

**ALGUNAS IDEAS PARA MEDITAR SOBRE LA INGENIERÍA CIVIL DEL SIGLO XX**  
**Santiago Hernández Fernández**  
**Dr. Ingeniero de Caminos**

**ÍNDICE**

- |   |   |
|---|---|
| <b>1.</b> LAS INFRAESTRUCTURAS DEL PROGRESO | <b>9.</b> EL MUNDO QUE NO VEMOS                               |
| <b>2.</b> EL INGENIERO DEL SIGLO XXI        | <b>10.</b> COMO UNA GOTA DE AGUA                              |
| <b>3.</b> LA TÉCNICA NO ES IMPARCIAL        | <b>11.</b> CUANDO MUERE UNA ENCINA                            |
| <b>4.</b> ¿EXPERIMENTAN CON NOSOTROS?       | <b>12.</b> ACTUACIONES SOBRE LOS RÍOS                         |
| <b>5.</b> EL IDIOMA DE LA NATURALEZA        | <b>13.</b> CONSIDERACIONES FINALES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN. |
| <b>6.</b> ¿SE PIERDE EL AGUA EN EL RÍO?     | <b>14.</b> EL INGENIERO CIRUJANO DE LA NATURALEZA             |
| <b>7.</b> EL CAUDAL ECOLÓGICO               |   |
| <b>8.</b> LA TECNOLOGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE |   |

**1.- LAS INFRAESTRUCTURAS DEL PROGRESO**

La pequeña “aldea” generaba sobre su entorno un flujo de personas, materias primas, alimentos y residuos, en un radio función de la población y del ecosistema. Y crecería hasta que el territorial afectado alcanzase el valor máximo que los cazadores/recolectores fueran capaces de recorrer en busca de recursos.

Su supervivencia dependía de la producción de frutos silvestres y de la caza. En años malos morirán los más débiles. Todos sabían la importancia de conservar la estabilidad del ecosistema y de dominar sus secretos. Estas experiencias se transmiten y acumulan de generación en generación.

Así, pequeñas colonias humanas menudeaban en medio de una naturaleza virgen. El equilibrio se rompe cuando el hombre fue capaz de domesticar algunos animales y plantas. Nace el transporte animal, la ganadería y la agricultura. Y las ciudades comienzan a crecer bruscamente. En poco tiempo aparecen el ferrocarril, el barco, el automóvil, el avión,... Algunas de las primitivas aldeas han evolucionado hasta formar gigantescas ciudades con decenas de millones de habitantes. Todas ellas han crecido y han multiplicado sus relaciones de intercambio.

Ya no hay pequeñas manchas humanas en una naturaleza virgen. Ya no resulta evidente, a los ojos del ciudadano, la relación “equilibrio del ecosistema/supervivencia humana”. Ya no es apreciada la cultura tradicional basada en el conocimiento del entorno. Todo el ecosistema resulta afectado por la actividad humana y los pasillos entre las ciudades cruzan todo el territorio.

Se ha invertido la situación. Ahora son las pequeñas islas de naturaleza quienes centellean en un enorme mar de agresiones. Jabugo, Cáceres, Madrid, San Francisco,... ¿es esta nuestra trayectoria de progreso?... ¿quien lo quiere? El sentimiento dice que “todo lo pequeño es hermoso”. La práctica demuestra que “el desarrollo es ciego e inhumano”. El sentido común nos grita que “las infraestructuras nos ahogan en nuestra propia casa”. ¿Puede la técnica ser imparcial?

Por ejemplo, las autovías y autopistas nos permiten viajar más rápidamente. En ellas somos poseídos por la fuerza de la velocidad. No podemos parar a hacer “pipí” ni a tomar café. Aunque no tengamos ninguna prisa aceleramos a tope. El “efecto túnel”, causado por la velocidad, nos lleva cual sonámbulos en trance

“sin ver nada”. Lo único importante es llegar a la gran ciudad y sumergirnos de lleno en su artificial ambiente.

No hay contacto con los pueblos ni con sus gentes. Son rancias imágenes postales. Los centros comerciales, turísticos, culturales, de ocio, deportivos, políticos,... todo cuanto “mueve dinero” está en la gran ciudad. Las posibles paradas en ruta están cada vez más “organizadas” por las multinacionales y en todas ellas encontramos los mismos productos, rabiosamente “consumistas”.

Las autovías son “túneles”, para que los habitantes del cemento atraviesen a gran velocidad el espacio interurbano sin contaminarse con los problemas de los pequeños pueblos. ¡Madrid-Cáceres, tres horas!, nos repetimos. ¡Que maravilla! Pero esta simplificación del espacio, esta reducción de los conceptos, esta falta de perspectiva, nos acerca gravemente al aislamiento. Madrid-Cáceres es equivalente a casa-casa, despacho-despacho, hotel-hotel y “en medio nada”, ¡este es el mensaje de la mayoría formada por la cultura urbana!

Por eso si la ciudad necesita construir una autopista, una presa, una central nuclear, una cárcel,... o si la multinacional desea cerrar una fábrica, bajar el precio del maíz, subir el de los fertilizantes,... ¡se hace!, pues afecta “al campo” y desde los despachos por “absolutas” y “objetivísimas” necesidades de supervivencia de las ciudades pues, al fin y al cabo, en medio, en el campo, no hay nada. Es la democracia que conviene al “SISTEMA”. Si no ¿porque suben los precios de los productos de la ciudad (los tractores) y no los del campo (el trigo)?.

No se si alguna fábrica puede perder competencia por que sus camiones tarden una hora más en llegar a Madrid. Pero estoy seguro que, salvo para un reducido número de personas a las que esta circunstancia tampoco hace más felices ni envidiables, estos factores conducen con seguridad a un empeoramiento generalizado de las condiciones de vida de nuestros pueblos.

## **2.- EL INGENIERO DEL SIGLO XXI**

El ingeniero, el técnico, está sufriendo hoy numerosas críticas desde distintos sectores sociales, mientras que hace tan sólo unos años se consideraba la personalización del progreso. La razón resulta bastante evidente: el "SISTEMA" falla y los efectos están asustando a los ciudadanos. Además, en la trastienda de casi todos los procesos que llegan a la opinión pública como "catástrofes ecológicas" se encuentra un proyecto de ingeniería.

El "progreso" prometió grandes cosas que la realidad del mundo parece desmentir con clara contundencia. La superpoblación, la escasez de recursos, la delincuencia, el paro, la contaminación, los frecuentes desastres ecológicos, las interminables guerras, los conflictos entre países, ... y una larga lista de problemas que a todos nos resultan tristemente conocidos, han formado un sedimento en una fracción mayoritaria de la sociedad (que comenzara hace un par de décadas, fundamentalmente, desde "los ecologistas") haciendo surgir un creciente recelo hacia toda iniciativa que ponga en peligro un árbol, un río o una especie viviente.

La respuesta social a estos movimientos ha crecido bruscamente y hoy puede decirse que resulta multitudinaria. Y el hecho de que, en ocasiones, resulte desproporcionada al problema no es siempre achacable a la propia opinión pública sino a la escasa información objetiva que recibe y a su falta generalizada de "cultura ecológica" (entre otras).

Pero la realidad es que el propio ingeniero tiene un "comportamiento atípico" frente a los problemas ambientales causados por sus obras y que, en ocasiones, no se corresponde con la lógica previsible para este colectivo cuya actividad está tradicionalmente ligada a actuaciones objetivas, desapasionadas, realistas y "matemáticas".

Aunque el tema es, obviamente discutible y complejo, pienso que podríamos admitir que, en general, el Ingeniero:

- ⇒ Desconoce los verdaderos problemas ecológicos o tiene una escasa información científica sobre ellos.
- ⇒ Sufre ataques sociales desordenados y desiguales que al no guardar relación precisa (causa-efecto) con problemas ecológicos concretos rompen su esquema técnico-profesional.
- ⇒ Piensa que los problemas ecológicos se exageran y que no responden a una realidad concreta sino a posiciones más o menos radicales.
- ⇒ No encuentra los interlocutores validos y reconocidos con quienes dialogar en términos científicos para contrastar soluciones.
- ⇒ Considera el estudio de impacto ambiental un mero trámite que no aporta nada nuevo y que consigue alargar las obras.
- ⇒ Sufre decisiones político-sociales, que le hacen perder buena parte del poder que ejercía tradicionalmente.
- ⇒ Carece, a todos los niveles, de colaboradores con suficiente experiencia en impacto ambiental.

Ante esta situación parece lógico que la "relación entre el ingeniero y el ecologista" esté lejos de ser fácil y fluida. Este ve en el ingeniero un insensible destructor de la naturaleza y aquel ve en el ecologista un indocumentado obstáculo al progreso. Pero, incluso desde el punto de vista puramente práctico, es necesario iniciar un cambio de actitud en el ingeniero. De modo que considere los problemas relacionados con el impacto ambiental como uno más de los factores a considerar, desde el comienzo de los estudios previos, concediéndoles el mismo grado de seriedad que al resto.

### 3.- LA TÉCNICA NO ES IMPARCIAL

Pienso que será de gran utilidad, para el futuro de nuestra profesión, que los ingenieros meditemos serenamente sobre el desarrollo de nuestra actividad profesional de cara a los tiempos que se nos avecinan. En este sentido creo que debemos asumir que:

- ⇒ La técnica no es imparcial, como no lo es la persona, que siempre estará condicionada por su propia historia (nacimiento, infancia, entorno familiar y social, educación, estudios, experiencia y personalidad).
- ⇒ El hecho de que una obra sea técnicamente posible no implica que tenga que hacerse, pues su construcción afecta a otros parámetros (ecológicos, económicos y sociales) que pueden dejar en segundo plano la justificación original.
- ⇒ Y que la actividad del ingeniero tiene múltiples y variadas repercusiones sociales, como actor fundamental en la programación y proyecto de las infraestructuras.

Ciertamente deberíamos reconocer que nuestra pretendida imparcialidad es ficticia. Pongamos un sencillo ejemplo:

Hay que reconocerlo, comer una buena ración de gambas a la plancha y "arrancarles" la cabeza para succionar sus interioridades es un placer. Y ¿que decir de los mejillones al vapor, las ostras, las nécoras o los percebes? Ciertamente, con ellos, la necesidad biológica de alimentarse cede su lugar al "placer de comer".

Pero, curiosamente, si a alguien le presentamos un plato de cucarachas caseras, salteadas con babosas y saltamontes al modo "ciconia" (especialidad de nuestras queridas cigüeñas), vomitará al instante y si insistimos en introducirle una cucharada de tan exquisito manjar en su boca puede llegar a "morirse de asco".

Si lo analizamos objetivamente no tiene sentido, pues todos esos alimentos son "básicamente" iguales (proteínas que nuestro aparato digestivo asimila y transforma en energía biológica). Y, como nuestro organismo está preparado para comer cualquiera de ellas, solo podemos concluir que los humanos no somos nada objetivos.

Desde niños nos enseñan que los saltamontes no se comen pero los mejillones sí y somos fieles cumplidores. Probad a abrir el cuerpo de un mejillón y decirme sinceramente si, ese amasijo de vísceras de todos los colores, no es una verdadera porquería,... pero,... nos han enseñado que eso se come y hasta nos encanta.

Si nos hubieran enseñado que los saltamontes a la plancha son más ricos que las gambas (cosa que seguramente es cierta y hasta están ya pelados), habríamos acabado con sus plagas sin usar insecticidas y tendríamos una enorme fuente de riqueza en nuestros campos. (¿No será esto una prueba de que los pueblos costeros han sido más "lanzados", o han pasado más hambre, que los del interior?)

En fin, lo tristemente cierto es que estamos mediatizados por la educación que recibimos en la niñez. No somos imparciales y, aunque no queramos reconocerlo, hemos perdido parte de nuestra libertad en nuestro aprendizaje juvenil.

Además no debemos olvidar, en lo personal y familiar, que nosotros estamos condicionando, ahora, la libertad de las siguientes generaciones. Estamos "troquelando" el comportamiento de los niños en todos los países del mundo. ¿Que ocurrirá cuando crezcan? ¿se comportarán ante un extranjero o, simplemente, ante una persona de otro partido, como nosotros ante una cucaracha?

Finalmente creo que la labor del ingeniero en el próximo Siglo XXI tendrá una gran repercusión en "la calidad de vida" y en el futuro de nuestra estabilidad como "especie inteligente". Pues, es claro que, la misión del ingeniero es proyectar y dirigir obras con una gran sensibilidad social, facilitando a los responsables políticos los argumentos técnicos suficientes para lograr que el buen proyecto salga adelante. Y "un buen proyecto" necesita ineludiblemente la técnica que aporta el ingeniero, pero hoy no puede concebirse sin el "sello de calidad socio-ecológica" que le aporta un buen "Estudio de Impacto Ambiental". Única garantía para lograr "una sociedad mejor", basada en la compatibilidad del progreso con la conservación de nuestro entorno.

#### **4.- ¿EXPERIMENTAN CON NOSOTROS?**

La humanidad (es decir, nosotros) constituimos una "especie de muy alto riesgo para el Planeta". Y esto es algo difícil de negar, pues nunca antes el "comportamiento" de una especie había puesto en tantos peligros la supervivencia de todas las demás.

Pero es posible que seamos ignorantes marionetas movidas por hilos invisibles a nuestros orgullosos ojos. Y que, en realidad, "formemos parte de un experimento" para el establecimiento de un nuevo orden, que se base en anteponer la "voluntad individual" a los "controles genéticos" que hasta ahora regulaban el equilibrio de la compleja biocenosis terrestre.

Parece que este experimento podría haber comenzado sólo con nuestra especie. No quiero ni pensar las consecuencias de que los delfines fabricaran armamento nuclear, las gaviotas motores de combustión, las ratas armas bacteriológicas o las hormigas productos tóxicos, y los usaran con "libertad individual" contra nosotros.

Cuando "aprendimos" a usar "instrumentos" nos comenzamos a separar del control de la "selección natural". La lucha, a tortas o patadas, estaba regulada genéticamente y la sangre o lágrimas del vencido inhibían la agresión. Pero el "uso" del hacha, la flecha, la pistola, el cañón y la bomba, han ido apartándonos de este control, hasta dejarlo "al albur de la voluntad".

Al mismo tiempo "la civilización", producía una larga serie de "inventos", cuyo uso supone la aceptación de unas "reglas" en franca confrontación con lo que podríamos llamar la "LÓGICA ECOLÓGICA". Es decir, con la lógica que antepone el interés del conjunto (ecosistema) al del individuo. Este conjunto de "reglas" ha creado un organismo superior y autónomo: "EL SISTEMA". Y sus intereses ya no son los nuestros ni los de la biocenosis terrestre.

Por eso, puede decirse que, somos un producto de la selección y que "EL SISTEMA" es la primera consecuencia de abandonar sus leyes.

Falta saber si un "CONTROL CULTURAL" podrá regular el uso de esta libertad. Pero, en todo caso, nos encontramos en el inicio de un nuevo proceso (¿otra explosión de nuevas y diferentes formas de vida?) que puede conducir (¿en mil millones de años?) a otro Mundo de "seres totalmente libres".

Así pues, podemos estar en el primer paso de la construcción de una "biocenosis universal" o paraíso de seres totalmente sabios, buenos y libres. Algo así como el cielo de todas las religiones y el premio de todas las creencias. O por el contrario, si resulta un "experimento fallido", en el final de la vida del Planeta.

¡Bueno!... estamos comenzando el experimento y somos los únicos responsables. ¡Suerte! y que acabe bien.

## 5.- EL IDIOMA DE LA NATURALEZA

En ocasiones tropiezo con personas que intentan demostrarme que poseen un gran "amor por la naturaleza" y se esfuerzan insistentemente para convencerme (¿?) de que "son muy ecologistas".

Curiosamente, suele tratarse de personas que están causando algún problema ecológico al entorno, ya sea en la explotación de su finca, en su casa de campo o en el ejercicio profesional (caso de políticos, arquitectos, ingenieros o constructores). Y me refiero a personas de buena voluntad y con sana intención.

Pero ¿por qué ocurre esto? ¿Como es posible que, personas que se creen defensoras de la naturaleza, la destruyan? Creo que la razón puede ser muy simple: "No saben hablar el idioma de la naturaleza". Y ni entienden sus necesidades ni conocen sus problemas ni pueden dialogar con ella.

Todos sabemos que para hablar un idioma hay que estudiarlo y practicarlo. "No poseemos el Don de la ciencia infusa" y "la ciencia con sangre entra", como decían nuestros mayores.

Así, admitimos que, para integrarnos en Rusia es preciso estudiar "ruso". Pero no reconocemos que hay que hacer lo mismo para "integrarnos y conocer la naturaleza", siendo mucho más compleja, porque creemos, incorrectamente, que de ella "lo sabemos todo".

Inmersos en una ¿civilización? Que justifica la conquista de otros países, incluso destruyendo sus tradiciones, matando a sus habitantes y saqueando sus ciudades, no puede extrañarnos este comportamiento con la naturaleza.

Y, en todo caso, nuestra ¿cultura? Valora más un Goya que una especie animal, una farola que un árbol milenario, un puente que un soto fluvial o un eucalipto que un Bosque Mediterráneo.

Además ¿Puede aprenderse el ruso con una charla de bar? ¿Puede formarse un ecólogo viendo la tele? Ciertamente comprender los mensajes de la vida, descifrar el murmullo del viento, entender los sonidos de la sierra, identificarnos con el "girino" o sentir el latido del "colémbolo", exige gran esfuerzo y dedicación.

No podemos entrar como un elefante en una cacharrería y ser insensibles al daño que causamos al entorno. Cada uno de nosotros es culpable. Y, al menos los profesionales, tenemos la obligación de estudiar "el idioma de la naturaleza" para comprender sus elementos, conocer sus problemas y respetar sus necesidades. Por tanto "no se trata de ser ecologista sino buen profesional".

## 6.- ¿SE PIERDE EL AGUA EN EL RÍO?

Cada vez es más frecuente que, tras el desembalse de una presa, el paso de una riada o, simplemente, ante las abundantes escorrentías que siguen a un periodo de lluvias, surjan declaraciones puntuales que, con expresión de sorpresa o indignación, proclaman: *“se han perdido 100 hectómetros cúbicos de agua”*.

Está claro: el agua es necesaria para nuestra vida (en el grifo, en la industria, en la calle y en el campo), pero no sólo para “la nuestra”; también lo es para la vida de toda la compleja comunidad biológica que nos acompaña y muy especialmente para todas las comunidades ligadas a los ecosistemas fluviales.

El río es un ecosistema dinámico, cambiante, complejo, diverso, lineal, sensible y estacional, cuyas características biológicas y ecológicas dependen fundamentalmente de las propiedades del agua (tanto superficial como subterránea y de los elementos que lleve disueltos y en suspensión) y de su distribución temporal.

El río necesita *“sus crecidas naturales”*, pues: limpian los sedimentos finos para conservar la diversidad de microbiotopos; movilizan las arenas, gravas y bolos, liberándolas de las trampas sedimentarias; renuevan y controlan las distintas especies de hierbas, arbustos y árboles, que forman el soto fluvial y transportan al mar los materiales necesarios para alimentar de arena las playas.

Pero las crecidas tienen también otras importantes misiones ecosistémicas derivadas de su interconexión con las características climáticas, topográficas, geológicas, edáficas y ecológicas de su propia cuenca. El río necesita estas oscilaciones, el río es algo más que una corriente de agua, *“el río es un ecosistema”*.

Es irresponsable defender que podemos disponer de todo el agua que corre por nuestros ríos; tampoco es correcto pretender dejar en seco permanentemente sus cauces o contaminarlos con cualquier desperdicio. Tenemos derecho tan sólo a disponer de “una parte” de las aportaciones, de “una parte” de los caudales circulantes; pero “esa parte” debe definirse a partir de las características ecológicas del río y no de nuestro consumo.

Es el consumo de agua quien debe adaptarse a las disponibilidades; lo contrario es irresponsabilidad eco-social y desprecio a las generaciones siguientes. ¡Adaptamos los gastos a los ingresos, nunca los ingresos a los gastos! Debemos admitir definitivamente que el agua es un recurso escaso, muy escaso, y no podemos “retirarlo del ciclo natural” sin pagar un alto coste.

Naturalmente, debemos contestar técnicamente un buen número de preguntas difíciles: ¿Cuál es el máximo volumen regulable? ¿Qué régimen artificial soporta un río? ¿Qué caudal máximo y mínimo debemos garantizar? ¿Cuales son los consumos máximos compatibles con los ciclos naturales y con el ecosistema fluvial? ¿Cuales son los procesos contaminaciones máximos compatibles? ¿Cómo resulta afectada la biocenosis? Etc., etc., etc. Y las respuestas son complejas y variables, pues el río es un ecosistema lineal, con fuertes gradientes longitudinales; pero son absolutamente imprescindibles para actuar correctamente.

Lo que está muy claro es que *“el agua no se pierde cuando circula por nuestros ríos”*, ni se pierde cuando desemboca en el mar, ni se pierde cuando inunda los valles en crecidas puntuales.

El agua sigue su curso, sigue su ancestral “ciclo planetario”: evaporación desde la superficie de los mares; transporte en forma de vapor por la atmósfera; precipitación en forma de lluvia sobre las cuencas continentales; alimentación de aguas subterráneas, manantiales y pozos; evaporación y evapotranspiración proporcionando la humedad ambiental del aire que respiramos; mantenimiento de los procesos edáficos; movilización de los fenómenos naturales de erosión; concentración en los cauces superficiales; transporte de sedimentos en disolución y suspensión al mar y, finalmente, llegada a los mares para comenzar un nuevo ciclo.

Estamos comenzando a percibir las consecuencias, incluso a nivel egoístamente humano, de las alteraciones producidas en el ciclo global del agua: deltas que retroceden por falta de aportes sedimentarios, playas que desaparecen por falta de arena, amplias zonas que se desertifican, miles de plantas freatofitas que

se secan, ríos supercontaminados por exceso de tóxicos, ríos agotados por sobreexplotación, enormes pérdidas por evaporación en los embalses, etc., etc., etc.

Pero las repercusiones ecológicas son mucho más peligrosas y nefastas, pues afectan a los grandes ciclos del planeta, a los equilibrios biológicos de los ecosistemas, a las evoluciones climáticas globales, al equilibrio térmico del planeta, a la productividad del suelo, en definitiva, a nuestra supervivencia.

Resumiendo: el agua no es nuestra, ¡es del ecosistema! La que circula por el río no se pierde, hace lo que debe hacer: mantener el equilibrio del planeta. Hasta que no entendamos realmente esto no podremos resolver el problema del agua, ni en el Pueblo, ni en la Comunidad, ni en el País ni en el Mundo. Finalmente no olvidemos que moralmente, y éticamente, *“los intereses de la especie están muy por encima de los del individuo”*.

## 7.- EL RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO

Tomemos como muestra un botón: analicemos un instante el concepto que cada uno de nosotros tenemos del, hoy tan nombrado, “caudal ecológico” (realmente debemos hablar de regímenes de caudales ecológicos) y contrastémoslo con lo que sigue. Seguramente puede hacernos más prudentes en otras ocasiones a la hora de opinar.

Desde el punto de vista ecológico, el “caudal de agua” de un río es tan sólo uno de los factores que definen un “ecosistema fluvial”. El agua de las corrientes superficiales va acompañada de un variable, numeroso y complejo, cortejo de seres vivos, de sustancias en suspensión y de sales y gases disueltos.

“El río no es algo uniforme” e invariable, sino que está formado por una multitud de combinaciones de diferentes factores como son rápidos/remansos, arena/roca/grava, cascadas/pozas, luz/sombra, calor/frío, etc. que son variables en tiempo y espacio.

De esta gran variedad surgen los innumerables “microbiotopos” que permiten la existencia de los cientos de “nichos ecológicos” distintos que hacen posible la existencia de su “biocenosis”.

La vida de cada especie depende de todas las demás en cada uno de los microbiotopos del río. El primer escalón fotosintético (“fitoplancton”) depende muy directamente de la existencia de determinadas cantidades de gases y sales disueltas en el agua. Y del equilibrio en este complejo conjunto de algas depende el segundo escalón de animalillos (“zooplancton”), sobre que se apoya todo el amplio mundo de los invertebrados y los vertebrados.

El “ecosistema río” necesita de todos estos elementos, comenzando por los parámetros físicos, para mantenerse “sano”. Por eso podemos afirmar que “un río no es solo una corriente de agua”. Al conjunto de elementos que necesariamente debe llevar el agua para permitir la vida continuada en todos los microbiotopos del río, incluida la “microbiocenosis” desde su primer escalón con los productores fotosintéticos, es lo que llamamos “caudal ecológico”.

Es claro que depende del punto del río y de la época del año. Y, naturalmente, el caudal ecológico de un arroyo que se seca completamente de forma natural en verano, es cero en ese período.

Mientras que una riada artificial, provocada en el período reproductivo por un desembalse, puede tener efectos muy negativos al inundar madrigueras, nidos, puestas, etcétera. Pues da lugar a condiciones muy distintas de los “naturales” y por lo tanto crea condiciones para las que no está adaptada la fauna fluvial.

Tampoco se mejoran las condiciones del río incrementando su caudal con “agua adulterada”, por ejemplo procedente del hipolimnium de un embalse eutrófico en verano, circunstancia que algunas veces se olvida. Sólo conseguimos asfixiar los peces aguas abajo.

Y, naturalmente, cuando realizamos un vertido de productos contaminantes en un río, afectando gravemente a sus parámetros fisicoquímicos y al propio equilibrio biológico, seguiremos teniendo un caudal de líquido incluso mayor (agua más vertido contaminante) que el inicial, pero el río habrá perdido su “caudal ecológico” y, con él, su imprescindible flujo vital.

En todo caso quien mantiene el ecosistema río es el régimen de caudales que caracteriza a cada uno de ellos, con todas sus riadas mensuales, anuales e hiperanuales.

## **8.- LA TECNOLOGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE**

Creo que la tecnología, al igual que cualquier otro “instrumento de la civilización”, no es más que “un medio” para conseguir algo. Un martillo no es ni bueno ni malo, es el uso que de él hacemos lo que merece un calificativo y, generalmente, este juicio es muy distinto dependiendo de la persona que lo emita.

Pero si podemos considerar, con bastante objetividad, que la tecnología ha puesto en las manos del técnico una serie de “aparatos” capaces de modificar a gran escala, con mucha facilidad y muy rápidamente, el aspecto de cualquier biotopo terrestre. En este sentido podemos admitir que el uso descontrolado de tales inventos produce mayores problemas ambientales que los producidos por el empleo de las tradicionales herramientas, aunque éstas fueran también utilizadas abusivamente.

No hay más que ver las tremendas diferencias que existen en los trazados de “las viejas” y “las nuevas” carreteras. Incluso en las zonas de relieves difíciles se mantienen grandes radios y suaves pendientes, naturalmente a costa de realizar importantes movimientos de tierras y por tanto de producir fuertes impactos ambientales de todo tipo.

De lo anterior se deduce que, para conseguir la integración de nuestras obras en el ambiente, es necesario un mayor esfuerzo ahora (con la moderna maquinaria) que antes. Si consideramos, además, que la naturaleza está amenazada en todos sus frentes y que las mismas acciones producen cada vez mayores efectos negativos sobre los actuales ecosistemas, ya muy reducidos y alterados, es evidente que el factor ambiental debe constituir una de las preocupaciones más importantes del Ingeniero.

Pero existe otro factor de extraordinaria importancia dentro del mundo tecnológico: la “informática”. Por las mismas razones comentadas anteriormente constituye otra potente arma pero que también tiene dos filos.

Hoy podemos manejar infinidad de datos, procedentes de la interpretación de “imágenes” de satélite, de cartografía digitalizada, de bases de datos, etc. Además disponemos de una gran cantidad de programas capaces de relacionarlos y operar con ellos. Podemos trazar, calcular, diseñar, comparar, valorar, etc.

Y, naturalmente, esto supone una gran ventaja a la hora de proyectar que puede traducirse en una mejora directa para las obras. Pero también representa un grave peligro: nos puede desconectar de la realidad.

Creo que todo este alarde informático puede llegarnos a hacer creer que tenemos “todo” sobre la pantalla del ordenador y que manejamos la totalidad de los parámetros que entran en juego en nuestro proyecto. Y está claro que no es así, pues los parámetros medioambientales, paisajísticos, culturales y estéticos, no es posible reducirlos a cifras y, en todo caso, sigue siendo necesario estudiarlos en el lugar.

La existencia de microbiotopos y puntos singulares en el territorio hace necesario que seamos conscientes de que “no puede actuarse sobre el terreno desde el ordenador” y muy especialmente en obras que afectan a ecosistemas de alto valor ecológico.

Por tanto, debemos proyectar sobre el terreno, cuidándonos de que sean tenidos en cuenta “todos los factores medioambientales” existentes. Para luego, utilizando los medios que la tecnología ha puesto en nuestras manos para simplificar las tareas rutinarias, encajar todas las variables en consonancia con la realidad.



No podemos olvidar que el plano no existe, que es tan sólo la representación de la realidad. Que en el plano quede bonito no es garantía de nada, donde debe quedar bien es en la naturaleza. Del mismo modo debemos estudiar detenidamente todos los movimientos de tierras, así como el resto de factores distorsionantes, para que la enorme capacidad de la maquinaria actual no constituya un problema ecológico sino una ventaja económica.

## 9.- EL MUNDO QUE NO VEMOS

Estamos orgullosos de nuestra vista, sin duda el sentido que más información nos aporta del exterior, pero debemos saber que nos informa de manera muy parcial y restringida de lo que existe a nuestro alrededor. Creo que hay menos diferencia entre ver en “blanco y negro” y lo que nosotros vemos que entre esto y lo que ven otros animales. Comparados con muchos animales, “puede decirse que somos casi ciegos”; aunque, claro, no se echa de menos aquello que ni siquiera llegamos a imaginar.

La vista, como los otros sentidos y en todas las especies, ha sido modelada evolutivamente y por razones de supervivencia. El animal dotado de unos ojos capaces de “ver el peligro a tiempo” para ponerse a salvo, vivía lo suficiente para reproducirse y legar esta “habilidad” a su descendencia. Así, lo importante es que el ojo reconozca rápidamente el peligro, sin distraerse con lo demás. A lo largo de millones de años, la competencia interespecífica, ha venido afinando y perfeccionando la vista de cazadores y presas, bajo el control de la selección natural.

Por tanto ni nuestros ojos ni los de los otros animales están hechos para disfrutar plenamente del conjunto de ondas electromagnéticas que emite un valle o un bosque; tampoco están hechos para captar la realidad, pues no es ésta lo que interesa a cada especie sino “ver el peligro” que acecha en el entorno mientras consigue su alimento. Para nosotros “son invisibles” buena parte de los “colores” de la naturaleza y nuestra visión del mundo es parcial, condicionada y engañosa. Veamos algunos ejemplos de nuestras carencias ópticas:

Los charranes, aves marinas, tienen unos “filtros” que eliminan los brillos del agua permitiéndoles ver en vuelo los peces que cazan en sus “picados”. En general las aves pueden “ver los colores” con más matices que nosotros, pues tienen cinco pigmentos de color en las células sensibles a la luz. Las pirañas y algunas serpientes pueden ver la luz infrarroja, así cazan en las oscuras aguas del Amazonas o en plena noche, respectivamente; la carpa dorada además del infrarrojo puede ver el ultravioleta.

El notonecta, escarabajo acuático, es muy sensible a la luz polarizada emitida por la superficie del agua, así puede localizar las charcas en vuelo. Las abejas ven azul, verde y ultravioleta, lo que les permite ver el “verdadero color de las flores”; después de todo para ellas se diseñaron estos colores.... etc. Sin entrar en las capacidades para “enfocar” bajo el agua del cormorán, para “ver con aumento” de buitres y águilas o para ver con alta nitidez en franja horizontal de leones y ñús.

¿No sería maravilloso ser sensible a la luz polarizada, a los infrarrojos o a los ultravioletas? ¿Que pasaría si pudiéramos “ver” las ondas de radio o de televisión? ¿Que tal si pudiéramos detectar con nuestros ojos los rayos X o las radiaciones cósmicas? No lo se pero, sin duda, nuestra visión del mundo sería muy diferente.

Lo cierto es que sólo podemos ver una estrecha franja de ondas electromagnéticas y somos totalmente ciegos para la mayor parte de las radiaciones que “iluminan” el mundo que nos rodea. Decimos: “ojos que no ven corazón que no siente”; pero conocer nuestras limitaciones debe servir para mejorar nuestra imagen de la naturaleza y, contrariamente, para “sentir” que el mundo es mucho más que lo que nosotros vemos.

Hemos desarrollado una capacidad que nos permite sentir y pensar; pero los datos, las bases que alimentan tales emociones e ideas, proceden de la información parcial que llega a través de nuestros sentidos.

Los colores de la ciudad, de nuestras manifestaciones artísticas, de la televisión, el cine, las fotografías, en definitiva, de las obras humanas, están aún más simplificados de lo que podemos captar, por la limitada capacidad de reproducción de nuestros medios técnicos.

Si nuestro sistema cognitivo tiene carácter de supervivencia o no, no lo podemos saber aun; pero creo que hemos sido dotados de un cerebro con capacidad para procesar mucha más información de la que necesitábamos, hasta hoy, por simples razones evolutivas de supervivencia; y parece que esa actividad cerebral nos resulta gratificante. Alguien puede ver en ello la mano de un Dios, otros un nuevo salto en la evolución.

En todo caso, necesitamos ver “colores”, para llenar de buenas imágenes nuestro cerebro; nos es preciso ir al campo y contemplar la vida en su escenario natural (como lo han hecho los pensadores de todos los tiempos). En la naturaleza podremos llegar a conocer mejor el mundo “viendo” por los ojos de los demás seres y adivinando lo que se nos oculta a nosotros a través de los comportamientos de ellos; porque nuestro reciente desarrollo intelectual exige mucha más información de la que pueden proporcionarnos nuestros ojos, como hemos visto creados con otros fines, para que nos sintamos satisfechos.

Tendremos que revisar el concepto de realidad, que ahora limitamos a lo que podemos ver, y ampliarlo a un nivel superior. Entonces podremos comprender un poco más la complejidad de la naturaleza y su drástico contraste con la simplicidad de nuestra experiencia adquirida a través de la reducida capacidad visual.

## **10.- COMO UNA GOTTA DE AGUA**

Mi cuerpo desaparece en un paisaje estático, luminoso, resplandeciente, mullido y gélido, mientras llora con millones de semejantes ante los primeros rayos del sol. Bajo la leve y ordenada multitud, fértiles suelos dan vida a un batallón de seres para que las raíces de las plantas encuentren sustento.

El nevado manto va cediendo ante el calor y, cuando pierdo mi delicada y estrellada forma, me deslizo suavemente hasta un pequeño cauce y siento en mi cuerpo toda la fuerza de la vida. Soy torrente, música, sonido, movimiento, pureza, transparencia, unidad y multitud.

Cruzo brillos y sombras, entre rápidos y remansos, sobre arenas y rocas, bajo sauces y juncos, junto a pájaros y peces, con insectos y plantas.

A mi alrededor surge y se disipa la vida. La delicada y compleja cadena aparece desnuda ante mis ojos. Cada tramo del río luce características distintas y propias. Conozco cada alga y comprendo su intensa actividad, en una vida que dura minutos. Veo la justificación de su forma y de que sirva de alimento al plancton. En el río, entran y salen millones de moléculas de decenas de gases, que hacen posible el equilibrio.

Cuando el vigor del viviente torbellino disminuye y parece que el pulso vital va a detenerse, se produce una sorprendente invasión de nuevas formas. La temperatura del río es más elevada, su velocidad ha descendido, la transparencia es menor y en cada gota de agua hay miles de seres diminutos.

De pronto, cuando ya podía oler aires marinos, mi cuerpo se hace etéreo. Se divide en millones de moléculas que se tornan invisibles y percibo que estoy en el aire. Con el horizonte teñido del rojo-dorado del atardecer, contemplo el valle, lleno de alargadas sombras, mientras una suave brisa me eleva.

Cuando la luz de las estrellas se adueña del cielo, la temperatura desciende y vuelvo a sentir mi cuerpo transformado en miles de diminutas partículas. Paso la noche en ascendente movimiento y, con las primeras luces, contemplo maravillado que formo parte de un blanco y algodónoso penacho de nubes.

Durante varios días, recorro lentamente los cielos hasta que una fría corriente de aire me hace estremecer. Las pequeñas partículas de mi cuerpo se congelan y, poco a poco, se unen, tomando la forma de un

cristalino penacho de helado algodón. Suavemente, descendiendo en indecisa trayectoria, rodeado de otros millones de copos de nieve.

Al caer la noche, me detengo suavemente sobre un tallo de hierba. Cuando amanezca, surgirá ante mis ojos un paisaje estático, luminoso, resplandeciente, mullido y gélido.

La “naturaleza” es un conjunto de “infinitos ciclos” como el de esta gota de agua. El equilibrio del “PLANETA” depende de cada uno de ellos.

## **11.- CUANDO MUERE UNA ENCINA**

Un fascinante y desconocido mundo viviente se oculta a nuestros ojos entre los resquicios del tronco seco de la vieja encina. Las huellas de rayos, vientos huracanados, incendios de monte, plagas de insectos y enfermedades, han ido rompiendo las defensas de su corteza y minando la resistencia de sus fuertes ramas. Ahora, el paso de los días van proporcionando preciosos escondrijos a miles de animalillos en su recio corazón.

Su vital corteza ya no puede retener el ataque de sus variados invasores y la energía solar que almacenó en forma de madera, durante su larga vida, constituye ahora un irrenunciable reclamo para cientos de organismos que basaron en ella sus sistemas de supervivencia. En otros tiempos densa y dura, ahora se agrieta, se fragmenta, se reseca y astilla, poniendo sus fibras al alcance de hongos, bacterias y microorganismos especializados, en la descomposición de la celulosa y el almidón. Con ayuda de la humedad, crearán las condiciones favorables para que los insectos xilófagos y sus larvas colaboren en la tarea; trituradores de madera y constructores de galerías minaran poco a poco su cada vez más débil estructura. Al reclamo de estas “deliciosas” larvas llegan nuevas especies de insectos y con ellas reptiles, aves y mamíferos. Entre todos formarán una compleja trama de interrelaciones ecológicas coincidentes en el tiempo en un microbiotopo común: los restos de la vieja encina.

Bajo su centenaria copa ha visto nacer y morir millones de seres; para ellos ha creado y protegido el suelo fértil que abraza bajo su sombra; les ha facilitado frescor en verano y refugio en invierno; sus ramas han servido como posadero, hogar, cazadero, despensa o lugar de cita, para cientos de aves y no se negó a albergar musgos y líquenes con generosidad; sus hojas alimentaron a millares de larvas de insectos y centenares de fitófagos del bosque; sus frutos suplementaron la dieta de aves y mamíferos en los días otoñales y hubo suficientes para que germinaran miles de nuevos brotes de encinas; sus ramas también proporcionaron calor y herramientas a varias generaciones de campesinos; sus raíces protegían el valioso suelo fértil de las tormentas veraniegas y aguaceros otoñales.

Fue una vida útil, llena de sentido, cargada de actividad y enmarcada en un “proyecto común”; la vieja encina cumplió con su misión: repartir beneficios entre todos los que se acercaron a ella sin pedir nada a cambio. Hoy, desde el sosiego y la sabiduría de quien ha contemplado el paso de varios siglos, realiza su último sacrificio: servir de vida a los microorganismos para que el bosque perdure cerrando el ciclo de la vida.

## **12.- ACTUACIONES SOBRE LOS RÍOS**

No podemos terminar sin hacer algunas referencias, aunque sean breves, a las actividades humanas que repercuten negativamente sobre las características ecológicas de un río; las circunstancias que rodean a cada una de ellas son tantas y variadas; pero, ciertamente, la mayor parte tienen una característica común: son consecuencia, más o menos directa, de actuaciones relacionadas con la ingeniería civil.

Está claro que esta repercusión negativa de las obras presenta infinidad de matices, por cuanto los impactos producidos pueden ser más o menos intensos, evitables, recuperables, irreversibles o graves, según sea la resultante del conjunto: impactos del proyecto / impactos de la ejecución / eficacia de las medidas correctoras / características del ecosistema afectado. Pero existe una realidad irrefutable que debemos reconocer: la

enorme capacidad de la moderna “maquinaria de obra” para transformar drásticamente la naturaleza y la variada gama de impactos negativos puntuales que derivan de su actividad.

Las principales actividades que pueden producir algún tipo de impactos negativos sobre el Río, se resumen seguidamente:

- ⇒ Aprovechamientos agroganaderos
- ⇒ Tala de los sotos fluviales
- ⇒ Vertidos incontrolados
- ⇒ Canalizaciones
- ⇒ Encauzamientos
- ⇒ Protección de márgenes
- ⇒ Dragados
- ⇒ Limpiezas de cauce
- ⇒ Modificación de su curso
- ⇒ Construcciones dentro del cauce
- ⇒ Presas y azudes
- ⇒ Tomas de agua
- ⇒ Refrigeración industrial
- ⇒ Piscifactorías
- ⇒ Puentes y obras de paso de agua
- ⇒ Extracción de áridos
- ⇒ Actividades mineras
- ⇒ Badenes o invasión de vehículos
- ⇒ Oleaje por viento o navegación
- ⇒ Etcétera.

Puede verse que casi todas ellas están relacionadas con la ingeniería y, naturalmente, cuando hablamos de ríos incluimos siempre a los humedales, o aguas más o menos estancadas en superficie que constituyen importantes reservas de agua dulce, soportan una variada y única fauna y flora y tienen una gran importancia en las escalas de las aves emigrantes.

En cuanto a los efectos negativos que las obras citadas pueden ocasionar sobre los ríos, y sus ecosistemas circundantes, una serie de efectos negativos que resumimos esquemáticamente a continuación:

- ⇒ Invasión de biotopos naturales.
- ⇒ Destrucción de microbiotopos muy variados.
- ⇒ Ocupación de suelo ribereño.
- ⇒ Modificación del paisaje natural.
- ⇒ Desplazamiento de especies de animales y vegetales.
- ⇒ Modificación de los flujos hídricos.
- ⇒ Efecto frontera para vertebrados.
- ⇒ Contaminación de las aguas y los suelos.
- ⇒ Eutrofización de las aguas.
- ⇒ Alteración de flujos naturales de elementos.
- ⇒ Incremento de presencia humana y sus efectos.
- ⇒ Acumulación de desperdicios y basuras.
- ⇒ Formación de nuevos núcleos urbanos.
- ⇒ Crecimiento desordenado de los pueblos.
- ⇒ Antropización general de los ríos.
- ⇒ Etcétera.

Naturalmente no todas las obras producen efectos negativos y también es evidente que su importancia depende de numerosos factores que derivan de sus particulares características ecológicas, paisajísticas y sociales. Sin embargo hay que reconocer dos importantes cuestiones: la primera, que buena parte de es-

tos impactos negativos pueden evitarse fácilmente con una “dirección de obra especializada en impactos ambientales” y sin incrementar significativamente los costes de obra; y la segunda, que empleamos términos que “no significan lo mismo” referidos a factores puramente ingenieriles y de proyecto que aplicados procesos y factores ecológicos.

Respecto a la primera cuestión, es decir que el proceso constructivo determina en gran medida el resultado final de las obras, no necesita muchas explicaciones y se comprende fácilmente la trascendencia que tiene la existencia, a pié de obra, de expertos en impactos ambientales. Tan justificados como un interprete cuando necesitamos comunicarnos con una persona que habla distinto idioma.

En la segunda cuestión, nos referimos a las palabras que ocasionalmente usamos los ingenieros en nuestras actuaciones profesionales y que, incluso frecuentemente, utilizamos como título de los proyectos: “restauración de ríos”, “recuperación de las orillas”, “acondicionamiento del cauce”, etc. Con ellas calificamos unilateralmente nuestras obras en los ríos, como si su finalidad fuera actuar exclusivamente sobre las condiciones del flujo de las aguas. Y, naturalmente, está muy claro que no tienen ese significado (de “restauración”, “recuperación”, “acondicionamiento”,...) si consideramos sus consecuencias sobre el ecosistema fluvial afectado. Es evidente que cuando se actúa sobre un río natural simplificando, uniformizando, canalizando o simplemente eliminando, sus cauces y sotos fluviales, el ecosistema pierde todos sus microbiotopos y con ello su biocenosis.

Por el contrario, si habláramos con propiedad y rigor, deberíamos admitir que con más frecuencia de la debida, tanto las obras como sus consecuencias producen, desequilibrios ambientales en los biotopos que ecológicamente deberían calificarse como “retroceso”, “alteración”, “simplificación”, “destrucción”,... si consideramos el ecosistema río y las relaciones ecológicas que en él se desarrollan.

La diferencia está en el lugar en que situemos nuestro punto de vista: “el río como canal” que debe evacuar una corriente de agua o “el río como ecosistema” que alberga una rica diversidad de organismos.

Sin duda nunca nos encontraremos en los extremos de esta imaginaria línea, pero no cabe la menor duda que existen muchísimas posiciones intermedias y que la profundización en los problemas que afectan a la sociedad y preocupan a los científicos de este final del siglo XX, nos conducen a posiciones más próximas a las que consideran el río como un ecosistema.

### **13.- CONSIDERACIONES FINALES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.**

Los profesionales y los técnicos hemos introducido en nuestros cerebros el suficiente número de datos como para que seamos capaces de encontrar la mejor solución a casi todos los problemas; pero, por eso mismo, sabemos los grandes errores que pueden derivarse de conclusiones basadas en datos incorrectos, imprecisos o parciales.

En el río existen muchos factores ecológicos moderadamente fáciles de detectar por el ingeniero y numerosos “microbiotopos” (palabra que debe incluirse en el vocabulario habitual de los técnicos) cuya identificación (con la asistencia técnica que fuera necesaria) puede resultar imprescindible tanto para el proyectista como para el director de obra.

Conocidos aquellos factores (microbiotopos) y los condicionantes ambientales que imponen a nuestro proyecto, puede resultar trivial el proceso de selección de las soluciones ingenieriles compatibles con las condiciones ecológicas del entorno. Por el contrario, tratar de encontrar una “lista de recetas” generales puede conducir a graves despilfarros de medios y a nuevos problemas ambientales.

Como en cualquier disciplina (geología, economía, hidráulica, cálculo de estructuras, etcétera) no es serio, ni parece una actitud propia de un ingeniero, pretender sustituir el trabajo y la opinión fundamentada y profesional de los correspondientes especialistas, por una receta simplificada y descafeinada para ser aplicada por un aficionado a la ecología. El intento puede resultar cuando menos peligroso, por la falta de criterios objetivos basados en el conocimiento.

Ciertamente no siempre existen problemas ecológicos de suficiente entidad como para que sea necesario un especialista y en numerosos casos todo queda reducido a un problema casi exclusivamente de “educación ambiental”; en estas situaciones una forma de trabajar “ambientalmente respetuosa” con suelo, vegetación y agua, es suficiente.

En todo caso (y metafóricamente hablando), parece razonable que “el pulso del enfermo” lo tome el médico de cabecera que será quién de modo autorizado podrá (ahora sí) “recetar” el tratamiento adecuado a cada caso o, en los casos de gravedad, su traslado al correspondiente especialista para que continúe los análisis, diagnostique y opere.

Naturalmente, estas opiniones científicas basadas en datos ecológicos, deben encajarse en el contexto general del problema y en este panorama global deben igualmente encuadrarse los costes de “todos los factores implicados”.

Por ejemplo, el precio correspondiente a las obras de seguridad ante avenidas, incluidos todos los correspondientes a las externalidades ecológicas, debe ser comparado a corto, medio y largo plazo, con el coste, en los plazos considerados en cada hipótesis de cálculo, de: a) los daños causados por las máximas avenidas de cálculo que se intentan evitar. B) las expropiaciones de las tierras anegadas y de las pérdidas de producción suponiendo que fueran abandonadas.

También debemos concretar que buena parte de las actuaciones (fundamentalmente las relacionadas con la “limpieza” de cauces) que desde el punto de vista del ingeniero hidráulico pueden resultar necesarias de acometer (e incluso imprescindible), pueden tener solución con acciones puntuales y concretas desarrolladas de forma “totalmente manual” o artesanal. El empleo de maquinaria para estas ocasiones, de forma generalizada, suele ser causa de grandes desequilibrios en los ecosistemas fluviales. Por el contrario limpiezas manuales, o con maquinaria menor y muy controlada, pueden ser suficiente para realizar podas selectivas controladas y talas selectivas que permitan incrementar la sección en caso de avenidas.

Finalmente propondremos una serie de recomendaciones, o actividades generales, que pueden servir de orientación para la realización de futuros trabajos de investigación y catalogación científica de todos nuestros ríos. Ciertamente se han realizado puntuales e importantes trabajos de investigación en España, que pueden considerarse pioneros en el campo de la limnología y de la ecología fluvial, por un grupo de investigadores –por desgracia no demasiado numeroso- de gran altura científica nacional e internacional. Pero es necesario incrementar los conocimientos –hoy escasísimos- que poseemos sobre las características ecológicas y los problemas ambientales que padecen nuestros ríos. Por definición son trabajos sumamente complejos y variados, que necesitan programas a corto y medio plazo, en los que tengan un importante peso los investigadores locales tanto de nuestras universidades como de los centros reconocidos de investigación. Tampoco debe olvidarse que es imprescindible la formación de equipos multidisciplinarios.

Los resultados de estos trabajos de investigación, deben ser traducidos a conclusiones y recomendaciones concretas, que deben constituir posteriormente las bases sobre las que se sustenten los proyectos constructivos y las direcciones de obra del campo de la ingeniería hidráulica.

En consecuencia proponemos las siguientes actividades, encaminadas a mejorar nuestro conocimiento sobre los ríos:

- ⇒ Estudiar la “dinámica fluvial” y sus efectos
- ⇒ Concretar los procesos erosión/sedimentación
- ⇒ Esquematizar las redes ecológicas básicas
- ⇒ Identificar los “microbiotopos” representativos
- ⇒ Identificar de la biocenosis afectada
- ⇒ Concretar la problemática faunística
- ⇒ Sintetizar los procesos degradantes
- ⇒ Analizar las preferencias sociales de uso
- ⇒ Determinar los II.AA. máximos admisibles
- ⇒ Proyectar “in situ” viendo cada árbol, roca, poza,...

- ⇒ Adaptar los trabajos a los ciclos ecológicos
- ⇒ Evitar la uniformidad para orillas y fondos
- ⇒ Afectar el “suelo” estrictamente necesario
- ⇒ Controlar los movimientos de maquinaria
- ⇒ Aislar al río de todo proceso contaminante
- ⇒ Mantener las características de los fondos
- ⇒ Reducir al mínimo las estructuras rígidas
- ⇒ Usar elementos naturales (madera y escollera)
- ⇒ Conservar y reutilizar el “suelo fértil”
- ⇒ Respetar la vegetación autóctona existente
- ⇒ Potenciar la recuperación de la vegetal natural

Como en cualquier proceso ligado al desarrollo de nuestra civilización y de las actividades de la técnica y la ingeniería, la razón fundamental que justifica la ejecución de un proyecto técnico es “la existencia de un problema” previo y, naturalmente, ese problema debe ser perfectamente identificado y definido; a partir de aquí el Ingeniero proyecta una obra que debe ser la mejor solución, técnica, social, económica y ecológica, de entre todas las posibles.

Pero parece claro que aun existiendo un problema, incluso un grave problema, siempre existen muchas soluciones técnicamente posibles y numerosas formas de realizar una misma solución. Muchas veces los problemas ambientales son consecuencia de la forma, del momento, del procedimiento, de los detalles,... de lo que muy adecuadamente podríamos llamar “la educación ambiental”. De aquí surge la justificación para que el estudio de alternativas se realice por equipos multidisciplinares.

La complejidad de los parámetros que entran en juego conduce, cada día más, a la imperiosa necesidad de realizar una planificación en conjunto con todos los sectores afectados de la propia administración. Decisiones tomadas apresuradamente o prematuramente, pueden polucionar socialmente procesos de modo innecesario. La participación social, la rigurosidad técnica y colaboración administrativa, a todos los niveles, son los peldaños que forman la escalera que nos lleva a la solución del problema.

#### **14.- EL INGENIERO CIRUJANO DE LA NATURALEZA**

La curva que describe desde sus comienzos la evolución de la Ingeniería se acerca a un punto de inflexión, en cuanto a su relación con el medio ambiente. El aumento de la población, y con ella de las actividades humanas, ha multiplicado exponencialmente el número de puntos de conflicto entre el desarrollo de los pueblos y el equilibrio de los ciclos naturales de la biosfera.

La proliferación desordenada y descontrolada de tales impactos ha sobrepasado la capacidad de autorregulación de los ecosistemas naturales, desencadenando graves procesos, incluso en el ámbito planetario, que llegan a la opinión pública como “catástrofes ecológicas”. Como detrás de buena parte de estos “problemas ambientales” está la labor profesional de los técnicos, no puede extrañar que el ingeniero haya perdido su anterior imagen de “artífice del progreso” para ser considerado hoy como “el malo de la película”.

Sin duda, las condiciones del entorno han cambiado substancialmente, debido a la desaforada actividad humana, en esta última mitad del siglo XX. El ingeniero, y muy particularmente los relacionados con las obras civiles, no puede seguir obviando las consecuencias ambientales de sus obras sobre los ecosistemas y los grandes ciclos naturales.

Por eso, la ingeniería del futuro, el ingeniero del siglo XXI, debe orientar buena parte de su actividad profesional hacia la compatibilización del desarrollo con la conservación del entorno, asignando un gran peso a la función “ecosocial” de la ingeniería. Técnica, sociedad, naturaleza, arte y desarrollo sostenible, son los factores a compatibilizar por el ingeniero como medio para mejorar la “calidad de vida” de nuestras ciudades y elevar nuestro desarrollo cultural y emocional.

En este sentido *el ingeniero debe comportarse como un cirujano* cuando actúa sobre el medio ambiente; debe *explorar* el ecosistema para identificar los factores y flujos naturales, debe *identificar* los elementos que pueden resultar afectados negativamente por sus actuaciones ingenieriles, debe *proyectar* sobre el terreno y con todo detalle su zona de actuación, debe *construir* sin dañar innecesariamente el entorno de la obra y debe *restaurar* cuidadosamente las heridas producidas en el paisaje.

Hace pocas décadas (sin calmantes ni cirujanos de la boca) el dolor de muelas lo curaba el “sacamuelas” arrancándola y hasta el propio paciente pedía que se la sacaran sin anestesia. Hoy nadie admitiría esto sino que se elimina el dolor, se empasta la muela, se reconstruye, se quita la raíz, se pone una muela nueva etc. porque ha mejorado la ciencia y la cultura.

De forma similar el ingeniero debe pasar de “sacamuelas” a “cirujano” de la naturaleza, como única forma de mantener lo que queda de nuestros prístinos ecosistemas y contribuir a la recuperación de los espacios perdidos. Como en la medicina, el cambio científico se ha producido y el cultural también, falta generalizar universalmente las actividades ingenieriles respetuosas con el entorno.