

ERNESTO HONTORIA GARCÍA

Pasado, presente y futuro  
del agua en el medio ambiente



DISCURSO DE APERTURA  
UNIVERSIDAD DE GRANADA  
CURSO ACADÉMICO 1998-99

ERNESTO HONTORIA GARCÍA

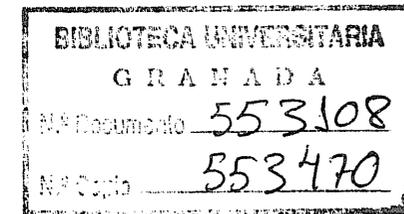
Pasado, presente y futuro  
del agua en el medio ambiente



DISCURSO DE APERTURA  
UNIVERSIDAD DE GRANADA  
CURSO ACADÉMICO 1998-99

Pasado, presente y futuro  
del agua en el medio ambiente

ERNESTO HONTORIA GARCÍA



Pasado, presente y futuro  
del agua en el medio ambiente

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
CURSO ACADÉMICO 1998-99



## *Introducción*

La elección de un título como el expuesto es, sin duda, la diana de las críticas, tanto por su generalidad, como por su amplitud; el llegar desde un extenso abanico de temas a la punta de flecha, es una labor harto difícil, y más aun cuando prácticamente todas las disciplinas académicas barren este o cualquier campo.

Es el momento de esforzarse en el trabajo multidisciplinar y aprovechar la mejor formación de cada uno, en su campo específico. Los profesores estamos obligados a enseñar a nuestros alumnos como trabajar en conjunto, sin preocuparse quién dirige el grupo.

Cuando se habla de agua la mayoría de nosotros piensa en ese vaso refrescante que hace unos días nos saciaba la sed, otros reflexionan en la proporción que tenemos en nuestro cuerpo y que es uno de los elementos indispensables para la vida, además de ser origen de esta, pero cuando se incorpora la coletilla “en el medio ambiente” ya se piensa en la atmósfera, en el mar y en las aguas continentales y con ello podemos entrever en la Ingeniería, el agua en alta, con grandes obras de captación o regulación del preciado elemento para su utilización en regadíos, en industrias y/o en los abastecimientos.

Como pueden comprobar ya hemos llegado en unas frases al ciclo de uso del agua y, por tanto, es aquí donde debemos separar las aguas limpias de las sucias o usadas.

© ERNESTO HONTORIA GARCÍA.  
© UNIVERSIDAD DE GRANADA.  
PASADO, PRESENTE Y FUTURO DEL AGUA EN EL MEDIO AMBIENTE.  
LECCIÓN INAUGURAL. APERTURA CURSO ACADÉMICO 1998-1999.  
Edita: Secretaría General de la Universidad de Granada.  
Imprime: Gráficas La Madraza.

*Printed in Spain*

*Impreso en España*

El hablar de aguas limpias tanto en pasado en presente, como en futuro, sería ya tema extenso para una sola lección. Además existe suficiente bibliografía para que estemos perfectamente informados, es por ello, y por mi dedicación, que voy a centrar estos minutos en las aguas usadas.

El hablar de aguas sucias, —hoy o mañana—, es conectar con la palabra “depuración”, pero atendiendo al término “pasado” tengo que tratar de la evolución del saneamiento, y que mejor que comenzar con la definición de estas dos palabras:

- Evolución significa el desarrollo de las cosas o de los organismos, por medio de la cual pasan gradualmente de un estado a otro, o también, el desarrollo o transformación de las ideas o de las teorías. La inclusión, dentro de la definición de la evolución, del adjetivo gradual, señala el paso grado a grado que se da en todo proceso de cambio.
- Por saneamiento se entiende aquello que da salubridad a un terreno, edificio, asentamiento, etc., este concepto consiste en tratar que sea bueno para la salud, lo que hace que el saneamiento vaya siempre unido al concepto y criterio de salud y que ha ido evolucionando a lo largo de la historia y ha marcado de una forma muy significativa el desarrollo de los pueblos.

Las dos palabras definidas anteriormente están ligadas a varias titulaciones que se imparten en nuestra Universidad, de aquí este reto a las demás disciplinas de buscar y consolidar vías de investigación y de trabajo conjunto. Pero es evidente que nuestra titulación ha tenido, tiene, y tendrá, mucho que decir en el saneamiento, pues la disciplina de

Ingeniería Sanitaria y Ambiental, junto a las de Ingeniería Hidráulica e Ingeniería de la Construcción, lideran este campo de búsqueda del bienestar de los pueblos y, por tanto, son disciplinas en las que se exige un vasto nivel de conocimiento.

### *Pasado*

El conocimiento del pasado es siempre la base del futuro y del desarrollo. Con ello no cometeremos los errores que limitarían nuestro avance.

La preocupación por el pasado no es siempre coto de una sola disciplina, —aquí aparece de nuevo el trabajo conjunto— donde historiadores o arqueólogos se apoyen en otras titulaciones, y es por eso que quiero agradecer aquí la tesis desarrollada en este campo por el actual Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Antes de comenzar con unas breves reseñas históricas déjenme decirles que la preocupación por el saneamiento no solo aparece en la historia en asentamientos fijos, sino también en temporales, y valga como muestra lo que dice Moisés en el Deuteronomio: “Habrá un lugar, fuera del campamento, a donde te dirigirás. Tendrás una azada en tu equipo. Cuando vayas a agacharte, allí apartado, cavarás un hoyo y cuando te marches, cubre con tierra tus excrementos”.

De igual modo se narra en la Biblia cómo el Rey David se introduce en Jerusalén para su conquista a través de lo que debían de ser los conductos de desagüe de las aguas residuales, es decir, de las cloacas que recogían las aguas de lluvia y sucias del uso urbano. Tras ser consagrada capital del reino de David y ampliarse se introduce una red de al-

cantarillado separativa previendo el futuro de este campo; como también podríamos estar hablando de futuro por el aprovechamiento de las aguas residuales, tras su depuración en las lagunas, y en los regadíos.

Se ve, por tanto, que la preocupación por la salud es parte fundamental del medio ambiente y ha sido una constante de la humanidad.

Me remontaré a los primeros vestigios el saneamiento y que aparecieron en la civilización Minoica, que tuve la ocasión de visitar y conocer en el Palacio de Minos de Knosos, donde existe una amplia red con tubos enchufados unos en otros y a los que realizaban un tratamiento de las juntas, los trazados tienen curvas y saltos de nivel e incluso tramos en contra pendiente; lo que nos hace pensar que tenían el conocimiento de los vasos comunicantes y con ello el principio del funcionamiento del sifón. Quiero que sepan todos ustedes que estoy hablando de algo más de 4.000 años.

Más tarde los griegos solucionaron sus problemas mediante canales rectangulares, y esta facilidad constructiva era la utilizada en el alcantarillado disponiendo como novedad de pozos de registro con repartidor, dividiendo así en varias zonas el vertido, minimizando, por tanto, la erosión del terreno. Estos colectores estaban conectados a letrinas y baños que se encontraban en las residencias de las clases sociales más altas.

Los romanos no sólo utilizaron los conocimientos de las civilizaciones anteriores sino que los ampliaron en todas las disciplinas de este campo: urbanismo, sanitaria, construcción, hidráulica, Derecho, etc., lo que hace de ellos, los maestros de nuestro tiempo.

Durante el período romano se produce una transformación importante que, sin lugar a dudas, tiene una trascen-

dencia fundamental en el desarrollo de un sistema de saneamiento. La creación de un marco institucional y material que posibilita la formación de las “civitas” en la que se transforman los asentamientos o comunidades. No cabe duda que la urbanización de las distintas “Civitates” no son semejantes, pero la implantación de una política de saneamiento, como base del desarrollo estructural de los asentamientos; así como el carácter fundamental dado a una red básica de colectores en el trazado y desarrollo de ciudades nuevas o ampliación de núcleos anteriores, son conceptos novedosos, que fijan un hito importante al papel que se da al estudio del saneamiento de poblaciones.

En época romana también podemos hablar de reutilización, ya que disponían de lugares donde se ubicaban recipientes para recoger orines. Así se deduce de los documentos que descubren los impuestos establecidos por Vespasiano a bataneros y curtidores que recogían dichos recipientes para reutilizar su contenido.

Dentro de la red de alcantarillado romano cabe destacar la cloaca Máxima de Roma —que data de 200 años a. de C.— y que fue la base del desarrollo de la ciudad, la construcción se realizó en diversas etapas, utilizándose diferentes técnicas, sus dimensiones son equiparables a las de colectores actuales de grandes capitales con cinco metros de diámetro en la embocadura de la bóveda.

En Pompeya la red es ramificada con acometidas de letrinas de casas en pisos realizadas con tubos cerámicos verticales.

Es importante señalar la utilización de prácticamente todas las partes y elementos de hoy día, y quiero destacar la existencia de imbornales de los tres tipos actuales: calzada, buzón y mixtos; tal y como puede verse en Éfeso y Pompeya.

Los cruces de cloacas eran debidamente señalados para facilitar su localización y poder ser reparados construyendo arquetas y pozos de todo tipo; en cuanto a la utilización y funcionamiento de otros elementos, haré un repaso más adelante.

Para los romanos la red de saneamiento en núcleos de mediana importancia, es de obligada ejecución, siendo esmerada, realizándose compactaciones importantes, que han permitido su funcionamiento durante largo tiempo y han resistido frente a estructuras que la acompañan; como puede observarse en Baelo donde el colector resistió y no lo hizo así la red viaria:

Dada la importancia del mundo romano en nuestra península, y en especial en la Baetica, voy a destacar aspectos significativos de Andalucía que tenía en aquella época casi 100 asentamientos (más que la Tarraconensis y Lusitania juntas) que tenían cinco veces más de superficie (por algo sería). Ese motivo es el responsable de que los que aquí vivimos no nos queramos marchar, y los que no viven quieran venir: tenemos una tierra envidia de todos los pueblos.

Hecho este inciso comentaré dentro de Andalucía los asentamientos más significativos en cuanto a Ingeniería Sanitaria se refiere:

CARTEIA (Cádiz) donde podemos observar colectores tipo bóveda y de falsa bóveda con dos tegulae (tejas planas) que servían de encofrado para el "opus caementicium".

ITÁLICA (Sevilla) con dos grandes emisarios ubicados en las vaguadas que desembocan en el río y a estos se incorpora la red secundaria ramificada. Los emisarios son visitables, no siendo así la red de colectores secundaria, en donde accedían no sólo las aguas negras sino también las procedentes de lluvia que se introducían a través de

imbornales circulares. Todos los colectores tenían prevista su explotación siendo posible en los pequeños por estar cubiertos mediante pequeñas losas rectangulares desmontables.

Pero es en Itálica, donde quiero destacar el descubrimiento de D. Antonio Menéndez Ondina en lo que se suponía una escalera, no es sino un rápido y verdadero disipador de energía donde los romanos reflejan perfectamente el cuidado de estas obras pues la solera está construida con piezas de mayor resistencia que el resto y con dimensiones correctas para conseguir el desnivel de un colector a otro.

Es en esta misma ciudad, donde sus características topográficas obligaron a construir colectores con desniveles importantes y como al tener limitada las velocidades del agua (tanto por defecto como por exceso, pues la primera ocasionaba sedimentaciones que eran foco de olores y vectores transmisores de enfermedades y la segunda erosionaba los colectores destruyéndolos) construyeron rápidos, no sólo como el comentado anteriormente, sino también tipo gola e incluso arquetas de cambio de nivel.

Es aquí donde se denota la importancia que las infraestructuras sanitarias tienen para los romanos pues el trazado de éstas, obligado a veces por los desniveles hizo que la red de viales de Itálica no fuese ortogonal en algunos sitios, y esto es debido a que los viales se colocaban encima del alcantarillado guardando unos 40 cm. de recubrimiento en la clave.

BAELO (Cádiz) tiene los colectores barriendo la ciudad de Norte a Sur a los que acceden las distintas acometidas, se debe destacar las de piletas y, además, en algunas quedan restos de tuberías de plomo. Este tipo de desagües buscaba, sin duda, la dilución de las aguas negras de las viviendas

que tenían su acometida a 2,25 m. de la fachada, mediante pozos circulares de 20 cm. de diámetro, provistos de tapas de piedra ostionera en muchos casos.

El emisario último finalizaba con el vertido al mar construido en tubería, con “opus caementicium” y es conveniente apuntar sus dimensiones con 0,8 m y 0,5 m de diámetros exterior e interior.

ASIDO (Cádiz) tiene restos de cloacas visitables de gran importancia construidas con sillares y lajas en la zona superior e inferior, estando cubiertos los hastiales con “opus signinum” que lo utilizaban para impermeabilizar.

Quiero reflejar aquí el cuidado medioambiental dado que se preocupaban de no contaminar por fuera del colector, evitando filtraciones para preservar, así, las aguas subterráneas de la zona.

En algunos colectores es preciso llamar la atención de la existencia de salientes en la parte superior de los hastiales que permitían la colocación de estructuras auxiliares para la ejecución de la bóveda. En esta ciudad también existe otro rápido donde eligieron las piezas de la solera.

Creo que ha llegado el momento de realizar un breve resumen de las obras sanitarias de los romanos, y quiero comenzar por el proceso constructivo que tenía su inicio con el levantamiento topográfico mediante diversos instrumentos de nivelación, siendo la “groma” y el “corobate” los más usados que se utilizaban para marcar las calles principales: cardo maximus (N-S) y el decumanus maximus (E-O); calculaban el recurso hídrico y, conociendo las necesidades, fijaban la dimensión del asentamiento. Para ello no solo contabilizaban los caudales de abastecimiento de las fuentes y baños, sino también un sobrante que utilizaban para la dilución de la contaminación. A partir de estos cálculos dis-

ponían los espacios públicos. Por lo tanto tenían perfectos conocimientos de la ordenación del territorio y del urbanismo.

Asimismo replanteaban los colectores y fijaban la excavación, que se realizaba a mano (pico y pala) y en caso de ser profundas, utilizaban entibaciones de madera; después de rasanteada la zanja, colocaban la solera con el material adecuado, y así aseguran la minimización del desgaste; siempre con especial atención a las pendientes que venían fijadas por las velocidades.

Construían secciones visitables, o no visitables, y dependiendo de la zona utilizaban ladrillos, sillería, o “opus caementicium”. Se preocupaban de la impermeabilización y del régimen hidráulico de los colectores utilizando el “opus signinum”, por ejemplo con la construcción de boceles.

Estos dos conglomerados estaban reglamentados (Vitrubio y Faventino) con 2 ó 2,5 partes de arena por una de cal a la que se añadía trozos de sílice o piedra de toba para el opus caementicium y además de tener normalizada la arena utilizada, realizaban pruebas de calidad tal y como hoy día.

Por otro lado cabe señalar la legislación en el campo del agua: con concesiones a particulares, y con las expropiaciones por donde tuviesen su paso las canalizaciones para abastecimiento.

Con lo aquí expuesto, vemos nuestra descendencia romana en planificación urbanística en aspectos constructivos y en legislación hidráulica, con la preocupación del dominio público y del medio ambiente mediante la dilución de las aguas negras. Todo ello hacía que sus obras de saneamiento estuviesen bien ejecutadas.

Tras los romanos llega un período donde el abandono del concepto ciudad-Estado conlleva un deterioro de este tipo

de infraestructuras e incluso la ruina total de las obras sanitarias existentes, dando como resultado la presencia de sucesivas epidemias de peste que provocaron una disminución drástica de la población.

Con los árabes se produce un nuevo impulso de las obras de saneamiento: en algunos casos con la puesta en funcionamiento de redes romanas (cabe destacar el alcantarillado de Córdoba donde se puede apreciar la impermeabilización de las juntas de las acometidas domiciliarias) pero estructuras completas de saneamiento son difíciles encontrar pues la destrucción de ciudades, por ejecución de otras posteriores—debidas a la superposición de culturas— han ido arruinando los posibles restos de colectores.

En cualquier caso el trazado no responde a ideas urbanísticas parecidas a la ortogonalidad romana y el árabe da al agua un carácter más de ocio y sagrado que el de utilidad del romano.

La cultura árabe pierde el rasantismo del trazado y, con ello, el concepto de pendiente o velocidad de las aguas sucias; lo mismo le ocurre con la unificación de secciones, pero, a cambio aprovechan los colectores visitables para adicionar redes de aguas limpias en los hastiales, incorporando por tanto el concepto de galería de servicio, aunque siempre con la anarquía en la utilización de los materiales.

En escritos de la época se recoge la existencia de equipos de limpieza y quedan restos de tapas de usillos, que se orientan hacia una estética y no al carácter receptor hidráulico.

Antes de acabar de comentar la cultura árabe estoy obligado a hacer una breve referencia a la gran ciudad de Madinat Al-Zahra, en la que se realizó una red completa de saneamiento pero, de igual modo, también existe otra de desagüe en nuestra querida Alhambra (de forma rectangular). Su

conocimiento se debe a un estudio realizado por la existencia de humedades en el patio de Arrayanes. Las nuevas técnicas de televisión controlada a distancia han permitido conocer las secciones y el estado actual que ha aconsejado la colocación de una red paralela para así conservar la existente.

Tras los árabes, tuvimos épocas de deterioro constante de las obras sanitarias hasta finales del siglo XIX, con pequeños conatos de mejoras. Eran épocas en las que el “AGUA VA” imperó en nuestros antepasados, y éstos, con el fin de semicanalizar estas aguas procedentes de puertas y ventanas, construyeron cunetas centrales en calles y siguieron practicando “TODO A LA CALLE”.

Cuando Madrid alcanzó los 80.000 habitantes se pensó en la necesidad de construir alcantarillado no solo para el agua sucia sino también para extraer el contenido de los pozos negros repartidos por doquier, y es en 1618 cuando el corregidor Francisco Villorrias acomete la hoy Carrera de San Jerónimo y la Plaza Leganitos, pero, tras esta tentativa, no se hace nada hasta finales del XVIII convirtiendo a Madrid en la ciudad más sucia de Europa.

En 1734 el ingeniero Alfonso de Arece elevó a Fernando VI un proyecto de alcantarillado para la zona más poblada, pero aunque tuvo gran acogida no se llevó a la práctica, pues en aquella época predominaba en el Protomedicato local el criterio de que el estiércol y aguas negras eran muy convenientes para la salud porque sus fétidas emanaciones “templaban los sutiles aires de la Sierra” (quién no se conforma es porque no quiere).

Fue en 1780, con Carlos III, cuando se construyeron varios kilómetros de colectores como el izquierdo de la Castellana y de nuevo caímos en otro hoyo de casi un siglo. Ya en

1850, y durante 14 años, se construyeron colectores por un valor de 6.316.000 pesetas de hace casi 150 años.

Antes de entrar en el “presente” quiero enumerar los objetivos que se fijaron los romanos y que dieron el auge a este tipo de infraestructuras, estos son:

- La urbanización de nuevas ciudades o ampliaciones de las existentes tienen su inicio en el trazado de la red de colectores.
- La construcción de alcantarillas, así como los materiales utilizados, tienen que estar acorde con la vida útil del asentamiento, o al menos acercarse.
- La dilución de las aguas sucias y los puntos de vertido alejados del casco urbano son aspectos fundamentales para la salud pública y, por tanto, para el medio ambiente.
- La legislación y normativas unifican criterios y compensan los recursos.
- La previsión de la explotación mejora las perspectivas de vida de las obras.

Como comprobaremos más adelante estos mismos objetivos los tendremos en el presente y en el futuro.

### *Presente*

El hablar del presente nos sitúa prácticamente en el siglo XX. Aunque a finales del XIX empezamos a preocuparnos de la ventilación de los colectores para dar frescura a las aguas residuales evitando así la producción de gases que, además de malos olores, destruían las conducciones.

España en 1879 promulga la Ley de Aguas que, además de ser pionera, sirvió de espejo y base para la mayoría de las

legislaciones hidráulicas de otros países. En nuestra centenaria ley —pues duró más de cien años hasta 1985— se contemplaba la mayoría de los escalones actuales y, a partir de ella, aparecieron las Confederaciones Hidrográficas y las Comisaría de Aguas. Daba prioridad a la cantidad, como así lo exigía el desarrollo, apareciendo, por tanto, las concesiones. La excelencia de la ley implicó que las modificaciones o una nueva legislación se retrasase pues tenían que estar perfectamente estudiadas (de todos nosotros es bien conocido el refrán de “más vale malo conocido que bueno por conocer”) otros países, en cambio, no repararon en consecuencias y la modificaron acorde con la problemática que les iba apareciendo: fundamentalmente la escasez producida por la contaminación e introduciendo el concepto de calidad al lado del de cantidad.

Es prácticamente a finales del siglo XVIII y principios del XIX cuando aparece el resurgir de las infraestructuras de saneamiento encargadas de evacuar las aguas residuales y las de escorrentía superficial, y se comenzó a cuidar las normativas de alcantarillado que sufrieron modificaciones para ir alcanzando los objetivos previstos, semejantes, pero perfeccionados, a los del mundo romano, y que culminan con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones, y con la instrucción para el Proyecto de Conducciones de Vertidos desde Tierra al Mar.

Aunque se pueda entender que la “depuración” de las aguas residuales comenzó con un lagunaje en el 630 a de C. con los Hititas; y que la utilización de pozos negros como decantadores-digestores la realizaron varias civilizaciones; que los romanos diseñaron y construyeron desarenadores (como el existente en Segovia), es en nuestro siglo, cuando

se le da sentido a esta palabra y es cuando empezamos a construir las primeras depuradoras.

En España es en 1920 cuando se diseña la primera depuradora de Madrid, "La China", aunque su construcción se retrasa casi dos décadas, pero no es hasta los años 70 cuando se realiza el primer plan de depuración, con cientos de instalaciones que construye la Administración Central y cede a la Local que, en ningún modo, está concienciada con la contaminación y, para cada pueblo, eso era problema del de abajo que necesitaba tomar agua para beber, esto, unido a que las primeras plantas depuradoras en general no estaban ni bien diseñadas proyectadas y construidas pues, entre otros aspectos, consumían mucha energía y hacían que los alcaldes dijese que "alhajas con dientes no querían" y con la primera factura de la compañía eléctrica correspondiente mandasen parar la instalación. Por este motivo este plan del 70 fue un fracaso.

Sin duda este aspecto, entre otros muchos, fue impulsor del pensamiento de D. Miguel Delibes en su discurso de ingreso en la Real Academia de la Lengua en 1975 que veía al hombre contemporáneo como a aquellos tripulantes de un navío que, cansados de la angostura e incomodidad de sus camarotes, decidieron utilizar las cuadernas de la nave para ampliarlos y amueblarlos. Veía como nuestro barco se hundía.

Señalaba a ese hombre obcecado por una porción dominadora, persiguiendo un beneficio personal, ilimitado e inmediato, desentendiéndose del futuro.

Definía al siglo XX y su situación en diez puntos:

- El progreso contra el hombre.
- Hombres encadenados.

- El deseo del dominio.
- El equilibrio del miedo.
- La Naturaleza, chivo espiatorio.
- Un mundo que se agota.
- La rapacidad humana.
- Un mundo sucio.
- Muerte en la tierra y en el mar.
- El hombre contra el hombre.

Compara en su discurso el concepto antiguo de obra permanente con un pensamiento actual de permanente renovación. Analiza como, antes la recomendación de comprarse un traje, era "Este traje le enterrará a usted" "Tenga por seguro que esta tela no la gasta". En el momento actual — para evitar el gran colapso económico— se fabrican telas para que se ajen, automóviles para que se estropeen, cuchillos para que se mellen, bombillas para que se fundan.

Y dice "Terminar con aquello que nos es imprescindible y cuyo final pudo preverse, revela un índice de rapacidad y desidia que dicen muy poco a favor de la escala de valores que rige en el mundo contemporáneo".

El deterioro expresado anteriormente viene provocado por el uso y vertido incontrolado de las aguas. La contaminación producida por la población, las industrias, y la difusa de la agricultura, es prácticamente incalculable. Realizando una transformación a habitantes equivalentes de esta contaminación duplicamos la población real de nuestro país que estamos en condiciones de poder depurar por ser vertidos de núcleos.

- ¿Cuánto valdría la de las industrias alejadas de ciudades?

- ¿Cuánto la producida por la agricultura?,
- ¿Cuánto la del lixiviado de las basuras?
- y ¿cuánto ...? ¿cuánto...? ¿cuánto...?...

Para que tengamos una pequeña idea, y gracias a la colaboración entre Microbiología, Instituto del Agua e Ingeniería Civil, puedo ofrecerles este dato: la contaminación producida por los alpechines puede estimarse similar al de una población casi diez veces Granada, y con el agravante de estar habitada durante un trimestre que es el tiempo de campaña de las almazaras.

Yo comencé a trabajar en este campo en 1981 y puedo decirles que muchos compañeros me comentaban: como te dedicas a “eso” si no hay trabajo, efectivamente no teníamos conciencia de la necesidad de descontaminar y, de vez en cuando, se hacía una depuradora.

Nuestra ley de aguas actual del 2 de agosto de 1985 empieza a formar espíritu de depurar pues, además de dar al agua un carácter público, injerta el concepto de calidad dándole incluso más importancia que al de cantidad. Y, junto con nuestra entrada quijotesca en temas medioambientales, en la Unión Europea se genera un murmullo que se extiende por todos los rincones: contaminación contaminación... aparecen los grupos ecologistas por doquier y, por supuesto, técnicos especialistas, y todos comenzamos a engordar el embrión de la preocupación.

Siempre se habla de la contaminación: “no hay que contaminar o hacerlo mucho menos”, y sólo unos pocos hablamos de descontaminación: “a lo echo pecho”, y no podemos parar nuestro desarrollo. Las dos cosas unidas es a lo que debemos tender. A finales de la década de los 80 ya los Ayuntamientos pedían a las distintas Comunidades Autóno-

mas competentes en este campo que les hiciesen “su” depuradora.

A partir de este momento aparecen, —como dijo Delibes— vividores de este nuevo campo: unos vendían enzimas liofilizadas, otros importaban turbas rubias de países centroeuropeos, y algunos hacían las mismas depuradoras en diferentes núcleos. Sólo unos pocos disfrutaban con el arte de diseñar instalaciones acopladas al pueblo en estudio, caracterizando todos los datos necesarios, y haciendo un traje a medida con el mejor paño. Poco a poco la piratería de ganar dinero fácil ha ido desapareciendo.

En 1991 aparece una Directiva 271 que nos obliga en un plazo corto tener la red de colectores de todos los núcleos y depurar las aguas residuales de los núcleos de más de 2.000 habitantes equivalentes teniendo que estar terminadas para el año 2005.

Esta legislación separa zonas de mayor o menor sensibilidad al deterioro de sus aguas para así exigir mayores rendimientos en nutrientes a las estaciones de depuración, verdaderos culpables de la eutrofización.

Esta obligación compromete, además de la utilización de sistemas tradicionales de depuración, a investigar nuevos métodos que se acoplen a las exigencias de las ciudades, y que pasan por una reducción en el consumo energético, por una mayor facilidad de explotación, y por una minimización de impactos o una disminución de la superficie ocupada. Estos dos últimos puntos son los responsables de que en esta Universidad se esté optimizando sistemas avanzados, como los de lechos inundados, que consiguen dentro del reactor biológico la clarificación del agua y así prescindir de la decantación, con ello minimizamos la superficie para así conseguir encerrar la depuradora en un edificio. De este

modo estamos en condiciones de ubicar instalaciones de este tipo en el mismo casco urbano.

En 1991 se termina el plan integral de depuración de Granada teniendo en estos momentos 500 km. de colectores y dos estaciones de depuración (Los Vados y Churriana) gestionado por EMASAGRA.

En 1995, el 28 de abril, aparece el Plan de Saneamiento y Depuración que confiesa, en otros, los siguientes puntos:

- Si bien la mayor parte de las instalaciones cuentan con un sistema secundario de tratamiento existe un número nada despreciable de depuradoras que cuentan sólo con etapa primaria.
- Existen, asimismo, sistemas de depuración mediante tecnologías blandas, aunque la Directiva hace una excepción (caso de lagunaje) sobre el grado de exigencia del efluente —sus rendimientos no son los esperados— ni cumplen con los requisitos establecidos en muchos casos.
- Se advierte que muchas instalaciones en funcionamiento no tienen capacidad suficiente para absorber los caudales que llegan, lo que significa que una determinada carga contaminada llega al medio receptor sin ningún tipo de tratamiento.

Esta circunstancia es debida, fundamentalmente a una deficiente valoración de los datos de partida para el diseño correcto, además de no aplicar la filosofía de los distintos sistemas de depuración y escasear las conversaciones entre las administraciones que pagan la obra y las que se ocupan de la explotación.

Cabe reseñar también:

- Las deficiencias existentes en el grado de mantenimiento y explotación de las depuradoras, lo que hace que sea uno de los problemas de análisis y reflexión permanente.
- La eliminación y uso final de los fangos de las depuradoras son una constante preocupación.
- No está definida la problemática y solución de los vertidos industriales que son precisos depurar adecuando técnicamente los sistemas y atendiendo a la viabilidad económica.

Debemos por tanto compaginar nuestro aumento demográfico, o mejor, su movilidad y los avances industriales, con la capacidad de autodepuración del medio ambiente pues, como dijo San Agustín, “Errare humanum est, perseverare autem diabolicum” y, de no hacerlo así, destruiremos el mundo que nos rodea.

En mi opinión ya hemos comenzado a mejorar y preocuparnos por transportar la aguas contaminadas en las mejores condiciones; con tuberías de materiales especiales para cada terreno y circunstancias, que impiden deterioros y filtraciones, por depurar estas aguas con sistemas que se acoplen a todos los parámetros y variables posibles, y por comenzar a reutilizar los subproductos de estas estaciones depuradas, agua, fangos y gas.

Estamos cambiando los diez puntos de Delibes en:

- Progreso hacia un desarrollo sostenible.
- Libertad del hombre en equilibrio con su medio.
- Sensibilidad hacia el medio ambiente.
- Juego equilibrado entre impactos y factores de corrección.

- Considerar la Naturaleza como madre común de todos los hombres.
- Huida del consumismo, evitar derroches y tender hacia la recuperación total.
- Pensar que somos herederos de un patrimonio común, nuestro medio ambiente, y que debemos administrarlo adecuadamente para entregarlo a nuestros sucesores.
- Considerar la tierra como nuestro hogar.
- Luchar, sin pausa y con eficacia, contra la contaminación.
- Darnos cuenta de la necesidad de elevar a su justo punto los valores humanos, buscando colaboración, ayuda, y justicia.

Al igual que expresé los objetivos del pasado, quiero añadir a estos los del presente.

En la primera mitad del siglo XX eran:

- Mejora de la calidad de los conductos.
- Análisis del costo.

En la segunda mitad de este siglo hay que añadir:

- Protección del medio ambiente.
- Mejora de la calidad de las aguas.

En esta segunda mitad del siglo y en lugares de nuevas urbanizaciones se comienza a realizar redes separativas donde las aguas residuales van a parar a las depuradoras, y las procedentes de escorrentía superficial y consideradas limpias —cosa que no es del todo cierto— entrarían en el medio receptor. Con esto se consigue el no sobredimensionar las estaciones de depuración.

En este final de siglo, como ya he dicho, vamos encaminando, poco a poco, a mejorar los sistemas de descontaminación y a aumentar la calidad de las aguas deterioradas de todo tipo. La elección de mejores procesos conlleva a la búsqueda a igual rendimiento de sistemas con menores consumos energéticos.

La colaboración constante, tal y como aquí tenemos, entre ciencias y técnicas hace posible este desarrollo adecuando procesos biológicos a las necesidades de espacio y control, valga como botón de muestra el proceso de bajo costo de desnitrificación de las aguas subterráneas que nos llevará no solo a ser pioneros en la minimización de volúmenes y costos sino al establecimiento de instalaciones modulares de socorro con desplazamientos fáciles y puesta en marcha rápida.

De alguna forma estoy hablando del FUTURO.

Cuando he querido hablar de futuro me he sentido ridículo y en mi mente he aparecido ante el televisor con un número de teléfono 906..., y dado que con certeza me equivocaré voy a dar mi opinión (como los meteorólogos comentando a lo sumo con 3 días el tiempo) y, por lo tanto, cuando alguien el día de mañana lea esta lección inaugural pensará que pude quedarme en el 2001.

Empezaré por tanto diciendo si la tendencia que tenemos ahora continúa:

- Estamos mejorando el medio ambiente muy deprisa.
- Estamos utilizando nuevos reactivos y productos muy deprisa.

Y me pregunto: no tendríamos que reflexionar sobre el proverbio que dice “El tiempo no perdona las cosas que se hacen sin él”.

De cualquier forma si que es cierto, que en temas de ingeniería sanitaria se ha avanzado bastante en el último decenio.

- Estamos investigando procesos de bajo costo seleccionando los lugares de utilización —bien como sistema único o como elementos combinados— y así alcanzar donde se requiera, los rendimientos fijados.
- Estamos investigando sistemas avanzados, para así reducir superficie y minimizar impactos ambientales negativos.
- Estamos investigando sistemas de selección microbiológica para reducir la puesta en marcha de los procesos de decenas de días a decenas de horas.
- Estamos investigando depósitos de retención de las aguas de escorrentía para evitar el vertido de estas aguas y acoplarlo a la autodepuración del medio.
- Estamos investigando los diferentes sistemas de recuperación de las aguas depuradas para su reutilización en los distintos usos;
- Estamos investigando.....

Con estas investigaciones nos hemos acercado a este pronóstico de futuro que me atrevo a enunciar:

- Nuevas redes de saneamiento con sistemas de reducción de caudales y de contaminación de escorrentía superficial.
- Sistemas de infiltración de aguas y depósitos de retención acordes con parques de esparcimiento.
- Mejora de la gestión de las redes.

¿Cómo podríamos alcanzar este primer punto expuesto?, pues quizás algunas de las medidas que aquí expongo podrían ser un principio de líneas de investigación:

- Incrementar en lo posible la infiltración de las aguas superficiales sin contaminación significativa.
- Conducir las aguas de lluvia sobre tejados, patios y superficies poco contaminadas directamente a la red de aguas blancas. Y conduciendo las de escorrentía de viales y zonas industriales a la red de aguas negras.
- Desviar las aguas de escorrentía de zonas no urbanizadas fuera de la red de saneamiento.
- Utilizar las aguas de escorrentía, retenidas en aljibes o depósitos de almacenamiento para fines industriales.
- Evitar las filtraciones de conductos por falta de impermeabilización en uno u otro sentido.
- Incrementar la limpieza viaria.
- Reducir la contaminación atmosférica, fuente de contaminación de las superficies urbanas.
- Construir tras los imbornales depósitos que retengan la contaminación.
- Mantener limpias las redes de saneamiento evitando puntas de contaminación por arrastre en la primera embolada de lluvia.

Algunas de las líneas de trabajo las estamos realizando en instalaciones de EMASAGRA aupando a las dos instituciones a la cabeza en este campo.

Con todo lo expuesto se pueden formular las siguientes objetivos a alcanzar:

- Evitar los impactos sobre el medio ambiente y, en los casos necesarios, diseñar la red de forma separativa para



garantizar la reutilización de las aguas con el menor costo en depuración.

- Separar las aguas domésticas de las industriales no compatibles que, junto a las procedentes de escorrentía urbana, formarían tres redes de saneamiento.
- Reducción del tamaño de las depuradoras para acomodar su ubicación alcanzando los mayores ahorros energéticos.
- Implantación de depósitos de retención con finalidades de mejoras urbanísticas de ciudades, y mejorar el funcionamiento de las depuradoras por incorporación pausada de sus aguas.
- Optimizar la automatización del funcionamiento, no solo en redes, sino en planta, facilitando más tiempo libre a las plantillas de trabajadores.
- Recuperación integral de los residuos producidos, agua, lodos y gas. Acoplándolos a estudios serios de necesidades:
  - Regadíos.
  - Industrias.
  - Redes de incendios.
  - Zonas recreativas y deportivas.
  - Limpieza viaria.
  - Recargas de acuíferos.
  - Fertilización.
  - Estabilización de taludes.
  - Hidrosiembra de desmontes y terraplenes.
  - Aprovechamiento y mejoras de terrenos semiáridos.
  - Recuperaciones energéticas, para calefacciones o producción de electricidad.
- Acomodación de los sistemas de depuración a la administración local que lo explote facilitando la flexibili-

dad de la instalación y la complejidad del control y mantenimiento.

- Mejoras de los tratamientos de eliminación de nutrientes y reducir los problemas de eutrofización en las pequeñas concentraciones de habitantes.
- Adecuación de sistemas biológicos a la reducción de parámetros contaminantes no deseados.

Todos estos puntos no implican que comencemos una carrera para solucionarlos y quizás sea el momento de exponer el pensamiento de Hipócrates. “La vida es breve, el arte es largo, la oportunidad fugitiva, la experiencia incierta y el juicio difícil”.

Y para no cometer errores de juicio, dado que la experiencia en este campo no es amplia, y que, por supuesto, para mi es un arte el diseño de estaciones depuradoras, merece la pena considerar el seguir los puntos de esta metodología:

- Análisis de la situación existente en todo lo que se refiere a la red de alcantarillado, las concentraciones de contaminantes, y el caudal de las aguas.
- Tras el diagnóstico sería preciso realizar una prognosis, y poder así determinar cuales serían las bases de partida para la vida útil de obra.
- Realización de una toma de datos, prestando especial interés a la ubicación y superficie, pero teniendo en cuenta la topografía y la geología.
- Mantenimiento de conversaciones con las administraciones y así poder conocer preferencias, grado técnico, e intenciones de gestión.
- Presentación de posibles alternativas atendiendo a la concordancia de puntos anteriores.

- Mediante un estudio comparativo económico, tanto de primera instalación como de explotación de las alternativas presentadas, decidir la solución óptima a adoptar.
- Presentación de un plan de construcción y de uno de seguimiento y de control y explotación.

Este estudio debería considerarse —o mejor ser obligatorio— para el planteamiento de concurso de algunas instalaciones.

Voy a terminar con algunas reflexiones de este espíritu futurólogo que hoy tengo:

1.- Debemos tender al control como garantía de optimización de recursos y de lucha contra la contaminación.

En caso de daños, y abierto el expediente administrativo, el organismo de cuenca pueda proceder y contar con el SEPRONA (Servicio de Protección de la Naturaleza de la Guardia Civil – 30-6-92) y también de las Comisarías de Aguas.

El Ministerio de Salud y Consumo elabora un informe anual de la calidad de las aguas de baño y así cumplir la D. 160/76.

Para poder comparar situaciones, es conveniente separar tres denominaciones que, aunque no signifique lo mismo, persiguen el mismo objetivo:

- Gestión ambiental, como conjunto de planes y acciones para controlar el Medio Ambiente.
- Protección ambiental, como conjunto de acciones para evitar impactos negativos producidos por el hombre en el medio ambiente.

- Control ambiental, como acción para reducir o prevenir la contaminación.

2.- Políticas a seguir para reducir la contaminación.

Tendríamos que definir cual sería la cantidad residual de contaminación admitida por la sociedad.

Otro concepto será la definición del volumen en inversión, es decir, cual sería el valor mínimo admisible de costos de control y de daños producidos aun a sabiendas que algunos daños no pueden ser evaluados.

3.- Protección del contaminador.

Tenemos que admitir todo lo que no vaya contra la Ley. No considerando al que contamina como simple sujeto de sanción, por el contrario, facilitando permisos, autorizaciones y ayudas.

4.- Se debe entender que el medio ambiente es patrimonio de todos y, por lo tanto, la política medioambiental a seguir debe ser totalmente independiente de las políticas de partidos, y en ella debe considerarse la salud humana como elemento fundamental.

La situación actual del control de las aguas en España hay que mejorarla; tenemos que eliminar el déficit de personal escaso de baja cualificación, de visitas de reconocimiento y toma de muestras esporádicas. Los organismos de cuencas necesitan personal dedicado al río.

Por último sólo me queda darles las gracias por este tiempo que han dedicado a escuchar a este profesor representando a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y recomendar, tal y como comencé, pidiendo colaboración: todos por separado somos

autosuficientes, pero, no lo duden, mi Escuela es siempre buena compañera de viaje.

Hagamos trabajos en común, juntemos a nuestros profesores y alumnos en algunas de las infinitas líneas que existen con problemas, y que tenemos que mejorar.