

MODELO EMPIRICO PARA EL USO RACIONAL DEL AGUA RESIDUAL

JOSE SIERRA ANTIÑOLO

Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX)

INTRODUCCION

La reutilización del agua residual es, en nuestros días, una solución a tener en cuenta para paliar el problema de la contaminación de ríos, embalses y zonas litorales. En efecto el uso de agua residual urbana o industrial en actividades agrícolas, industriales, recreativas o urbanas implica generalmente una depuración adicional, bien sea natural a través del suelo y las plantas como en el caso del riego, o artificial recuperando subproductos útiles en la industria.

Además de resolver, por lo menos en parte, el problema de la contaminación, la reutilización del agua residual no cabe duda de que debe reportar beneficios de orden económico a la comunidad que lo realiza ya que este agua sólo tiene una escasa calidad desde el punto de vista potable, debido a la gran cantidad de sustancias químicas que contiene. Sin embargo son estas sustancias las que le confieren al agua residual un potencial energético que es necesario aprovechar.

Por las especiales características del agua residual urbana (alto contenido en nutrientes, N, P, K y en materia orgánica) el campo de aplicación idóneo para ésta es el agrícola, ya que las sustancias que lleva contenidas son directamente aprovechables por las plantas o en cualquier caso mejoran la calidad del suelo e incluso, en las regiones frías, el calor contenido en el agua residual adelanta la germinación de las semillas.

Sin embargo, una política racional de reutilización implica un conocimiento, lo más extenso posible, de las alternativas de reutilización, ya que en determinadas circunstancias puede resultar idóneo otro uso del agua residual urbana, distinto al riego agrícola, como puede ser, por ejemplo, el entarquinamiento de terrenos o el lavado de suelos salinos.

En general, cualquier uso del agua residual distinto al agrícola es beneficioso para éste, ya que se dispondrá de más agua para el riego. Por último no hay que olvidar que todo el agua residual no es de origen urbano ya, que los residuos industriales son cada día más frecuentes, incluso en pequeñas poblaciones, dando lugar a efluentes bien de origen netamente industrial o bien de origen mixto, los cuales tienen muy restringido el uso agrícola.

Considerando todas estas premisas es por lo que se propone un modelo para las distintas alternativas de uso de un agua residual.

ESQUEMA DEL MODELO

A la hora de decidir el tipo o la forma del modelo del cual se extrajese la información primaria necesaria para una aplicación de un agua residual, se pensó en una matriz, ya que su aplicación y comprensión es más inmediata que un modelo matemático en el que, en su caso, deberían darse valores a una serie de parámetros tales como número de usuarios, volumen de aguas a tratar, balance hídrico y un largo etcétera, lo que quizá complicaría o difuminaría la comprensión de la problemática de la reutilización de las aguas usadas.

En el modelo propuesto se han intentado introducir todos aquellos parámetros que indiquen la idoneidad de una determinada aplicación o uso, es decir, los factores propios de cada entorno que afecten de una manera determinante a la aplicación de tal o cual reutilización. Como se ha indicado anteriormente el modelo con características de matriz tiene dos entradas en filas y en columnas. En filas se encuentran los 22 usos predominantes a que puede estar sometida un agua residual. Estos usos se encuentran reunidos en cinco grupos según el sector al que pertenecen: Agrícola, Industrial, Municipal, Turístico-Recreativo y Otros, in-

cluyendo en este último todos aquellos usos de difícil encaillamiento y cuya puesta en práctica, al igual que los usos restantes, puede ser de competencia pública (Municipios, Confederaciones, Autonomías) o privada. Cabe pensar en una mayor división de los 22 usos propuestos, tales como diferenciar, por ejemplo, el riego de pastizales del de gramíneas o el riego de leguminosas del de hortalizas y dentro de estas últimas si son de consumo crudo o cocinado. Sin embargo, no se ha tomado esta opción porque la lista sería demasiado larga dando lugar, en consecuencia, a reiteraciones, además profundizar demasiado en una actuación concreta debe dar lugar a un estudio previo de la misma, sobre todo si la inversión a realizar es fuerte.

En columnas se encuentran las características de la zona divididas en tres sectores: Características culturales, características climáticas y geomorfológicas y características del agua residual disponible.

Estos tres sectores se hallan a su vez subdivididos dando lugar a 37 características, las cuales son en realidad las determinantes de la elección del uso concreto a que va a estar sometida el agua residual. De manera similar a lo que ocurre con los usos, las características propuestas pueden desdoblarse en muchas más si se actúa en profundidad, sin embargo al tratarse de un modelo cualitativo semicuantitativo una excesiva extensión de éste podría dar lugar a resultados confusos.

CRITERIOS PARA LA APLICACION DEL MODELO

En primer lugar habría que definir las circunstancias que llevan a una determinada comunidad a reutilizar sus aguas usadas en cualquier sector. Estas circunstancias son:

- Déficit de agua procedente de embalses, ríos o acuíferos.
- Abaratar el costo de una explotación en función de la calidad del agua empleada (por ejemplo sustituir el agua potable utilizada en el riego de parques, jardines o campos de golf por agua residual).
- Eliminar la contaminación orgánica del litoral mediante la reutilización de las aguas residuales en agricultura u otros sectores que no impliquen un nuevo vertido.
- Aprovechamiento del potencial energético contenido en las sustancias que componen el agua residual (producción de biomasa, calentamiento de sistemas, producción de biogas, etc.).

De una manera general y atendiendo a las características del agua residual la reutilización de

ésta tendrá, a priori, unos campos preferentes de utilización, según los siguientes criterios.

- Aprovechamiento energético de las características de cada agua residual.
- Utilización en aquellos usos donde exija menos calidad.
- Utilización en aquellos usos donde la rentabilidad/inversión sea mayor.
- Utilización en aquellos usos donde se asegure un mayor periodo de utilización anual.

En base a estos criterios se deben tener en cuenta:

- Los costos de instalación de la red de distribución en función de la ubicación del usuario de aguas residuales con respecto al lugar de producción, así como la complejidad de la instalación.
- La aplicación inmediata de las aguas residuales sin grandes inversiones.
- La sustitución de algún uso del agua potable o natural por el agua residual en función de la calidad exigida.
- Los beneficios económicos, sociales o políticos que reporte al municipio la reutilización o cesión de sus aguas residuales.

Todos estos criterios influirán en la decisión sobre la alternativa a tomar, sobre todo en aquellos casos en que la resolución del modelo dé como solución más de una alternativa factible.

Para resolver el modelo propuesto se han tomado dos variables. La primera variable es función de la idoneidad, a priori, de la utilización del agua residual (urbana o industrial) para determinados usos. Para la idoneidad o eficiencia se han tomado tres niveles:

A = Alto grado de idoneidad.

M = Grado medio de idoneidad.

B = Bajo grado de idoneidad.

El grado de idoneidad, como se ha indicado antes, está tomado a priori, así, por ejemplo, el uso agrícola de un agua residual urbana tendrá, por las razones expuestas a lo largo del trabajo, un alto grado de idoneidad, mientras que el uso industrial tendrá en la mayoría de los casos un bajo grado de idoneidad, sin embargo esto no significa que el agua residual urbana tenga que utilizarse siempre en agricultura, puesto que en algunos casos será más rentable económicamente utilizarla en otros usos atendiendo a los criterios antes expuestos.

La segunda variable es función de cómo afecta favorablemente cada una de las 37 características de la zona a cada uno de los usos propuestos. Esta variable figura en el modelo como un índice del

HIDRAULICA E HIDROLOGIA

USO DEL AGUA RESIDUAL	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA	CARACTERÍSTICAS CULTURALES										CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y GEOMORFOLÓGICAS									
		URBES DEL TERMINO					MINI CULTURA					CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DISPONIBLE									
		PROCESOS					NO PRODUCCIÓN					CALLE					TRIBUTOS NO DISPONIBLE				
		INDUSTRIAL	DOMESTICO	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
AGRICOLA	REGO DE FRUTALES Y ARBORES	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—
	REGO DE PASTIZALES Y HUERTAS	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—
	CULTIVOS ESPECIALES (frutas, verduras, etc.)	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—
	SEMILLERIA	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—
INDUSTRIAL	REFRIGERACION	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	LAVADO DE NAVES Y ALMACENES	B1	—	—	—	—	B1	—	—	—	—	B1	—	—	—	—	B1	—	—	—	—
	LAVADO Y TRANSPORTE DE MATERIALES	B1	—	—	—	—	B1	—	—	—	—	B1	—	—	—	—	B1	—	—	—	—
	RECICLADO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MUNICIPAL	CELEBRACION DE SUPERFUNDOS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	CALENTAMIENTO DE EDIFICIOS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	REGO DE PARQUES Y JARDINES	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	REGO Y LIMPIEZA DE CALLES	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TURISTICO RECREATIVO	POTABILIZACION	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	REGO DE CAMPOS DE GOLF	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	LAGOS ARTIFICIALES	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PROTECCION DE ZONAS HUMEDAS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
OTROS	RECARGA DE ACUÍFEROS	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3
	SABOREAMIENTO CON FINES RECREATIVOS	B3	—	—	—	—	B3	—	—	—	—	B3	—	—	—	—	B3	—	—	—	—
	PRODUCCION DE BOMBA	M3	—	—	—	—	M3	—	—	—	—	M3	—	—	—	—	M3	—	—	—	—
	LAVADO DE SUELOS SAUNOS	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3
OTROS	ENTARDECIMIENTO	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—	A3	—	—	—	—
	CALENTAMIENTO DE SISTEMAS RECICLADOS	B2	—	—	—	—	B2	—	—	—	—	B2	—	—	—	—	B2	—	—	—	—

Modelo empírico para el uso racional del agua residual

grado de idoneidad. Estos índices se han establecido del 1 al 3 en función de su importancia, siendo 3 el valor máximo. Se ha incluido el índice 0 para indicar la no influencia (nula) que ejerce determinada característica sobre determinado uso.

UTILIDAD DEL MODELO

Con estos criterios se ha realizado un modelo de aplicación general cuya utilidad es doble; por una parte y como aplicación más inmediata se puede utilizar como una "Guía de Información" sobre las posibilidades de reutilización de las aguas residuales, ya que conociendo por ejemplo el tipo de agua residual de que se dispone se sabrá a qué uso o reutilización podrá someterse ésta, o bien eligiendo a priori un uso interesante para la zona podrán saberse los requisitos necesarios que deberán cumplir las distintas características de la zona tales como el agua residual, el terreno o la red de alcantarillado.

La otra aplicación del modelo es la resolución numérica de éste, para lo cual se deberán conocer las características culturales, climáticas, geomorfológicas y del agua residual disponible en una zona en concreto. Una vez conocidas se subrayan las columnas correspondientes en la matriz, a continuación se subrayan aquellas filas o usos en cuya intersección con las columnas no aparezca un asterisco. En general, la calidad del agua residual disponible será el factor limitante para los diversos usos. Hay que señalar que algunas casillas contienen un asterisco diferenciándolo del signo —, con esto se quiere indicar que algunas características de la zona no son limitantes, ya que éstas pueden estar condicionadas por falta de agua y otros recursos en el momento actual y por tanto sujetos a modificaciones.

CONCLUSIONES

La reutilización de las aguas residuales disminuye la contaminación, aumenta el caudal de agua dis-

ponible en la zona e incide de manera directa en el proceso de depuración (si lo hubiere) reduciendo gastos y aumentando la calidad del effluente al haber un usuario directo que lo utiliza.

El modelo propuesto está basado en numerosas visitas técnicas y nace de la necesidad de aglutinar el amplio abanico de posibilidades que ofrece el agua residual de una manera sencilla y eficaz.

Por último añadir que la cuantificación del modelo es una primera aproximación realizada por el CEPYC y por tanto sujeta a modificaciones, sin embargo, los valores numéricos señalados dan lugar, una vez resuelto el modelo, a una o varias soluciones que sólo tienen interés como dato inicial o base de partida para un estudio posterior de orden económico, sanitario y social en el que se elegirá la alternativa idónea para la comunidad en función de los criterios antes expuestos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar mi agradecimiento al CEDEX y muy especialmente al Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), gracias al cual se hizo posible la realización del informe "Alternativas de vertido, su aplicación a zonas costeras", base fundamental de este trabajo. En segundo lugar, y no por ello de menor importancia, a don Luis Peñalver Cámara y en general a todos los constituyentes del equipo. En tercer lugar mi agradecimiento a los Excelentísimos e Ilustrísimos Ayuntamientos de: Benalmádena, Camarma de Esteruelas, Calviá, Carrión de Calatrava, Cartagena, Daimiel, El Toboso, Guardamar del Segura, La Solana, Madrid, Manzanares y Ses Salines, así como a las siguientes Instituciones y Empresas: Confederación Hidrográfica del Sur, Universidad de Murcia, D.G. del Medio Ambiente, D.G. de Obras Hidráulicas, Jefatura de Obras Hidráulicas de Mallorca, Mancomunidad de Municipios de la Costa del Sol Occidental, ICONA de Ciudad Real, AGAMIT, S.A., AUGINSA, AUXINI e INYPSA.