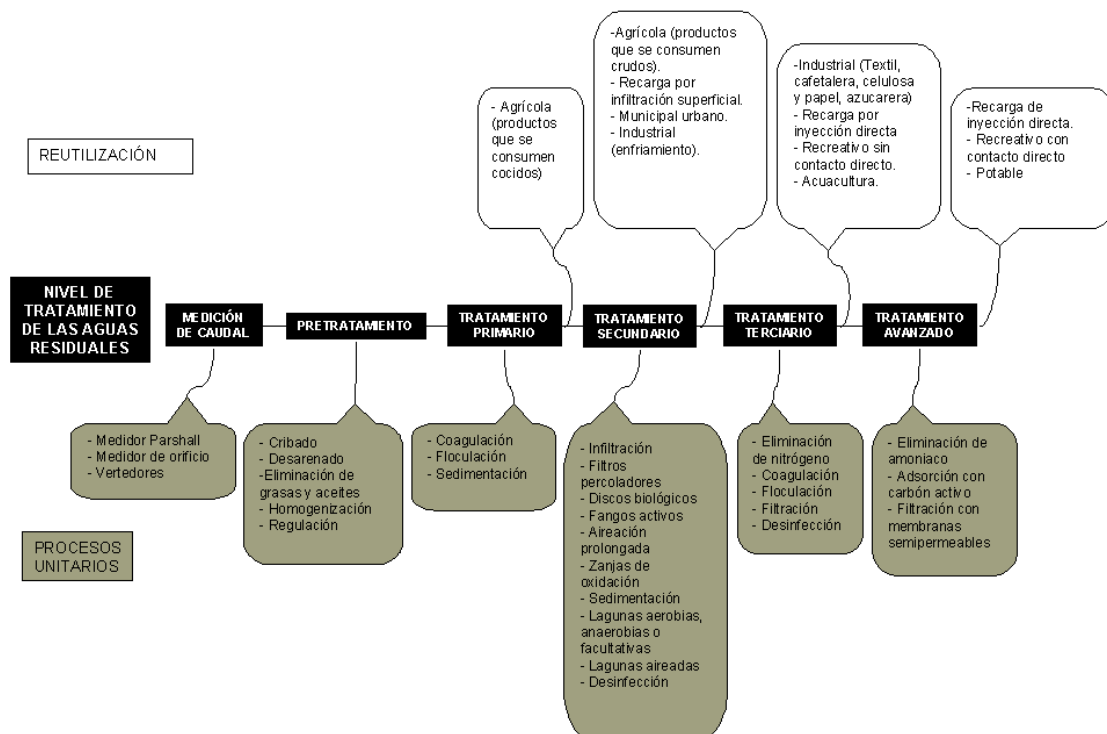


Figura. 3. 3 Nivel de tratamiento, tipo de reutilización y procesos unitarios (IMTA, 1997).

Rose et al. (1996) propone el control de indicadores (de bacterias, protozoos y virus) para evaluar la capacidad de los procesos de tratamiento de un sistema de regeneración para eliminar microorganismos.

El riesgo asociado al contacto público con agua regenerada depende del escenario de exposición (Eisenberg et al, 1996) y del tipo de tratamiento a que se somete el agua, compensando un aumento del coste de tratamiento con una disminución del riesgo para la salud humana (Lee y Jones-Lee, 1996). El tratamiento avanzado del agua residual en San Diego permite obtener efluentes libres de organismos patógenos (Danielson et al., 1996).

La aplicación de un modelo de estimación de riesgo microbiológico presentado por Olivieri et al (1997) concluye que la reutilización no aumenta el riesgo sobre la salud pública. Olivieri, et al.

(1998) resumen una serie de estudios microbiológicos realizados en San Diego, California, y proporcionan un modelo matemático para estimar la efectividad de trenes de tratamiento completos en la inactivación de agentes microbiológicos cuando los controles estándar del efluente final obtienen resultados indetectables.

Tanaka et al. (1998) investigan la fiabilidad de la reutilización de agua residual regenerada dado un riesgo anual de infección considerando la concentración de virus entéricos para reutilización en campos de golf, regadío, instalaciones recreativas y recarga de acuíferos. Aun así, antes de proceder a evaluar los posibles riesgos sobre la salud debe analizarse la fiabilidad de la planta de tratamiento, tanto en la calidad del producto obtenido, como en todo el instrumental mecánico que la compone (Eisenberg et al., 1998).

Reconociendo la existencia de lagunas informativas referentes a los efectos sobre la salud en la reutilización de usos potables, el National Research Council Committee concluye que el uso de agua regenerada como fuente de agua de abastecimiento sólo puede ser considerado después de todas las alternativas de reutilización en usos no potables y cuando la gestión de la demanda esté agotada (NRC, 1998, y Crook, 1998).

3.3.2.2 Humedales y sistemas naturales

Rink et al (1996) presenta los beneficios potenciales de utilizar humedales construidos para mejorar la calidad del agua regenerada para su posterior reutilización.

Se considera que las tecnologías de tratamiento convencionales son demasiado caras para comunidades rurales o países en vías de desarrollo (Freire, 1997), por lo que el uso de sistemas de tratamiento naturales es una alternativa potencial para la depuración de sus aguas residuales de cara a una posterior reutilización. Los humedales diseñados en Egipto producen un efluente que supera los criterios de la OMS para su reutilización restringida en regadío (Stott et al., 1997). También el tratamiento del agua residual de Amman, Jordania, en humedales produce un efluente apto para su uso restringido en regadío (Ismail, 1997).

En la ciudad de West Palm Beach (Florida, EE.UU.) se ha desarrollado un programa para la reutilización de agua regenerada en usos potables que incluye sistemas de humedales que permitirá aumentar las provisiones de agua de consumo humano (Schwartz et al., 1996).

McPherson et al. (1997) encuentran que el tratamiento mediante humedales es efectivo para reducir el nitrógeno inorgánico, y en Kingman, Arizona, se obtiene una eficacia del 70% en la eliminación de nitrógeno (Gerke et al., 1998).

3.3.2.3 Filtración y desinfección

Jolis et al. (1996) estudian la capacidad de la filtración monocapa seguido de una desinfección mediante radiación ultravioleta (UV) del agua residual para satisfacer los criterios microbiológicos de la normativa del estado de California.

Kuo et al. (1997) presentan los resultados del estudio en planta piloto de tres sistemas de filtración que tratan el efluente secundario de una depuradora de fangos activados para su posterior reutilización en la misma planta depuradora. Aunque los tres tipos de filtro alcanzan el criterio del estado de California para reutilización en lo que se refiere a turbiedad ninguno supera el criterio de calidad microbiológica y se requiere una posterior desinfección, bien mediante UV (con dosis de 300 mJ/cm²) o cloración (con 5 mg/l de cloro residual con un tiempo de contacto de 120 minutos).

Hirano y Kubick (1996) comparan la Microfiltración con la filtración en línea y aunque la primera es más efectiva en la eliminación de turbiedad y patógenos su baja fiabilidad en la eliminación de virus obliga a que en ambos casos sea necesario un posterior tratamiento de desinfección para alcanzar el criterio del Título 22 del estado de California.

Leslie et al. (1996) estudian el uso de la Microfiltración o de la Ultrafiltración como módulo previo a la Ósmosis Inversa para el plan de recarga de acuíferos de Orange County. Geselbracht (1996) estudia en plantas piloto la Microfiltración y la Ósmosis Inversa para el diseño de una planta de regeneración en Livermore (California, EE.UU.). Freeman et al. (1996) estudian en una planta piloto de regeneración a gran escala en Scottsdale (Arizona, EE.UU.) en la que los procesos de tratamiento de membrana son la Microfiltración seguida de Ósmosis Inversa o Nanofiltración.

Moreland et al. (1996) estudian la desinfección mediante UV en la inactivación de 6 indicadores (Coliformes fecales, *Escherichia coli*, enterococos, *Clostridium perfringens*, bacteriófagos F-RNA y bacterias heterotróficas).

En Bélgica se están llevando a cabo pruebas piloto de tratamiento de un efluente secundario mediante microfiltración seguida de ósmosis inversa para recarga de acuíferos. El proceso genera un efluente de gran calidad a pesar de los problemas de obstrucción biológica (biofouling) aparecidos (Van Houtte et al., 1998). Leslie et al. (1998) consideran que el problema de la obstrucción de membranas en microfiltración y ultrafiltración como pretratamiento a la ósmosis inversa debe estudiarse caracterizando las partículas de pequeño tamaño de los afluentes tratados.

Rinck-Pfeiffer et al. (1998) usan experimentos de columna en laboratorio para predecir la colmatación y las transformaciones biogeoquímicas resultantes de la inyección continua de efluentes terciarios a un acuífero.

En Georgia se realizan ensayos a escala piloto de ultrafiltración y nanofiltración para tratar efluentes secundarios. (Levesque et al., 1998) En Livermore, California, se presentaron los resultados del primer año de explotación de una planta que trata un efluente secundario filtrado mediante microfiltración y ósmosis inversa con capacidad para 2,840 m³/día (Geselbracht, 1998).

En West Palm Beach, Florida, se realizó un estudio comparativo entre una planta piloto operada con microfiltración seguida de ósmosis inversa y una planta piloto consistente en un tren de tratamiento convencional (coagulación con cal, decantación, recarbonatación y filtración) obteniendo que el tratamiento mediante membranas era mucho más caro que el tren de tratamiento convencional (Thompson et al, 1998).

Respecto al uso de tecnologías de membrana se están realizando experimentos en biorreactores con membranas sumergidas que combinan efectividad en el tratamiento con simplicidad y menor superficie al eliminar la unidad de sedimentación (Buisson et al., 1998).

Se ha experimentado con un sistema de ultrafiltración en efluentes primarios, secundarios y secundarios filtrados observándose que es una barrera eficaz contra los indicadores bacterianos (Bourgeois y Tchobanoglous, 1998). En San Diego se demostró que tanto la microfiltración, como la ultrafiltración y la ósmosis inversa consiguen efluentes con niveles indetectables de parásitos, con rendimientos de eliminación superiores al 99.998% (Olivieri, et al., 1998, y Adham et al., 1998). Sin embargo, sólo dos de los cuatro equipos de ósmosis inversa instalados consiguieron retener 4 ulog de indicadores víricos (Gagliardo, 1998a y 1998b). Los ensayos piloto realizados por el Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles, mostraron que la Microfiltración retenía menos de 1 ulog del bacteriófago MS-2 pero que la ósmosis inversa reducía la carga vírica por debajo de los niveles de detección (Iranpour, 1998).

Basándose en la extensa campaña de experimentación llevada a cabo sobre los procesos de tratamiento de membranas para las aplicaciones en la reutilización, el Departamento de Salud de California dejó de considerar en 1998 estos procesos como sistemas de tratamiento alternativos (Sakaji, 1998). No obstante, los ensayos realizados en Los Ángeles muestran que debido a la variabilidad en la eliminación de virus mediante procesos de Microfiltración, es necesario el uso de un posterior sistema de desinfección (Iranpour et al., 1998).

Kuo et al. (1998) informan de su trabajo experimental, donde presentan los buenos resultados del doble uso de los filtros de carbón activado granular: 1) como filtro terciario y 2) como adsorbedor de compuesto orgánicos.

Ensayos de desinfección en plantas piloto en Italia mediante radiación UV a dosis de 160 mJ/cm² consiguen obtener efluentes que cumplen los límites microbiológicos italianos para la reutilización de agua sin restricciones en riego agrícola (Liberti et al., 1998).

En el norte de California se utiliza la tecnología de membranas para producir efluentes de gran calidad que son inyectados al subsuelo (Geselbracht et al., 1998). Entre este y dos proyectos más en el norte de California se reutiliza un total de 37 Mm³/año en la recarga de acuíferos (Rosenblum y Sheik, 1998).

En algunos sectores se empieza a pensar en la gestión de sistemas de distribución de agua duales, uno para agua potable y otro para agua regenerada que llegue a todos los usuarios. Aunque los objetivos de tal sistema han sido discutidos por Young et al. (1997) algunos autores lo consideran apropiado y económicamente efectivo (Okun, 1997). Se conocen algunas experiencias, como el caso de Florida, que ha desarrollado un sistema de distribución de agua dual (una potable y otra regenerada no potable) que abastece a todas las viviendas (Goldman y Kuyk, 1997). Doba y Pellatz (1996) presentan la experiencia del primer año de funcionamiento de la planta de regeneración y del sistema de distribución dual de la pequeña ciudad de Flagstaff (Arizona, EE.UU.). La ciudad de Avalon, California, está considerando suministrar agua regenerada a todas las residencias para la descarga de las cisternas de los retretes (Richardson, 1998) y también la ciudad de Vernon (British Columbia) está considerando disponer de un sistema de distribución dual (Berzins et al. 1998).

Bastian (2001) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), reconoce que los científicos han realizado extensos estudios para mitigar las preocupaciones técnicas por la reutilización del agua, como por ejemplo:

- Evaluaciones de manera exhaustiva sobre el crecimiento de los cultivos con agua regenerada.
- Comparaciones químicas y microbiológicas detalladas entre el agua regenerada y la de abastecimientos.
- Realización de estudios epidemiológicos en poblaciones que utilizan agua regenerada.
- Realización de pruebas en animales para evaluar efectos carcinógenos, teratogénicos y mutagénicos potenciales.

Estos estudios han demostrado que generalmente con el agua regenerada se pueden producir alimentos de la alta calidad, así como ser una fuente de suministro tan buena como la de los

abastecimientos de agua fresca locales. Sin embargo, las preocupaciones por la reutilización potable indirecta continúan, y se han editado más publicaciones mejorando los métodos de supervisión y de análisis. Las actuales preocupaciones son:

- Los posibles efectos de patógenos emergentes.
- Las implicaciones de varios subproductos de la cloración y de trazas importantes de compuestos farmacéuticos, nitrosodimetilaminas (NDMAs), y hormonas, que se han detectado en muchos efluentes regenerados.

3.3.3 Aspectos sociales

Este aspecto, cobra relevancia en los últimos años, debido básicamente a la inquietud y reticencia social que conlleva la reutilización de las aguas regeneradas. Por esta razón, es cada vez más notable la incorporación de especialistas relacionados con las áreas de las ciencias sociales, que antes no estaban vinculados con el sector del agua.

Varias razones son motivo de resistencia en el uso de agua regenerada (Asano, 1991): (1) los usuarios pueden estar preocupados acerca de los efectos perjudiciales del agua regenerada en procesos industriales, jardinería o cultivos, (2) los usuarios pueden poseer su propio abastecimiento de agua lo que puede representar un menor coste que la conexión a la red municipal o el precio ofertado por el uso de agua regenerada, (3) puede existir desacuerdo en la aceptación del precio del agua regenerada, (4) los usuarios pueden estar renuentes a pagar por los costes adicionales en conducciones o transporte del agua regenerada para ser puesta en el punto de reutilización, (5) los usuarios pueden estar fuera de los límites propuestos por el proyecto, requiriéndose la negociación con otras jurisdicciones, y (6) los departamentos de salud locales o estatales pueden desaprobar su uso por riesgos a la salud pública.

Para que la implantación de proyectos de reutilización pueda tener éxito se requiere que la comunidad se involucre en el proyecto, que sea informada sobre los orígenes de esta fuente de agua y se le muestre la seguridad de su manejo (Tennyson, 1998). La educación pública es por tanto esencial (Wegner-Gwidt y Ash, 1998).

Cinco elementos son la clave del programa de educación pública sobre agua regenerada usado en Largo, Florida, EE.UU. (Andrade, 1996): 1) definición precisa de la terminología, 2) demostración de la calidad del agua regenerada, 3) promoción de las ventajas con respecto a otras fuentes, 4) fomento de los beneficios ambientales y 5) educación en la seguridad de su uso.

Existen diferentes estrategias, dependiendo del universo social que se desea sensibilizar, para promover el uso de la reutilización en una comunidad. En San José, California, EE.UU. los

programas de educación se han extendido a los colegios con el objetivo de informar a los estudiantes sobre carreras relacionadas con la regeneración y reutilización de las aguas residuales (Humphreys, 1996). En el distrito sanitario de Napa se produjo un vídeo para educar a los trabajadores y el público general sobre la reutilización (Clinton, 1998). La Water Reuse Association y la University of California se han unido para desarrollar un programa que promueve y financia estudios en muchos de los aspectos que componen la reutilización de agua regenerada (Whitley et al., 1998).

En respuesta a la preocupación de la comunidad, los resultados del estudio de Lindsey et al. (1996) muestran diferencias poco significativas en el crecimiento de las plantas regadas con agua residual regenerada respecto al riego con agua potable en Marin County, California, EE.UU. Por su parte, Filice (1996) presentó los resultados de opinión sobre reutilización de agua regenerada en San Francisco, encontrando un fuerte respaldo para los usos de riego.

3.3.4 Aspectos ambientales

En sus inicios, la depuración del agua residual apareció como respuesta al problema del vertido de los residuos humanos en las incipientes ciudades. A lo largo del siglo XX, la tendencia sobre la depuración cambió, debido básicamente al explosivo crecimiento de las ciudades. La visión actual del saneamiento de las aguas residuales en las grandes ciudades es la construcción, a gran escala y de forma centralizada, de sistemas de regeneración. Algunos autores creen que el futuro de la gestión se encuentra en los sistemas de tratamiento a pequeña escala que descentralizan el problema del tratamiento del agua residual y que comportan muchas ventajas en núcleos urbanos de poca densidad de población (Jantrania, 2000). Ryder (1998) consideró el coste de instalaciones de regeneración satélites y obtuvo como conclusión que su coste era mucho mayor que el de una única instalación de tratamiento centralizada.

La ciudad de San Francisco (EE.UU.), ha iniciado una coalición regional para explorar el concepto de exportar sus excesos de agua regenerada hacia otras regiones californianas para su reutilización en la agricultura o en otros puntos que generen un beneficio ambiental (Iwata et al., 1996). El Plan Maestro sobre agua regenerada desarrollado en esta ciudad permitirá satisfacer una demanda pico de agua regenerada de $0.68 \text{ m}^3/\text{s}$ a la vez que proveer de una fuente de agua fiable a la red antiincendio de la ciudad (Kubick et al., 1996). Entre los proyectos de regeneración en funcionamiento en esta ciudad se incluye la reutilización en el zoológico de San Francisco (Neal et al., 1996), que ha servido de ejemplo para desarrollar el estudio de un sistema similar en el zoológico de Los Ángeles (Stillwell et al., 1996) que permitirá conservar el agua potable para otros usos sin perjudicar la salud de los animales.

En la ciudad de Burbank, California, EE.UU. se suple el 8% de la demanda total de agua de la ciudad con agua residual regenerada (Lu et al., 1996), y en Australia se esperaba que para el año 2000 se reutilizasen 200 Mm³/año de aguas regeneradas (Williams, 1998).

Por su parte la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA), argumenta que la utilización de agua regenerada proporciona los siguientes beneficios ambientales (EPA, 1998):

1. Disminuye el desvío de agua dulce de los ecosistemas sensibles. Plantas, fauna y peces dependen de unos flujos de agua suficientes para su hábitat, su vida y su reproducción. La falta de un flujo adecuado de agua, resultado del desvío de agua para usos agrícolas, urbanos e industriales, puede causar el deterioro de la calidad del agua y el buen estado del ecosistema. Los diferentes usuarios del agua pueden suplir sus demandas mediante el uso de agua regenerada, posibilitando la liberación de volúmenes de agua para el medio ambiente e incrementando los flujos vitales para los ecosistemas.
2. Disminuye las descargas contaminantes a masas de agua sensibles. Aunque el ímpetu de reutilizar agua regenerada no pueda suplir en algunos casos, total o parcialmente, las necesidades de abastecimiento de agua, puede eliminar o disminuir la necesidad de verter aguas residuales al océano, estuarios o ríos.
3. Permite la utilización del agua para la creación o mantenimiento de hábitat en humedales y ríos. Los humedales aportan muchos beneficios, incluidos hábitat de flora y fauna, así como de aves de caza, mejora de la calidad del agua, disminución de las inundaciones y favorece las condiciones para el desarrollo de la industria pesquera. Para los ríos que tienen problemas por pérdidas de caudal debido al desvío de agua, el agua regenerada puede aumentar los caudales circulantes preservando y manteniendo el hábitat acuático.
4. Permite reducir y prevenir la contaminación. Cuando los vertidos contaminantes a océanos, ríos y otras masas de agua se restringen, la carga contaminante en estos cuerpos decrece. Sin embargo, determinadas sustancias que pueden ser contaminantes al ser vertidas a una masa de agua pueden ser útiles si se reutilizan en la agricultura. Por ejemplo, el agua regenerada contiene altos niveles de nutrientes, como el nitrógeno. La aplicación del agua regenerada en el riego agrícola y de jardinería puede servir de fuente de nutrientes y reducir la necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos.

3.3.5 Aspectos económicos

En la actualidad, existen pocos trabajos del análisis económico sobre los SRRAR. Si bien es cierto que está presente en la planificación de los proyectos, este es mas bien a un nivel descriptivo. A continuación se analiza este aspecto, particularmente se presentan las

reflexiones de los expertos en torno a: 1) la oferta y demanda del agua regenerada, 2) los costes de los SRRAR, 3) el precio del agua regenerada y reutilizada y 4) el análisis financiero y económico de los SRRAR.

3.3.5.1 La oferta y demanda del agua regenerada

La oferta del agua regenerada está determinada esencialmente por la capacidad de producción del SRRAR, donde la materia prima principal para la producción es el agua residual. Partiendo de este principio la oferta de agua regenerada puede ser considerada, una vez alcanzada la capacidad máxima del SRRAR, como constante y garantizada (siempre y cuando no existan restricciones en el suministro de agua potable a la población que genera el agua residual).

De tal forma que la oferta de agua regenerada esta bien definida y es un factor totalmente controlable. Sin embargo, no sucede lo mismo con la demanda de agua regenerada.

En la literatura reciente sobre la ingeniería de los modelos de regeneración y reutilización (Asano, 1991; Mujeriego, 1996 y Standish-Lee, 1997), la demanda de agua regenerada la determinan los potenciales clientes que necesiten y acepten consumir este tipo de agua. De tal manera que el éxito en la implantación de un SRRAR radica en motivar y satisfacer las exigencias de los usuarios, tanto en cantidad como en la calidad adecuada.

La estructura de mercado, entendido este como el conjunto de demandantes y oferentes que se interrelacionan para el intercambio de agua, puede ser considerara de dos maneras (Seguí, 1998):

- a) Como una demanda insatisfecha o potencial. Cuando la disponibilidad de agua de las fuentes convencionales es escasa y existe una alta demanda, puede presentarse un mercado insatisfecho. Por lo cual no resulta complejo pensar en la potencialidad para ampliar dicho mercado. La clasificación de la demanda bajo este rubro, sin contar con la información suficiente, puede conducir a inversiones ruinosas, por lo que su análisis debe ser detallado y cuidadoso.
- b) Como un Mercado cautivo o integrado. Debido al agotamiento de las fuentes convencionales o a la exigencia legal por el consumo de agua regenerada, se creara un mercado cautivo. De tal manera que las condiciones antes mencionadas aseguran la compra del producto producido (agua regenerada). En atención a los grados de certeza, este tipo de demanda es la que mayor confianza.

Lo expuesto hasta ahora esta enfocado desde una óptica esencialmente técnica. Sin embargo, desde una perspectiva económica, el mercado del agua se define como el marco institucional

en virtud del cual los titulares de derechos sobre el agua están autorizados, respetando reglas previamente establecidas, a cederlos voluntariamente a otro(s) usuario(s) a cambio de una compensación económica, generalmente reflejada esta a través de un precio (Sumpsi y colaboradores, 1998; Dinar y Xepapadeas, 1998; Dinar y Subramanian, 1998; Saleth y Dinar, 2000; Johansson et al., 2002).

Sin embargo, es necesario recordar que la introducción de un mercado del agua no constituye en modo alguno la solución universal de los conflictos que debe enfrentar la gestión del agua. El mercado del agua es un medio que facilita la asignación del uso del agua en función de su rentabilidad, pero que sólo funciona si existe un buen sistema de gestión, conocimiento del balance hidráulico y regulaciones para no afectar a terceros, ni al medio ambiente, entre varias condiciones (Dourojeanni y Jouravlev, 2000).

En España el problema de los mercados del agua ha sido parcialmente resuelto mediante la creación de los “contratos de cesión de derechos de agua”. De esta forma se crea una nueva forma de asignación de derechos de agua por mera voluntad de particulares, frente a las formas tradicionales del otorgamiento por medio de concesión o por título legal, que eran hasta ahora las únicas reflejadas en el derecho español (Embid, 2000 y 2001). La Ley abre así la posibilidad de un “mercado” de derechos de agua que presupone contratos entre particulares.

Es importante resaltar la diferencia entre mercados de aguas y mercados de derechos sobre la propiedad de las aguas. Los mercados de agua son el intercambio del acceso al recurso, mientras que, los mercados de derechos, son la transferencia completa de la propiedad del agua (Sumpsi y colaboradores 1998).

Ahora bien, el paradigma tradicional de la asignación de los volúmenes de agua, se soporta en la disponibilidad en términos de la cantidad del recurso, y los retornos de las aguas residuales se consideran dentro de este balance. Esta situación tiene como consecuencia, sin el cambio del paradigma, que el concepto de un mercado de agua regenerada sea inoperante.

Israel es un ejemplo en el cambio del paradigma actual, ya que realiza su análisis de disponibilidad no únicamente considerando la cantidad de agua existente, sino también, involucrando los conceptos de calidad. De esta forma clasifica su disponibilidad de agua en tres niveles de calidad: 1) agua para todos los usos, 2) aguas salobres y 3) solamente calidad para la irrigación (Shelef, 1991).

Esta nueva visión de analizar la disponibilidad del agua permite crear una nueva forma de asignación del recurso, basando la demanda de agua, en la cantidad y calidad del agua requerida por el usuario en un ámbito geográfico determinado.

3.3.5.2 Los costes de los SRRAR

El coste total de un SRRAR incluye todos los costes internos o privados de la producción y distribución del agua regenerada además de todos los costes externos, tales como los costes ambientales y sociales. (Louis y Siriwardana, 2001 y Renzetti 2003) Ver figura 3.4. Tradicionalmente los proyectos de regeneración y reutilización del agua han considerado solamente los costes privados y que actualmente son la base de información para el estudio del ciclo de vida de los SRRAR.

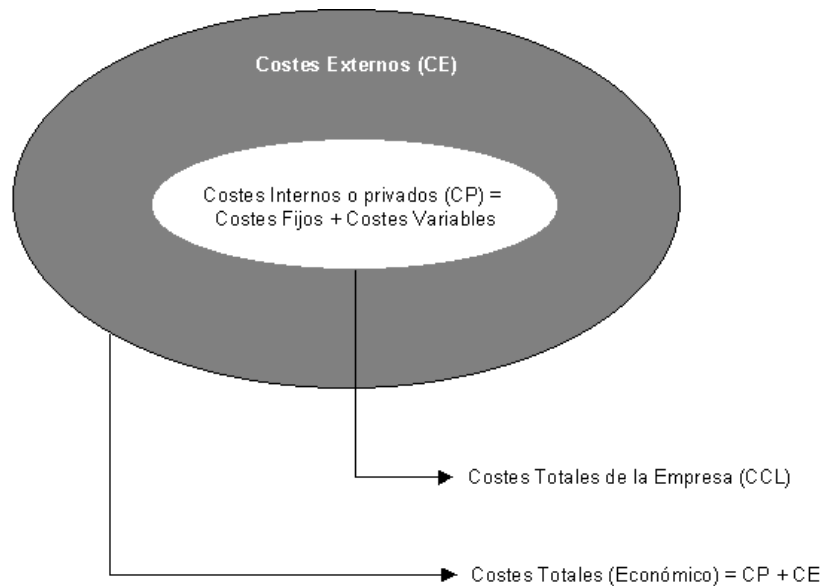


Figura. 3. 4 El coste de los SRRAR y sus componentes (Louis y Siriwardana, 2001).

Los costes privados de un SRRAR están conformados por:

- Los costes de inversión que corresponden a todos aquellos bienes que es necesario adquirir inicialmente y durante la vida útil del proyecto para cumplir con las funciones de regeneración y reutilización del agua residual. Los principales componentes del coste de inversión para un SRRAR son: 1) Terreno, 2) Obra Civil, 3) Maquinaria y Equipo principal y 4) Instalaciones y Obras de conexión.
- Los costes financieros que corresponden a los intereses monetarios que deberán pagarse por el financiamiento de capitales para poder realizar la implantación del SRRAR.
- Los costes de explotación y mantenimiento son todas aquellas partidas directamente relacionadas con el funcionamiento del SRRAR, se dividen en costes fijos y variables. Los costes fijos de explotación son aquellos que se generan como consecuencia de la operación del sistema, independientemente del volumen de agua regenerada. Los costes variables de explotación son aquellos que están directamente asociados con la producción del agua regenerada, varían en proporción directa al volumen producido.

El Dr. Takashi Asano en su libro "Wastewater reclamation and reuse" recopila los costes de inversión y explotación para varios sistemas de tratamiento en los EE.UU. La tabla 3.5 recoge estos costes para el año 1996.

Tabla 3. 5
Resumen de los costes para las instalaciones de regeneración en EE.UU. (Asano, 1998).

Sistema de tratamiento de aguas residuales	Ciclo de Vida de los Costes (€/m ³) ^a		
	37,000 m ³ /día	19,000 m ³ /día	3,800 m ³ /día
Tratamiento primario			
Capital	0.19	0.07	0.05
explotación y mantenimiento	0.08	0.06	0.05
Total	0.27	0.13	0.10
Fangos activados convencionales y desinfección con cloro			
capital	0.40	0.19	0.16
explotación y mantenimiento	0.15	0.10	0.10
Total	0.55	0.29	0.26
Biofiltro combinado con fangos activados y desinfección con cloro			
capital	0.43	0.20	0.17
explotación y mantenimiento	0.17	0.12	0.11
total	0.60	0.32	0.28
Aireación prolongada y desinfección con cloro			
capital	0.37	0.17	0.16
explotación y mantenimiento	0.17	0.11	0.11
Total	0.54	0.28	0.27
Aireación prolongada, coagulación-floculación, filtración y desinfección con cloro			
capital	0.55	0.24	0.23
explotación y mantenimiento	0.29	0.22	0.22
Total	0.84	0.46	0.45
Aireación prolongada, coagulación-floculación, filtración directa y desinfección con cloro			
capital	0.45	0.20	0.20
explotación y mantenimiento	0.20	0.13	0.13
Total	0.65	0.33	0.33
Aireación prolongada, mezclador en línea, filtración directa y desinfección con cloro			
capital	0.46	0.22	0.20
explotación y mantenimiento	0.19	0.13	0.13
Total	0.65	0.35	0.33
Aireación prolongada con remoción de fósforo, mezclador en línea, filtración directa y desinfección con cloro			
capital	0.47	0.24	0.23
explotación y mantenimiento	0.37	0.31	0.30
Total	0.84	0.55	0.53
Proceso Bardenpho			
capital	0.50	0.28	0.25
explotación y mantenimiento	0.15	0.11	0.11
Total	0.66	0.39	0.36
Aireación prolongada, mezclador en línea, filtración directa, contacto con carbón activado y desinfección con cloro			
capital	0.60	0.34	0.33
explotación y mantenimiento	0.46	0.38	0.37
Total	1.06	0.72	0.70
Aireación prolongada, mezclador en línea, filtración directa, contacto con carbón activado, osmosis inversa y desinfección con cloro			
capital	0.88	0.58	0.55
explotación y mantenimiento	0.69	0.55	0.53
Total	1.57	1.13	1.08
Fangos activados, coagulación-floculación con cal, filtración, recarbonización, osmosis inversa y desinfección con cloro			
capital	0.79	0.46	0.43
explotación y mantenimiento	0.59	0.47	0.45
Total	1.38	0.93	0.88

^a Los costes de capital son amortizados con base en un ciclo de vida de las instalaciones de 20 años y una tasa de descuento del 10%.
Tipo de cambio: 1 dólar = 0.7705 € en 1996

La figura 3.5 presenta un resumen de los rangos de fluctuación de los costes totales de diversas alternativas de reutilización (conforme con los criterios de calidad establecidos en California, EE.UU. para la reutilización de agua regenerada). Estos valores han sido obtenidos durante los 20 años de experiencia en la implantación de proyectos de regeneración y reutilización de agua en el estado de California (Asano, 1998). Como se puede apreciar, las reutilizaciones industriales y de recarga en inyección directa presentan fluctuaciones significativas, esto se debe a la variedad de tecnologías existentes que permiten obtener una calidad de agua aceptable para estos usos. Es importante hacer notar la diferencia tan grande que existe en el coste de la reutilización del agua regenerada para la recarga de acuíferos según el método empleado. En promedio llega a ser 12 veces más cara la recarga directa a la recarga indirecta o por infiltración.

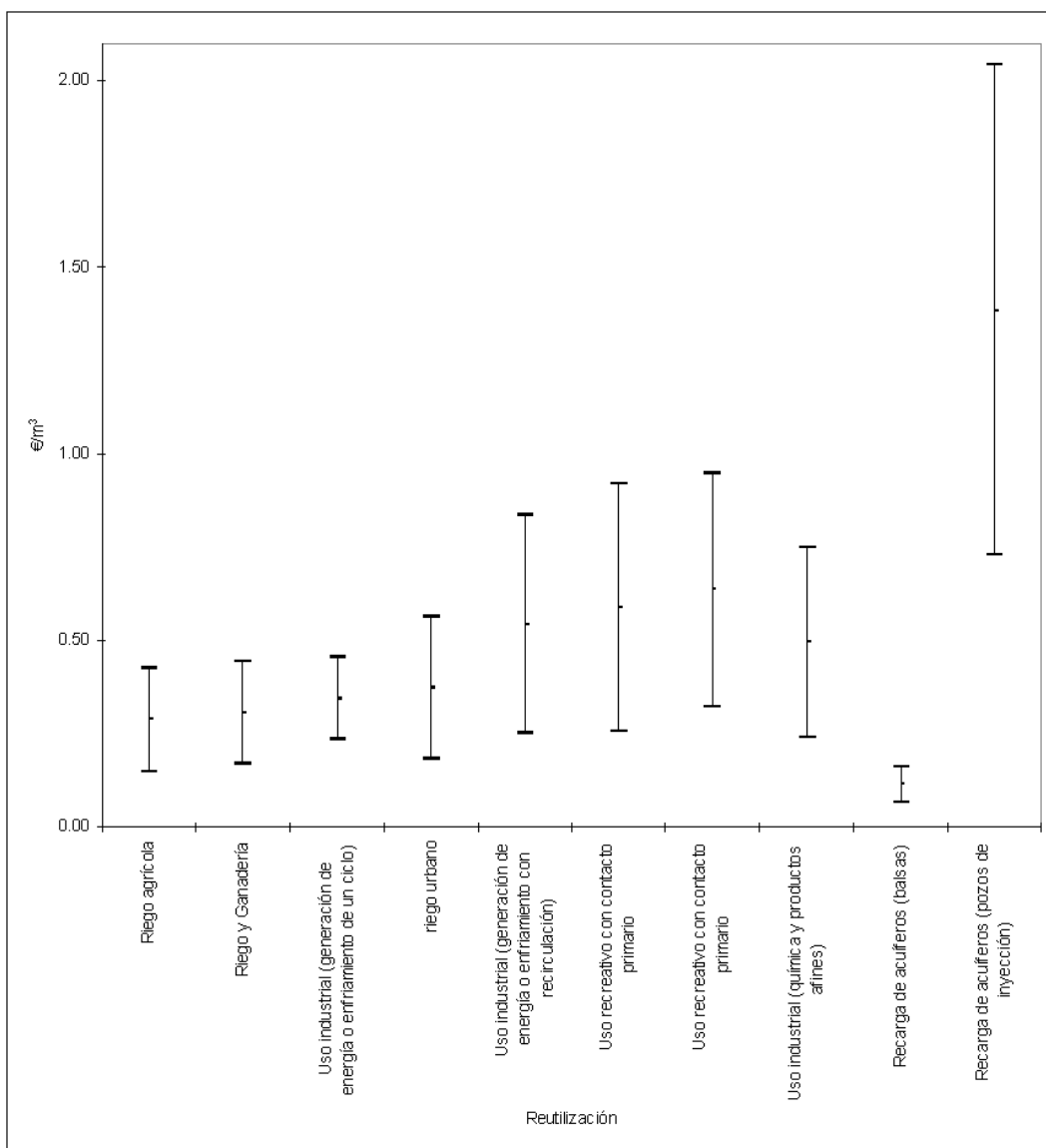
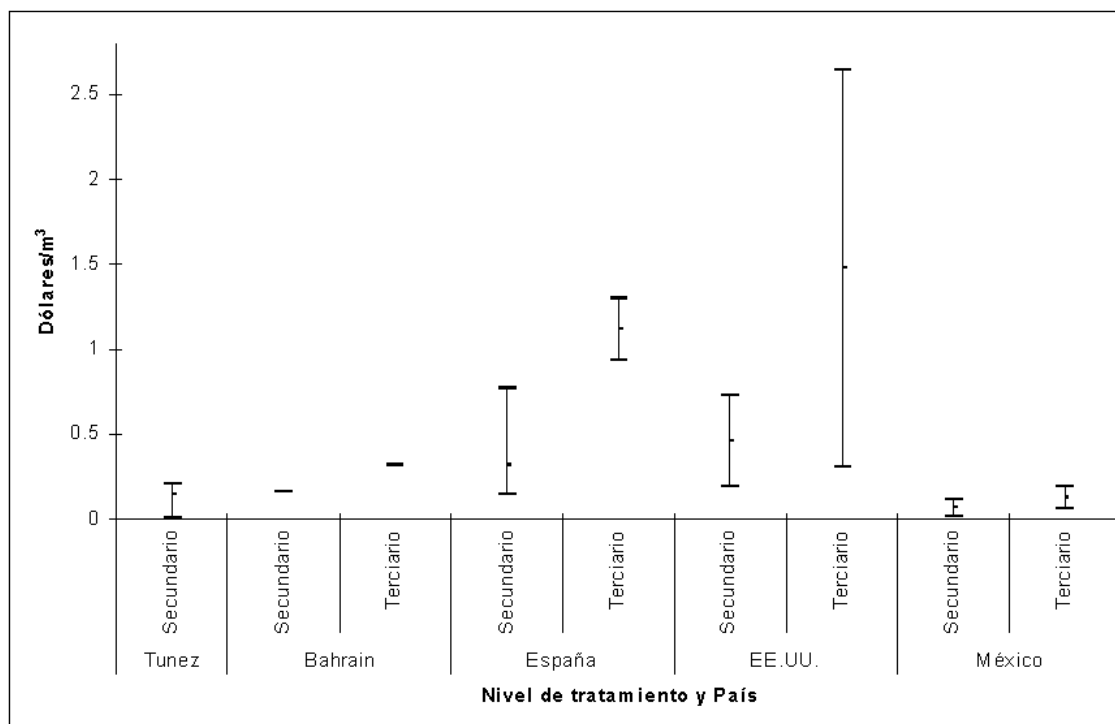


Figura. 3. 5 Costes totales de agua regenerada según su reutilización en EE.UU.(Asano, 1998).

Según Asano (2001), los costes en los sistemas de regeneración biológicos en los EE.UU. tienen la siguiente distribución: 24% del coste corresponde al tratamiento primario, 40% al tratamiento secundario, 22% al tratamiento de los fangos y 14% a la infraestructura administrativa y de control.

La figura 3.6 presenta los costes totales, en diferentes países, para sistemas de regeneración de nivel secundario y terciario. La variabilidad de los costes es significativa, sin embargo, se aprecia que en los países más tecnificados el coste del agua regenerada es mayor que en los países en vías de desarrollo.



Fuente: Túnez.- Bahri (2001), Bahrein.- Al-Zubari (1997), España.- INE (2001) y Olcina (2002), EE.UU.- Asano (1998), México.- IMTA (1997)

Figura. 3. 6 El coste de los sistemas de regeneración en diferentes países del mundo (Elaboración propia).

Es importante llegados a este punto establecer la siguiente reflexión. Hasta ahora se ha definido, el agua regenerada como el resultado de someter el agua residual cruda a una serie de procesos que conllevan al cambio de sus características iniciales y que permiten la reutilización de la misma. Estos procesos tienen unos costes de inversión, explotación y mantenimiento, sin embargo, el pago de estos costes estará dado por dos entes: 1) el responsable de la generación del agua residual y, por tanto, responsable de su descontaminación y 2) el sujeto interesado en la reutilización del agua con cierta calidad para satisfacer sus necesidades. La figura 3.7 representa esta distribución equitativa de costes entre quien genera la contaminación y quien pretende reutilizar el agua regenerada.

Friedler (2001) considera que el tratamiento y la disposición de las aguas residuales han sido pagados tradicionalmente por la ciudad que produce las aguas residuales. La irrigación con aguas residuales introduce un nuevo componente económico en la fórmula: los agricultores que se beneficiarán de las aguas residuales regeneradas. Los agricultores pueden comprar las aguas regeneradas del sector urbano, o invertir en el SRRAR, o cubrir los costes operacionales y de mantenimiento. Hay diversos esquemas potenciales entre los sectores urbanos y rurales. Esto significa que los costes totales para la regeneración y reutilización de las aguas residuales son compartidos de alguna manera por ambos sectores:

- Para el sector urbano esto significa una reducción de los costes del tratamiento de las aguas residuales.
- Para el sector rural esto significa un acceso a una fuente confiable del agua para la irrigación en un coste más bajo que el coste de importar el agua convencional de fuentes distantes.

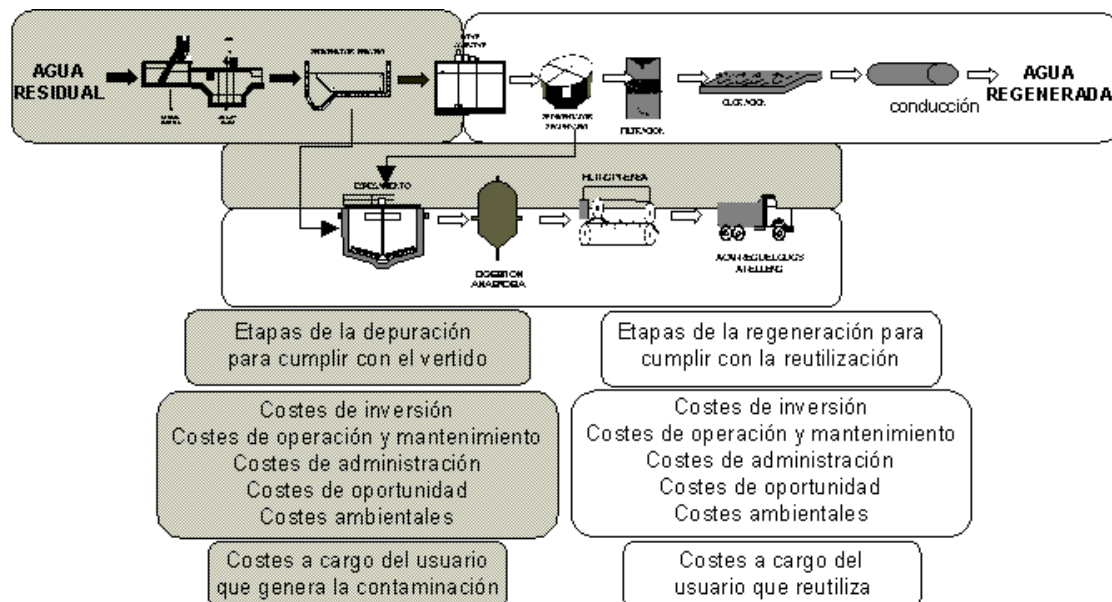


Figura. 3. 7 Distribución equitativa de los costes de regeneración y reutilización de las aguas residuales (Elaboración propia).

Actualmente los sistemas de regeneración experimentan cambios tecnológicos muy importantes, por ejemplo, desde el desarrollo e implantación de la tecnología de membranas, la regeneración de aguas residuales ha modificado procesos de manera significativa como por ejemplo, la sustitución de la sedimentación secundaria por membranas sumergidas en el biorreactor (Buisson et al., 1998). Esto tiene como ventaja ahorros de inversión y la disminución del tamaño del terreno, y en contraposición mayores consumos de energía y renovación periódica de las membranas.

Este hecho tiene un impacto importante en la determinación de la vida útil de los proyectos, pues si bien en lo que respecta a la obra civil se considera un tiempo de vida útil entre los 45 y

50 años, los equipos son de tan solo 15 años (Bahri, 2001). Esto es una situación que deberá tenerse en cuenta en el momento de anualizar los costes de inversión.

3.3.5.3 Los precios del agua regenerada

El estudio publicado por Cuthbert y Hajnosz (1999) resume los resultados de una investigación sobre las proporciones y las estrategias de tarifado utilizadas por 23 empresas de abastecimiento de agua de los Estados Unidos que explotan sistemas de agua regenerada. Las 23 empresas estudiadas corresponden a 5 estados de la unión americana: Arizona (5), California (7), Florida (10), Hawai (1) y Texas (3). La mayoría de las empresas estudiadas coinciden en que los mayores usuarios de agua regenerada son clientes de los llamados usos recreativos como campos de golf y parques, así como el riego en áreas verdes en escuelas. Otros usos incluyen plantas de producción de energía, lavado de coches y algunas aplicaciones comerciales. Cuatro de las empresas muestran un uso significativo de agua para riego en zonas residenciales. El número medio de usuarios de agua regenerada atendido por las empresas se sitúa en el rango de 1,000 a 2,500.

Once de las 23 empresas indican que su tarifa de agua regenerada se obtiene como un porcentaje de su tarifa de agua potable. El porcentaje varió entre el 50 y 100%, con una media próxima al 75%. Esto es consistente con la filosofía de tarifado del agua regenerada en la que la tarifa 1) se basa en una opción competitiva comparada (por ejemplo, la tarifa para agua potable); 2) es más baja que la tarifa de agua potable siendo así una alternativa viable y atractiva para ciertos consumidores y 3) ofrece un incentivo económico para el uso de agua regenerada, permitiendo potencialmente a una empresa retrasar expansiones costosas o el desarrollo de nuevas fuentes.

La recuperación del coste oscila desde una pequeña proporción hasta el 100% del coste total de regenerar y reutilizar el agua residual. La mayoría de empresas aparentemente recuperan el 75% del coste del agua regenerada, recuperando en casi todos los casos los costes de explotación. Sólo seis de las 23 empresas afirman basar las tarifas del agua regenerada en un estudio de costes del servicio. Los resultados del estudio indican que la mayoría de las empresas no recuperan sus costes, por lo que es necesario que los sistemas de agua regenerada sean subsidiados por otros clientes o por otros medios, dando lugar a subsidios cruzados difíciles de compensar. Las subvenciones de los costes de agua regenerada pueden ser justificadas por distintas razones, basándose en los beneficios que los clientes tienen al recibir agua regenerada, entre los que podemos mencionar: un agua de mejor calidad, el reducir los vertidos de agua residual, una mayor disponibilidad de abastecimiento con agua potable y menores restricciones de riego durante periodos de sequía.

Las conclusiones de los autores sostienen que actualmente muchas empresas han elegido basar sus tarifas de agua regenerada como un porcentaje de la tarifa de agua potable. Aunque esta estrategia puede ser efectiva para promocionar el uso de agua regenerada, el éxito de un programa de agua regenerada reside en el grado en que sea capaz de recuperar sus costes totales. Los autores consideran que para que un sistema de agua regenerada sea competitivo con los sistemas de agua potable, estos deben ser siempre evaluados en igualdad de condiciones, es decir, contemplando en ambos casos la distribución del agua, ya que de lo contrario los sistemas de regeneración se encontrarán siempre en gran desventaja.

Por su parte, Ogoshi y Asano (2001) reconoce que en Japón el precio del agua regenerada está en función de un porcentaje del agua potable, siendo este inferior al 100%. A escala nacional el agua regenerada tiene un precio de 2.99 USD/m³, mientras que el agua potable es de 3.73 USD/m³.

Sin embargo desde un punto de vista económico, parece razonable que los costes deberían ser, cuando menos, la base del bien ofertado. Si, además, consideramos que tal bien puede resultar escaso en términos económicos, es decir, la demanda del bien a ese precio fuera superior a la oferta, la lógica de mercado llevaría a valorar el bien sobre la base de su valor de escasez, por encima del citado valor de coste (Arrojo, 1999). Este hecho no hace más que reflejar la existencia de externalidades asociadas al consumo y a la producción de agua. Por tanto, el precio del agua no debería formarse exclusivamente a partir de los costes asociados con su producción, sino que debería considerar igualmente el precio de la propia agua, los efectos ambientales o externalidades asociadas con su producción y consumo y su coste de oportunidad. Es decir, el precio debería calcularse de manera que al menos todos los costes relacionados (incluyendo los ambientales que no presentan un reflejo en el mercado, por causas diversas) puedan ser recuperados.

3.3.5.4 Análisis financiero.

El problema de la financiación de las infraestructuras hidráulicas ha dado lugar a frecuentes controversias ideológicas, al haberse interpretado en ciertos casos como una renuncia de los poderes públicos al ejercicio de sus potestades, que desemboca en una privatización de las mismas. (PHN, 2000)

El análisis financiero da respuesta a la posibilidad de implantar un SRRAR y puede ser determinante para la viabilidad económica del proyecto. Los costes de inversión en este tipo de proyectos oscilan entre el 45% y el 75% del coste total (Asano, 1998), lo que en muchos casos puede ser la limitante para el desarrollo del proyecto. Obtener las cantidades de dinero que cubran la inversión inicial de los SRRAR puede conducir a un coste de intereses que ponga en riesgo la viabilidad económica del proyecto y por ende su ejecución.

Los SRRAR han sido tradicionalmente financiados por el estado, sin embargo, en la actualidad existen muchos esquemas de financiamiento donde se busca la participación pública y privada para el desarrollo de estos proyectos. Ejemplo de ello lo encontramos en varias publicaciones de la Corporación Internacional de Financiamiento (IFC, 2003), organización que es miembro del Banco Mundial. El IFC tiene entre sus objetivos el promover la participación del sector privado en la inversión de SRRAR. Otro ejemplo es el programa de financiamiento al medioambiente desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA, 2003).

El encarecimiento que la participación privada puede introducir en la ejecución del proyecto puede verse sin duda compensado por la mayor celeridad de su desarrollo y puesta en servicio. Por otra parte, las aportaciones del sector público pueden revestir muy diversas formas: subsidios a la inversión o la explotación, anticipos reintegrables, transferencias de activos, participaciones de capital, fórmulas de sociedades mixtas o entes públicos específicos, bonificaciones de interés, préstamos a largo plazo y garantías sobre riesgos. Estas contribuciones deben ser las mínimas necesarias para atraer al capital privado, de forma que éste asuma un riesgo proporcionado a su posible beneficio (PHN, 2000).

Sancho (1999) recoge para el ámbito español una descripción de los posibles esquemas financieros que pueden utilizarse para el financiamiento de los SRRAR que son aplicables en cualquier otro país, variando simplemente las condiciones de participación.

1. Financiación Pública

Existen básicamente tres modelos de financiación pública. El primero es aquel en que los beneficiarios se comprometen a la devolución de una parte del coste a lo largo del periodo de amortización de las obras, que pueden cifrarse entre 25 y 50 años. En el segundo modelo, llamado "modelo alemán", la iniciativa privada financia la obra y al final de su ejecución el estado resarce los costes devengados. Finalmente el tercero, llamado "peaje a la sombra", acepta la financiación de la construcción y explotación de una determinada obra por parte del sector privado, a cambio de una concesión estatal de dicha obra durante un tiempo determinado para la recuperación de la inversión realizada.

Este último modelo ha sido utilizado con éxito en algunos países, como el Reino Unido con el llamado Private Finance Initiative (PFI), para financiar básicamente plantas de tratamiento de agua.

2. Financiación mixta

Este esquema de financiación trata de transferir los recursos a otros entes, con el fin de no computarlos en el cálculo del déficit público. Entre estos entes podemos mencionar las nuevas sociedades estatales, cuya característica es que tienen ingresos por la venta de sus servicios, considerándose que estas ventas deben generar al menos el 50% de sus ingresos para no computar en déficit.

La diferencia sustancial entre el modelo tradicional y la Sociedad Estatal reside en el proceso de toma de decisiones y en la distribución de responsabilidades, ya que el modelo de Sociedad Estatal produce una descentralización y permite que la toma de decisiones sobre las obras la realicen los usuarios de manera clara y real. A cambio, se exige a los usuarios que estén dispuestos a impulsar y a financiar las obras que ellos mismos consideren perentorio realizar.

La otra gran ventaja es que los recursos aumentan debido a que la aportación es por partes iguales, de tal forma que si el estado aporta 100, en el global se dispondrá de 200, 100 por parte del estado y 100 por parte del usuario.

3. Financiación Privada

Esta fórmula habrá de tener un gran desarrollo en el futuro para la ejecución de determinadas obras hidráulicas, como podrían ser el caso de los grandes abastecimientos de agua y la depuración de aguas residuales.

3.3.5.5 Análisis económico.

El aspecto económico es tal vez el menos abordado en las investigaciones sobre la regeneración y reutilización de las aguas residuales, debido a que en general sólo se considera uno de sus componentes, "los costes privados", mientras que otros componentes, como los efectos externos (positivos y negativos) o el propio coste de oportunidad del agua se relega a una serie de pronunciamientos sobre las ventajas de realizar la regeneración y reutilización, hecho que tiene como consecuencia que en muchos casos sólo se realice un análisis coste-eficiencia. Esto se puede deber, muy probablemente, a que los expertos en el ámbito de la regeneración y reutilización de las aguas residuales consideren difícil valorar los efectos externos, ya sean positivos o negativos, y expresarlos en unidades monetarias, ocasionado en gran parte a la falta de interacción con especialistas de otras áreas del conocimiento. Aunque los factores técnicos, ambientales y sociales son considerados en la planificación de los proyectos, usualmente los factores monetarios o técnicos dominan sobre los otros factores, como los ambientales, sociales y culturales, cuando se realiza la toma de decisión para la implantación de estos proyectos.

Los técnicos han definido al análisis económico como la herramienta que facilita las bases para justificar un SRRAR en términos monetarios (Asano y Mills 1990, Standish-Lee 1997). Un proyecto se considera justificado si el total de beneficios excede el total de los costes.

Otro aspecto del análisis económico es que considera solamente los flujos de recursos invertidos en el futuro o derivados del proyecto. Las inversiones realizadas en el pasado son consideradas como costes a fondo perdido y son irrelevantes para la decisión de futuras inversiones. A través de ello, los intereses generados por las deudas en inversiones pasadas no son incluidos en un análisis económico. Un error muy común a este respecto es la confusión entre el precio del agua con el coste de agua.

Un concepto erróneo en el análisis económico es suponer inicialmente que la reutilización de las aguas regeneradas representa un coste más bajo que el de un nuevo suministro de agua. Esta suposición es generalmente cierta, solamente cuando las instalaciones del sistema de regeneración del agua residual están localizadas cerca del usuario potencial como lo son las grandes superficies agrícolas o instalaciones industriales, evitando así el transporte del agua. Los sistemas de conducción y distribución para el agua regenerada pueden representar el mayor coste en un proyecto de reutilización, y ser la limitante de la viabilidad económica de un SRRAR.

Así mismo, el saneamiento de las aguas residuales ha obedecido a cuestiones de interés político, motivadas básicamente por una demanda social. Esto ha propiciado la implantación de planes y programas de saneamiento, sin requerir por ello una evaluación económica de las acciones que representaban.

El proceso de toma de decisiones para implantar los sistemas de regeneración ha consistido en desarrollar una serie de alternativas y realizar su elección, conforme el criterio de la alternativa de menor coste, en lugar de un criterio de viabilidad económica, es decir, una evaluación que refleje que los beneficios de realizar las acciones justifican la inversión, la explotación y el mantenimiento de estos sistemas. En este contexto, cabe señalar que la reutilización planificada es una opción más dentro de la gestión integral del agua, que puedes ser en algunas ocasiones una alternativa viable económicamente.

Por su parte, Pasqual (1999) plantea una metodología para la evaluación económica de proyectos más general, donde el objetivo es determinar el beneficio social o privado que conlleva la realización de un proyecto.

En esta metodología se plantean 16 fases que deberían ser abordadas para lograr evaluar el proyecto. La tabla 3.6 resume las fases planteadas y una breve descripción de cada una de ellas (sin implicar que el orden aquí presentado obedece al orden estricto de ejecución). A

pesar de ser una metodología general de la evaluación de proyectos, ésta aporta elementos esenciales que no han sido considerados en el ámbito técnico de la regeneración y reutilización de las aguas residuales.

Tabla 3. 6
Análisis de la metodología de planificación general (Pascual, 1999).

Fases	Descripción
Definición de objetivos	Un proyecto será más o menos deseable en función de si contribuye a disminuir más o menos la distancia que separa la situación actual o statu quo de una situación ideal predefinida o de un punto que se ha tomado como objetivo para la sociedad en su conjunto. Por defecto, se entiende que el objetivo es maximizar la diferencia entre la valoración total de los consumidores y el coste total.
Definición del ámbito de estudio	Se considera como ámbito de estudio al espacio físico, la duración temporal y el conjunto de agentes a tener en consideración. Los impactos que se producen dentro de este ámbito se consideran internos y, por tanto, computables, en tanto que los demás tienen el carácter de externos y, típicamente, no se toman en cuenta. Un proyecto puede plantearse de forma que sea de interés general o resulte muy especializado, con un alcance extremadamente limitado.
Detección de los impactos del proyecto	La complejidad y dificultad de esta tarea depende del tipo de proyecto del que se trate y de los objetivos que se persigan. Por regla general, se requerirá de un equipo de expertos en diversas disciplinas que sean capaces de identificar estos impactos.
Identificación de los agentes implicados	Determinar los impactos del proyecto, permitirá identificar los agentes que resultan afectados de una u otra forma, incluyendo aquellos que participen en la financiación. En una clasificación mínima, los agentes se distinguirán según sean consumidores o productores, agentes privados o gubernamentales y pertenezcan a una generación determinada, presente o futura.
Periodicidad de los impactos	Cada uno de los agentes involucrados en el proyecto recibe unos impactos que es preciso ubicar en el tiempo. Dado que cuanto antes se produzca un beneficio y cuanto más tarde se incurra en un coste, mejor. Aquí es importante indicar la fecha que corresponde a cada impacto.
Ámbito de influencia real del proyecto	El ámbito real queda delimitado por la unión de los ámbitos detectados para cada tipo de agente con una característica determinada. Analizar el ámbito real teniendo en consideración los propósitos del proyecto, es un ejercicio poco costoso que, en ocasiones, proporciona sorprendentes resultados.
Caracterización de los impactos	Caracterizar cada uno de los impactos como bienes económicos específicos y diferenciados, con un doble objeto, poner a prueba los resultados obtenidos hasta ahora y facilitar el análisis posterior por otra.
Delimitación de un ámbito compromiso	En esta fase se constituye el ámbito definitivo en el que se enmarcará el estudio, tomando como punto de partida los diversos ámbitos que se han configurado. Se tienen en consideración, además, las restricciones que son relevantes en la práctica, restricciones que pueden ser de tipo cultural, administrativo o político, entre otras.
Cuantificación de los impactos	Los datos obtenidos hasta ahora son abstractos o cualitativos. Interesa saber lo que ocurre pero también en qué medida, de manera que habrá que tomar la relación de impactos periodificados por agente y cuantificarlos.
Valoración de los impactos	A partir del detalle de cantidades para cada impacto, agente y periodo, sólo falta una indicación de valor relativo, para obtener una relación de costes y beneficios periodificados junto con información acerca de cómo se distribuyen entre los distintos tipos de agentes. Cabe recordar la existencia de multitud de técnicas de valoración de entre las que se escogerá la más adecuada a cada problema específico.
Estudio de las necesidades y posibilidades financieras	De poco sirve el proyecto más rentable que pueda imaginarse si no se puede financiar. Por otra parte, el coste de financiación acaso dependa, por alguna razón, del proyecto concreto que se pretenda ejecutar, de manera que el mejor proyecto sin tener en cuenta financiación tal vez deje de serlo al incorporar los costes financieros.
Agregación de costes y beneficios	Los métodos clásicos para calcular la rentabilidad, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) son muy útiles, máxime cuando se deben analizar muchos proyectos relativamente pequeños y la tasa de inversión es aproximadamente igual a la tasa de reinversión.
Comprobación de la eficiencia del proyecto	La eficiencia de un proyecto está siempre en cuestión y, como mínimo, se examinará una vez antes de tomar una decisión definitiva. Conviene preguntarse siempre si no fuese posible disminuir alguno de los costes sin merma de beneficio y, visto el problema desde la vertiente opuesta, si no podría obtenerse un mayor beneficio del tipo que sea sin aumentar el coste.
Valoración del entorno en el que se enmarca el proyecto	Es necesario tener en consideración los parámetros y variables más importantes del entorno en el que debe desarrollarse el proyecto. Con todo, conviene tener presente un aspecto que puede pasar desapercibido, el grado de eficiencia en suministros de bienes y servicios que, de alguna forma, están relacionados con los que genera el proyecto.
Análisis de sensibilidad	Con el análisis de sensibilidad se mide la importancia de cada uno de los parámetros que intervienen en el cálculo de la rentabilidad.
Retroalimentación (feed-back)	La evaluación de un proyecto cuando éste ya está en funcionamiento es extremadamente útil, tanto para mejorar futuros proyectos como para afinar los procesos de evaluación.

La comparación entre las Metodologías en el Ámbito Técnico (MAT) y la propuesta por Joan Pasqual arroja los siguientes puntos de divergencia:

- En las MAT el objetivo central es meramente físico, es decir, la necesidad de producir un bien, agua regenerada y su distribución, perdiendo de vista el sentido de maximizar los beneficios, tanto privados como sociales.
- Los apartados relativos al análisis económico y financiero en la MAT en ningún momento detallan la forma en que deberán realizarse, lo que deja una gama de lagunas de información para el desarrollo de dichos análisis.
- Y finalmente las MAT no establecen cuestiones de suma importancia como son: la definición del ámbito de estudio, la detección de los impactos del proyecto, la identificación de los agentes implicados, la caracterización de los impactos, la cuantificación de los impactos, la valoración de los impactos, la agregación de costes y beneficios, la comprobación de la eficiencia del proyecto, la valoración del entorno en el que se enmarca el proyecto y el análisis de sensibilidad.
- Por otro lado, la metodología planteada por Pascual esta desarrollada para cualquier tipo de proyectos por lo que existen algunos puntos de ésta que no son necesarios considerar para los SRRAR.

3.4 Conclusiones

Las diferentes metodologías desarrolladas muestran un sesgo importante hacia el ámbito técnico, debido básicamente a que la ingeniería ha sido tradicionalmente la encargada de resolver los problemas relativos al sector hidráulico.

Sin embargo, esta visión empieza a cambiar y la incursión de otras áreas del conocimiento es cada vez más significativa, lo cual esta permitiendo visualizar y conocer alternativas de solución desde otras perspectivas, proporcionando de esta manera mayor información que disminuye el riesgo para el tomador de decisiones. Esto queda de manifiesto en el marco sugerido por el Banco Mundial para la planificación de proyectos en regeneración y reutilización de aguas residuales, es probablemente más complejo y extenso que el del análisis tradicional de viabilidad. Así mismo, requiere del reclutamiento de personal adicional, sin embargo, el crear y desarrollar proyectos con la participación multidisciplinaria permitirá obtener resultados más fiables para la implantación del mismo, que permitan una disminución de los riesgos de inversión y una mayor garantía del éxito y buen funcionamiento del proyecto propuesto.

A pesar de esto, se ha podido apreciar que los aspectos técnicos y legales gozan de un desarrollo importante y de una metodología generalmente bien estructurada. Mientras que, los aspectos ambientales, sociales y económicos presentan un enorme rezago por lo que es necesario reforzarlos metodológicamente.

Actualmente, los aspectos técnicos discurren sobre dos líneas básicamente: 1) el desarrollo y mejora de la tecnología para la eliminación de microorganismos patógenos, con el fin de garantizar el manejo y reutilización del agua regenerada sin que conlleve un riesgo de salud pública y, 2) el desarrollo, para pequeñas comunidades, de tecnologías de bajo coste que permitan solucionar los problemas de saneamiento y de escasez de agua, mediante la alternativa de la reutilización del agua regenerada.

Respecto a los aspectos legales, se busca estandarizar, y en algunos casos establecer, las normas que definan los criterios de calidad del agua regenerada para su posterior reutilización, estas normas deberán ser flexibles a las investigaciones y nuevos avances técnicos que aporten nuevos indicios sobre las ventajas o riesgos de la reutilización del agua regenerada.

Los argumentos ambientales son cada día más sólidos para justificar la implantación de SRRAR, pues contribuyen, por una parte, al control de la contaminación de las masas de agua, y por otra, al aumento en la disponibilidad de agua, sobre todo en aquellas zonas de baja disponibilidad. Creándose la posibilidad de recuperar y/o mantener los caudales ecológicos o la recarga de acuíferos. No obstante, es necesario desarrollar una metodología que permita la visualización y evaluación de los aspectos ambientales.

Los aspectos sociales cobran cada día mayor importancia, los usuarios quieren conocer y estar informados de las características, ventajas y desventajas que conlleva el uso del agua regenerada, las actuales investigaciones se centran en las preferencias que los usuarios tienen por el uso del agua regenerada, así como, el desarrollar mecanismos de difusión que permitan dar a conocer las ventajas de la reutilización del agua regenerada.

Por lo que respecta a los aspectos económicos existen atrasos metodológicos importantes, pues si bien es cierto, se reconoce la necesidad de realizar una evaluación económica, en la práctica simplemente se desarrolla un análisis de costes como soporte para la toma de decisión.

Por lo que respecta a los costes de los SRRAR, los costes privados han sido documentados y analizados, sirviendo tradicionalmente como base para la toma de decisión económica. Sin embargo, por lo que respecta a los costes externos, estos no son cuantificados y considerados actualmente. Es importante destacar que en los SRRAR los costes pueden ser cubiertos por dos entes distintos 1) el que genera el agua residual y 2) el usuario interesado en la reutilización.

Los precios del agua regenerada no son establecidos por políticas de mercado, sino por un porcentaje del precio del agua de primer uso, con la finalidad de facilitar la entrada del agua regenerada en la oferta de agua en una región.

El análisis financiero en los SRRAR consiste en establecer el esquema óptimo que permitirá la implantación del sistema. En consecuencia se producirán una serie de costes financieros que deberán ser cubiertos, ya sea por la incorporación de estos en el cobro del agua reutilizada o bien por subsidios.

El análisis económico actualmente se centra en un análisis coste-eficiencia con el cual se selecciona el SRRAR de menor coste. La dificultad de realizar un análisis coste-beneficio obedece a la falta metodológica para identificar, cuantificar y valorar monetariamente los impactos privados y externos, producto de la regeneración y reutilización de las aguas residuales.

Con base en esta evaluación, las metodologías para la planeación de proyectos en sistemas de regeneración y reutilización de las aguas residuales muestran carencias significativas, particularmente en lo que al aspecto económico se refiere.

Referencias

- Ackoff, R. L. (1983). *Planificación de la empresa del futuro* Ed. Limusa. México.
- Adham, S.S.; Gagliardo, P.F.; Trussell, R.R.; and Olivieri, A.W. (1998). Removal of Microorganisms in Water Repurification. Comunicación presentada en la conferencia Federal de especialistas en desinfección. Pag. 17, Denver, Colorado, EE.UU.
- Al-Zubari K. (1997). Towards the Establishment of a Total Water Cycle Management and Re-use Program in the GCC Countries. Comunicación presentada en el 7th Regional Meeting of the Arab National Committees of the International Hydrological Programme of UNESCO. Rabat, Morocco, 8-12 Septiembre. <http://unesco-cairo.org/Programmes/science/ihp/7thIHP.htm>
- Andrade, A.J. (1996). Reclaimed Water Public Education and Awareness. Comunicación presentada en la conferencia AWWA Conserv 96. Pag. 453-455, Orlando, Florida, EE.UU. Enero 4-8.
- Arora, M., y Voutchkov, N. (1997). Matching Water Reclamation Technologies with Effluent Quality Goals. Comunicación presentada en la conferencia 70th. Federal anual de Water Environmental, pag. 133. Chicago, EE.UU.
- Arrojo, P. (1999). El valor económico del agua. *cidob d'afers internacionals*.no. 45-46. <http://www.cidob.org/Castellano/Publicaciones/Afers/45-46.html>
- Arteaga J. (2001). "La nueva directiva marco". *Tecnología del agua*. No. 34, pag. 27-32.
- Asano, T. y Levine A. (1996). "Wasterwater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present and Future". *Water Science and Technology*. vol.33, no. 10-11 pag. 1-14
- Asano, T. (1991). "Planning and implementation for Water Reuse Projects". *Water Science and Technology*. vol.10, no.9 pag. 1-10
- Asano, T. (2001). "Water from (waste)water – The dependable water resource the dependable water resource (The 2001 Stockholm Water Prize Laureate Lecture)". *Water Science & Technology* Vol 45 No 8 pag 23–33
- Asano, T. (Editor) (1998). *Wastewater Reclamation and Reuse*. Vol. 10. Water Quality Management Library. Technomic Publishing Inc. Lancaster, PA EE.UU.
- Asano, T. y Mills R. (1990). "Planning and Analysis for Water Reuse Projects". *Journal American Water Works Association*. vol.82, no.1. pag.38-47.
- Asano, T.; Montovani, P.F.; y Zeghal, S. (1998). Developing Comprehensive wastewater Reuse Criteria. Comunicación presentada en la conferencia Federal Water Reuse, pag. 357-371. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Bahri A. (2001). Irrigation with reclaimed water in tunisia and in middle eastern countries. Comunicación presentada en The 21st Century International Conference & Exhibition on Developing Strategy of Urban Wastewater Treatment and Reuse. noviembre 27-29, 2001, Beijing, China. <http://211.147.14.17/lianmeng/21cnwater/eng-art/2001/ajs.htm>
- Bastian, R. (2001). "What is the water reuse?". *Water Environment & Technology*, Vol. 13, No. 1. pag. 80
- Berzins, A.; Lee, J.; y jackson, E. (1998). Combined Water Supply and Wastewater Utilization. Comunicación presentada en la 71st conferencia Federal anual de Water Environmental., Orlando, Florida, EE.UU.
- Bontoux, L. (1997). The Case for a European wastewater Reuse Regulation. Comunicación presentada en la Conferencia the WEF Beneficial Reuse of Water and Biosolids Specialty., Málaga, España.
- Bourgeois, K.; Darby, J.; y Tchobanoglous, G. (1998). Membrane Filtration for Water Reuse: An Evaluation of Ultrafiltration as a Secondary and Tertiary Treatment Process. Comunicación presentada en la conferencia Microfiltration II, pag. 173. San Diego, California, EE.UU.
- Buisson, H.; Cote, P.; Zeghal, S.; Mantovani, P.; y Pound, C. (1998). Compact Membrane Reactor for Wastewater Reuse. Comunicación presentada en la conferencia Federal Water Reuse, pag. 567-577. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- California Health Laws (2001). *The Purple Book*. California Health Laws Related to Recycled Water June 2001. <http://www.dhs.ca.gov/ps/ddwem/publications/waterrecycling/purplebookupdate6-01.PDF>
- CEDEX (1999). Borrador de Decreto sobre reutilización de aguas residuales; no publicado. Comunicación personal de R. Mujeriego.

- Clinton, T.A. (1998). Videos for Recycled Water Marketing, Training, and Education. Comunicación presentada en la conferencia Federal Water Reuse, pag. 75-79. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Crook, J. (1998). Findings of NRC Report on the Viability of Augmenting Drinking Water Supplies With Reclaimed Water. Comunicación presentada en la conferencia Federal Water Reuse, pag. 381-400. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Cuthbert, R y Hajnosz, A (1999). "Reclaimed Water Rates". *Journal of the American Water Works Assoc.* Vol. 91 No. 8 pag. 50-57
- Danielson, R.E.; Pettegrew, L.A.; Soller, J.A.; Olivieri, A.W.; Eisenberg, D.M.; y Cooper, R.C. (1996). A Microbiological Comparison of a Drinking Water Supply and Reclaimed Wastewater for Direct Potable Reuse. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 727-734. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28
- Dinar A. (1998). "Water policy reforms: information needs and implementation obstacles". *Water Policy* no.1, pag. 367-382
- Dinar A. y Subramanian A. (1998). "Policy implications from water pricing experiences in various countries". *Water Policy* no. 1 pag. 239-250
- Dinar A. y Xepapadeas A. (1998). "Regulating water quantity and quality in irrigated agriculture". *Journal of Environmental Management* no. 54, pag. 273-289
- Directiva CE, (2000). Directiva 2000/60/CE, Ed. DOCE <http://hispagua.cedex.es/bbdd/Legis/Textos/Europa/964.pdf>
- Doba, R., y Pellatz, R. (1996). The Flagstaff, Arizona Experience: Year Number One. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 59-70. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Dourojeanni A. (1999). *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*. Ed. CEPAL, Santiago, Chile.
- Dourojeanni A. y Jouravlev A. (2000). *Instrumentos económicos para la gestión del agua en América Latina y el Caribe: el caso del mercado de agua en Chile*. Ed. CEPAL. Santiago, Chile.
- Eisenberg, D.; Olivieri, A.; Soller, J.; y Gagliardo, P. (1998). Reliability Analysis of an Advanced water treatment Facility. Comunicación presentada en la conferencia Environmental Eng., de la asociación Am. Soc. Civ. Eng., Chicago, EE.UU.
- Eisenberg, J.N.; Olivieri, A.W.; Thompson, K.; Seto, E.Y.W.; y Konnan, J.I.; (1996). An Approach to Microbial Risk Assessment. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 735-744. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Embid A. (2001). Una nueva forma de asignación de los recursos. *El mercado del agua*. Ed. Tecnología del agua. Ed. CIVITAS. Zaragoza, España.
- Embid, A. (2000). Reutilización y desalación de aguas. Aspectos jurídicos. *La reforma de la Ley de Aguas*. Ed. CIVITAS. Zaragoza, España.
- EPA (2003). Environmental Finance Program. U.S. Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/efinpage/>
- EPA. (1998). Water recycling and reuse: the environmental benefits. Ed. Water Division Region IX. <http://www.epa.gov/region9/water/recycling/index.html>
- Filice, F.V. (1996). Using Public Opinion Surveys to Measure Public Acceptance of a Recycled Water Program. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 641-651. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Freeman, S.D.; Craig, M.; y Memken, B.E. (1996). Wastewater Reclamation Using the Microfiltration and Reverse Osmosis/Nanofiltration Process of Scottsdale, Arizona. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 219-260. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Freire, A.O. (1997). Wastewater Recycling in Minas Gerais, Brazil: Case Studies in Rocas Novas and Canabrava. Comunicación presentada en la conferencia the WEF Beneficial Reuse of Water and Biosolids Specialty., Málaga, España.
- Friedler E. (2001). "Water reuse – an integral part of water resources management: Israel as a case study". *Water Policy* no.3 pag. 29 – 39.
- Gagliardo, P. (1998a). Comparing the Performance of Various RO Membranes for Water Repurification. Comunicación presentada en la conferencia Federal Water Reuse, pag. 559-566. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.

- Gagliardo, P. (1998b). Indirect Potable Reuse in San Diego. Comunicación presentada en la conferencia Microfiltration II, pag. 65. San Diego, California, EE.UU.
- Gerke, S.R.; Baker, L.A.; y Manthe, D.P. (1998). Nitrogen Transformation in the Treatment Wetland at Kingman, Arizona: Case Study of Wetlands in a Low-Tech, Water Reuse System. Comunicación presentada en la 71st conferencia Federal Water Environmental. Orlando, Florida, EE.UU.
- Geselbracht, J. (1996). Microfiltration/Reverse Osmosis Pilot Trials for the Livermore, California, Advanced Water Reclamation Project. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 187-203. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Geselbracht, J. (1998). Membrane Treatment for Water Reuse in the Livermore-Amador Valley. Comunicación presentada en la conferencia Microfiltration II, pag. 55. San Diego, California, EE.UU.
- Geselbracht, J.; Requa, D.; Lopez, D.; y Henderson, R. (1998). Advanced Water Recycling for Disposal of Peak Wet-Weather Flows. Comunicación presentada en la conferencia Federal Water Reuse, pag. 349-356. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Goldman, R.R., y Kuyk, D.D. (1997). "A Dual water System for Cape Coral". *J. Am. Water Works Assoc.* Vol. 89, no. 7, pag. 45.
- Hirano, R., y Kubick, K. (1996). Process Selection: Inline Filtration Versus Microfiltration for the City of San Francisco. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 261-268. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Humphreys, L. (1996). Value Added Public Outreach. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 635-636. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- IFC (203). The International Finance Corporation. <http://www.ifc.org/>
- IMTA (1997). Tecnología de punta para el reúso de aguas residuales en México. Investigación y factibilidad. Proyecto TC9716. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Realizado para la CNA. Gerencia de Estudios para el Desarrollo Hidráulico Integral. Jiutepec, Mor. México.
- INE (2001). Recogida y tratamiento de las aguas residuales por clase de indicador y comunidad autónoma. Encuesta sobre el suministro y tratamiento del agua. Año 2001. <http://www.ine.es/>
- Iranpour, R. (1998). "Virus Removal by Advanced Membrane Filtration for Wastewater Reclamation". *Water Environmental*. Vol. 70, pag. 1198.
- Iranpour, R.; Ludwig, K.; Straub, B.; Liu, A.; Kharaghani, S.; Palencia, P.; Alvares, S.; y Langley, J. (1998). Fate of MS2 Phages Through Membrane Systems for Wastewater and Water. Comunicación presentada en la 71st conferencia Federal anual Water Environmental. Orlando, Florida, EE.UU.
- Ismail, N. (1997). Wastewater Reuse for Irrigation in And Regions. Comunicación presentada en the 27th Congress of International Assoc. for Hydraulic Research, San Francisco, California, EE.UU.
- Iwata, W.; Cockburn, R.T.; y raine, R. (1996). Maintaining Momentum in a multi-Party Regional Partnership: Case Study of the Central California regional Water Recycling Project. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 565-574. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Jantrania, A.R. (2000). "Wastewater treatment in the 21st century: Technology, operation, management, and regulatory issues". *Journal of Environmental Health*; Denver; Vol 63; no. 2; pag.19-25.
- Johansson R., Tsur Y., Roe T., Doukkali R. y Dinar A. (2002). "Pricing irrigation water: a review of theory and practice". *Water Policy* no. 4 pag.173-199
- Jolis, D.; Lam, C.; Pitt.; y Hirano, R. (1996). Particle Size Effects on UV Light Disinfection of Filtered Reclaimed Wastewater. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 787-799. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Kalbermatten, J. Julius, S. Gunnerson y Mara, D. (1982). *Appropriate sanitation alternatives : a planning and design manual*. World Bank studies in Water Supply and Sanitation ; no. 2 The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank. Washington, EE.UU.
- Khouri, N. Kalbermatten, J. y Bartone, R. (1994). *Reuse of wastewater in agriculture: a guide for planners*. Water and Sanitation program report series; no. 6. The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank. Washington, EE.UU.

- Kubick, K., y Nixon, B. (1996). Building Support for urban water Recycling, San Francisco's Master Plan. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 609-614. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Kuo, J.F.; Dodd, K.M.; Chen, C.L.; Horvath, R.W.; y Stahl, J.F (1997). "Evaluation of Tertiary Filtration and Disinfection Systems for Upgrading High-Purity Oxygen-Activated Sludge Plant Effluent". *Water Environmental*. no.69, pag. 34.
- Kuo, J.F.; Stahl, J.F.; Chen, C.; y Bohler, P.V. (1998). "Dual Role of Activated Carbon Process for Water Reuse". *Water Environmental*. no. 70, pag. 161.
- Lazarova V., Levine B., Sack J., Cirelli G., Jeffrey P., Muntau H., Brissaud F., y Salgot M. (2001). "Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries". *Water Science & Technology* Vol 43, No 10, pag. 25-33
- Lee, G.F., y Jones-Lee, A. (1996). Appropriate Degree of Domestic Wastewater Treatment before Groundwater Recharge and for Shrubbery Irrigation. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 929-939. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Leslie, G.L.; Childress, A.E.; y Elemelech, M. (1998). Colloidal Fouling of Reverse Osmosis Membranes in Municipal Reuse Applications. Comunicación presentada en la conferencia Anual Water Reuse, Monterey, California, EE.UU.
- Leslie, G.L.; Dunivin, W.R.; Gabillet, P.; Conklin, S.R.; Mills, W.R.; y Sudak, R.G. (1996). Pilot testing of Microfiltration and Ultrafiltration Upstream of reverse osmosis During Reclamation of Municipal Wastewater. Comunicación presentada en la conferencia Biental de la Asociación Americana de Desalación. 1996. Monterey, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Levesque, S.; Bowen, P.T.; y Daily, J. (1998). Membrane Treatment of Secondary Effluent for Water Reclamation-Performance. Comunicación presentada en la conferencia Federal Water Reuse, pag. 547-557. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Liberti, L.; Lopez, A.; y Notarnicola, M. (1998). UV Disinfection of Clarified Secondary Effluent for Municipal Wastewater Reuse in Agriculture. Comunicación presentada en la conferencia Federal Disinfection Specialty, pag. 47. Denver, Colorado, EE.UU.
- Lindsey, P.; Waters, R.; Feil, K.; Setka, G.; y Harivandi, A. (1996). The Design and Construction of a Demonstration/Research Garden Comparing the Impact of Recycled vs. potable Irrigation Water on Landscape Plants, Soils, and Irrigation Components. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 435-443. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Louis, G. y M. Siriwardana (2001). "A Procedure for Calculating the Full Cost of Drinking Water" Comunicación presentada en la conferencia CEWorld-a virtual, organizado por la American Society of Civil Engineers. <http://www.ceworld.org/>
- Lu, Y.W.; A.K.; Fong,L.; y Lantz, F. (1996). Multifaced Approach Yields Success for Burbank's Dual Distribution System. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 957-967. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Marecos do Monte M., Angelakis A. y Asano T. (1996). "Necessity and basis for establishment of European guidelines for reclaimed wastewater in the Mediterranean region". *Water Science and Technology* Vol 33 No 10-11 pag. 303-316
- Marinio Manuel y Boland John (1999). *An Integrated Approach to Wastewater Management*. The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank. Washington, EE.UU.
- McPherson, G.B.; Claus, J.A.; Thakral, S.K.; y lai, G.T.-C. (1997). "Wetlands Application of reclaimed Water". *Water Environmental*. No. 9, pag. 35.
- Moreland, V.; Rijal, G.K.; y Fujioka, R. (1996). UV Disinfection of Six Microbial Indicators at a 3 MGD Water Reuse Project. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 205-218. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Mujeriego, R. (1996). La Reutilización Planificada del Agua: Criterios Sanitarios, Económicos y de Gestión. Comunicación personal.
- National Research Council (1998). *Issues in Potable Reuse: The Viability of Augmenting Drinking Water Supplies with Reclaimed Water*. National Academy Press. Washington, D.C.
- Neal, F.C.; Kubick, K.S.; y Jurasek, M. (1996). Planning for Water Reuse at San Francisco Zoo. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 417-434. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.

- Ogoshi M., Suzuki Y. y Asano T. (2001). "Water reuse in Japan". *Water Science & Technology* Vol 43 No 10. pag. 17-23
- Okun, D.A. (1997). "Distributing Reclaimed Water through Dual Systems". *J. Am. Water Works Assoc.*, vol. 89, no. 11, pag. 52.
- Olcina Cantos J. (2002). Planificación hidrológica y recursos de agua no convencionales en España. *Insuficiencias hídricas y Plan Hidrológico Nacional*. Edición de A. Gil Olcina y A. Morales Gil. Edición digital basada en la edición, Alicante, Caja de Ahorros del Mediterráneo, Instituto Universitario de Geografía, 2002. <http://cervantesvirtual.com/>
- Olivieri, A.; Eisenberg, D.; Soller, J.; Cooper, R.; Tchobanoglous, G.; Eisenberg, J.; Trussell, R.; y Gagliardo, P. (1998). Microbial Removal Capabilities of an Advanced Water Treatment Facility: Quantifying the Multiple Barrier. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse. Monterey, California, EE.UU.
- Olivieri, A.W.; Eisenberg, J.N.; Seto, E.Y.W.; Spear, R.C.; y Thompson, K. (1997). Microbial Risk Assessment Using an Epidemiological Based Model: A Case Study of the Public Health Risk of Giardiasis via Exposure to Recalimed Water. Comunicación presentada en la conferencia Beneficial Reuse of Water and Biosolids Specialty. Málaga, España.
- Pasqual J. (1999). *La evaluación de políticas y proyectos, criterios de valoración económicos y sociales*. Ed. Icaria editorial s.a. Barcelona, España
- PHN, (2000). Plan Hidrológico Nacional. Ed. Ministerio de medio ambiente. http://www.mma.es/rec_hid/plan_hidro/index.htm
- Renzetti S. (2003). "Full Cost Accounting for Water Supply and Sewage Treatment: A Case Study of the Niagara Region, Canada" Comunicación presentada en el World Bank's Water Resources Management Group on Economic Instruments. <http://worldbank.org/>
- Richardson, T.G. (1998). Reclaimed Water for Residential Toilet Flushing: Are We Ready? Comunicación presentada en la conferencia federal Water Reuse, pag. 445-449. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Rinck-Pfeiffer, S., Ragusa, S., Vandeveld, T., y Sztajn bok, P. (1998). Aquifer Storage and Recovery (ASR) of Wastewater in South Australia-Water Quality and Clogging Issues Associated with Reuse. Comunicación presentada en la 71st conferencia anual Water Environmental, Orlando, Florida, EE.UU.
- Rink, L.P.; Gurnee, G.E.; y Willhite, R.M. (1996). Multipurpose Constructed Wetlands-A Total Management Perspective. Comunicación presentada en la conferencia Conserv 96, pag. 575-579. Orlando, Florida, EE.UU. Enero 4-8.
- Rose, J.B.; Robbins, M.; Friedman, D.; Riley, K.; Farrah, S.R.; y Hamann, C.L (1996). Evaluation of Microbiological Barriers at the Upper Occoquan Sewage Authority. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 291-305. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Rosenblum, E., y Sheikh, B. (1998). "Choosing To Reuse". *Water Environmental Technology*. Vol. 10, No. 5, pag. 75.
- Ryder, R.A. (1998). Evaluation of Satellite vs. central Treatent Facility for Wastewater Reclamation. Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 715-730. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Sakaji, R. (1998). The Role of Membranes in Water Recycling-A Regulatory Viewpoint. Comunicación presentada en la conferencia Microfiltration II, pag. 21. San Diego, California, EE.UU.
- Saleth R. y Dinar A. (1999). *Evaluating water institutions and water sector performance*. The International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank. Washington, D.C. EE.UU.
- Saleth R. y Dinar A. (2000). "nstitutional changes in global water sector: trends, patterns, and implications". *Water Policy* no. 2 pag. 175-199
- Sancho, T. (1999). Nuevos Sistemas de Financiación Las Sociedades Estatales. Comunicación presentada en el III Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Madrid, España.
- Schwartz, L.N.; olson, W.E.; y Wiseman, L.P. (1996). The City of West Palm beach, Florida Wetlands Based Indirect Potable Reuse Comunicación presentada en la conferencia Water Reuse, pag. 353-366. San Diego, California, EE.UU. Febrero 25-28.
- Seguí, L. (1998). Metodología para la Evaluación de Proyectos de Inversión en Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Tesis de maestría en Ingeniería en Investigación de Operaciones (Especialidad Ingeniería Económica y Financiera del Agua). División de

- Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, DEPMI-UNAM.
- Shelef G. (1991). "The role of wastewater reuse in water resources management in Israel". *Water Science and Technology* Vol 23 pag 2081-2089
- Soler M. (2003). "Water privatisation in Spain" *Internacional journal of public administration*. Vol. 26, No.3, pag. 213 –246.
- Standish-Lee Perri. (1997). Planning a water reuse project. Comunicación presentada en la conferencia Utilización de aguas regeneradas y biosólidos. Abril 6-7 de 1997. Malaga, España.
- Stillwell, S.A.; Clark, J.H.; and Wilson, M.D. (1996). Los Angeles Zoo Reclaimed Water Facility Study. Comunicación presentada en la 69th conferencia Anual de Water Environmental. Dallas, pag. 57. Texas, EE.UU.
- Stott, R.; Jenkins, T.; Salem, M.; y Butler, J. (1997). Removal of Parasite Ova from Domestic Wastewater by Gravel Bed Hydroponic Constructed Wetlands. Comunicación presentada en la conferencia Beneficial Reuse of Water and Biosolids Specialty. Málaga, España.
- Sumpsi J. y Garrido A. (1998). *Economía y Política de Gestión del Agua en la Agricultura*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Tanaka, H.; Asano, T.; Schroeder, E.D.; y Tchobanoglous, G. (1998). "Estimating the Safety of Wastewater Reclamation and Reuse Using Enteric Virus Monitoring Data". *Water Environmental technology*. Res., no. 70, pag. 39.
- Tennyson, P.A. (1998). Role of the Public and Attitudes toward Potable Reuse. Comunicación presentada en la conferencia nacional Environ. Eng., Am. Soc. Civ. Eng., Chicago, EE.UU.
- Thompson, D.M.; Morrison, M.; y Olson, W.E. (1998). Advanced Treatment Technologies for Indirect Potable Reuse Quality Water at West Palm Beach. Comunicación presentada en la conferencia anual de la asociación Am. Water Works Assoc, pag. 477. Dallas, Texas, EE.UU.
- Van Houtte, E.; Verbauwheide, J.; Vanlergerghe, F.; Beumer, M.; y de Bruijn, F. (1998). Completing the Water Cycle: Reuse of WWTP Effluent for Drinking Water, Koksijde, Belgium. Comunicación presentada en la conferencia federal Water Reuse, pag. 321-335. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Wegner-Gwidt, J., y Ash, T. (1998). Customer Service Satisfaction Approach to Reclaimed Water Use. Comunicación presentada en la conferencia federal Water Reuse, pag. 65-69. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Whitley, R.D.; Johnson, L.J.; y Vaux, H.J. (1998). Development of a Water Reuse Research Program. Comunicación presentada en la conferencia federal Water Reuse, pag. 485-495. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Williams, R. (1998). Urban Water Reuse in Australia: A Selection of Case Studies and Demonstration Projects. Comunicación presentada en la conferencia federal Water Reuse, pag. 451-465. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Febrero 1-4.
- Young, R.; Thompson, K.; y Kinner, C. (1997). Managing Water Quality Objectives in a Large Reclaimed Water Distribution System. Comunicación presentada en la conferencia federal anual 70th of Water Environ, pag. 247. Chicago, EE.UU.

