

La reutilización de las aguas residuales como complemento de los recursos hidráulicos (*)

Por ANGEL CAJIGAS DELGADO

Ingeniero de Caminos, C. y P.

La falta de recursos hidráulicos necesarios debido al incremento de la población y su excesiva concentración en áreas reducidas, a los elevados consumos de la industria y a las exigencias, cada vez más evidentes, de un auténtico control de la polución motivada por fuertes descargas contaminantes en los cauces receptores que pueden llegar a hacerlos inservibles, nos lleva a la urgente necesidad de reutilizar las aguas residuales. Hasta ahora muchos factores han influido en la negativa de tal práctica siendo el psicológico el más determinante. No obstante, los avances tecnológicos, el papel desempeñado por los medios de información y el hecho ineludible de que grandes ríos están siendo reutilizados de forma indirecta nos ha conducido a considerar las aguas residuales como un recurso hidráulico complementario de gran importancia no sólo por los volúmenes que representan sino porque además permiten a veces liberar caudales de mejor calidad para los fines en que ello es necesario.

GENERALIDADES

La necesidad de la reutilización de las aguas residuales nace del evidente déficit de recursos hidráulicos existentes y de los elevados costes que supone el conseguir nuevas y más lejanas fuentes de agua para el abastecimiento público.

El incremento de la población, junto con el desarrollo de la industria por una parte y la elevación del nivel de vida y confort por otra, ha supuesto la necesidad de mayores recursos no sólo por el mayor número de consumidores, sino también por la mayor dotación que éstos exigen. Esta situación crea, además, unos mayores volúmenes de aguas negras que, unido a la aparición de nuevos contaminantes, debido fundamentalmente a la actividad industrial, inciden notoriamente en el medio ambiente. Estas aguas residuales vertidas en ríos, lagos, mares, etc., provocan, tras superarse la capacidad autodepuradora de los cauces receptores, el deterioro de las condiciones biológicas de los mismos, haciendo incluso desaparecer en ellos todo vestigio de vida.

Así, pues, la reutilización de las aguas residuales la podemos contemplar desde dos aspectos muy diferentes, por un lado el incremento de recursos hidráulicos disponibles que supone utilizar dichas aguas para determinados fines, y por otro

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 31 de diciembre de 1980.

el control de la polución al eliminar los vertidos contaminantes.

Podemos distinguir no obstante dos tipos muy distintos de reutilización.

Reutilización indirecta, que tiene lugar cuando el agua ya utilizada una o más veces es descargada en un cauce que luego sirve de fuente de abastecimiento a otras poblaciones situadas aguas abajo.

Reutilización directa, que ocurre cuando la reutilización se lleva a cabo de una manera perfectamente planificada y controlada.

El problema más grave con que cuenta la reutilización de las aguas residuales es la no aceptación por parte del consumidor de un recurso anteriormente utilizado.

Un estudio llevado a cabo en California (tabla 1) sobre las distintas razones de oposición al uso de

TABLA 1. — Razones de oposición al uso de aguas recuperadas.

1. Psicológicamente repugnante	29,2 %
2. Falta de pureza	21,5 %
3. Causa de enfermedades	9,8 %
4. Contacto corporal indeseable	8,0 %
5. Sustancias químicas indeseables	5,1 %
6. Problemas de sabores y olores	3,9 %
7. Costes de tratamiento elevados	0,8 %

REUTILIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

agua residual recuperada nos muestra que el factor psicológico primero y la falta de pureza del agua después son los más determinantes.

En efecto, si traspasáramos la encuesta a otros países, incluyendo España, advertiríamos igualmente que el consumidor se siente reacio a la reutilización de las aguas residuales fundamentalmente por motivos psicológicos. Es cierto que se han dado algunos problemas en ciertos casos, pero también es cierto que el uso de las aguas residuales no ha estado a veces lo suficientemente planificado y regulado y además la tecnología, en este campo, ha avanzado lo suficiente como para abandonar un recurso hidráulico tan importante. Un reciente estudio (1975) llevado a cabo en Denver, Colorado, sobre la aceptación, por parte del público, de la reutilización de las aguas residuales para el uso doméstico arrojó los siguientes datos: el 63 por 100 de los encuestados estaban a favor, el 26 por 100 en contra y el 11 por 100 restante no opinó. Si comparamos estos resultados con los conseguidos anteriormente en California y en los que un 56 por 100 aproximadamente de los encuestados se oponían rotundamente a la recuperación de las aguas residuales para abastecimientos públicos, podemos llegar a las siguientes conclusiones: 1. La confianza en la tecnología aumenta con el tiempo. 2. Es importante la existencia de controles y regulaciones por parte de una Administración, bien sea local, regional o nacional. 3. La concienciación del consumidor por parte de técnicos, científicos, etc., es de una gran importancia para romper esa barrera psicológica.

REUTILIZACION INDIRECTA

Vamos a hacer especial hincapié en la importancia que tiene actualmente la reutilización indirecta en los abastecimientos de agua potable. Existen innumerables casos en los que los vertidos efectuados por una población a un río, sirven, una vez mezclados con el caudal de dicho río, como fuente de abastecimiento a las comunidades de aguas abajo. Es decir, se están reutilizando los vertidos municipales e industriales, pero de manera que el factor psicológico se supera por existir un gran intervalo a veces, en espacio y tiempo entre dichos vertidos y su posterior recuperación. Ahora bien, el problema es prácticamente el mismo, sobre todo cuando el efecto dilución ya no tiene la más mínima repercusión. La población de aguas abajo se verá obligada a instalar una estación de tratamiento para aguas potables que distará mucho de ser convencional, recurriendo a tratamientos avanzados que en definitiva serían los tratamientos terciarios en las instalaciones de aguas residuales que podrían servir al mismo fin.

Un estudio realizado por la American Water

Works Association demostró que aproximadamente un galón de cada treinta utilizados en un abastecimiento público habían pasado ya por el sistema de aguas residuales de una comunidad aguas arriba, para las 155 ciudades estudiadas. Asimismo se puede asegurar que los tramos inferiores del río Rhin, que abastecen a más de seis millones de personas, contienen frecuentemente alrededor de un 40 por 100 de efluentes contaminantes, proporción que se eleva y puede llegar al 100 por 100 en temporadas de gran estiaje. El río Támesis que suministra alrededor del 70 por 100 del total del abastecimiento de agua del área de Londres, sufre la descarga de efluentes urbanos e industriales a lo largo de su recorrido. La proporción que suponen estos efluentes sobre el total es del 14 por 100 en condiciones de caudal medio. En París y alrededores existen numerosas plantas que tratan el agua de los ríos Sena, Marne y Oise teniendo que recurrir a la ozonación y la filtración por carbón activo como tratamientos adicionales para conseguir un agua exenta de olores, sabores, materia orgánica y otros microcontaminantes. El lago Constanza (540 kilómetros cuadrados) es desde 1958 uno de los depósitos más importantes de agua potable. A partir de 1970, por una tubería de 111 Km en dirección a Baden Wurttemberg deben llegar a la región de Stuttgart 7.500 litros por segundo de agua potable. Ahora bien, mientras en 1958, el agua del lago a 40 m de profundidad estaba libre de impurezas, en la actualidad, en la orilla de Uberlingen se han detectado salmonelas, colibacterias, etc.

Pero no es necesario traspasar nuestras fronteras para encontrarnos estos problemas. Barcelona y algunas ciudades de su entorno tienen parte de su abastecimiento en el río Llobregat, cuyas aguas están bastante contaminadas por vertidos tanto urbanos como industriales. Ello ha motivado que la estación de tratamiento de San Juan Despi (5,3 metros cúbicos por segundo) haya tenido que cambiar los filtros de arena por filtros de carbón activo. Por otra parte y actualmente en construcción está la planta de Abrera (tres metros cúbicos por segundo) para el abastecimiento de los municipios integrados en el Consorcio de Abastecimiento de Aguas del Río Llobregat, S. A. donde se recurre a las técnicas de ozono y carbón activo como tratamientos complementarios a la clarificación química y filtración por arena para la eliminación de todos aquellos elementos que son difícilmente eliminables mediante el proceso convencional.

REUTILIZACION INTENCIONADA DE LAS AGUAS RESIDUALES

La deliberada reutilización de las aguas residuales está aumentando considerablemente a pesar de todos los problemas que acarrea la no aceptación por parte de los usuarios, como ya se ha co-

REUTILIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

mentado anteriormente. Podemos asegurar que la reutilización es la clave para un eficiente y efectivo aprovechamiento de los recursos hidráulicos cuando éstos son limitados.

En 1963 la Water Pollution Control Federation dio a conocer la siguiente declaración de principios:

«Las aguas residuales representan una fracción creciente de los recursos hidráulicos totales y son de tal valor que podrían ser recuperadas para la reutilización beneficiosa a través de la restauración de un apropiado grado de calidad. Con tal fin deberán alentarse el desarrollo de métodos para dicha recuperación y los oportunos criterios para tal reutilización».

Aun siendo consciente de que no se ha extendido excesivamente la práctica de la reutilización desde entonces a hoy, sí se puede afirmar que se ha avanzado bastante en la metodología a emplear y se puede pronosticar que en el futuro, una vez superada esa barrera psicológica a que ya hemos hecho referencia en anteriores ocasiones, las aguas residuales serán aprovechadas al máximo con diferentes y variados fines.

1. Uso industrial.

El uso del agua en la industria supera generalmente al consumo municipal y se estima que en el futuro su incremento será también mayor en el campo industrial. Es evidente, por tanto, que la reutilización de las aguas residuales representa una atractiva alternativa para la industria en muchos casos tanto desde el punto de vista de la seguridad en la oferta del recurso como en la economía del mismo. También es evidente que las características del agua serán diferentes en función del uso al que se destine y que, por tanto, el esquema de tratamiento también variará. Así, desde una agua usada en los circuitos de refrigeración hasta la de alimentación de calderas podemos imaginar todo tipo de procesos de recuperación. En el primer caso se han llegado a utilizar efluentes secundarios con resultados satisfactorios, si bien es verdad que la experiencia ha demostrado que es necesario llevar a cabo algunas correcciones para evitar problemas de malos olores, crecimientos de limos, corrosiones, etc. En la alimentación de calderas se necesita un agua de calidad superior a la considerada como potable. Por lo tanto, y teniendo además en cuenta que las aguas de refrigeración representan un valor medio de alrededor del 70 por 100 de las aguas industriales, creo que la finalidad más interesante de la reutilización de las aguas residuales con fines industriales es su uso en los sistemas de refrigeración.

2. Uso agrícola.

Se puede afirmar que el tipo de reutilización más empleado y conocido es el del riego agrícola.

El reutilizar el agua residual con fines agrícolas libera un gran volumen de agua que puede usarse a su vez en el abastecimiento público. El agua así conseguida es generalmente más económica y además suministra a los cultivos los nutrientes necesarios para su normal desarrollo. Un estudio realizado en Israel dio las siguientes cifras: 50 g. de N; 15 g. de P_2O_5 ; 30 g. de K_2O y 150 g. de materia orgánica por metro cúbico. Esto implica un claro ahorro en los fertilizantes habitualmente empleados en los campos agrícolas.

Ahora bien, no todo son ventajas, el riesgo con agua residual también tiene sus inconvenientes:

a) El suministro de agua residual es continuo a lo largo del año, mientras que el riego es estacional y depende naturalmente del cultivo.

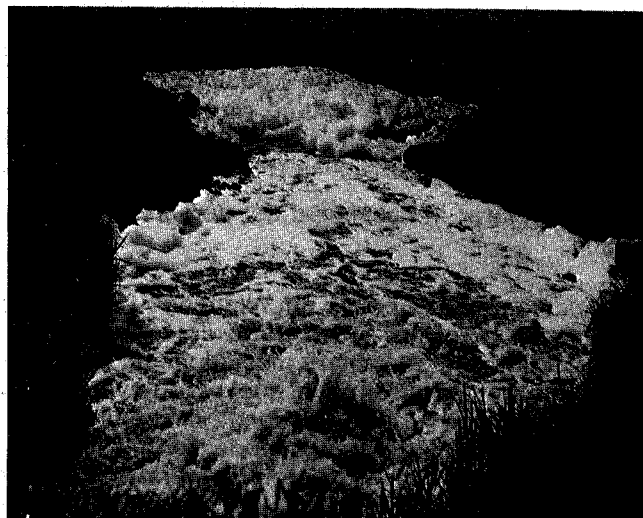
b) El agua residual tratada puede obturar las boquillas de los sistemas de riego y atascar los poros del suelo.

c) Algunos de los componentes solubles del agua residual pueden presentarse en concentraciones tóxicas para las plantas.

d) Determinadas reglas de tipo sanitario restringen la aplicación del agua residual a cultivos comestibles.

e) Cuando el agua residual no está debidamente tratada pueden crearse problemas en el medio ambiente.

De todos modos, la publicación de normas que regulen el riego con aguas residuales, en función del tipo de suelo, cultivos, etc., así como el tratamiento idóneo del agua y su control, son fundamentales para que este método consiga la confianza que tanto agricultores como consumidores necesitamos.



Tales normas tienen ya vigencia en diversos países en los que los casos de riego con este tipo de aguas son innumerables como veremos más adelante.

3. Uso doméstico.

Existen diferentes opiniones a la hora de enjuiciar la conveniencia o necesidad de reutilizar el agua residual con fines domésticos. Hay una opinión bastante generalizada en contra de dicha reutilización debido sin duda al temor derivado de posibles problemas sanitarios. No hay duda que la presencia de determinados contaminantes tóxicos en el agua, así como la contaminación viral de la misma debe dar lugar a un control exhaustivo del efluente conseguido.

Antes, por tanto, de planificar la posibilidad de producir agua potable a partir de agua residual habrá que tener en cuenta considerandos como los que la American Water Works Association adoptó como principios fundamentales:

a) Identificar todos los contaminantes posiblemente presentes en las aguas residuales tratadas que podrían afectar la seguridad de la salud pública, la potabilidad del agua y el rango en que se mueven sus concentraciones.

b) Determinar el grado en que estos contaminantes son eliminados por distintos tipos y niveles de tratamiento.

c) Determinar los efectos fisiológicos a largo plazo del uso continuo de las aguas residuales recuperadas con distintos niveles de tratamiento, bien como parcial bien como único recurso de agua potable.

d) Definir los parámetros, procedimientos de análisis y sistemas de control que deberían emplearse con respecto al uso de las aguas residuales recuperadas para el abastecimiento público.

e) Desarrollar más la capacidad y exactitud de los procesos de tratamiento y equipos para producir aguas reutilizables de calidad razonablemente uniforme, a la vista de la gran variabilidad en las características de las aguas residuales no tratadas.

f) Mejorar la capacidad del personal de explotación.

Además de los casos de Windhoek (Sudáfrica) y Chanute (Kansas), este último de forma ocasional, y de los que se hablará más adelante, podemos hacer referencia al estudio que está llevándose a cabo en Denver (Colorado), donde después de evaluar las posibles alternativas de reutilización se llegó a la conclusión de que la manera más eficaz y lógica en este caso era la recuperación de los

efluentes con fines domésticos. Para ello se elaboró un programa de actuación que está en funcionamiento actualmente y que podríamos sintetizar del siguiente modo: 1. Relaciones públicas. 2. Diseño y construcción de una planta piloto. 3. Explotación de dicha planta, control de calidad y análisis de los efectos sanitarios. 4. Diseño y construcción de una planta a escala real. 5. Explotación de dicha planta.

4. Uso recreacional.

El uso de las aguas residuales con fines de recreo tiene una menor importancia, desde el punto de vista de la problemática de los recursos hídricos en comparación con los usos descritos anteriormente. Ahora bien, puede ser una alternativa en zonas áridas donde dicho problema como tal no existe y sí hay una gran demanda de agua para fines recreativos.

El agua debe cumplir en este caso dos condiciones fundamentales, por una parte debe tener un aspecto estético agradable y por otra parte debe alcanzar el grado de calidad suficiente para no ser tóxico y estar libre de gérmenes patógenos. De esta manera las actividades recreativas que pueden acometerse incluirían la natación.

LA REUTILIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN EL MUNDO

A pesar de todas las dificultades de tipo psicológico, sociopolítico, económico, etc., con que se ha tenido que enfrentar la reutilización de las aguas residuales, se podrían contabilizar numerosos ejemplos existentes en varios países. A continuación se mencionan los más representativos de entre todos ellos.

1. La reutilización en Estados Unidos.

La reutilización de las aguas residuales municipales está siendo practicada de forma continua en alrededor de 358 ciudades. Cerca del 95 por 100 de todas ellas están situadas en los estados semiáridos del suroeste, como Texas, California, Arizona, New México, Colorado y Nevada. El volumen total reutilizado es de 0,503 billones de metros cúbicos excluyendo la recarga de niveles freáticos.

El agua residual tratada está siendo utilizada con éxito en el riego de una gran variedad de cultivos, agua de refrigeración y procesos industriales, lagos de recreo, etc., y en un solo caso se está usando con fines domésticos no potables (en la ciudad del Gran Cañón, Arizona, 113 metros cúbicos por día de agua residual tratada es utilizada en servicios, lavado de coches y otros usos no potables).

REUTILIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

El riego de cultivos es el uso más extendido, con 338 casos, siendo el más importante por el número de ejemplos existentes y por el volumen que significa (0,291 billones de metros cúbicos). La mayor parte de los cultivos no son para consumo humano.

Sin duda, el Estado que con más intensidad utiliza esta práctica es el de California, donde un inventario llevado a cabo en 1975 por el Departamento de Salud de dicho Estado reveló que existen en total 200 instalaciones de reutilización en explotación, 142 para el riego de cultivos no comestibles, como forrajes, fibras y semillas, 42 para el riego de paisajes como parques, campos de golf, etc., 32 para el riego de cultivos comestibles como hortalizas y viñedos, siete para recarga artificial, cinco para lagos ornamentales, ocho para uso industrial, cinco para lagos de recreo, y tres para otros usos.

La reutilización de las aguas residuales para lagos de recreo adquiere una gran importancia en el caso de South Lake Tahoe, donde cinco etapas de tratamientos terciarios se combinan para conseguir un efluente de excelente calidad. El efluente de la planta convencional de fangos activados es sometido a una clarificación química para la eliminación de fosfatos; ammonia stripping para la eliminación del nitrógeno amoniacal; filtración en medio mixto; absorción por carbón activo y cloración. La calidad del agua tratada definida por los siguientes parámetros: 0,7 mg/l DBO; 10 mg/l DQO; 0 mg/l SS; 0,3 UJ de turbidez; 0,10 mg/l MBAS;

0,10 mg/l de fósforo y $< 2,0$ de coliformes (MPN/100 ml) ha permitido la práctica de deportes como la natación, la pesca de la trucha, etc.

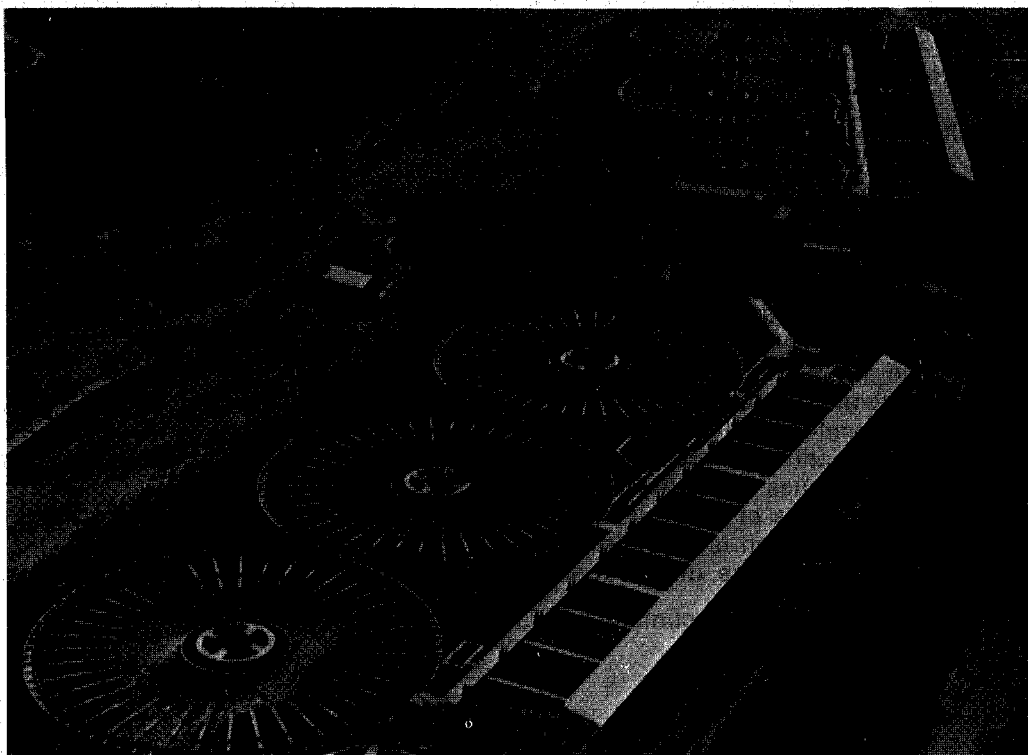
2. La reutilización en Sudáfrica.

La reutilización de los efluentes con fines agrícolas, industriales, recreacionales y municipales representa una parte fundamental del total de los recursos hidráulicos. Aproximadamente, una población de 5,8 millones produce un promedio de 1,23 millones de metros cúbicos de efluente tratado diariamente. Actualmente, el 32,0 por 100 de dicho efluente es reutilizado, del cual alrededor del 9 por 100 es para sistemas de refrigeración, el 16 por 100 para riego de cultivos, parques, árboles y campos deportivos, y un 7 por 100 para usos industriales, donde se incluyen los 3.000 metros cúbicos por día para uso doméstico en Windhoek.

Esta planta, que es la única hasta el momento, que produce agua potable a partir de un efluente municipal, a excepción del caso aislado de Chanute, Kansas, que funcionó del mismo modo durante varios meses a finales de la década de los cincuenta a causa de una gran sequía, ha contribuido en una media del 13,4 por 100 al consumo total de agua durante los dos primeros años de funcionamiento.

3. La reutilización en Gran Bretaña.

En Gran Bretaña, a parte de la reutilización indirecta, donde adquiere una gran importancia como



Estación de tratamiento
de agua
para abastecimiento
a Madrid
(Torrelaguna)
(Cortesía de
Entrecanales y Távora, S. A.)

ya se dijo anteriormente, no existen apenas casos de reutilización de vertidos.

No obstante, los efluentes municipales tienen alguna aplicación en el campo industrial y además se están llevando a cabo importantes estudios sobre el uso del ozono, carbón activo, ósmosis inversa y ultrafiltración con vistas a la recuperación de las aguas residuales.

4. La reutilización en India.

La reutilización de las aguas residuales tratadas con fines industriales se practica con gran interés en la India, principalmente en Bombay. En 1970 se instaló un tratamiento terciario en una industria de Bombay para aumentar sus recursos. La planta es capaz de tratar 5.000 metros cúbicos por día y el agua producida es utilizada no sólo en los sistemas de refrigeración, sino también en la alimentación de calderas. Asimismo es muy practicada la reutilización de los efluentes municipales para el riego. En la actualidad se riegan unas 12.000 Ha, aproximadamente, que utilizan alrededor de un millón de metros cúbicos de agua residual diariamente.

5. La reutilización en Japón.

Tokio y otras grandes ciudades japonesas, como son Nagoya, Kawasaki, etc., han empezado ya a reutilizar sus aguas residuales con fines industriales. En Tokio, una estación de tratamiento abastece a 340 factorías con más de 100.000 metros cúbicos por día de efluente.

Aproximadamente el 50 por 100 de este agua está siendo utilizada como agua de refrigeración y el 30 por 100 como agua de lavado.

6. La reutilización en Israel.

Israel ha adoptado un programa en los últimos años de investigación, planificación y diseño de varios esquemas para la recuperación del agua para varios usos que van desde el agrícola a la reutilización con fines domésticos. La justificación de estos programas nacieron de la necesidad de conseguir el tratamiento adecuado para poder alcanzar los requisitos sanitarios prescritos. La reutilización directa de las aguas residuales tratadas o parcialmente tratadas para el riego de cultivos es la más común actualmente en Israel. Alrededor del 20 por 100 de los efluentes se utiliza con dicho fin.

La mayor parte de las comunidades rurales, así

como pequeñas comunidades urbanas basan el tratamiento de sus aguas residuales en una serie de lagunas.

De gran importancia tiene el Proyecto de la Región del Dan, donde una planta de tratamiento recuperará las aguas residuales del área de Tel Aviv. El efluente tratado será inyectado en un acuífero con lo que se conseguirá una cierta mejora de la calidad del agua y más tarde extraída para formar parte del sistema de abastecimiento o bien para el riego no restringido de cultivos.

7. La reutilización en España.

En España la reutilización de las aguas residuales es aún una práctica poco generalizada, aunque existen zonas como las Islas Baleares, Canarias y algunos puntos de la costa mediterránea donde debido a sus escasos recursos hidráulicos, se utilizan los efluentes para el riego de cultivos, forrajes, y los céspedes de campos de golf. San Jordi, Santa Ponsa y Paguera en Baleares y Las Palmas y Maspalomas en las Islas Canarias son hasta el momento los ejemplos más significativos.

En la actualidad está en estudio la posibilidad de reutilizar los efluentes municipales de Santa Cruz de Tenerife para el riego de campos agrícolas, parques y jardines, así como su uso como agua industrial en sistemas de refrigeración.

Por último, «El Plan de Saneamiento y Reutilización de los Vertidos de Aguas de Barcelona» prevé la futura reutilización de las aguas residuales de la zona para distintos fines.

BIBLIOGRAFIA

- CULP and CULP: "Advanced Wastewater Treatment". Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering. Series, 1971.
- O.M.S.: "Aprovechamiento de efluentes: Métodos y medidas de protección sanitaria en el tratamiento de aguas servidas". Serie de Informes Técnicos. Boletín núm. 517. Ginebra, 1973.
- SCHMIDT, KUGELMAN and CLEMENTS III: "Municipal Wastewater reuse in the U.S.". Journal Water Pollution Control Federation. Vol. 47. No. 9. Septiembre 1975.
- SHUVAL: "Water Renovation and Reuse". Water Pollution. Series 1977.
- OGILVIE, J. L.: "Reuse Research in Denver". Denver Water Department, 1975.