

# Aguas regeneradas y campos de golf: un binomio compatible y sostenible

por **JUAN ANTONIO LÓPEZ RAMÍREZ**



Doctor Ingeniero Químico del grupo de investigación Tecnologías del Medio Ambiente. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Centro Andaluz Superior de Estudios Marinos, CASEM, Universidad de Cádiz.

El agua es un recurso natural donde calidad y cantidad son o deben ser características indisociables. La pérdida de calidad en los cursos naturales y el creciente y continuo consumo de las reservas merma su disponibilidad y condiciona el desarrollo socioeconómico de las regiones.

En España, país mediterráneo por excelencia donde pueden darse largos períodos de sequías, la escasez de las aguas puede condicionar el establecimiento de nuevas industrias e incidir negativamente en el turismo. No obstante, los periodos de sequía y la escasez de aguas pueden llegar a ser minimizados con una eficaz gestión de los recursos hídricos y un adecuado sistema de desarrollo. De esta forma, es posible plantear un modelo de desarrollo a través de actividades basadas en los recursos endógenos, la distribución de las actividades en los territorios, de acuerdo con la capacidad de acogida de los ecosistemas, y la regulación de las actividades, de tal manera que respeten la recuperación de los acuíferos y la capacidad autodepuradora de los cursos y masas de aguas.

La condición de un recurso, como el agua, varía en el tiempo y debe ser asociada a la del desarrollo tecnológico, de tal forma que la escasez del mismo pueda ser matizada por la aplicación de la más adecuada de las tecnologías. En la actualidad, el grado de desarrollo de las técnicas empleadas en el tratamiento avanzado de las aguas residuales permite su aplicación a gran escala, y la obtención de la calidad deseada en las aguas depuradas. Este desarrollo permite el desplazamiento del problema del binomio agua-energía hacia esta última, dado que resulta más conveniente actuar sobre la energía mejorando y optimizando los costes energéticos que reduciendo el empleo del agua. Los costes económicos serán los que limiten la aplicación de los tratamientos terciarios y no el grado de desarrollo tecnológico.

La reutilización de las aguas residuales debe ser un factor más a considerar en el modelo de desarrollo de una región con déficits crónicos de agua, puesto que su adecuada y planificada implementación ayudará, sin lugar a dudas, a aumentar los recursos

hídricos con seguridad, eficacia y regularidad en los caudales, permitiendo el desarrollo socioeconómico de las regiones que lo hagan.

Andalucía es una de las regiones en las que normalmente existe un déficit crónico de agua. En la Tabla 1 se muestra el balance hidráulico del año 1998, el cual se consideró como relativamente húmedo. Aún así, y como es fácil de apreciar, el balance es negativo; pero la situación puede ser notablemente peor en años estimados como secos, como el año 1996 en el cual el déficit alcanzó los 796 Hm<sup>3</sup>. En este sentido, la reutilización de las aguas residuales permite disponer de una fuente adicional (no convencional) de recursos de agua y que complementa a las convencionales: aguas superficiales y subterráneas, habitualmente bastante castigadas por contaminación o sobreexplotación.

Agua disponible	+ 5.426
 Consumo por uso doméstico	- 811
 Consumo por uso industrial	- 155
 Consumo por uso agrícola	- 4.331
Consumo total de agua	- 5.592
<b>Déficit total</b>	<b>- 166</b>

**Tabla 1: Balance hidráulico en Andalucía en 1998**

El agua almacenada o disponible se corresponde con las reservas existentes durante ese año en embalses y acuíferos. Los consumos de agua están agrupados por sectores de producción y se expresan en Hm<sup>3</sup>.

(Datos facilitados por la Dirección General de Obras Hidráulicas, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía).

## 1 DEPURACIÓN Y REGENERACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales sin depurar se caracterizan en términos de su composición física, química y biológica. Destacan como componentes principales la materia orgánica (biodegradable o no), los sólidos en suspensión, la materia inorgánica (iones, nutrientes como nitrógeno y fósforo) y los microorganismos patógenos.

Cuando el agua residual ingresa en una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) es sometida a una serie de tratamientos diferentes y consecutivos, al objeto de reducir la carga contaminante que llevan. Ello permite que las aguas tratadas puedan ser vertidas a los cauces de agua sin riesgo alguno para el medioambiente. Los tratamientos reciben los nombres atendiendo al orden en el que, habitualmente, se suelen aplicar: pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado.

Lo habitual consiste en la aplicación de, al menos, un pretratamiento, un tratamiento primario y un tratamiento secundario para conseguir los requerimientos mínimos legislados. No obstante, para conseguir un grado superior de depuración que permita una reutilización segura es preciso recurrir a los tratamientos terciarios. A continuación, se describen los objetivos de cada tipo de tratamiento efectuado a un agua residual doméstica.

**Pretratamiento:** persigue eliminar todo aquel material, sustancia o cuerpo que arrastrado por el agua residual bruta pueda afectar negativamente, tanto a las partes móviles de los distintos equipos de la EDAR, como a los procesos posteriores de tratamiento.

**Tratamiento primario:** su misión consiste en eliminar los sólidos en suspensión presentes en el agua que sale del pretratamiento.

**Tratamiento secundario:** su objetivo radica en la reducción de la materia orgánica (biodegradable y no biodegradable). Para llevar a cabo este tratamiento se utiliza, de forma casi general, la capacidad degradativa de los microorganismos, de ahí que esta etapa también se conozca como tratamiento biológico, y va seguido de una decantación secundaria denominada clarificación. También se puede emplear el tratamiento físico-químico que emplea exclusivamente reactivos para la consecución del objetivo, aunque su empleo suele ser bastante inferior.

**Tratamiento terciario:** este tratamiento otorga al efluente final la calidad requerida y que no consiguen obtener los anteriores tratamientos.

### 1.1 Beneficios de la reutilización de las aguas residuales regeneradas

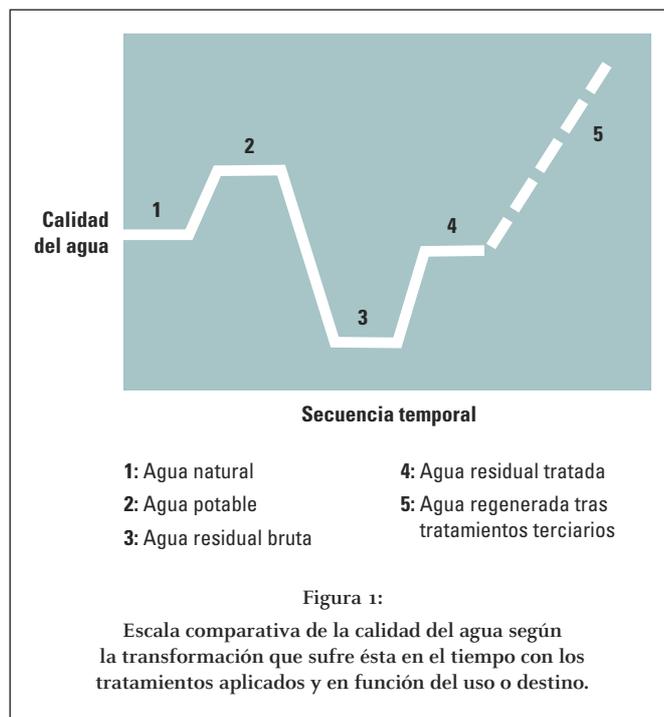
El proceso de tratamiento necesario para que un agua residual pueda ser reutilizada se denomina, generalmente, **regeneración**. De acuerdo con su significado etimológico, la regeneración de un agua consiste en devolverle, parcial o totalmente, el nivel de calidad que tenía antes de ser utilizada.

La idea de aprovechar las aguas residuales regeneradas, urbanas o industriales, para usos beneficiosos, junto a las crecientes presiones que reciben las fuentes convencionales de agua han llevado a un aumento y creciente interés por la regeneración y reutilización de las aguas residuales como un componente más de la gestión de los recursos de agua. Los principales beneficios que presenta son los siguientes:

1. Una reducción del aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua, en particular cuando la reutilización se efectúa para riego agrícola, de jardinería o forestal.
2. El aplazamiento, la reducción o incluso la supresión de instalaciones adicionales de tratamiento de aguas de abasteci-

miento, con la consiguiente reducción que ello representa, tanto de los efectos desfavorables sobre los cursos naturales de agua, como de los costes de abastecimientos de agua.

3. Un ahorro energético, al evitar la necesidad de aportes adicionales de agua desde zonas más alejadas a la que se encuentra la planta de regeneración de agua.
4. Un aprovechamiento de los elementos nutritivos contenidos en el agua, especialmente cuando el agua regenerada se utiliza para riego agrícola y de jardinería.
5. Una mayor fiabilidad y regularidad del agua disponible. El flujo de agua residual es generalmente más fiable que el de la mayoría de los cauces naturales de agua.
6. Una disminución de los costes totales y de vertido del agua residual. La reutilización de un agua residual ofrecerá una clara ventaja económica, cuando las exigencias de calidad de la alternativa de reutilización considerada, sean menos restrictivas que las definidas por los objetivos de calidad del medio receptor en el que normalmente se venía realizando el vertido de ese agua residual.



Los avances en la efectividad y fiabilidad de las tecnologías de tratamiento de las aguas residuales han aumentado la capacidad de producir agua residual regenerada que pueda servir como fuente de agua suplementaria y que además reúne los requisitos para proteger la calidad de las aguas, la salud de los usuarios y además reducir la contaminación. En la Figura 1 aparece representada una escala comparativa de la calidad del agua según la transformación que sufre ésta en el tiempo con los tratamientos aplicados. Como se aprecia, gracias a los tratamientos avanzados o terciarios es posible conseguir cualquier tipo de calidad de agua deseada, la limitación no es tecnológica sino económica. En la planificación e implementación de la regeneración y reutilización de aguas las aplicaciones previstas de reutilización dictaminan el grado de tratamiento requerido para las aguas residuales, la calidad final del agua y la forma de distribución y aplicación.

### 1.2 Aplicaciones del agua regenerada

Las aplicaciones de las aguas regeneradas son diversas pudiendo destacar entre ellas las siguientes:

1. Reutilización urbana en actividades como: jardinería, lucha contra incendios, lavado de calles y automóviles...
2. Reutilización industrial (refrigeración).
3. Reutilización agrícola y forestal.
4. Reutilización ornamental y recreativa (campos de golf).
5. Mejora y preservación del medio natural.
6. Recarga de acuíferos.



Izquierda: tratamiento terciario de filtración por anillas. Derecha: tratamiento biológico con nitrificación-desnitrificación. EDAR El Torno, Chiclana de la Frontera, Cádiz.

## 2 NORMATIVA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Uso del agua previsto		Valor Máximo Admisible (VMA)				Otros criterios
		Nemátodos intestinales	<i>Escherichia coli</i>	Sólidos en suspensión	Turbidez	
4. Usos recreativos						
4.1.	Calidad 4.1. a) Riego de campos de golf	1 huevo/L	200 ufc*/100 mL	20 mg/L	10 UNT	Otros contaminantes contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente.

Por ufc se entiende, unidad formadora de colonias.

Tabla 2:

Extracto del Real Decreto 1620/2007 que regula el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

Los abundantes estudios de reutilización efectuados sobre los riegos agrícolas con agua residual regenerada, la han declarado como fuente adicional y, en algunos casos, como única disponible para llevar a cabo una explotación agrícola de regadío o un programa de jardinería urbana. Esta práctica, aceptada por administraciones y consumidores de productos, en base a unos criterios de calidad obtenidos y confirmados mediante programas de estudios e investigación, ha pasado a formar parte de la actividad cotidiana de los lugares y ciudades donde se desarrolla.

No obstante, para la implantación y posterior desarrollo de un sistema de reutilización de aguas residuales, es necesario establecer unas normas de calidad para cada tipo de aprovechamiento que se le vaya a dar al agua una vez regenerada, pues hay que tener en cuenta la variabilidad y heterogeneidad de los componentes de un agua residual bruta: microorganismos patógenos, sales disueltas, microcontaminantes, sustancias bioacumulables, etc.

Las normas de utilización del agua regenerada son un componente básico en el programa de reutilización, pues según sea el grado de tratamiento dado al agua regenerada, el usuario deberá tener un mayor o menor grado de exposición al efluente. Cuanto menores son las restricciones de uso para el usuario, tanto mayor es el tratamiento efectuado al agua, así como su nivel de calidad. De ahí que, normalmente, los proyectos de reutilización se realicen principalmente con

aguas residuales urbanas, dada su menor complejidad que las aguas residuales de origen industrial, y que no se suelen reutilizar, o bien se hace de forma excepcional. Es necesario, también, la existencia de una canalización desde la planta de regeneración al punto de reutilización y ello requiere la construcción de la instalación de conducción. Por último, resulta conveniente, cuando existe una reutilización planificada, la participación y concienciación de los ciudadanos en el control de los vertidos, pues la educación ciudadana y el control por parte de la autoridad pertinente, evitarán la incorporación al saneamiento de compuestos o mezclas que puedan poner en peligro tanto el proceso de regeneración como el proyecto de reutilización.

En España ya existe la normativa que regula el empleo de las aguas regeneradas. El siete de diciembre de 2007 apareció publicado en el BOE el Real Decreto 1620/2007, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Ésta ha aparecido recientemente: . En la Tabla 2 aparece representada la parte que afecta a la calidad que debe poseer un efluente para su uso en el riego de campos de golf, uso 2.



### 3 CAMPOS DE GOLF Y AGUAS RESIDUALES REGENERADAS

Una de las peculiaridades del golf es la singularidad y diseño de sus campos. El objetivo de todo diseñador de campos de golf consiste en dotar a cada uno de características que le hagan particular y en definitiva atractivo a los jugadores. Por ello, resulta extremadamente difícil hacer generalizaciones en los campos de golf relativas a la extensión, forma y por supuesto, a la superficie de riego.

De forma análoga a la particularidad de los campos de golf, también se puede decir que existen notables diferencias entre el funcionamiento de las EDARS y la calidad de las aguas depuradas. Estas diferencias se deben a las características de las aguas potables que dan origen a las residuales, el tipo de tecnología empleada en la depuradora, el tipo de explotación, etc. Igual que no hay dos campos de golf iguales, no hay dos tipos de efluentes iguales. No obstante, el cumplimiento de la Directiva Europea 91/271/CEE para el tratamiento y vertido de las aguas residuales obliga a conseguir una calidad mínima en las aguas tratadas ( $DBO_5 = 25 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ;  $SS = 35 \text{ mg/L}$ ;  $DQO = 125 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ) lo que hará que éstas posean una mayor homogeneidad.

#### 3.1 El golf y los recursos hídricos

El empleo de los recursos hídricos suele ser el aspecto más polémico de todo campo de golf ubicado en zonas áridas o semi-áridas, por las implicaciones medioambientales que posee sobre el entorno. Los requerimientos de agua de un campo de golf están fuertemente influenciados por los condicionantes climatológicos de la zona donde se ubica, sobre todo por la tasa de evapotranspiración y la pluviometría de la zona. Aunque también influyen las necesidades reales de los cultivos y el consumo de agua que se realiza, a veces reconocido como excesivo. Hay además otras variables que también pueden influir notablemente en el consumo de agua por parte de un campo de golf: el tipo de césped, el uso de sistemas inteligentes de riego, la orografía y situación geográfica del mismo, la concienciación del greenkeeper y dirección del campo, etc. En muchas ocasiones los responsables de los riegos son reticentes a proporcionar datos fiables, pero datos recabados por el autor a diferentes campos sitúan el consumo medio real en los  $350.000 \text{ m}^3/\text{año}$ , aunque puede haber notables variaciones entre unos campos y otros en función de una climatología anual más o menos severa. Ello supone un consumo medio aproximado de  $6.000 \text{ m}^3/(\text{Ha} \cdot \text{año})$ . Según datos de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía el consumo medio de los cultivos de regadío en Andalucía alcanzan los  $4.376 \text{ m}^3/(\text{Ha} \cdot \text{año})$ , y en el caso de la Provincia de Cádiz los  $5.600 \text{ m}^3/(\text{Ha} \cdot \text{año})$ .

En Andalucía existen actualmente unos 83 campos de golf, aunque este número puede haber crecido en el último año. A partir de los datos anteriormente presentados se puede estimar que en Andalucía el consumo anual de agua por esta actividad viene a ser unos  $35 \text{ Hm}^3$ , es decir:  $35.000.000 \text{ m}^3$ , no obstante estos grandes números sólo deben ser indicativos. Si bien este dato puede resultar elevado conviene aducir a favor de esta actividad «turístico-deportiva» el elevado ingreso económico que supone este deporte para la zona en la que se lleva a cabo. El Ministerio de Economía estimó los ingresos, a nivel nacional, en el año 2.000 en unos 1.290 millones de euros. Cantidad que difícilmente podrá conseguir cultivo agrícola alguno, ya que la productividad media por hectárea regada en Andalucía alcanzó los 4.612 euros. No obstante, este tipo de comparación puede pecar de simplista y ello debe ser tenido en cuenta, dado que existen también otros tipos de aspectos relacionados con el golf como pueden ser el alojamiento de los jugadores, los viajes, la alimentación y otras actividades de ocio que también son parte de esos ingresos pero que no tienen ningún carácter de tipo «agrónómico».



#### 3.2 Calidad del agua regenerada

El objetivo de un análisis de agua regenerada para su uso en el riego de un campo de golf es obtener indicaciones de los posibles problemas a tener en cuenta durante el proceso de toma de decisiones. En la Tabla 3 aparecen los parámetros analíticos que suelen ser necesario y suficientes para evaluar la calidad de un agua para riego.

Parámetro de calidad	Unidad	Intervalo usual en agua de riego
<b>1. Salinidad</b>		
Contenido de sales		
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S/cm}$ $\text{dS/m}$	0-3.000 0-3
Materia disuelta total	$\text{mg/L}$	0-2.000
<b>Cationes y aniones</b>		
Calcio	$\text{mg/L}$	0-400
Magnesio	$\text{mg/L}$	0-60
Sodio	$\text{mg/L}$	0-900
Carbonatos	$\text{mg/L}$	0-3
Bicarbonatos	$\text{mg/L}$	0-600
Cloruros	$\text{mg/L}$	0-1.100
Sulfatos	$\text{mg/L}$	0-1.000
<b>2. Diversos</b>		
Boro	$\text{mg/L}$	0-2
pH	--	6,5-8,5
Tasa de adsorción de sodio	--	0-15

\* La tasa de adsorción de sodio se calcula con la siguiente ecuación, en la cual todas las concentraciones deben aparecer en forma de miliequivalentes por litro:

$$TAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Tabla 3:

Determinaciones analíticas necesarias para evaluar los problemas más frecuentes que puede producir el agua de riego y rango usual



El principal factor a tener en cuenta en la evaluación de la calidad de un agua para riego es la cantidad y el tipo de sales presentes. A medida que aumenta la salinidad del agua residual regenerada utilizada para regar, también lo hace la probabilidad de que surjan problemas en el suelo, en el agua o en las plantas regadas. El contenido de sales se mide a través de la conductividad eléctrica. Se considera que los valores de conductividad eléctrica que no introducen ningún grado de restricción en el uso de un agua para el riego son aquellos que están por debajo de 0,7 dS/m (1 dS/m=1.000microS/cm), mientras que aquellos que se encuentran entre 0,7 y 3,0 dS/m presentan un grado creciente de restricción, de débil a moderado. A partir de valores superiores a 3,0 dS/m, el grado de restricción es elevado, por lo que cuando se deban emplear aguas regeneradas con estos niveles de conductividad se deberán emplear técnicas especiales de gestión: 1) selección apropiada de especies de césped resistentes a la salinidad. 2) un riego adecuado que consiga el correcto desarrollo del césped y que facilite el lavado del suelo y 3) un drenaje adecuado que permita la evacuación del agua de lavado del suelo.

Entre los distintos iones que pueden aparecer en el agua de riego y que destacan por sus efectos negativos para las plantas están el sodio, el cloruro y el boro. En el caso del sodio sus efectos pueden ser directos para las plantas si está en exceso, o indirectos, afectando a la velocidad de infiltración del agua en el suelo si este elemento está en desequilibrio con el calcio y el magnesio, lo que suele suceder en suelos arcillosos. Los cloruros provocan daños en los vegetales, no obstante, los céspedes se encuentran entre las especies más tolerantes. El caso del boro es especial dado que sus valores considerados

como óptimos para las plantas están muy próximos a los valores que se pueden considerar como tóxicos. Los detergentes son la principal fuente de aporte de boro en el agua residual. Si aparece en exceso conviene emplear plantas tolerantes a este elemento.

Un apartado especial merecen los macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio. Éstos son elementos nutritivos esenciales para el crecimiento de las plantas, y su presencia en el agua regenerada aumenta su valor para el riego. Si bien las concentraciones de potasio no se ven afectadas durante el proceso de depuración del agua residual en una EDAR, los de nitrógeno y fósforo se ven fuertemente alterados. Por ello, los valores que pueden registrarse en el agua destinada a riego pueden ser muy variables y están vinculados a la tecnología de tratamiento empleada en la EDAR, su explotación y a la naturaleza del agua residual bruta.

El contenido de nitrógeno total de un efluente secundario se sitúa entre los 20-60 mg N /L. No obstante, tanto la concentración de nitrógeno como las especies en que éste se encuentra, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N y N-orgánico, dependen del tipo y grado de tratamiento. El nitrógeno contenido en el agua residual regenerada que llega hasta el campo a través del agua de riego es esencialmente idéntico al contenido en los fertilizantes agrícolas, aunque es más difícil de controlar. Durante cada sesión de riego el agua aporta nitrógeno fertilizando así el terreno.

La concentración de fósforo que suele tener un agua residual tras un tratamiento secundario varía entre los 6 y 15 mg/L de fosfato, equivalentes a 15-35 mg/L de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, excepto si el tratamiento ha conseguido eliminarlo. El aporte en el agua de riego se acumula gradualmente en el terreno, disminuyendo así la necesidad de aportes complementarios.

En cuanto al potasio, los valores habituales en un agua residual tratada se sitúan entre los 10 y 30 mg/L, equivalentes a 12-36 mg/L de K<sub>2</sub>O.

En la Tabla 4, aparecen descritos los intervalos típicos de nutrientes necesarios en un campo de golf por hectárea y año según el tipo de superficie aplicada.

Tipo de superficie	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Greens y antegreens	250	100	200
Calles	150	60	120

Tabla 4: Cantidad de nutrientes necesarios (nitrógeno, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, en Kg/(Ha\*año) según los tipos de superficie aplicadas (Sala y Millet, 1997).



Izquierda: planta piloto de microfiltración previa a la ósmosis inversa, como pretratamiento de ésta. Centro: cartel indicador de uso de agua regenerada. Derecha: bastidores OI de una unidad de tratamientos terciarios para ósmosis inversa que regenera agua para darle calidad de agua potable e inyectarla en el acuífero. Así se protege a éste de intrusiones marinas y se recarga el acuífero para usos potables. California, EEUU.



### 3.3 Desinfección de las aguas regeneradas

Las normas que regulan el empleo de las aguas residuales suelen hacer hincapié, principalmente, en aspectos microbiológicos para garantizar la protección de la salud de los usuarios. Un adecuado cumplimiento de estas normas garantizan, sin lugar a dudas, la protección de aquellos. No obstante, éste es un aspecto al que conviene prestarle la debida atención, ya que una inadecuada gestión, malas prácticas o simplemente la ignorancia sobre los mecanismos actuación de los agentes desinfectantes pueden provocar problemas no deseados. Es por ello, que una correcta desinfección en la EDAR, o una adecuada gestión del sistema de lagunaje dentro del campo de golf resultan fundamentales. Si bien en el primer caso, la responsabilidad suele recaer sobre la empresa explotadora de la EDAR, en el segundo caso, recae sobre los propietarios del campo de golf. Es por ello, que a veces puede ser necesario un buen asesoramiento sobre el funcionamiento de los sistemas de lagunaje para conseguir los niveles de calidad microbiológicos que garanticen la seguridad en el empleo de aguas residuales. Ello garantizará el uso y el mantenimiento de las indudables ventajas que proporciona el empleo de las aguas regeneradas en los campos de golf.

### 3.4 Nuevo contexto agronómico en los campos de golf con las aguas regeneradas

Las principales actividades de tipo agronómico que se dan en un campo de golf, son por frecuencia y relevancia, el riego, la siega y el abonado. En la siega se elimina la parte aérea no deseada de la planta, mientras que con el riego y el abonado se satisfacen las necesidades básicas de la misma.

En un campo de golf en el que no se emplean aguas regeneradas el riego y la fertilización son dos tareas independientes entre sí. Pero en el caso de un campo que emplee aguas regeneradas ambas tareas se unifican modificando notablemente su gestión. El nuevo escenario exige forzosamente un preciso control y seguimiento sobre la calidad del agua regenerada, que se debe materializar en personal especializado y en nuevos hábitos de gestión.



#### 4 CONCLUSIONES

El golf es un deporte que se ha implantado de forma importante en España y en especial en Andalucía. Los ingresos económicos que genera son realmente importantes y suponen la generación de puestos de trabajo directos e indirectos, lo cual hace que funcione como motor económico de una zona. No obstante, y desde un punto de vista ambiental los campos de golf requieren importantes recursos hídricos, sobre todo en época estival, lo que les confiere una imagen negativa en ciertos sectores de la sociedad. En este sentido la gestión de los campos debe pasar por la adopción de variedades cespitosas que requieran menos agua, la optimización de los sistemas de riego que reduzcan el consumo de agua y el empleo de recursos de agua no convencionales como el agua residual regenerada. Esto permite la adopción de un modelo de desarrollo sostenible en este tipo de actividad. El uso de las aguas regeneradas permite disponer de agua en cualquier momento, independientemente de las precipitaciones

y ello supone una garantía de abastecimiento de agua, y una mejora ambiental al no verter las aguas residuales a los cauces receptores.

La calidad de las aguas regeneradas se garantiza llevando un adecuado control y seguimiento de las instalaciones depuradoras. Actualmente es posible obtener cualquier tipo de calidad y además de forma fiable. La adaptación a las normas sanitarias y su correcto cumplimiento garantizan el empleo seguro de las aguas regeneradas, lo cual permite el uso de éstas de forma segura, garantizando la ausencia de problemas sanitarios en la explotación de un campo de golf.

La experiencia acumulada en España y en otros países avalan el uso de las aguas regeneradas. No obstante, es preciso que se realicen de forma adecuada. Ello redundará en unos beneficios económicos y en otros de carácter medioambiental que ya han sido citados, y por supuesto en una buena imagen del campo de golf en cuestión para la sociedad. ■

#### Bibliografía

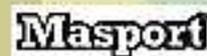
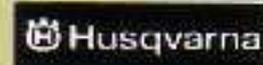
- ASANO, T. *Wastewater reclamation and reuse*. Technomic Publishing Co., Inc. Lancaster, Pennsylvania, 1998.
- California Administrative Code. Title 22, Division 4, *Environmental Health-Wastewater Reclamation Criteria*. State of California, Department of Health Services, Berkeley, California, 1978.
- GÓMEZ-LAMA, M.; PRIEGO, R.; RECIO, J.; BERBEL, J. *Valoración ambiental de los campos de golf en Andalucía*. Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones. Córdoba, 1994.
- LÓPEZ, J.; DE JUANA, I.; DEL RÍO, F. *La reutilización integral de las aguas residuales urbanas en Vitoria-Gasteiz (España)*. Ingeniería Civil. 110. 211-222. 1998.
- LÓPEZ RAMÍREZ, J. A. *Aguas residuales regeneradas, campos de golf y desarrollo sostenible*. Tecnoambiente. 121, 25-31. 2002.-
- MUJERIEGO, R. *Riego con agua municipal regenerada. Manual práctico*. Universidad Politécnica de Cataluña, 1990.
- MUJERIEGO, R. «Regeneración de aguas residuales: avances tecnológicos». *Química e Industria*. Febrero 2000. pp. 98-104.
- SALA, L. Y MILLET, X. *Aspectos básicos de la reutilización de las aguas residuales regeneradas para el riego de campos de golf*. Consorcio de la Costa Brava. Girona, 1994.

# Rimesa

## INSTALACIONES Y MANTENIMIENTO



- Instalación de riego.
- Mantenimiento y reparaciones.
- Productos agroquímicos.
- Mobiliario urbano.
- Alumbrado de jardines.
- Maquinaria de mantenimiento.
- Equipos de bombeo.
- Estanques y piscinas.
- Tratamiento para el agua.
- Ventas.



Tel.: 95 281 49 44

Fax: 95 281 18 41

C.N. 340 - km 175 - Río Verde (Frente a Pto. Banús) 29660 Marbella (Málaga)

e-m@il: administracion@rimesa.es

www.rimesa.es