

divulgación

el ingenio en el agua

¿sabías que la primera palabra
que pronuncia la mayoría de los niños
que empiezan a hablar es *agua*?

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos



Este libro ha sido impreso en un papel
Cyclus 100% reciclado y confeccionado con
procesos respetuosos con el medioambiente,
sin cloro y sin blanqueantes ópticos.
Homologado internacionalmente
con el Ángel Azul, Cisne Nórdico y NAPM.

Hemos logrado limitar el consumo de agua
para realizar este libro a 500 litros.

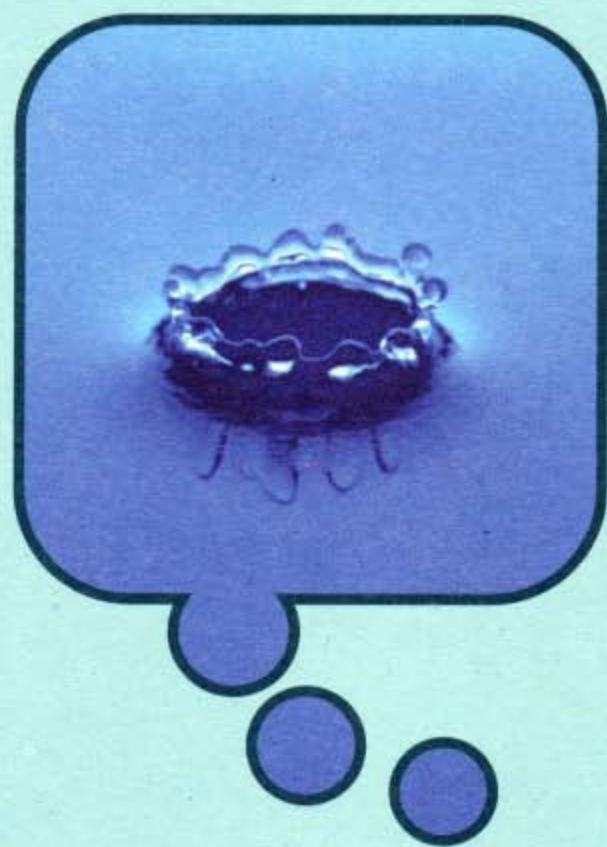


Hoy día no es nada original decir que el agua debe ser cuidada, ahorrada y conservada. Desde hace algunos lustros es la sociedad misma quien se ha concienciado de esta necesidad, que trasciende lo meramente material y utilitarista para convertirse en un ansia social y parte consustancial de la sociedad actual y, aun más, de la futura. Sin embargo, son muchas las veces que olvidamos, o simplemente ignoramos, aquellas tareas y actividades que permiten poder disfrutar del uso racional del agua. No son sino los afanes profesionales de ingenieros que han dedicado su formación y sus mejores ideas en esos menesteres. Algunos, incluso su vida y su fama.

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos propone en esta publicación una divertida y amena reflexión sobre lo que hay detrás del agua que pasa por nuestras manos. Un recorrido histórico donde el agua y el ingenio son parte de nuestra sociedad desde que la sociedad es sociedad, el agua es agua y el ingenio su resultado.

Edelmiro Rúa Álvarez

Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.



Hace cien mil años apareció la especie humana sobre el planeta Tierra. Homínidos con capacidad de observar, pensar y comprender que el agua era la fuente de la vida. Allí donde corrían manantiales y ríos, abundaban la vegetación, los frutos y la caza. Pero el agua traía consigo también la muerte: mediante riadas que anegaban, destruían y ahogaban cuanto encontraban a su paso; o desapareciendo bajo tierra, hasta dejar los cauces secos.

Rápidamente, nuestros ancestros aprendieron a distinguir entre aguas buenas y malas. Entre las que calmaban la sed y proporcionaban frescor y aquellas otras que generaban enfermedad y dolor.



El agua crea vida, el ingenio nos permite encauzar su fuerza destructora y administrarla de forma sostenible.

¿Sabías qué...?

El 80% de las enfermedades están relacionadas con la falta de agua potable.



Los primeros hombres fueron nómadas. Recorrieron y poblaron el planeta huyendo de las fieras y en busca de agua y comida. Su vida era dura y azarosa. La mortalidad infantil, muy alta. Su esperanza de vida, inferior a treinta años.

Los ríos eran dueños y señores de sus difíciles existencias y los hombres los tomaron por dioses y les tributaron ofrendas y sacrificios.

¿ Sabías qué... ?

El 60% del agua de la lluvia vuelve a evaporarse; del resto, el 25% se infiltra en el terreno y el 75% fluye por los ríos.

*Cuando bebas agua,
acuérdate de la fuente.*
Proverbio Chino



Cada vez que la tribu, alarmada, veía menguar el caudal de su arroyo, sabía que debía emigrar para no perecer de sed. Pero un día, se produjo un hecho que alteró el curso de la humanidad: a un hombre ingenioso se le ocurrió cortar troncos, los cruzó en el cauce, relleno los intersticios con piedras, hierba y lodo y construyó así la primera presa de la Historia.

No sólo ya no era necesario marcharse, sino que la tribu disponía ahora de un hermoso lago con agua suficiente para cubrir sus necesidades: había nacido el primer embalse y, con él, el primer ingeniero.



Los embalses transforman los desiertos y la sed en fertilidad y vida.

¿Sabías qué... ?

La presa más antigua del mundo conservada en la actualidad es la de Sad El Kafara cerca del Cairo con 5.000 años y 30 metros de altura.



Pero tampoco aquello era el paraíso soñado. Mientras los varones cazaban, las mujeres y los niños se veían obligados a transportar el agua del arroyo al hogar, erigido a cierta distancia por temor a las riadas. Era una dura y peligrosa tarea cotidiana, a causa de los depredadores que acechaban a sus presas en las proximidades de los ríos.

El hombre ingenioso tuvo entonces otra idea. Con acequias de tierra, cañas huecas y troncos vaciados derivó el caudal del arroyo para conducirlo hasta el asentamiento de la tribu. Fue éste un gran paso: el agua viajaba por sí sola al encuentro de los sedientos humanos en lugar de hacerlo a hombros de niños.

¿Sabías qué...?

Para que un matrimonio con 2 hijos viva en una ciudad hacen falta 1.000 litros de agua diarios.

Es imprescindible adoptar medidas que corrijan el uso insostenible del agua y preparen un futuro próximo de mayor escasez.
Ecologistas en Acción.



A medida que la tribu se hacía más numerosa, precisaba de mayor cantidad de comida. De nuevo funcionaron la observación y el ingenio: la construcción de arroyos artificiales mediante canales excavados en la tierra, extendió la superficie vegetal que crecía a lo largo de los cursos de agua.

Acababa de inventarse el regadío y, con él, la posibilidad de ayudar a la naturaleza a producir más alimentos.



La falta de agua esclaviza al hombre; los canales contribuyen a liberarlo.

¿ Sabías qué... ?

Un tercio de España y casi la mitad de la superficie continental están amenazados por la desertificación.



Poco a poco, con el devenir de los tiempos y de los sucesivos retos a los que se enfrentaba la especie, se fue consolidando la ingeniería del agua. Las tribus que contaban con hombres ingeniosos eran más prósperas y seguras.

Aprendieron a defenderse de las inundaciones mediante la construcción de terraplenes de defensa en las orillas y de dragados para el desagüe de los ríos.

¿ Sabías qué... ?

Entre 1971 y 1995, las inundaciones afectaron en el mundo a 1.500 millones de personas. Murieron más de 318.000 y 81 millones quedaron sin hogar.

Las buenas fuentes se conocen en las grandes sequías; los buenos amigos, en épocas de desgracia.
Proverbio chino



Sin embargo, la labor de los ingenieros era incomprendida. Los hechiceros de la tribu preferían un dios del río, cruel y vengativo, al que ofrecer sacrificios, a un cauce domesticado que los privaba de su poder de mediación. Y maldijeron las obras hidráulicas, profanadoras de la diosa Naturaleza.

Todas las catástrofes naturales se atribuían al castigo divino por los pecados humanos, entre ellos el de haber osado modificar la voluntad del río.



Los ríos violentos no son dioses que requieran sacrificios humanos, sino fuerzas de la naturaleza que precisan soluciones de ingeniería para ser compatibles con el hombre

¿ Sabías qué... ?

Nuestra vida depende del agua, sin ella moriríamos en 3 días.



Hace diez mil años, el hombre dio un paso gigantesco: erigió muros e inventó la ciudad, en cuyo interior se encontraba cómodo y seguro. A cambio, se vio obligado a disponer de mayores recursos para una población más numerosa. Los ingenieros del agua lo hicieron posible.

Estudiaron el ciclo meteorológico, con años secos y otros muy lluviosos. Y levantaron grandes presas en las que almacenar el agua necesaria para las épocas de vacas flacas.

¿Sabías qué...?

Hoy en día viven en el planeta 1.000 millones de personas sin acceso al agua potable.

*Lo que embellece al desierto
es que en alguna parte esconde
un pozo de agua,
Antoine de Saint-Exupéry*



En regiones sin ríos, los ingenieros descubrieron el agua subterránea. Excavaron pozos y diseñaron mecanismos para elevarla hasta la superficie. En países áridos, el pozo se agotaba pronto.

Pero los técnicos del agua construyeron numerosas perforaciones, paralelas y próximas, a lo largo de kilómetros, conectadas por una galería. Así nació el qanat, al que la suma de exiguas aportaciones proporcionaba un caudal suficiente.



Los embalses subterráneos y de superficie conservan el agua del mañana.

¿ Sabías qué... ?

Sólo en Irán hay más de 40.000 Km. de qanats. El más famoso, que abastecía a la mítica Persépolis, fue construido por Darío I, rey de Persia (521-485 a. C.).



A alguien se le ocurrió entonces que las necesidades de un hogar podrían ser cubiertas por la propia vivienda: el agua de lluvia recogida en terrazas y tejados se conducía, por canalones, a una cisterna o depósito subterráneo donde se almacenaba para ser usada a lo largo del año.

Esta construcción hidráulica, denominada aljibe, ha sido de uso común hasta nuestros días.

¿ Sabías qué... ?

Madrid consume cada jornada el agua con que llenar el estadio Bernabeu.

El deterioro de la calidad del agua supone un grave problema ambiental, económico y social.

Greenpeace



Las ciudades crecían y también su demanda de agua. Cada vez había que ir a buscarla más lejos. Los ingenieros diseñaron hermosos acueductos y sifones de piedra, grandes depósitos para su almacenamiento y redes de tuberías, de cerámica y plomo, para conducir el agua a cada domicilio, con ayuda de grifos, válvulas y ventosas.

Las comodidades actuales son hijas de los ingeniosos diseños de la antigüedad.



Detrás de un grifo existe una fuente lejana y un complejo camino trazado por ingenieros.

¿ Sabías qué... ?

El acueducto Delaware transporta diariamente 3.000 millones de litros de agua a Nueva York y es el túnel más largo del mundo: 137 Km.



¿ Sabías qué... ?

El hundimiento de la ciudad de México cambió la pendiente del Gran Canal de aguas negras, que evacuaba 90.000 litros por segundo. Ahora se eliminan mediante bombeo.

La Declaración de Derechos Humanos de 1948 no incluyó ninguna mención al derecho al agua. Pareció innecesario, por ser, en razón de su naturaleza, tan obvio como el derecho a respirar.

En los hogares antiguos no existían los baños tal como los conocemos. En las villas romanas, los excrementos se vertían en letrinas colectivas y el agua corriente los arrastraba hasta una red de alcantarillas que soterraba los efluvios malolientes de la urbe.

Los ingenieros del agua también idearon saneamientos capaces de evacuar desechos y aguas pluviales.



La vida en la tribu era dura. Sus miembros debían transportar cargas pesadas, romper piedra, excavar, tallar herramientas, moler grano y elevar agua.

Un día, un ingeniero introdujo una rueda de palos en un cauce y observó que la fuerza de la corriente la hacía girar con tanta fuerza que podía mover sin esfuerzo una gran piedra con la que moler el trigo.

Nació así el primer molino hidráulico que liberaba al hombre de una pesada tarea para encomendársela a una máquina.



Después, desde las cisternas, el agua recorre mundos subterráneos creados por los ingenieros para evacuar desechos.

¿Sabías qué... ?

El pozo de Jacob, junto a la ciudad de Balatah, es considerado el pozo más antiguo conocido.



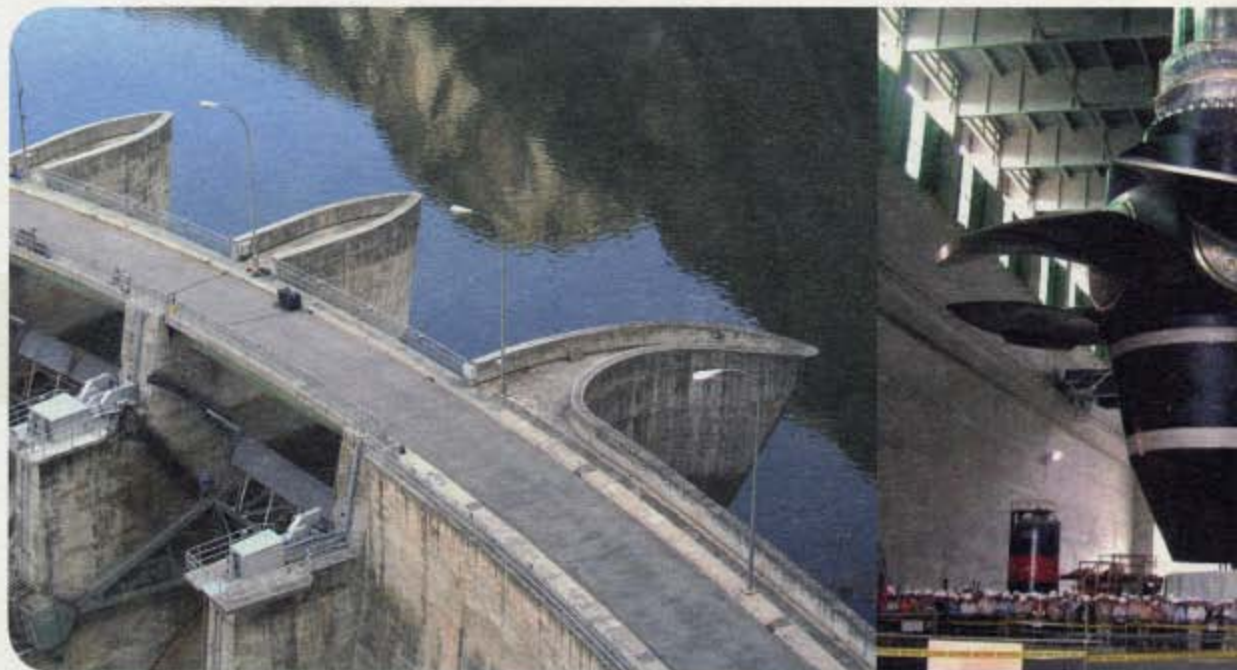
La fuerza de las ruedas podía ser utilizada para otras tareas. Los ingenieros diseñaron bielas y mazas para tupir tejidos, mediante golpeteo, en los batanes fluviales.

Las ruedas, en un principio de eje vertical, fueron sustituidas por otras de eje horizontal y se cambió el accionamiento inferior de la corriente por el de un potente chorro de agua que caía desde lo alto de un canalón superior.

¿Sabías qué... ?

La central hidroeléctrica de la presa de las Tres Gargantas, en China, es la mayor del mundo. Con una potencia de 18.2 GW, abastecería de electricidad, por sí sola, a todos los hogares españoles.

Agua pasada no mueve molino.
Refrán español



Fue necesario elevar el agua desde los cauces fluviales para poder conducirla a distancia. Un ingeniero diseñó una rota: una rueda cilíndrica que, al girar, se llenaba de agua por abajo y la soltaba por arriba.

Podía moverse a fuerza de brazos, mediante tracción animal o, en su versión más ingeniosa, accionada por la propia fuerza de la corriente.



Los ingenieros supieron transformar la fuerza del agua en energía eléctrica.

¿ Sabías qué... ?

El Central Arizona Project, en el río Colorado, eleva, cada segundo, 85.000 litros a 250 metros de altura, esfuerzo equivalente a subir a 1.200 personas, por segundo, a lo alto de la torre Foster de Madrid.



En la Biblioteca de Alejandría, famosos ingenieros desarrollaron mil y un artefactos que utilizaban la fuerza del agua con el fin de facilitar, divertir y adornar la vida humana.

Allí surgieron: la bomba de pistones, creada por Ctesibios; el primer artefacto accionado por vapor, la Eolipila; el tornillo de Arquímedes; diferentes clepsidras; fuentes y puertas automáticas.

¿Sabías qué...?

Desde 1802, las Escuelas de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos han formado a más de 20.000 ingenieros, empeñados en mejorar tu relación con el agua.

*Lo que sabemos es una
gota de agua, lo que
ignoramos es el océano.*
Isaac Newton



En tiempos de Jesucristo, se conocía ya el manejo inteligente del agua, las bases de su ciencia y su uso racional.

Pero el veneno de la decadencia había hecho presa en la civilización mediterránea y el hombre, entregado a la vida fácil e indolente, dejó de interesarse por el progreso, dejando vía libre a la llegada de los pueblos bárbaros que ocuparon las ciudades, destruyeron sus instalaciones y las devolvieron a épocas pretéritas, caracterizadas por condiciones de vida dura y difícil.



Las sociedades preocupadas por construir un mundo mejor, más amable y sostenible, evitan su decadencia.

¿ Sabías qué... ?

Los mongoles destruyeron en 1265 los canales del Tigris en Mesopotamia, donde vivían 20 millones de personas. Siete siglos después se rehabilitaron los canales, pero sólo quedaban millón y medio de habitantes.



Siglos después, y gracias a los árabes, los ingenieros recuperaron su protagonismo. En Bagdad se recopilaban los viejos tratados griegos y romanos y el empleo del papel permitió la fundación de grandes bibliotecas y la expansión de los conocimientos.

Movidos por el deseo de comprender el mundo en que vivían, rescataron el saber de los tiempos perdidos e inventaron la biela, el cigüeñal y el tornillo sin fin con los que diseñar y fabricar máquinas de accionamiento hidráulico. También usaron el agua como elemento ornamental en patios y jardines, con ayuda de fuentes, autómatas ingeniosos y relojes mecánicos.

¿Sabías qué...?

En el año 850, Abbás Ibn Firnás, un ingeniero cordobés construyó el primer reloj mecánico de la historia accionado por agua. También fue capaz de sobrevolar con éxito la ciudad, sustentado por alas de plumas.

El acondicionamiento de las márgenes fluviales tiene un valor ecológico y pedagógico indudable.

Juan A. Belloch.
Alcalde de Zaragoza



El Renacimiento alumbró un nuevo tipo de hombres y otra clase de ingenieros del agua. Aunque no desdeñaron el diseño de nuevas obras y artefactos, su principal dedicación se centró en comprender y evaluar los mecanismos naturales, plantando el germen de la ciencia moderna. Una ciencia que conocería un vertiginoso desarrollo a lo largo de los siglos siguientes, con el establecimiento de las bases matemáticas y físicas de la hidráulica. Los secretos de la Naturaleza habían sido desvelados.



El agua no es sólo útil. Los ingenieros también hacen de ella un elemento de belleza urbana.

¿Sabías qué...?

Los ingenieros de Caminos dedican, hoy, más de un 25% de su formación a temas relacionados con el agua.



¿ Sabías qué... ?

Sualem, ingeniero de 1688, construyó una enorme máquina para abastecer Versalles, que bombeaba agua del Sena a 160 metros de altura y 600 metros de distancia, sin otra energía que la corriente del río.

*El agua de mar de mis células
reacciona recordándome
que soy mar.*

Jacques Cousteau

El final del siglo XVIII supuso el comienzo de la Revolución industrial, sostenida por el vapor y la electricidad, como agentes motores de máquinas, bombas y elementos de transporte.

El agua se convertía así en fuente de energía limpia e inagotable: la corriente de los saltos movía turbinas que accionaban, a su vez, generadores eléctricos; transformada en vapor, era capaz de desarrollar fuerzas enormes.



Sin embargo, y a pesar de tantos avances, en el siglo XIX las viviendas no tenían aún resuelta la evacuación de las aguas fecales. Las cisternas domésticas despedían un hedor insoportable y el agua sucia, vertida directamente a las calles, las convertía en lugares insalubres, fuente de epidemias.

El ingenio del hombre produjo en Inglaterra uno de los grandes inventos de la hidráulica: el primer retrete, cómodo artefacto cerámico con sifón incorporado y válvula de flotador.



Las nuevas técnicas contribuyen a que disfrutemos de calles limpias, aire puro y ríos cristalinos.

¿Sabías qué... ?

La reina Isabel I de Inglaterra encargó a Sir John Harrington en 1596 que le construyera el primer retrete inodoro.



La vida en la España del siglo XIX seguía siendo azarosa e incómoda. Las lluvias, mal repartidas, causaban frecuentes sequías que provocaban, a su vez, hambrunas periódicas. La ausencia de medios de saneamiento contribuía a contaminar el agua de ríos y pozos y las epidemias de cólera constituían una pesadilla recurrente.

Las ciudades, indefensas ante las riadas, se inundaban. La administración del agua, ajena a todo principio de distribución racional e indiferente a las necesidades y al esfuerzo colectivos, resultaba muy poco eficaz.

¿ Sabías qué... ?

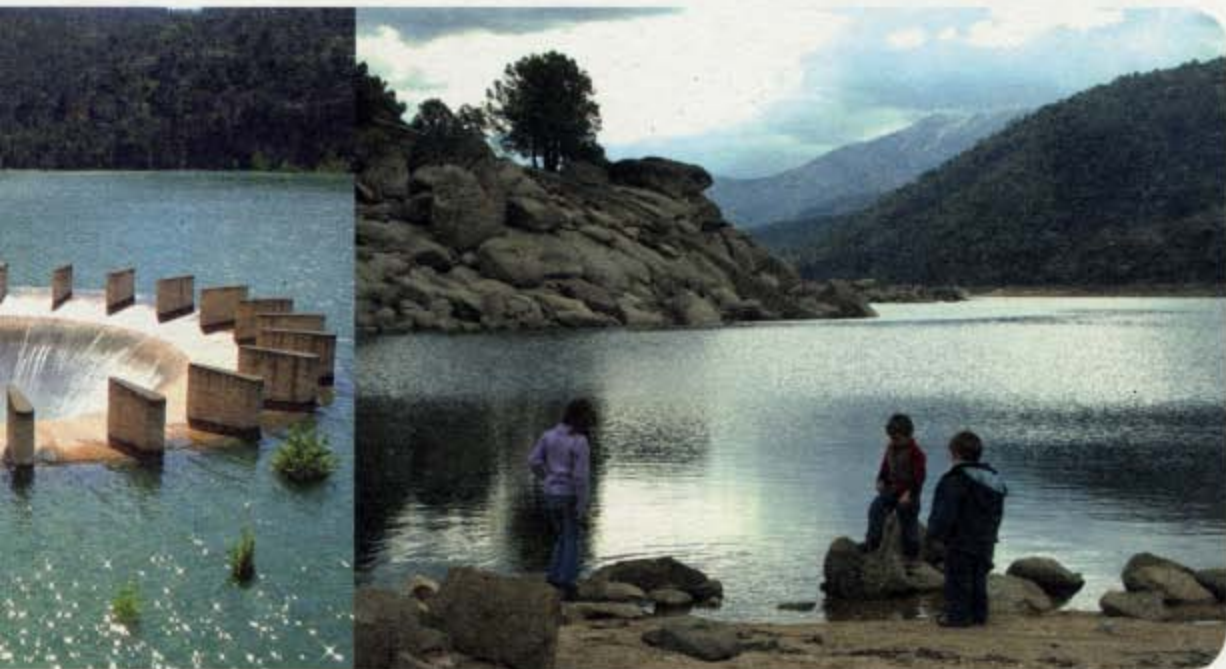
En 1850, la población española era de 11 millones de habitantes con una esperanza de vida de sólo 35 años. Hoy viven en España más de cuarenta millones.

*El agua roe montañas y excava terraplenes en los valles.
Si pudiera, reduciría la Tierra
a una esfera perfecta
Leonardo da Vinci.*



A principios del siglo XX, los ingenieros de Caminos llevaron a cabo la vertebración hidráulica de España. Desde las Confederaciones Hidrográficas, planificaron, proyectaron y edificaron presas, destinadas a aprovechar el agua de los períodos lluviosos para aquellos de sequía.

A lo largo de setenta años se construyeron más de mil doscientos grandes embalses, redes de canales y zonas de regadío que convirtieron la desértica geografía hispana en un paisaje de extensas áreas húmedas, rodeadas de vegetación.



El agua que arruinaba ciudades crea, contenida en los embalses, paisajes hermosos.

¿Sabías qué... ?

En los embalses españoles actuales caben cincuenta billones de litros de agua, menos de la mitad de la que acarrearán los ríos.



También se instalaron saltos hidroeléctricos en las presas, con el fin de proveer de energía al conjunto del territorio peninsular. Las ciudades se iluminaron, las industrias se dotaron de maquinaria moderna y España salió de su atraso endémico para unirse al grupo de los países avanzados.

¿Sabías qué...?

Según Greenpeace, España es el tercer país del mundo que más agua consume por habitante y día: 250 litros.

Sólo el 11% de las aguas superficiales y el 16% de las subterráneas están en condiciones de llegar a cumplir, en 2015, los objetivos que marca la Directiva Marco del Agua.

Greenpeace



Para contribuir a la mejora de las condiciones de vida de sus contemporáneos, los ingenieros trabajaron para lograr que todas las ciudades disfrutaran de abastecimiento de agua potable: también proyectaron e instalaron estaciones potabilizadoras que hicieran posible beber agua del grifo, sin riesgo de contraer enfermedad alguna.

Los ríos, antes contaminados, se transformaron en corrientes limpias gracias a las depuradoras de aguas residuales ubicadas en los puntos de vertido.



Las depuradoras convierten las aguas envenenadas en ríos aptos para la vida.



¿ Sabías qué... ?

Faraday, descubridor del electromagnetismo, introdujo su tarjeta de visita bajo las aguas del Támesis y demostró que era imposible verla por culpa de la contaminación. Fue el primer paso hacia el río limpio que hoy disfrutaban los londinenses.



A lo largo del siglo XX, gracias a la transformación hidráulica, España alcanzó la cifra de cuarenta millones de habitantes con una esperanza media de vida de ochenta años. Había pasado de una agricultura de secano, de porvenir incierto, a otra de regadío, indispensable para alcanzar el sueño de convertirse en la despensa de Europa.

También ofrecía al turismo una infraestructura confortable, propia de un país desarrollado.

¿Sabías qué... ?

La agricultura de regadío en España es mucho más rentable en las zonas secas que en las húmedas.

El problema del agua, más que de escasez, es el resultado de una crisis de gestión de los recursos hídricos, esencialmente causada por su uso inadecuado.

Informe de la ONU



En las últimas décadas, de acuerdo con una nueva sensibilidad planetaria, los ingenieros de Caminos han extendido su campo de acción a la defensa del medio ambiente. Protegen ecosistemas; garantizan su abastecimiento en agua; vigilan y mantienen su calidad en cauces, lagunas y subálveos; restauran las márgenes de los ríos; conservan el paisaje; colaboran en la protección medioambiental y descontaminan las zonas y recursos deteriorados.



El ahorro de agua en los regadíos modernos sirve para abastecer los ecosistemas naturales.

¿ Sabías qué... ?

Para fabricar una camiseta de algodón hacen falta 2.700 litros de agua.



Sin embargo, sigue habiendo quien se muestra crítico con las obras hidráulicas. Les achacan que contribuyan a transformar el paisaje. Les acusan, como los hechiceros de antaño, de interferir en los asuntos de la naturaleza.

El problema es que ignoran las lecciones de la historia y desconocen el papel fundamental que dichas obras han jugado en el bienestar del hombre. Son las mismas voces que han obstaculizado el progreso, a lo largo de los siglos, en nombre de la superstición y de la fantasía. Aun así, la crítica es necesaria y positiva: estimula la creatividad y el bien hacer de los ingenieros del agua.

¿Sabías qué...?

En China, para producir una tonelada de acero se utilizan entre 26 y 56 m³ de agua, mientras que la media de Japón, USA y Alemania no llega a 6 m³.

¿Qué sabe el pez del agua en la que nada toda su vida?

Albert Einstein



Hay incluso quien piensa que las obras hidráulicas han dejado de ser necesarias. Pero es raro encontrar lugares en el mundo donde sea posible beber agua sin contraer una enfermedad y existen países enteros víctimas de hambrunas por sequía y huérfanos de energía hidroeléctrica.

La demografía y los movimientos poblacionales en busca de trabajo, seguridad o mejores condiciones de vida, alterarán profundamente el escueto equilibrio entre oferta y demanda hídrica y, de aquí a un futuro inmediato, las infraestructuras actuales resultarán insuficientes.



El agua, esquiva, discurre lejos del hombre. Es tarea de los ingenieros el conducirla hasta nuestros hogares.

¿ Sabías qué... ?

La población de España tiende a trasladarse a las costas, deficitarias en agua, abandonando el interior, más rico en recursos hídricos. El turismo y la inmigración acentúan este fenómeno.



En la actualidad, los ingenieros del agua se preocupan de administrar un bien cada día más escaso. Diseñan sofisticados sistemas destinados a eliminar fugas; instalan telecontroles inteligentes capaces de vigilar y limitar el consumo excesivo; ponen en marcha una nueva agricultura de demanda hídrica mínima, con cultivos sin suelo y evaporación recuperable; y educan a la población en el ahorro de agua.

¿ Sabías qué... ?

Las fugas de agua en la ciudad de México serían capaces de abastecer Barcelona.

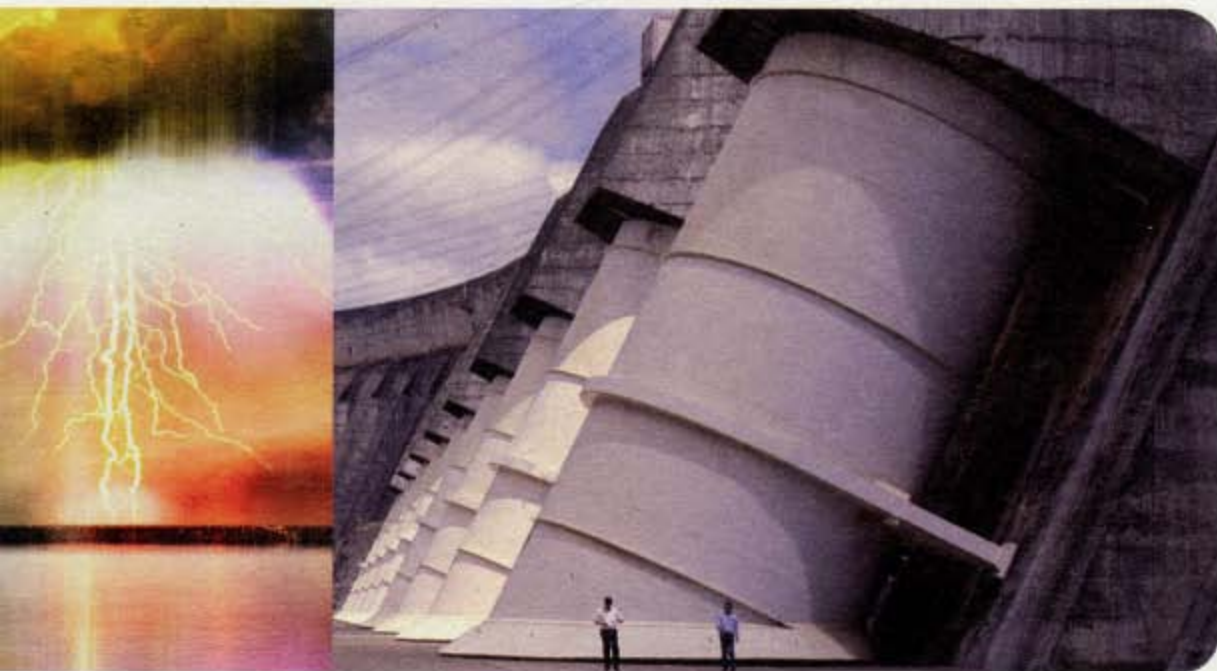
*No puedes bajar dos veces
el mismo río, pues nuevas
aguas corren sobre ti.*

Heráclito



En el futuro, el mar será un manantial inagotable de agua dulce ya que los ingenieros disponen de la tecnología necesaria para construir desaladoras, pero el planeta no anda sobrado de energía. Por eso se trabaja sin descanso en la búsqueda de nuevas fuentes energéticas.

Por otra parte, la lluvia artificial vertida por nubes generadas por islas de calor constituye otra posible vía para conseguir aplacar la sed de la humanidad y garantizar su progreso.



Las tecnologías actuales gestionan la economía del agua. Las futuras lo harán también con las nubes.

¿ Sabías qué... ?

En la actualidad, sólo el 1% del agua dulce mundial es utilizable por el ser humano.



Los ingenieros de Caminos sueñan con un desarrollo sostenible. Para lograrlo, aplican el mismo ingenio y el mismo esfuerzo que han desplegado a lo largo de la historia, porque saben que el mañana de la humanidad depende en gran medida de ellos.

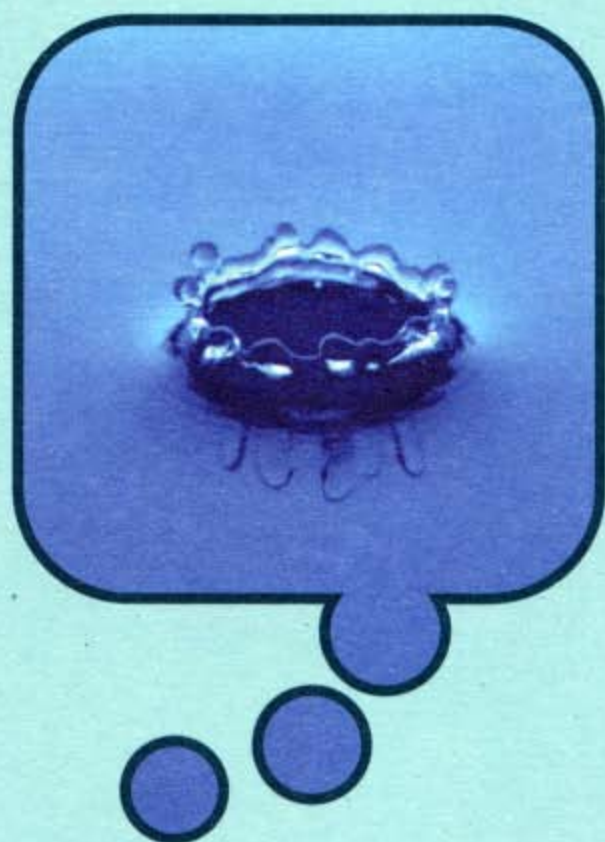
*...un idioma de agua
más allá de los signos.*
Jaime Siles

¿ Sabías qué... ?

En la isla de El Hierro se construye una central hidro-eólica capaz de cubrir el 75 % de la demanda eléctrica de la isla y de evitar el consumo anual de 6.000 T de gasoil y la emisión de 18.700 T de CO₂ a la atmósfera.

El mañana depende del esfuerzo de todos... Y del saber de los ingenieros.







© Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Dirección para esta edición: Natalia Gullón Muñoz-Repiso e Ignacio Menéndez Pidal de Navascués.

Historia de la ingeniería del agua: José Luis Manzanares Japón

Comunicación gráfica:  **reinicio.net**
www.reinicio.net

Dirección de Arte: JuanJo Mora

Ilustración: Raúl Arias

Fotografía: Natalia Gullón, CICCIP, AGE, Istockphoto y Getty Images

Edición y corrección de textos: Luis de Tomás y JuanJo Mora

Maquetación: Domingo López

Impresión: Gráficas Palermo

ISBN: 978-84-380-0398-5

Depósito Legal: M-33.939-2008



Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos
www.ciccp.es

el ingenio en el agua



9 788438 003985