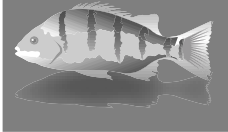


Opciones y consecuencias territoriales de la planificación hidrológica

Santiago Hernández Fernández



DESCRIPTORES
TERRITORIO
ECOSISTEMA
CICLO HÍDRICO
PROCESOS ECOLÓGICOS

El territorio es un ecosistema

Con demasiada frecuencia, cuando los técnicos nos referimos al territorio, estamos imaginando un espacio físico más o menos grande, pero muy localizado y concreto, perfectamente identificado y definido; algo, en definitiva, que dominamos, conocemos y podemos calificar, cualificar y cuantificar sin ninguna dificultad.

El hecho de que poseamos una cartografía cada vez más precisa (con indicación de las curvas de nivel, los caminos y carreteras, las líneas de transporte eléctrico, las ciudades, los pueblos e, incluso, casas aisladas, los tipos y usos del suelo, el sustrato geológico, la red hidrográfica, los planos de vegetación, los diversos datos climáticos, etc.), acompañada de excelentes ortofotografías, de imágenes de satélite en diversas frecuencias, de programas de información geográfica, de potentes ordenadores capaces de almacenar, ordenar, procesar y suministrar al momento grandes cantidades de información, etc., nos puede hacer creer que de verdad sabemos y conocemos todos los datos importantes que es preciso tener en cuenta para identificar el territorio.

Estos antecedentes constituyen la base sobre la que construimos nuestros razonamientos y cimentamos las conclusiones que nos conducen razonablemente a la decisión final, en nuestros trabajos profesionales de ordenación, planificación y proyecto de infraestructuras.

Esta imagen del territorio es notablemente esquemática, simplista y antrópica; considera casi exclusivamente el biotopo (soporte físico del ecosistema), sin tener en cuenta la complejidad de la biocenosis (conjunto de todas las especies de seres vivos del ecosistema) y obviando una gran cantidad de factores y procesos naturales sin los cuales no es posible definir correctamente los distintos procesos ecológicos.

El territorio es el resultado de la interacción entre todos los seres vivos, el clima y el sustrato geológico. La fotografía del territorio, el paisaje visible a las diferentes escalas, nos presenta el estado puntual de la resultante, la congelación en el tiempo de un proceso muy poco perceptible y animado por una gran complejidad. A medida que nos alejamos, los detalles se difuminan, el árbol deja su protagonismo al bosque, y el caserío, a la montaña; más lejos, solo percibimos los grandes rasgos morfológicos, los colores predominantes y las grandes superficies de agua; si nos apartamos aún más, percibimos las nubes y la curvatura terrestre, al tiempo que podemos imaginar y percibir los grandes ciclos planetarios.

Las obras humanas no admiten comparación alguna con la complejísima maquinaria del ecosistema, frente al cual, tan solo parecen simples y triviales mecanismos. En el ecosistema se desarrollan, interconectados, los ciclos de los elementos para recorrer complejos bucles, grandes y pequeños, locales y globales, lentos y rápidos, estables y cambiantes, químicos y biológicos.

Algunos procesos poseen la lentitud y la constancia características de los fenómenos geológicos; así, a lo largo de millones o decenas de millones de años, las montañas se forman, para seguidamente ser erosionadas; y las placas continentales se alejan, se acercan, desaparecen o surgen de nuevo.

Otros ciclos poseen una velocidad significativamente mayor, característica de los ecosistemas; esta circunstancia permite que, en miles o decenas de miles de años, las distintas especies de plantas y animales que constituyen los ecosistemas terrestres se adapten gradualmente a las modificaciones impuestas por los cambios geológicos y sus consecuencias climáticas. La selección natural modela y regula las modifica-

ciones necesarias para que las distintas especies se adapten gradualmente a los cambios, en beneficio de la conservación de todo el ecosistema.

Finalmente, existen otros procesos físicos caracterizados por unos niveles de movilidad mayores, incluso mucho mayores; son aquellos que están relacionados con los fenómenos meteorológicos, a corto y medio plazo, es decir, los movimientos del aire en la atmósfera y de las aguas en los mares, como cintas transportadoras de energía entre el ecuador y los polos terrestres.

El conjunto de todos estos procesos, tan distintos entre sí, ha producido un equilibrio dinámico general, que ha conducido a la aparición y al desarrollo de la vida en la Tierra. Casi dos millones de especies (hasta 30 millones según algunos autores) han logrado sobrevivir y han conseguido el milagro de autorregular las condiciones de habitabilidad del planeta, creando una especie de organismo superior (Gaia).

Estos procesos locales y globales, estas interacciones físicas y biológicas, estas combinaciones del clima y los ecosistemas, en definitiva, esta gran variedad de soluciones parciales diversas para resolver, con infinitas combinaciones distintas, todas las posibles oportunidades de interrelaciones biológicas, constituyen la expresión de la biodiversidad que caracteriza a los ecosistemas terrestres.

Este es el territorio, este es el marco de nuestras actuaciones, este es el tablero en el que proyectamos nuestras obras, cuya característica fundamental suele ser la urgencia, la solución puntual a corto plazo y su carácter básicamente sectorial; pero... naturalmente, como hemos visto, y antes de nada, también es el escenario en que se desarrollan los ecosistemas te-

restres, producto resultante de la actividad de todos los seres vivos (la biosfera) en equilibrio con los lentos procesos geológicos y los rápidos fenómenos climáticos; equilibrio que, hasta ahora, ha logrado siempre curar las gravísimas heridas producidas por las grandes extinciones conocidas por causas extraplanetarias. En suma, puede decirse que, *el territorio es un inmenso campo de batalla en el que, hasta nuestra llegada como especie, la biosfera había conseguido siempre imponer la paz.*

Ciertamente nuestro territorio (y concretamente nuestro entorno continental europeo) no es ya un terreno virgen, ni forma parte de un ecosistema natural inalterado, sino que es el resultado de varios milenios de interferencias entre la despreocupada civilización humana (agricultura, ganadería, incendios, caza, ciudades, urbanismo, industria, guerras, contaminaciones, epidemias, catástrofes...) y los primitivos ecosistemas naturales de Europa.

Hasta hace medio siglo podría afirmarse que el resultado de estas interacciones antrópico-naturales era la formación de un nuevo ecosistema que, aunque parcialmente antropizado, había logrado un cierto equilibrio sostenible hombre-naturaleza y relativamente estable y dinámico. Desgraciadamente, durante el último medio siglo, el equilibrio se ha roto ante la excesiva presión del *Homo sapiens* sobre su entorno y podemos decir que ha comenzado nuestra ofensiva "civilizada" e implacable contra los ecosistemas y sus biocenosis. Hemos acuñado ya el término *noosfera* para referirnos al resultado de esta fuerte antropización de nuestra prístina biosfera, caracterizado por el desequilibrio entre los procesos planetarios, la pérdida de la estabilidad de los ecosistemas y la ineficacia en los procesos energéticos.



Foto: SANTIAGO HERNÁNDEZ

Fig. 1. Los ríos son ecosistemas fluviales muy sensibles a los cambios de usos del suelo en su cuenca, a los procesos contaminantes y al exceso de regulación.



El agua como referencia territorial

Existe un elemento importante en el territorio, básico para los procesos ecológicos y muy conspicuo y conocido para el ingeniero: se trata del agua. El ciclo del agua es un excelente hilo conductor para estudiar una gran cantidad de procesos aislados que, desde la escala microscópica a la planetaria, controlan todos los procesos biológicos. Su ciclo puede definirse mediante una rigurosa caracterización topográfica complementada por los necesarios parámetros de calidad, cualitativos y cuantitativos, lo que presenta la enorme ventaja de una fácil identificación, cuando circula sobre el terreno, a través de las diversas cuencas y, aunque algo menos evidente, también en su circulación en forma de aguas subterráneas.

“El río, como sistema de drenaje de las precipitaciones de una cuenca, constituye un fenómeno con una realidad física, unos condicionantes topográficos y geológicos y unos flujos concretos cuya variación y magnitudes derivan de las características de su cuenca. Pero por la misma razón transporta, disueltas o en suspensión, cantidades variables y cambiantes de elementos que las escorrentías arrastran de la cuenca; como muchos de ellos constituyen parte de los nutrientes fundamentales para el desarrollo de los seres autótrofos, son en sí mismos una fuente de energía que los ecosistemas tratan rápidamente de integrar en sus adecuados nichos ecológicos, para incrementar selectivamente la eficacia de sus relaciones energéticas.”

*“Así, la energía –en todas sus formas– disponible en el río, es utilizada por las diferentes especies que a lo largo de millones de años han acoplado sus ciclos a tan cambiante ecosistema. No olvidemos lo complejo que resulta adaptarse a los bruscos y aleatorios cambios que experimentan los ríos: riadas, sequías, arrastres brutales, sedimentaciones prolongadas, turbiedad, temperatura, modificaciones del cauce, etc., todos ellos con períodos de tiempo muy superiores a las medias de vida de los seres que lo habitan, y en todo caso manteniendo un constante flujo hacia abajo que tiende a arrastrar ‘todo y todos’ hacia el mar”.*¹

Las actuaciones sobre el territorio

Cuando programamos los usos del suelo redactando normas subsidiarias, planes de ordenación o, simplemente, cuando proyectamos infraestructuras concretas ya definidas en otros planes generales, estamos decidiendo la evolución futura de factores importantes para la conservación de los procesos y los ecosistemas naturales que existen en ese territorio. En esos momentos está en nuestras manos el futuro de numerosos nichos ecológicos y de un elevado número de procesos, muchas veces poco evidentes para los profanos en ecología.

Por lo tanto, este es el momento adecuado para, en cumplimiento de la legislación ambiental, en beneficio de la calidad de nuestro proyecto y en consonancia con la función social de nuestras actuaciones profesionales, incorporar toda la información técnica y científica necesaria para enfocar objetivamente el proceso desde el principio. De este modo, tendremos sobre la mesa todos los condicionantes y nuestras decisiones serán más acertadas.

En este proceso podemos considerar el ciclo hidrológico como una importante guía de referencia. El estudio de su circulación en las cuencas y subcuencas, las características de sus niveles de calidad química y biológica, las alteraciones locales o regionales de sus procesos erosivos o sedimentarios, las modificaciones en los coeficientes de escorrentía o en los tiempos de concentración, las variaciones en los volúmenes correspondientes a sus volúmenes de reservas edáficas o niveles freáticos y otros muchos indicadores hídricos, nos permiten tomar el pulso al ecosistema.

La ocupación del territorio, en cualquiera de sus formas, representa un factor de distorsión, más o menos importante, para el discurrir natural del agua en su ciclo a través de la cuenca. Podemos eliminar suelo fértil y/o la vegetación característica del ecosistema, modificar sus pendientes naturales, alterar el grado de impermeabilización del terreno, favorecer las escorrentías superficiales, reducir la capacidad de evacuación de los cauces, incrementar los procesos de erosión y, en definitiva, deteriorar el funcionamiento del ecosistema modificando el imprescindible equilibrio que existe entre la producción de suelo edáfico y su arrastre mediante los procesos erosivos.

A estas alturas, y ante las consabidas necesidades antrópicas que se generan sobre el territorio, podemos hacernos algunas preguntas: ¿Tiene sentido un trasvase de agua entre dos cuencas, aunque sean del mismo gran río, sin estudiar sus consecuencias para el ecosistema? ¿Es lícito autorizar la construcción de una carretera a media ladera, sabiendo que drenará el flujo de aguas edáficas que mantiene verde una pradera aguas abajo, sin evitar este drenaje? ¿Debemos construir una urbanización que impermeabiliza 100 hectáreas de suelo natural sin estudiar los efectos del aumento de la escorrentía, la disminución del tiempo de concentración y el incremento de erosión sobre el ecosistema fluvial afectado? Las respuestas no pueden reducirse a un sí o un no. La simplificación exagerada de los problemas favorece, sin ninguna duda, su difusión mediática pero es una contribución al crecimiento de la ramplona cultura de titulares que invade nuestra sociedad.

Parece evidente que la superposición de todas las infraestructuras necesarias para garantizar el funcionamiento de nuestras ciudades, y de nuestra civilización en general, sobre el complejísimo entramado que forman los ecosistemas naturales, irá acompañada casi siempre de un considerable número de incompatibilidades que pueden llevarnos a la destrucción, más o menos acelerada, de éstos; al menos si nos atenemos a los resultados reales de lo que podemos observar hasta la fecha.

Pensar que, de modo mágico, van a encajar perfectamente las piezas de este complejo puzzle, sin otro esfuerzo que pensar “lógicamente” en las necesidades urbanas es, cuando menos, una temeridad. Cada desmonte, cada terraplén, cada puente, cada depuradora, cada zanja, cada gravera, cada camión, cada presa, cada puerto, cada muro... cada una de nuestras obras, tiene una serie de factores que afectan a algunos procesos naturales relacionados con el ciclo del agua y con los procesos básicos del ecosistema. De modo general, podemos establecer algunas reglas generales para reducir estos



Fig. 2. Los procesos de formación del suelo, base de los ecosistemas terrestres, son muy lentos y están íntimamente relacionados con la vegetación y la fauna edáfica.

efectos; sus consecuencias reales dependen, evidentemente, del proceso constructivo, del momento del año y de la sensibilidad del director, pero, sobre todo, dependen de las características ecológicas del territorio afectado.

Es preciso, por lo tanto, un estudio concreto para cada caso; y esto debemos considerarlo como una afortunada circunstancia, pues, en caso contrario, seríamos absolutamente prescindibles. Esta es la constante en todos los trabajos relacionados con nuestra profesión y la razón que la hace más interesante, creativa, compleja y socialmente útil.

Finalmente, conviene destacar, si queremos estudiar los problemas ecosociales desde todos sus posibles puntos de vista, que cuando hablamos del agua, de sus usos y de la importancia que tiene en numerosos procesos económicos, frecuentemente olvidamos que el agua no es el único elemento del proceso susceptible de ser redistribuido y trasvasado; pues también pueden ser redistribuidas y trasvasadas las industrias, las personas, los suelos, etc.

La ingeniería civil sostenible

Creo que hoy no es posible tratar de la ordenación territorial, y de los usos del suelo, sin considerar los principios y condicionantes del desarrollo sostenible. El Secretario General de las Naciones Unidas, Kofi Annan, publicó, en enero de este año, un informe sobre el progreso logrado en la ejecución del Programa 21 durante la última década. En él analiza los graves problemas ecológicos, económicos y sociales que amenazan al mundo y todos sus habitantes, lamentándose de la insuficiencia de las escasas iniciativas emprendidas hasta el momento.

Ciertamente el solo enunciado de las grandes desigualdades sociales existentes en el planeta, que fácilmente podemos leer en infinidad de documentos y reportajes, produce un horrible escalofrío a cualquiera. Buena parte de la población, para qué repetir cifras bien conocidas, tiene graves carencias de alimento, de agua potable, de condiciones higiénico-sanitarias... junto a extremas condiciones de pobreza y total desprotección social frente a epidemias o conflictos bélicos. En este contexto, creo interesante resaltar aquí los diez puntos del plan de acción que el Sr. Annan propone para la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible:



Fig. 3. La eutrofización de los ríos y embalses es una muestra del exceso de circulación de nutrientes por mala gestión de los ciclos del fósforo y el nitrógeno en la cuenca.

1. *“Lograr que la mundialización contribuya al desarrollo sostenible. Los beneficios de la mundialización han sido distribuidos sin uniformidad y las naciones más pobres del mundo se han quedado a la zaga. Entre las acciones sugeridas, figuran la eliminación de subsidios que ocasionan distorsiones en el comercio y un mejoramiento del acceso de los productos y servicios provenientes de países en desarrollo a los mercados de los países desarrollados, particularmente en áreas tales como la agricultura y los textiles.*
2. *Erradicar la pobreza y elevar el nivel de vida en las zonas rurales y urbanas. Un gran número de personas vive en áreas con problemas ecológicos. Es necesario esforzarse para mejorar las condiciones y las oportunidades de los pobres. Por ejemplo: a través de la tenencia de tierras, niveles de vida sostenibles, crédito, educación, mejoras agrícolas y medidas para minimizar el desperdicio y alentar el reciclaje.*
3. *Cambiar los patrones no sostenibles de producción y consumo, consiguiendo una eficiencia energética cuatro veces mayor en las próximas dos o tres décadas, un incremento de la responsabilidad corporativa y la creación de incentivos para una producción más limpia, entre otras mejoras.*
4. *Mejorar la salud por medio de acceso al agua potable segura y a precios módicos, la reducción del contenido de plomo en la gasolina y mejorar la calidad del aire en interiores.*
5. *Proporcionar acceso a la energía y mejorar la eficiencia energética, mediante el desarrollo, el uso de tecnologías energéticas más eficientes y el cambio de patrones insostenibles de consumo de energía.*
6. *Gestionar los ecosistemas y la biodiversidad sobre una base sostenible, aportando soluciones a los problemas de pesca desmedida, explotación insostenible de los bosques y contaminación marina desde las áreas continentales.*
7. *Mejorar la gestión del suministro de agua potable y lograr una distribución más equitativa de los recursos acuíferos.*
8. *Proporcionar recursos financieros a través del incremento de la Asistencia Oficial para Desarrollo, la inversión privada, así como la transferencia e intercambio de tecnologías ambientales sensatas.*





Fig. 4. Las terribles riadas en ríos pequeños son, muchas veces, consecuencia del mal uso del territorio y/o de actuaciones inadecuadas en los cauces. Riada en el río Hurdano en Vegas de Coria en mayo de 1994.



Fig. 5. Incluso los grandes ríos dejan sentir su pulso, acelerado por la alteración de la vegetación natural de su cuenca. Riada en el Guadiana a su paso por Mérida, en enero de 1985.

9. *Apoyar el desarrollo sostenible en África a través de nuevos programas extensivos que conduzcan al establecimiento de instituciones y sistemas que aborden cuestiones como el hambre, la salud, la protección del medio ambiente y la gestión de recursos.*
10. *Fortalecer la gobernabilidad internacional para generar el desarrollo sostenible, promover un enfoque integrado y mundial, en lugar de un enfoque compartimentado que prevalece en la actualidad".*

El conjunto de estos puntos define la filosofía, basada en el desarrollo sostenible, que debe orientar cualquier proyecto social para el tercer mundo; pero con más energía, si cabe, debemos exigir su ineludible presencia en cualquier actividad empresarial que afecte al uso del territorio en los países desarrollados y, en general, debe impregnar nítidamente todas las decisiones técnicas que determinan la actividad humana, tanto en el ámbito individual como de forma colectiva, en las instituciones locales, regionales, nacionales e internacionales.

Todas las políticas de la Unión Europea incorporan directa y explícitamente el concepto de desarrollo sostenible. El quinto programa de política y de actuación tiene como objetivo, en materia de medio ambiente, transformar el modelo de crecimiento de la Comunidad a fin de fomentar el desarrollo sostenible. Para ello propugna la adopción de un nuevo enfoque de política ambiental comunitaria, basado en los siguientes principios:

1. *Adopción de un enfoque global y constructivo, dirigido a los distintos agentes y actividades relacionados con los recursos naturales o los que afectan al medio ambiente.*
2. *Voluntad de invertir las tendencias y prácticas que perjudican al medio ambiente de las generaciones actuales y futuras.*
3. *Favorecer los cambios de comportamiento social, mediante un compromiso entre todos los interesados (autoridades públicas, ciudadanos, consumidores, empresas, etc.).*
4. *Establecimiento de un reparto de responsabilidades.*
5. *utilización de nuevos instrumentos medioambientales.*

Al tiempo que recomienda:

1. *Gestión duradera de los recursos naturales: suelos, aguas, zonas naturales y costeras.*
2. *Lucha integrada contra la contaminación y actuación preventiva en materia de residuos.*
3. *Reducción del consumo de energía procedente de fuentes no renovables.*
4. *Mejora de la gestión de la movilidad, mediante el desarrollo de modos de transporte eficaces y limpios.*
5. *Elaboración de un conjunto coherente de medidas para mejorar la calidad del medio urbano.*
6. *Mejora de la salud y la seguridad, principalmente en lo relativo a la gestión de los riesgos industriales, la seguridad nuclear y la radioprotección.*

Este es un año determinante para la asunción real, por los Estados de nuestro entorno y el resto de países desarrollados, de los principios del desarrollo sostenible. La Cumbre de la Tierra servirá, en la medida en que los grandes (qué tremenda contradicción) sean capaces de anteponer los intereses generales de la humanidad a sus intereses a corto plazo, para

obligar a la sociedad desarrollada a tratar globalmente los problemas y asumir definitivamente el nuevo paradigma del desarrollo sostenible.

La sostenibilidad debe involucrar a todos los ámbitos de nuestra vida. Nuestra generación no puede vivir a costa de las generaciones futuras (este es uno de los principios del desarrollo sostenible). La justicia intergeneracional, la cohesión social, la calidad de vida y la responsabilidad internacional, son los puntos de referencia para cualquier consideración social desde un punto de vista global. Los objetivos de la actividad económica sostenible deben ser la compatibilidad ecológica y el beneficio social, más que producir grandes ganancias. En todo caso, la sostenibilidad no puede considerarse un proyecto cerrado ni unilateral.

Es evidente que, en todos los procesos industriales, debe aumentar paulatinamente la eficiencia, reducirse el volumen de elementos circulante, disminuir su velocidad en el ciclo y controlar, moderada, paulatina y asintóticamente, tanto el consumo de materiales y energía como el volumen de residuos y desperdicios generados. Eso supone que debe crecer la presión legal, administrativa y social sobre la industria para que asuma el desarrollo sostenible. Las empresas van reconociendo que la sostenibilidad es más que un tema ambiental, y se van sumando a la llamada estrategia del triple botón, que apunta a crear valor económico, ecológico y social.

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos ha asumido recientemente un "Compromiso ético por la Ingeniería Civil Sostenible"; los ingenieros de caminos debemos sentirnos orgullosos de él y asumir la obligación técnica y profesional que implica de actuar en consecuencia. Nuestra actividad ingenieril puede impulsar muy significativamente el desarrollo sostenible, como respuesta técnicamente imprescindible para lograr la continuidad de la vida en el planeta.

Ingeniería civil debe ser sinónimo de ingeniería civil sostenible e instrumento decisivo al servicio del desarrollo sostenible. El ingeniero de caminos debe contribuir (y puede hacerlo de forma muy significativa) en la lucha contra el cambio climático, contra la pérdida de hábitat y de biodiversidad, contra los desequilibrios sociales internacionales, contra la sobreexplotación de materias primas, contra el derroche energético, contra la contaminación del suelo, el agua y la atmósfera... Pero esta gran lucha global se gana también en cada una de las pequeñas batallas que libramos en nuestra experiencia profesional en el ámbito local, regional, nacional e internacional cada vez que actuamos sobre el territorio proyectando y construyendo infraestructuras y cuando, en definitiva, modificamos el ciclo natural de las aguas y los usos del suelo. □

Santiago Hernández Fernández
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Notas

1. Santiago Hernández Fernández, "Los ríos. El agua como soporte de vida", O. P., nº 50, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona, 2000.

