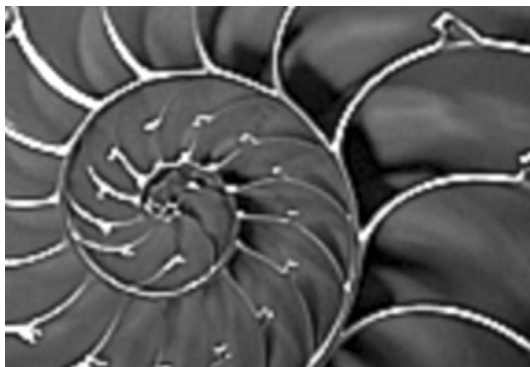


LAMINA ET TURBULENTIA
Collage sobre el agua



César LANZA

LAMINA ET TURBULENTIA
Collage sobre el agua

C é s a r L A N Z A



FUNDACION
ESTEYCO

© 2004 Fundación ESTEYCO
© César LANZA
Diseño Gráfico: Pilar CARRIZOSA
Fotocomposición, Fotomecánica e Impresión: EUROCOLOR

Editado por Fundación ESTEYCO. Menéndez Pidal, 17. 28036 Madrid
Impreso en España
D. L.: M-51545-2004
1ª Edición, Diciembre 2004

P R E S E N T A C I Ó N

César Lanza nos ha vuelto a escribir y, en esta ocasión, ha tomado el agua como sólido pretexto.

Sus reflexiones han tenido por causa primaverales inquietudes compartidas en nuestros esporádicos y enriquecedores encuentros con Joaquín Martí, cuya sabiduría y lucidez suele poner un bienvenido contrapunto a la fértil y apasionada imaginación de César y, en menor medida que en esto tampoco le alcanzo, a la mía.

La primavera es siempre la fiesta del agua. Pero fueron, en esta ocasión, los bienvenidos frutos de las Elecciones Generales las que hicieron del agua primaveral protagonista de prensa. El agua, que es la bendición del cielo, en boca de todos. El agua –que es vida, “por eso la muerte no la necesita”– maltratada con frecuencia e incomprendida casi siempre, se hizo espectáculo en los medios y protagonizó “guerras” en las que la verdad volvió a ser la primera víctima.

Y al silencio del agua se unió el silencio de la ingeniería, que de tanto estar callada parece haber enmudecido para siempre.

La perplejidad fue tema recurrente en las conversaciones de las que brotó el poético y culto texto de nuestro renacentista César:

Las obras públicas para que sean de todos deben ser mucho más que obras y estar amplia y serenamente consensuadas. Y, desde luego, las que se estaban tramando no lo estaban. Pero en un país de actitudes pendulares, algunas de las alternativas planteadas provocan perplejidad y la sospecha de que pueden estar impulsadas por algunos turbios personajes ubicados en los aledaños del poder y que pretenden sustituir unas inculturas por otras. Pero, en fin, manifestemos aquí el ferviente deseo de que quienes nos gobiernan acierten y que cuando se produzca un nuevo y democrático cambio de poder no sea consecuencia, por acción u omisión, de sus errores, sino de la esperanza de que quienes los vayan a relevar lo puedan hacer todavía mejor.

El pensamiento y la sensibilidad de César –que en sus propias palabras ha tratado de “enhebrar la realidad con hilos de fantasía”– discurre por senderos de agua y su texto es una invitación a caminar juntos por orillas intelectuales que él ha desbrozado para comodidad y gozo de nosotros, sus lectores.

L A M I N A E T T U R B U L E N T I A

En memoria del mundo fluido de Vallehermoso

El río	6
Los desagües	18
Las gotas	26
La mano invisible	36

C é s a r L A N Z A

E l r í o

El río muestra cómo en la Naturaleza la tenacidad de la Hidráulica vence a la activa y opaca tectónica en alianza con el tiempo. Tiempo fluvial, que juzgamos breve en comparación con el tiempo geológico al emplear la escala perceptiva de los procesos humanos. Cuando Leonardo inicia la era de la modernidad en la física de la Naturaleza, estudia la llanura del Po y mide la velocidad de sedimentación y el espesor de los aluviones, y concluye que éstos habrían necesitado para depositarse un mínimo de 200.000 años.

El río es el origen del empirismo hidráulico que empezó a florecer en el Renacimiento con la escuela Italiana. Además de Da Vinci, Torricelli y sobre todo Guglielmini, incansable observador de ríos, de quien se conservan los primeros registros sistemáticos sobre estudios de caudales. De la Italia del Quattrocento surgieron las primeras formulaciones intuitivas sobre continuidad del flujo, resistencia del cauce por fricción y velocidad de las ondas de superficie. Ciencia rudimentaria pero verdadera y sin apenas soporte matemático, algo impensable en nuestro tiempo.

El relieve terrestre es el hábitat del río, la capa más externa de la geoesfera. Ahí es donde tienen lugar los procesos genético-evolutivos, expresión viva de las relaciones dinámicas entre fenómenos tectónicos y agentes modeladores, especialmente el río. El río juega un papel protagonista en la geología del Cuaternario, estando el hecho fluvial presente no sólo en la geognosis sino también en la representación iconográfica del mundo. Así, en la temprana Edad Media la cosmología cristiana venía a simbolizarse por medio de tres continentes, dos mares y un río de nombre Tanais, posiblemente el Don que separaba Europa y Asia. Fue a partir del Renacimiento cuando se invalidó la conjetura del arzobispo Ussher, que fechaba el origen de la Tierra el 26 de Octubre del año 4004 A.C., es decir hace algo más de 6.000 años.

Estructura, proceso y tiempo son tres elementos esenciales en el estudio de la geología a partir de las bases que estableció Davis. En el caso de la acción fluvial el presente es la llave del pasado, según la afortunada reflexión de

Hutton. Este último, padre de la teoría plutonista de la historia natural, impulsó en el Dieciocho el conocimiento de la geomorfología a partir del estudio de las correlaciones en el tiempo. No sólo protogeólogos sino también matemáticos como Euler e ingenieros como Desmarest y Surell, establecieron en la era de la Ilustración principios esenciales para el estudio morfodinámico de la Naturaleza a partir del río, como los de erosión remontante, perfil de equilibrio y nivel de base.

El río es uno de los agentes erosivos cuyo estudio científico ayudó a que se descartase el método primitivo catastrofista en la interpretación de la física de la Tierra. Es el río quien predomina fisiográficamente en las zonas de clima húmedo, mientras que el modelado de los parajes áridos y secos se debe esencialmente al viento, y en las regiones de climatología extrema los glaciares son los que gobiernan el ciclo geográfico del relieve. La erosión es un proceso que funciona como sistema, un conjunto de interacciones y condicionantes que unos agentes ejercen sobre otros.

El análisis geomorfológico en relación con la dinámica tectónica, es decir el estudio del modelado como interacción del sistema de erosión con el sistema estructural, se aborda ahora desde las investigaciones morfogenéticas que pertenecen la neotectónica, ciencia inaugurada por Gerasimov y sus discípulos a mediados del Veinte. No sólo se aplican a la erosión sino a los demás procesos clásicos fluviales del transporte y la sedimentación, que tanto influyen en la conformación del relieve y en el paisaje. Así es como el río nos asalta sensorialmente.

El río no es sólo cauce, curso de agua y transporte de sedimento, sino que además actúa como marcador del tiempo natural. Un envejecedor del relieve donde se rotura el antagonismo dinámico entre estados energéticos sucesivos, desde la discontinuidad posicional de la orogenia primitiva hasta el decaimiento que lleva a un estado aparentemente final, estático. El río es la metáfora hidráulica de la idea del tiempo entendido al estilo de Cortázar, que cumple la tarea de ablandar el ladrillo todos los días, de abrirse paso en la masa pegajosa que se proclama mundo. En el río hallamos el tiempo como realidad corriente porque se trata de un ámbito del seguir y no del estar. El río deshace la identidad entre infinitud y tiempo y la sustituye por una relación categoremática del tiempo con la continuidad. Tiempo computado, que con sus fechas y cronónimos no hace sino proporcionar varas de medida de la amplitud relativa de las ondas de retorno.

El tiempo fluvial se presiente en el perfil longitudinal del río y también se deduce más allá de la evidencia topográfica en el análisis morfológico de sus

secciones de encajamiento. La secuencia de terrazas que expresan la evolución morfológica del cauce es una síntesis transversal de sus relaciones geométricas y espaciales con el relieve que le contiene, y que el río modela sin solución de continuidad. El cauce es el canal natural del río, el lugar del flujo en acción. Es la expresión material del proceso de encajamiento, y su geometría un resultado de la dinámica interactiva entre flujo y suelo.

El río es irregular en muchos sentidos, geométrico y estructural por ejemplo. También es irregular desde el punto de vista hidráulico, espacial y temporalmente, alternando regímenes subcríticos y supercríticos con transiciones continuas o discretas según el sentido del cambio. Pero además el río es diferente de la Hidráulica antrópica en la cuestión fundamental de la composición de su flujo que es bifásico, es decir agua y sedimento. El río es a la Hidráulica canónica algo así como el ser humano al Kempis, un cúmulo de imperfecciones.

Alguien que se entretuvo en cubicar el volumen de agua dulce que instantáneamente contiene la hidrosfera situó esa cifra en $2,12 \times 10^9 \text{ Hm}^3$, aproximadamente unas 6 milésimas de punto porcentual del agua total del Planeta. La aportación anual total sería de $45 \times 10^9 \text{ Hm}^3$, unos 45 millones de veces el tamaño del nonato trasvase del Ebro. El agua de escorrentía es de origen esencialmente pluvial y nutre los ríos, aunque éstos pueden tener origen y aportaciones subterráneas, nivales, glaciares o lacustres. La hidráulica de escorrentía es muy curiosa porque combina flujo superficial y circulación hipodérmica, infiltraciones, saturación subsuperficial e interflujos. El fenómeno de la escorrentía tiene dos fases diferentes, la de abstracciones iniciales y la de laderas, y desempeña un papel de intermediario entre hietograma e hidrograma, entre precipitación y caudal, cuenca y río. La escorrentía proporciona a crédito el tiempo necesario para que se haga el agua, para fabricar el río.

Las irregularidades del río más perjudiciales para el hombre son las avenidas, que ponen el contrapunto al fenómeno del estiaje tan arraigado en la península Ibérica. Avenidas y estiajes se mitigan con la creación de embalses artificiales, una necesidad en zonas geográficas donde la pluviometría obedece a patrones estadísticos con distribuciones de grandes varianzas. La regulación de un río obliga a acertar en la previsión de las características de las avenidas que se quieren contener o laminar, su período de retorno y la propagación de la onda de crecida. La hidrología es una ciencia de las más antiguas, con una fuerte base empírica, muy sólidamente establecida. Claudio Rodríguez, el más celeste y claro de los poetas zamoranos, siempre dijo que antes de hablar del agua era preciso haberla contemplado mucho.

La oposición a los embalses tiene una lectura inocente en la tensión entre el origen natural del río y su creciente aprovechamiento para las necesidades humanas. Un error de los inquisidores de las obras hidráulicas es su incompreensión del hecho de que el río es la pieza fundamental de la antropocéntrica cadena logística del agua, no un puro sistema ecológico de transporte líquido. Por ello hace falta la regulación, porque la oferta natural de agua es incapaz de sincronizarse con la demanda debido a la aleatoriedad pluviométrica. También son necesarios los trasvases, puesto que el río genera un modelo natural de red que es funcionalmente un sistema de drenaje, muy rudimentario topológicamente y con una estructura dendrítica jerarquizada que se limita a la geografía de su cuenca. Negar embalses y trasvases es oponerse a la evidencia de la necesidad, aunque no es menos cierto que la construcción de grandes obras hidráulicas requiere la comprensión de otras demandas como el respeto ambiental o la armonía. Pero no se olvide que sin el embalse del Porma nunca volveríamos a Región, eso que tampoco se olvide.

El río transporta agua, esencialmente de fuente o escorrentía, y también sólidos. Al ser el agua un fluido newtoniano, experimenta cambios muy pequeños en la tensión de contacto y su viscosidad cinemática se mantiene razonablemente estable en torno a un valor que fijan los científicos en $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ a la temperatura de 20° centígrados. El flujo del agua en el río obedece a los tres principios clásicos de conservación mecánica: energía, masa y cantidad de movimiento. Principio que es bien sabido que se representan en el dominio hidráulico de forma aproximada por medio de las conocidas ecuaciones de Bernoulli y de Saint-Venant.

Quién diría que a pesar de tanta obediencia a la ley el río sea también un rebelde. La clasificación estructural de las secciones de un río en términos hidráulicos depende del funcionamiento macroscópico de las relaciones entre las fuerzas inerciales, viscosas y gravitatorias. Aquí el empirismo hidráulico ha codificado su sabiduría centenaria en los hermosos números adimensionales de Reynolds y Froude, que aplicados a las condiciones particulares de una sección del cauce permitirán determinar con aproximación razonable si el flujo es en ella laminar o turbulento, o si se trata de un régimen lento o rápido.

El río no sólo transporta agua, sino también materiales sólidos. El agua en conjunción con la carga movilizada produce el arranque y el desgaste de los materiales del cauce dependiendo de las variables del flujo, la naturaleza de las litologías que forman el conducto, el clima y otros factores como las condiciones del subsuelo, la geometría del colector y la acción antrópica. El fenómeno de la erosión depende funcionalmente de la relación entre tensiones de arranque y empuje, y la resistencia del cauce al flujo se mide por

la tensión crítica de cizalla. El problema de la rugosidad del conducto se formula en términos de comparación del espesor de la capa límite del fluido con los parámetros estadísticos de la distribución de las irregularidades en la textura del lecho fluvial. Además, a la acción erosiva puramente hídrica en términos de arrastre-empuje será necesario añadir el efecto de las sobretensiones por cavitación, y otros fenómenos químicos y mecánicos que también coadyuvan en el proceso. La carga de fondo puede a su vez crear puntos singulares y corrientes derivadas en el flujo, con nombres sonoros como vórtices, retrovórtices o turbillones.

No es sólo agua lo que mueve el río, también moviliza símbolos. En la ensoñación del pensamiento automático que desveló el Surrealismo el río era de las piezas favoritas para la manifestación instantánea de la conciencia poética. Hasta que Eluard, escritor doliente, dislocase cualquier posibilidad surrealista de asociación fluvial emotiva, ni siquiera una metonimia cursi a la francesa, al sentenciar que el río baja como un huevo y nosotros somos los pájaros ¿Por qué, Eluard, pronunciaste precisamente eso?

El río es mecánicamente un campo de tensiones y velocidades, no un campo de batalla o de redención de las deudas del honor hidráulico. Un proceso macroscópicamente complejo que concatena acciones elementales y múltiples de arranque, transporte y sedimentación. Pero además el río juega un papel decisivo en la conformación de la plástica del territorio, ya que su interacción dinámica con el terreno da lugar a una diversidad de formas y relieves de significado determinante en términos paisajísticos, junto con la vegetación riparia.

La dimensión perceptiva del fenómeno fluvial extiende la importancia del río al plano de lo sensitivo, y en ello no sólo interviene la Naturaleza sino también la acción humana. Las morfologías fluviales más corrientes corresponden a las secciones transversales al curso del río, donde su interacción con el sustrato y la geología de los márgenes forma valles o llanuras de diversa geometría y clasificación genética. Los valles fluviales que dan forma al encaje del río serán simples o compuestos, éstos últimos cuando se hallan superpuestos a valles de origen glaciar o tectónico.

Los nombres de las formas fluviales forman parte del acervo popular y se trasladan a la toponimia: barranco, cañón, artesa. Las llanuras aluviales, encajadas o aterrizadas son formas mixtas, y las planicies fluviales formas de agradación y lugares donde el río divaga, que adoptan la forma de pantanos o ciénagas, marismas o llanuras deltaicas, en función de la amplitud de los canales y su interferencia con la zona de desembocadura. Geometrías hermosas de la

experiencia, construidas en el tiempo a despecho de la ingenua pretensión cartesiana del matemático, de su pereza determinista que es espacialmente confinatoria y seca.

La sección transversal del río también importa en términos jurídicos, debido a la definición legal de cauce o álveo, que la ley de Aguas fija como la zona inundada por la máxima crecida ordinaria, quedando así adscrita al dominio público que impone sobre ella restricciones a la propiedad y al uso del suelo. Esta acepción de cauce como llanura inundable está asociada al régimen fluvial y no a la dinámica del río, por ello suscita controversia y equívocos entre el significado de los aspectos morfológicos y morfodinámicos del término.

La geometría en planta lleva a su vez a definir distintas tipologías de corrientes o modelos de ríos, de cauce sencillo (rectilíneo o meandriforme) o de cauce múltiple (trenzado o anastomosado). Los ríos rectilíneos son esencialmente erosivos y torpes, mientras que en los meandros se producen fenómenos de signo contrario en arcos sucesivos. El río meandriforme presenta además la particularidad de que las líneas de corriente tienen en él una trayectoria helicoidal, ya que obedecen a la composición de un flujo principal de desplazamiento que sigue la línea del thalweg y otro transversal que circunda el perímetro de la sección hidráulica del curso fluvial. Así es como se producen los fenómenos consecutivos de erosión y sedimentación en márgenes opuestos. Meandros sinuosos, pero nunca Griegos porque siempre están pensando en Turquía.

La Naturaleza organiza los ríos según diferentes estilos, pues como tales hay que entender el conjunto de relaciones que se dan a lo largo del hecho fluvial, no sólo la morfodinámica. También los ríos tienen un gran valor urbano, aunque es difícil encontrar en España ciudades que amen de verdad a sus ríos, que les otorguen la categoría necesaria como para hacer honor a sus muchas virtudes urbanas. En ese sentido no es el río quien pasa, sino la ciudad. Esa falta de querencia se contradice dolorosamente con el origen fluvial de lo urbano.

El río también se puede concebir como un sistema natural en busca de equilibrio, pero las consideraciones sistémicas difieren si se adopta un punto de vista hidráulico o geomorfológico. Para el primero, macroscópicamente el río constituye un sistema estable que reacciona a estímulos variables mediante ajustes dinámicos, tendiendo a recuperar las condiciones de partida. En la perspectiva de la geomorfología se trata sin embargo de un sistema evolutivo, que experimenta cambios de orden superior. Al final de su ciclo de vida el río se convierte en penillanura, alcanzando un estado de gradiente nulo.

El río es originalmente un sistema de drenaje del territorio, disipación energética y modelado del relieve. Pero posee valores superiores en términos de definición de las condiciones ambientales del ecosistema local y contribuye extraordinariamente a la creación de valor económico, por ello es objeto codiciado de la acción antrópica. La intervención sobre los cauces toma la forma de obras de regulación y otras actuaciones que modifican en mayor o menor grado su dinámica natural. La ingeniería fluvial es un arte que a su vez se encuentra en evolución, desde una finalidad regulatoria esencialmente productiva o protectora hacia planteamientos más actuales de restauración, de mejora ambiental y uso lúdico del río. Es Dionisos, que triunfa al fin sobre Cibeles.

En un ensayo pionero en el género, Gardiner definió en 1988 las ideas básicas de lo que después ha venido a denominarse como ingeniería fluvial ambientalmente correcta, que quizá se podría traducir como sostenible en la lexicografía actual sino fuera por la confusión y el abuso semántico y político que sufre ese término. Esta nueva orientación de la ingeniería fluvial aboga por una aproximación holística al río, necesaria antes de definir intervenciones cuyas consecuencias pueden sobrepasar los fines que se pretende conseguir en aspectos que rutinariamente no se han considerado tan importantes. Medio ambiente, morfología fluvial, geomorfología, paisaje, usos recreativos, son elementos a tener en cuenta en la ingeniería del río además de los tradicionales factores hidráulicos, hidrológicos y sedimentológicos.

Esta nueva visión que se anticipa para la ingeniería fluvial supone una concepción técnica menos instrumental y más de conjunto, un soporte metodológico de mayor alcance disciplinar y un apoyo más intenso en nuevos conocimientos y técnicas, porque intervenir sobre un río es trabajar con la Naturaleza. Aunque casi parezca una tautología no deja de tener cierto sentido trascendente, sobre todo si se quiere abandonar aquí el antiguo concepto que interpreta la misión de la ingeniería como una lucha de la razón del hombre contra el río. En ese caso *la raison, c'est la torture*, ya lo advirtió Foucault hace algún tiempo.

La ingeniería fluvial recoge el fruto de una vasta tradición de métodos que vienen de las escuelas empirista y analítica que se fueron desarrollando relativamente en paralelo con la ciencia Hidráulica, la primera desde el Renacimiento y la última a partir del Siglo de las Luces. A principios del Veinte fue Ludwig Prandtl quien haciendo honor a su genio de ingeniero revolucionó la teoría y dio lugar a la mecánica de fluidos tal como la conocemos hoy, estableciendo el concepto seminal de capa límite que tan necesario resulta

para explicar el sempiterno fenómeno de la turbulencia. Ahora nos encontramos en la era de la computación, de los sensores y la información en tiempo real, y hay que preguntarse cuáles son los efectos de estas nuevas técnicas en la ingeniería del río.

Desde hace años se trabaja en la modelización fluvial con el concurso de métodos numéricos y sistemas sofisticados de simulación y de representación gráfica. Y sin embargo hay algo en los fluidos y especialmente en el río que los hace más elusivos a la informática que otros campos de la ingeniería, como la elasticidad o la mecánica estructural. Siendo el río un fenómeno cuyo comportamiento interesa en general analizar en su variabilidad espacial con tres grados de libertad y según su curso de evolución en el tiempo, no es todavía fácil encontrar modelos fluviales que vayan mucho más allá de las cuasidimensiones. Es interesante investigar las razones que existen detrás de la anomalía anterior; en una era en que los avances de las ciencias de la computación presumen de poder modelizar cualquier razonamiento que se pueda formalizar a través de algoritmos, sean deterministas o genéticos.

En el estudio de algunos aspectos locales en la hidráulica antrópica de canales y tuberías, o bien en aquellos casos en que una o dos dimensiones predominan en la geometría del problema, se permite obviar la dureza de los modelos tridimensionales especialmente en regímenes no estacionarios. Pero el río pocas veces lo hace posible. Al pasar del concepto de fluido ideal a real es preciso añadir a los modelos hidrodinámicos las variables que reflejan la viscosidad y en menor medida la compresibilidad y la tensión superficial del líquido en el contexto geométrico nunca trivial del cauce y con un flujo bifásico. Así es como se incurre en un salto cuántico en la complejidad del tratamiento analítico y en la dificultad de discretización de los problemas hidráulicos fluviales.

La modernización metodológica y del soporte técnico de la ingeniería fluvial no es seguramente reducible a la cuestión de los modelos numéricos. En este punto no está de más volver a las fuentes del conocimiento hidráulico, al sabio empirismo que permea el pensamiento disciplinar huyendo de lo inmediato. Ni la fuerza bruta computacional ni la deslumbrante rapidez de la comunicación son suficientes por sí solas para llegar a una síntesis nueva del proceso cognitivo, de la invitación a la acción creadora de valor que supone la ingeniería fluvial sobre el río. Hay que profundizar en los conceptos, es preciso abrir puertas a una nueva ingeniería del agua que ya no estará exclusivamente supeditada a la construcción de obras en un contexto de utilidad productiva, sino más bien impulsada por el hilo conductor de la aceptabilidad teniendo en

cuenta las nuevas posibilidades de la tecnología. Una ingeniería socialmente sincrónica, mediáticamente mejor recibida y sensorialmente más atractiva.

La ingeniería de la restauración fluvial se postula como una de las especialidades de mayor interés para desarrollar nuevas técnicas hidráulicas en estos próximos años. No sólo como una ingeniería de recuperación de ecosistemas de origen natural que se encuentren degradados, sino especialmente en el sentido de ingeniería de diseño de hábitats fluviales proyectados. Ingeniería de nuevos humedales y corredores riparios, no sólo para fijar especies biológicas al territorio, sino sobre todo para atraer de nuevo al hombre culturalmente hacia el río. La ingeniería hidráulica como ciencia de la vida, como instrumento de la cultura ambiental de una sociedad más sabia. Brookes, que visita regularmente España, une estas nuevas prácticas fluviales al tan traído y llevado concepto de sostenibilidad. Una cuestión interesante y relativamente desconocida en España es la eliminación de presas obsoletas, que es un proceso delicado en términos hidráulicos y sedimentológicos, aparte de los específicamente bioambientales.

La Hidrología fluvial es una ciencia con una base magnífica de conocimientos empíricos, de ahí viene gran parte de su hermosura. Pero al mismo tiempo recurre a la abstracción y a teorías relativamente sofisticadas. Una de las razones que limitan la usabilidad de los modelos numéricos en el estudio del río es la suma de las complejidades que se alcanzan cuando a la tridimensionalidad de la geometría del cauce se deben añadir las condiciones de turbulencia de los fluidos reales y sobre todo la incertidumbre numérica de la movilidad del lecho, debida a fenómenos erosivos y de transporte de materiales en el cauce. Es por ello que la ingeniería fluvial emplea con frecuencia modelos físicos reducidos que se basan en la reproducción del problema a escala, mediante la aplicación de leyes de semejanza. Semejanza que nunca es de naturaleza geométrica, una simple reducción de escala, sino de la dimensión del fenómeno físico que se pretende estudiar en el modelo. Imagen y semejanza versus imagen o semejanza.

El análisis dimensional es el apoyo fundamental de las teorías de la semejanza de modelos físicos y lleva a evocar a Buckingham, a su elegante y duro *teorema π* . La técnica se aplica con relativa fecundidad al estudio de algunos aspectos del flujo en tuberías o a la definición de parámetros de diseño de máquinas hidráulicas, pero el estudio de problemas de hidráulica fluvial suele ser menos esquematizable. Sin embargo estos métodos constituyen una aproximación de gran valor en el trabajo con modelos reducidos, aunque obliguen a su distorsión. ¿Quién podría olvidar los modelos a escala del

ingeniero Wallis en la película “*Dam Busters*”, necesarios para convencer al alto mando de la RAF de la posibilidad de volar por los aires las presas del Rhür, en la Alemania nazi?

El río es un sistema natural de gran envergadura por lo que muy poca experimentación se puede hacer *grandeur nature*, algo parecido a lo que sucede en las ciencias económicas. Aún más complejos suelen ser los modelos físicos de elementos fluviales de naturaleza híbrida, como por ejemplo los estuarios que obligan a considerar diferencias de densidad y aceleraciones de Coriolis en el movimiento de sus grandes masas de agua sobre lechos de geometría variable. Y sabemos que Coriolis era un *polytechnicien* indómito, que ni comulgaba con los saint-simonianos ni se conformó con observar el movimiento del agua desde las orillas.

La ingeniería como siempre llega hasta donde puede. Hayek dijo que las ciencias naturales estudian las relaciones que se dan entre las cosas, mientras que las ciencias sociales se ocupan de las relaciones entre los seres humanos y las cosas, o de las que se producen directamente entre las propias personas. Se deduce que la ingeniería como vector de la acción antrópica por excelencia, debería contar con pilares en ambos tipos de ciencias no sólo en las primeras. La ingeniería civil es una gran ingeniería de sistemas híbridos que se establecen entre el hombre y la Naturaleza, así que debería tener presentes ambos dominios, el social y el natural. Ya no es posible instituir una actitud de dominio sino de compatibilidad con el medio, buscar la mejor armonía posible en los dos lados. Hay que tenerlo en cuenta no sólo por razones prácticas o metodológicas, sino también en las consideraciones más abstractas sobre epistemología y paradigma informacional de la ingeniería hidráulica. La función de la información en unas y otras ciencias está planteada de forma diferente y ello ha de tener consecuencias para una ingeniería obligada a la contigüidad creciente con los sistemas sociales y sus procesos de decisión. Si no se hace así se terminará por caer en el reduccionismo instrumental y en la irrelevancia mediática, que supone la desaparición del reino del sentimiento colectivo. *Esse est percipi*, en palabras del gran Berkeley.

En España el río es un fenómeno natural casi generalizado con unos 62.000 km lineales de cauces permanentes, aunque la variedad fisiográfica y la climatología del país dan lugar a procesos fluviales de características muy diversas. En primer lugar cuenta el clima y en especial la pluviometría y su distribución espacialmente irregular, que establece un rango de variación desde la España holohúmeda de la zona más septentrional hasta la aridez extrema de la orla Sureste del litoral mediterráneo.

La isoieta de 600 mm establece en términos estadísticos la diferencia entre la España húmeda y la seca, ésta última constituida por las grandes depresiones terciarias y las llanuras de menor altitud. La aridez media del país se puede apreciar aún mejor al comparar los indicadores de las precipitaciones en cada zona con los cálculos de evotranspiración. Éstos reflejan que por encima de 900 mm se encuentran una gran parte de los arcos mediterráneos, las cuencas medias del Tajo y del Guadiana y la cuenca del Guadalquivir en su práctica totalidad.

Otro factor que determina la diversidad de regímenes fluviales es la geometría de las cuencas de los grandes ríos, que en superficie varían desde los 86.000 Km² del Duero hasta los 18.000 Km² del Segura. También la orografía y la distancia al mar cuentan en la dispersión tipológica e hidráulica de una red hidrográfica que sitúa sus caudales de desembocadura entre extremos de aproximadamente 600 m³/s en el Ebro y 30 m³/s en el Segura.

En cuanto a la morfología y el comportamiento dinámico de las corrientes fluviales de la península, la variedad de regímenes es igualmente grande. En España existen múltiples ejemplos de torrenteras con fuertes pendientes en zonas de alta montaña, amplios valles ocupados por sistemas de aterrazamiento, gargantas y cañones fluviales, así como marismas, planas y zonas deltaicas. Ríos con régimen permanente y también cauces excepcionales como son en general las ramblas y rieras de la vertiente mediterránea.

La península Ibérica se puede dividir desde el punto de vista de su geografía fluvial en dos vertientes, la atlántica y la mediterránea, con una divisoria que se sitúa muy desplazada hacia el Este a excepción de la cuenca del Ebro. Este río constituye la gran singularidad de la hidrología de la vertiente mediterránea, un objeto de deseo hidráulico como bien se sabe. Ejemplifica la desordenada distribución de los recursos hídricos de nuestra patria, donde el río que concentra la potencia mayor se sitúa en la más mezquina de las vertientes hídricas. ¿Capricho de la Naturaleza, o azar infortunado?

También los ríos Españoles dependen en sus características de la constitución litológica de los territorios que atraviesan. El fisiógrafo Hernández-Pacheco diferenciaba tres grandes conjuntos geológicos en la península: la Hispania silíceo, la calcárea y la arcillosa. La clasificación litológica está relacionada con el carácter de los suelos y su vegetación, por lo que el río difícilmente puede evitar su influjo. La parte más occidental de España corresponde al dominio silíceo donde los materiales predominantes son de oríden metamórfico y los terrenos fueron plegados por la orogenia hercínica. Las litologías dominantes corresponden a granitos, cuarcitas, pizarras y gneises. El territorio peninsular

está organizado en dos grandes formaciones estructurales o macizos, el Hespérico en el Occidente y el resto del territorio que ha sufrido los empujes de los movimientos alpinos. La trascendencia hidrológica de estos dos grandes conjuntos es relativa aunque es cierto que los terrenos terciarios albergan una buena parte de las cuencas de los principales ríos: Duero, Tajo, Guadalquivir y Ebro. Las cuencas de estos ríos, ocupando las grandes depresiones formadas en el Terciario inferior, se convirtieron en exorreicas a finales del Plioceno. Al menos eso afirman los geólogos.

El río en la Naturaleza es un gran medidor del tiempo, que en su caso no es ni el tiempo geométrico de la cosmología de Hawking ni el tiempo biológico genéticamente condicionado del ser humano.

No es extraño que el río hiciese una aparición temprana en los primeros sistemas filosóficos. Los Griegos tenían dos términos para designar el tiempo, *aión* y *chronós*, según fuera parcial o total, vital-humano o inmortal-divino. Aristóteles fué el primero que observó que se perciben el tiempo y el movimiento juntos, pero fue Plotino y los neoplatónicos quienes se acogieron a la idea de la conciencia interna del tiempo, la memoria. También es el tiempo el engranaje elemental que promueve las formas rítmicas o retornantes de la Historia. Se ve que escribir sobre el río es buena táctica no sólo para la Hidráulica, aunque seguramente sea una costumbre antigua y ahora poco utilizada.

El río como imitación de la vida es una metáfora gastada, pero imaginamos que siempre hace pensar. O que piensa por sí mismo, si no se olvida el subconsciente colectivo que hay tras el imaginario del sentimiento fluvial. El río piensa, pero ¿qué piensa el río?

Para García Calvo el río sólo piensa en el tiempo, el falso infinito de los científicos.

L o s d e s a g ü e s

No se entiende bien la razón por la cual los desagües no gozan del interés del público, porque es cierto que hasta carecen del difuso reconocimiento con que cuentan otros artefactos hidráulicos. Por lo que se ve, pasó ya la época de las actitudes socialmente admirativas hacia la ingeniería del agua. Sin embargo puede comprobarse que los desagües, aunque convertidos en elementos de evacuación fácilmente ignorables, acumulan virtudes que no es fácil encontrar en otras clases de objetos técnicos.

Se aprecia el valor de los desagües en un rango que va de lo personal a lo más mundano, desde el minimalismo hasta la macroescala. Por ejemplo, descubriendo con Tusquets la plástica del pico de la tetera en la convicción de su extrovertida galanura hidráulica, o por el intenso extatismo en que se transforma la emoción del visitante cuando descarga el aliviadero de una gran presa, digamos la de Itaipú en la frontera salvaje de Brasil con el Paraguay. *Ditto* al considerar la muestra de inteligencia geométrica tan soberbia que exhibe una turbina hidráulica, su acusada belleza morfofuncional en el más puro sentido sulliviano.

Merece la pena entonces recordar desde la Hidráulica cosas interesantes que suceden en torno a los desagües, en su sorprendente diversidad dimensional, funcional y tipológica. Desagües que en cualquier caso son formas y estructuras artificiales, proyectadas y construidas por ingenieros hidráulicos.

Los desagües expresan la dualidad de los procesos que no son simples acumulaciones de materia. De hecho ningún proceso físico puede ser absolutamente acumulativo en el tiempo salvo que viole los principios termodinámicos de Clausius, la segunda ley que las ciencias físicas siempre consideran la "Ley". En el dominio de la información el teorema de Shannon acota la capacidad comunicativa de un canal en presencia de ruido, pero también apunta a la imposible adición sin fin de los códigos binarios, incluso en el espacio virtual que se tiene por infinito.

Los desagües están obligados a triunfar, a tener efecto. La *techné* hidráulica es sobre todo efecto, no da lugar a la diferencia entre auténtico e inauténtico, ser y

apariencia, realidad y ficción. Lo esencial de la *techné* es no tener ser; disolverse en el efecto. De ahí la indiferencia con que se contempla a los desagües, por lo inevitable de su efecto, por la verosimilitud de su éxito.

Ciertas clases de desagües dan testimonio de actitudes muy propias de la ingeniería, esenciales para conocer y entender valores que iluminan la profesión. Conceptos arraigados en su tradición responsable y productiva como los de riesgo o aprovechamiento, pero también actitudes poco habituales, como el placer hedónico, de solemnidad menos grave pero que apuntan a un futuro quizá mejor recompensado. Los desagües son pretextos perfectos para la que la ingeniería hidráulica reflexione sobre sí misma, pues sólo a través del cambio asegurará su permanencia en el consciente colectivo.

Se reivindican los desagües emprendiendo una excursión que comienza por el aliviadero de superficie, de gran aparatosidad escénica cuando entra en funcionamiento. Tanto es así que su descarga podría retransmitirse por televisión de vez en cuando, como una forma pública de pedagogía hidráulica. Se encuentra el aliviadero con relativa frecuencia en la geografía fluvial de España, pues acompaña obligatoriamente a cualquier obra de retención del curso de un río que esté sujeta al reglamento de seguridad. Es un dispositivo de excepción, comisionado para evacuar avenidas que no puede controlar la capacidad de embalse disponible en el momento de arribada, con un nivel de seguridad que se establece según las características de cuenca y cauce. Aunque aparenta ser conceptualmente sencillo, el aliviadero está lleno de trucos y detalles que son los códigos de una sabiduría profunda, y reflejan la belleza de los fenómenos hidráulicos que se producen en esta estructura.

Es llamativo hasta en su propio nombre, aliviadero, con una carga semántica mucho mejor determinada en la lengua española que sus homónimos en inglés o en francés: *spillway* o *déversoir*. En su denominación el aliviadero indica precisamente una relación directa con la evitación del daño, con el control del riesgo de la desmesura ocasional de la Naturaleza, que puede imponer una áspera tasa en vidas y destrozos aguas abajo de la presa.

El aliviadero es una respuesta meditada de la ingeniería al riesgo hidrológico de la gran crecida, un desagüe de emergencia que aminora la tragedia de riadas cuyo desquicie sólo se puede prever estadísticamente de forma aproximada, y aún así con inferencias incompletas e imperfectas. No es casual que más de la mitad de los accidentes en presas hayan tenido una relación directa con los órganos de desagüe, significativamente en cuestiones debidas al diseño o la operación de aliviaderos. Aún se recuerda en España la rotura de la presa de Tous, la catástrofe hidráulica de mayor alcance y repercusión mediática de los últimos años.

Se comprende que el grado de libertad en el proyecto y en la disposición de un aliviadero no puede ser absoluto. La ingeniería no disfruta de la envidiable autonomía de la arquitectura, ya que siempre se encuentra muy obligada por la Naturaleza. El principal parámetro de diseño, el caudal de evacuación, deberá guardar proporción con el de la avenida máxima que se quiere resolver, en períodos de retorno para T entre 500 y 1.000 años si la presa tiene una ubicación sensible a riesgos de daños personales.

La decisión sobre el caudal de diseño refleja la responsabilidad del ingeniero proyectista sobre la propia presa y también aguas abajo, de ahí la tensión cognitiva que se concentra en un acto que parece de libre volición y sin embargo resulta tan trascendente. Un ejemplo de problema hidráulico que recae en el arte de la decisión más que en la perfección del cálculo técnico, y que sólo puede resolverse desde el espíritu racionalmente intuitivo que acompaña a la ingeniería.

La contingencia causada por una avenida debe resolverse con la mayor seguridad posible, y ello desvela una paradoja al estimar el valor de la presa. Parece que socialmente se admiten mejor las presas cuando los embalses están llenos, pero si se produce una avenida es más importante lo contrario, que exista hueco en el vaso para laminar el proceso de crecida. La presa vale tanto por el volumen de agua que embalsa como por el volumen en vacío que deja sin embalsar, que se puede asignar en caso necesario a la contención de una gran avenida.

La denostada obra hidráulica que llamamos presa abastece con regularidad a partir del agua embalsada, y al mismo tiempo protege de inundaciones catastróficas con la capacidad que no se encuentra en uso. Valor puro en cada instante, tanto por el agua que tiene el embalse como por aquella de la que carece y que podría llegar a contener si es preciso. Pocas construcciones poseen un valor dual tan grande, con escaso reconocimiento y mala prensa. Quizá se podría recordar la magnitud de los desastres humanos que causan los ríos sin regular, por ejemplo los 870.000 muertos en la inundación de 1938 del Río Amarillo en China o las 140.000 personas que perdieron su vida en Bangla Desh en 1991.

El aliviadero en superficie es un desagüe visible con la forma de un gran aparato pseudoprismático, de longitud proporcional a la altura de coronación y anchura que sólo depende de la hidrología de la cuenca. Cuando no se puede encajar sobre el propio paramento de la presa marca su huella en el paisaje natural donde está situada la obra. Se dice que no es la fría superficie del hormigón sino la lógica lineal del aliviadero la que entra en el cuerpo del agua descargada, porque expresa la dualidad geometría-energía de un confinamiento pensado para educar el mal genio.

El aliviadero es una escultura ciclópea, un *object trouvé* que no se desgasta con la mirada; no tiene pseudónimo ni se le conoce ningún *alter ego* hidráulico. Su importancia en la ingeniería creció entre los años Cincuenta y Setenta, como muestra la intensidad de la literatura gris sobre aliviaderos y desagües aparecida entre los Congresos Mundiales de Grandes Presas de 1951 en Nueva Delhi y de 1973 en Madrid. Este último presidido con grande y merecida satisfacción por Torán, y con no menor vanidad por su parte. Vanidad cubista, pues así era Torán, un hidráulico cubista y un maestro de los efectos especiales en beneficio de sus obras, que son las nuestras.

El aliviadero es una obra proyectada para producir dos cambios consecutivos y rápidos en el régimen hidráulico del agua evacuada. Primero le hace alternar de subcrítico a supercrítico, prácticamente a partir del labio de la toma, y unas decenas de metros más abajo lo vuelve a pasar de rápido a lento antes de reintegrarlo de nuevo al cauce del río. Además cuando el canal de descarga no va en superficie sino en conducción forzada, el aliviadero cambia el régimen de lámina libre a presión y viceversa.

El juego hidráulico hace bailar el número de Froude hacia arriba y hacia abajo a lo largo del aliviadero, que adquiere así un carácter de máquina negativa, una especie de despilfarrador de energía. De hecho eso es y algo más que eso también, porque dentro de los artefactos que crea la ingeniería civil en el campo de la Hidráulica ninguno como el aliviadero es capaz de expresar tan vivamente la idea de ritmo, de sucesión de cambios. No procesa flujos sino patrones rítmicos, en ello recuerda a uno de esos sultanes del *swing* transportado al reino del agua.

Se comprende que el aliviadero es muchas cosas a la vez y sobre todo es un interesante ejemplo para meditar acerca de lo que entiende la ingeniería como una actitud racional y responsable frente al riesgo que siempre acompaña a las actuaciones hidráulicas, con efectos que suelen ir más allá de lo monetizable. Como ejemplo tipológico de desagüe en comparación con otras formas, el aliviadero es el más majestuoso y el que mejor muestra el efecto benefactor de la regulación fluvial de las presas.

Ahora que tanta atención acrítica se presta a las externalidades negativas de la obras hidráulicas, cuando casi no se leen y aún menos se escuchan opiniones que sin negar lo anterior también argumenten en su justa defensa, sería el momento de recabar una actitud socialmente más inclusiva de quienes planean los grandes sistemas hidráulicos, y en reciprocidad una cultura básica del agua que se preocupe por conocer sus fundamentos y nunca separada del hábito de obrar. También para vindicar la recuperación de un vitalismo de raíz antiburocrática, descargado de lastres irreconciliables con el pensamiento hidráulico positivo.

Porque las grandes obras del agua al igual que los sentimientos profundos, siempre significan más de lo que conscientemente dicen y ello debería ser sabido.

Existen desagües que no son tan libérrimos como el aliviadero. Cuando el agua posee un contenido energético apreciable, el ingeniero procura extraer el provecho que puede de la misma a través de algún tipo de máquina hidráulica. Los aprovechamientos hidroeléctricos, llamados tiempo atrás con el eufónico nombre de saltos de agua o en francés la *houille blanche* —que es una metáfora deseable en su más pleno sentido— dignifican la imagen residual y desechable del desagüe. Convierten a éste en una fuente activa de riqueza, mediante la conversión de la energía de posición del agua a evacuar en energía mucho más moldeable, apta para el transporte y su uso a distancia.

En el corazón de ese proceso de creación de valor se encuentra una máquina, la turbina hidráulica que no debería dudarse en calificar como una forma especial de desagüe, intrínsecamente bello e industrialmente muy apetecible. La producción hidroeléctrica vista desde esta óptica, es un fruto de la inteligencia humana aplicada a la aparente trivialidad de un sistema de evacuación de agua, una forma de generación ingeniosa y muy diferente a cualquier proceso energético por combustión, inevitablemente sucio, ineficiente y cada vez más caro.

La turbina, su dual la bomba hidráulica y más lejanamente la hélice, son ejemplos materiales de diseño geométrico al servicio de la física práctica y del valor económico. La turbina transfiere con diligencia la energía cinética lineal del agua mediante una serie de cambios sucesivos en la geometría tridimensional del flujo, que relativo a su desagüe pasa de tangencial a radial y axial, cediendo potencia a la rotación de un eje acoplado al generador de corriente alterna. La turbina hidráulica es una contorsión hecha desagüe, que confunde con su *sex appeal* la trayectoria determinística y aburridamente inercial del agua. Un desagüe-máquina con su fascinación propia, bucle-repetición-bucle, sin necesidad de *disk-jockey*. Sólo se pueden escribir sobre turbinas textos que fluyen como balas.

La turbina es un ingenio diseñado expresamente para la manipulación geométrica del campo de velocidades del fluido, pero además la turbina hidráulica es muy diferente de la de vapor o gas no sólo en términos técnicos sino económicos. Ello se debe a la mayor inteligencia que requiere su operación discontinua por las restricciones de uso del producible hidráulico. La turbina procesa agua en tiempo de puntas de demanda, por eso el valor de su producción es siempre más alto que el que proviene de otros generadores de fuente térmica, proveedores de energía base en el mercado eléctrico. La hidroelectricidad es una expresión consistente de la idea del aprovechamiento energético como un producto hidráulico, de la extracción del valor económico del agua a través de tres variables

que la ingeniería procura utilizar a favor del bienestar común: caudal, desnivel y tiempo. Las tres requieren una obra hidráulica, no son regalos de la Naturaleza.

Además, la turbina como metáfora productiva trasladada desde la Hidráulica a la mitología clásica vencería la maldición con que los dioses condenaron a Sísifo, el más sabio y más prudente de los mortales, convertido en trabajador inútil de los infiernos. Cuenta Homero que Sísifo, obligado eternamente a empujar una roca hasta lo alto de una montaña para que volviera a caer por su propio peso, sufría así el castigo tan terrible que es el trabajo en vano y sin esperanza. No se sabe a ciencia cierta cual fue el origen de los problemas de Sísifo, algunos dicen que su ligereza con los dioses. Parece ser que reveló alguna bajeza de Júpiter a cambio de conseguir el agua que necesitaba para la ciudadela de Corinto. Sísifo es el héroe conscientemente absurdo, por sus pasiones y su tormento. La sabiduría antigua coincide aquí con el heroísmo moderno en la relación de la ingeniería con el turbulento mundo del poder hidráulico.

También la turbina es bella como idea sobre lugar de tránsito, aunque seguramente no será un espacio cómodo para el agua. En realidad son dos espacios interiores, que expresan algo más que una circunstancia funcionalmente meditada. La turbina es un ejemplo formal en sí misma, una ofrenda humana al espíritu de paso que tiene el agua. Hay personas que dicen estar preparadas para hacer que las cosas tengan un aspecto distinto del que tienen ahora si hubiera la oportunidad de hacerlo; si la oportunidad no surge es que quizá la voluntad no existe. En el dominio del agua la turbina reproduce a voluntad humana ese momento crítico que tanto le gustaba encontrar a Cartier-Bresson, el gesto apenas producido. No se planta una turbina en cualquier sitio, su interior contiene el misterio de las leyes de la Hidráulica.

La turbina tiene un último mérito de valor indudable en el contexto de reificación comercial donde la ingeniería decae en el anonimato, y se convierte en una especie de *commodity* sujeta a la tiranía igualitaria de la marca de empresa y a la banalidad reductora de la hora x hombre. La turbina hace honor al nombre de sus padres, de cada uno de los ingenieros que la concibieron en sus diversas tipologías. Así es como Pelton, Francis, Kaplan y Deriaz han subido al altar de los campeones de la ingeniería hidráulica. Gracias a ella, que también sirve de esa manera a nuestra pequeña vanidad y orgullo civil doméstico.

No podría terminar esta revisión del entretenido mundo de los desagües sin recordar aquéllos que activan el placer sensorial mediante su pura existencia o el uso que el hombre hace de ellos. Reconociendo que no siempre es fácil establecer una relación directa entre ingeniería y goce, que esta asociación será disputada o simplemente negada. Pero qué motivación sino la hedónica pudo tener un ingeniero

tan lúcido como el gran Torroja al proyectar obras hidráulicas que siempre hacía placenteras. Que se interprete bien lo que dicen los depósitos de agua de Sidi-Bernousi y Sauk-el-Arba, o los acueductos de Tempul y Alloz. Un estudio etnográfico revelaría seguramente que el hedonismo no es ajeno a la actitud del ingeniero, aunque casi siempre queda subordinado en su praxis a otros valores. Los implacables, imperativos, aburridos y necesarios valores de corte productivista.

El placer sensorial, la belleza, llevan fácilmente a correlar desagüe y fuente, nada costoso de sostener desde la naturaleza común que une a ambos en el paso del agua. Pero es una analogía fácil, prolijamente estudiada. La fuente conduce al Barroco y aún siendo frontera entre disciplinas es cierto que ese invento queda más bien del lado de la arquitectura que del de la ingeniería hidráulica. Aunque España ha tenido ingenieros sobresalientes en el diseño de fuentes como por ejemplo Carlos Buigas autor de la fuente de Montjuich que fue un icono de la modernidad hasta hace pocos años en Barcelona. Ciudad que contrae su significado en el plano de la realidad y también en el simbólico.

La fuente trae la imagen del Barroco, de hecho la gran arquitectura barroca romana es una petrificación hidráulica hecha con formas maravillosas en las que los artistas Italianos desearon reflejar las geometrías dinámicas del agua. Pero la fuente también expresa sentimientos humanos atroces como el odio, indisoluble de la historia de la *Fontana dei Fiumi* en la *Piazza Navona* de Roma. Bernini construyó la fuente que llevaba el *acqua vergine* a la plaza justo enfrente del pórtico de entrada de la iglesia de *Sant'Agnese*, del arquitecto Borromini, con objeto de eclipsar la fachada de esa bellísima obra que Inocencio X Pamphili había encargado al odiado y genial competidor. La rivalidad entre ambos maestros, el escultor y el arquitecto, trocada finalmente en una tirria profunda, había nacido en su primera colaboración en los trabajos del *Palazzo Barberini*, también en Roma. Arte que separa, aguas que divergen.

Desde la fuente también se llega sin mucho esfuerzo a la analogía de la música donde el agua ha sido un *leitmotive* muy socorrido. De tantos compositores que tomaron del agua la inspiración para sus obras o para sus títulos hay que recordar a Haendel, el más internacional de los músicos del Dieciocho. Las dos suites de conciertos conocidas como *Water Music* que compuso el genio de Halle amenizaban los asuetos fluviales del rey Jorge I en el Támesis, y valieron a Haendel su protección. También la fructífera amistad de lord Burlington, el duque de Chandos, cuya importancia ningún musicólogo desconoce. Ya en el Veinte por qué no traer al caso del agua la figura de Respighi en la Roma decadente de las primeras décadas, amigo que fue del celebrado poeta D'Annunzio. Respighi trasladó con un sentido artístico primoroso la atmósfera sensitiva de la época a *Le Fontane di Roma*, su obra más deliciosa.

Entre el agua y el té se sitúan dos objetos divertidos y curiosos, taza y tetera, porque el comercio del té comparte la fascinación de las culturas milenarias con el maravilloso invento de la porcelana. En las artes decorativas la arcilla es la sustancia de mayor antigüedad, los objetos cerámicos forman parte de los vestigios de la civilización adornada que los arqueólogos sitúan en el Neolítico. Té y porcelana son administrados de un ritual de magia cotidiana que dura siglos, el refinamiento exquisito de la China dinástica se manifiesta aquí en la forma de recibir y dispensar el té, su líquido y sus aromas. Desagües minimalistas como el borde delicado de las tazas o el cuello-pico de la excéntrica tetera, son tan apreciados que casi no admiten parangón sensitivo para los amantes de ese líquido.

En la porcelana del té la plasticidad original del caolín se convierte en cualidad indestructible pero frágil por el poder piroclástico del fuego. La autenticidad absoluta en el arte de fabricar porcelana se encuentra en la civilización China donde el perfeccionamiento de la industria tuvo lugar en los cinco siglos que transcurrieron entre las dinastías T'ang y Yüan. Otras fábricas orientales en Corea y en el Japón tienen los orígenes en su nación vecina. Las antiguas porcelanas Japonesas de Kakiemon e Imari son también muy refinadas.

El arte de la porcelana conocido en China desde el siglo Nueve no se pudo reproducir en la Europa pujante de la razón científica hasta mediados del Dieciocho. Y no fue en Francia aunque lo reclamen en Sèvres, sino en la Sajonia Germana donde el químico Böttger perfeccionó el proceso de la mayólica Italiana de Faenza, verdadero punto de entrada de la porcelana en el viejo continente. También en Holanda se hizo buena porcelana en Delft pero es obligado recordar que la fábrica más afamada de aquella época fue la de Wedgwood en Staffordshire, cuyas piezas cotizan aún bien alto en las subastas de arte industrial decorativo. La porcelana Francesa de entonces no pasó de ser una imitación menos afortunada a pesar de las sentidas alabanzas de Boileau y demás cortesanos del poco relevante monarca Luis XV. Ahora el vigor artístico de la porcelana Europea se ha deslizado geográficamente más hacia el Norte del continente. Factorías bien reputadas son las de Rörstrand en Suecia y Arabia Oy en Finlandia. Scheurich es un artista muy en boga en el mundo actual de la porcelana.

Estética y gusto son las últimas virtudes que se han querido recrear en este escrito sobre la hidráulica fascinante de los desagües. Se observa que al disminuir la escala así aumenta el refinamiento. De la rugosidad en cierto sentido hermosa pero verificablemente basta del hormigón que forma el aliviadero, se pasa al brillante pulimento del metal aleado de la turbina para alcanzar al final el orden de la mano y labios del hombre a través de la noble materia de la porcelana.

Desagüe que es de agua, que viene del agua.

L a s g o t a s

Aseguran los catedráticos que fluido es la sustancia que puede fluir, que permite el movimiento entre sus partículas porque es inelástica frente al esfuerzo cortante. Si se somete a fuerzas de esa naturaleza se deforma continuamente sin posibilidades de recuperar su disposición original, y fluye. Cuando el volumen de un fluido se mantiene estable frente a las variaciones de presión y temperatura, entonces será un líquido. Los líquidos carecen de forma propia y adquieren automáticamente la del recipiente que los contiene porque necesitan estar confinados, no pueden por sí mismos resistir las fuerzas de la gravedad. Todo eso deberíamos creer, pues pensar de otra manera es comenzar a estar minado.

El líquido parece un *collage* continuo de materia fluida que concatena segmentos disímiles y ensambla formas sin diferencias, figuradamente transitorias y casuales. Un objeto móvil y aleatorio que revela su prodigiosa capacidad de ligazón de conjuntos efímeros de gotas, pues sus rupturas coexisten sin fundarse unas en otras.

El líquido es líquido porque la cohesión entre las moléculas puede más que la dispersión que propicia su energía cinética; líquido y gas son distintos porque sus fuerzas de superficie e internas lo son. Ya lo descubrió Newton, el sabio pendejo que entendió lo más importante de la física de su tiempo, las leyes del movimiento. Pero hay fluidos irredentos que escapan de la jaula newtoniana, en los que viscosidad y presión ya no son independientes y la razón entre tensión cortante y velocidad de deformación parece caprichosa, como si deseara contrariar al autor de las *Regulae Philosophandi*. Los fluidos no-newtonianos recuerdan vagamente la poesía latina del veronés Catulo (*O tua blandula...*) por lo que suponen mecánicamente de disensión en la coexistencia. España, ¿serás la Patria líquida...?

Las gotas son curiosas paradojas geométricas, parecen oximorones de la Naturaleza porque dan forma canónica a una materia que no tiene forma propia alguna. A veces una gota se crea porque la superficie del líquido ha entrado en contacto con otro fluido diferente o con un sólido, y las moléculas estarían

desequilibradas en superficie si no fuera por el efecto membrana de la tensión interfacial. La diferencia de presión positiva en el interior de la gota hace que ésta adopte la familiar forma convexa. La gota tiene su inverso en la burbuja, que se da cuando el fluido interno es un gas y el que la rodea un líquido. La reversión de materia y espacio que supone la burbuja es una forma de pliegue con deriva freudiana, una imagen recurrente en la bruma de muchas neurosis obsesivas, ansiedades y fobias. Es el miedo al abismo que cuentan que sentía Pascal por el lado de su mano izquierda cada vez que le transportaba un coche por el borde del Sena.

Las gotas son pequeñas instancias de un fluido distorsionado, el reflejo de un equilibrio natural isostático. La gota nace por tensión superficial y muere por coalescencia, es una singularidad hidráulica bultiforme, efímera y mínima, porque $0,1 \text{ N/m}$ no da para más soporte. Cuando se estudia la metamorfosis de la gota, el proceso mediante el cual pasa a ser más o menos que una gota y siempre algo diferente de una gota, quedan dudas sobre el papel que juegan las fuerzas moleculares. Nunca ha sido fácil abordar esta cuestión desde los postulados de la física clásica, sería preciso adentrarse en los arcanos de la mecánica cuántica. Si se abandona el modelo continuo de la materia tal vez se puedan estudiar las gotas desde la nanomecánica, pero de qué servirían entonces las ecuaciones de campo del fluido. A ese nivel la tensión superficial es un fenómeno macroscópico y debería dejar paso al estudio de las superficies de energía potencial de las moléculas del fluido, sus pozos y los pasos entre ellos.

La superficie de la gota es el lugar geométrico de los puntos de equilibrio mecánico en la interfaz atmosférica del fluido, no necesariamente la expresión de un fenómeno hidrostático. Landau demostró partiendo de la ecuación de Euler que un líquido en reposo dentro de un campo gravitatorio uniforme se puede encontrar en equilibrio mecánico y no estar en equilibrio térmico. Aún sin presentar ningún movimiento macroscópico el equilibrio puede ser inestable y conducir a la aparición de corrientes, que tenderían a mezclar el fluido hasta igualar su temperatura. ¿Será la convección enemiga de las gotas? En la Vía Láctea una estrella no es una gota, y en la Tierra las gotas tampoco parecen estrellas.

Una lágrima es una gota que vale tanto como el cielo. La lágrima antes de ser la gota que conocemos y nos conmueve, es un pequeño acuífero que envuelve la superficie del globo ocular protegiendo nuestros ojos. Una lágrima fluye cuando la película superficial que la confina rompe, normalmente por un exceso de aportación líquida del lagrimal. El parpadeo que repetimos cada 7 u 8 segundos y la lágrima tienen una relación funcional necesaria y muy curiosa, como también lo es el mecanismo de estimulación del lagrimal en que tanto intervienen las

emociones. La lágrima es una más de las muchas maravillas biológicas con que Dios o la evolución según se crea, regalaron a la especie humana. La película externa de la lágrima es esencial para proporcionar al ojo una superficie óptica perfecta, y también actúa como bactericida y lubricante. La lágrima tiene dos adversarios principales, la evaporación y la insuficiente producción de líquido.

La lágrima humana es una estructura hidráulica multicapa que presenta tres elementos que son, en el sentido que va desde el interior hacia afuera, la mucosa que desliza directamente sobre el epitelio de la córnea, la capa acuosa o solución coloidal levemente salina, y finalmente la película externa de naturaleza lípida que retiene la anterior y constituye la interfaz externa del sistema. Esta última es la que básicamente proporciona estabilidad a la lágrima ya que aminora la evaporación y rebaja la tensión superficial de la película protectora, hasta un valor en torno a 40 mN/m, algo menos de la mitad de la tensión que existe en una interfaz estándar agua-aire. El espesor total de la estructura de la lágrima suele ser inferior a 10 μm y el tiempo de rotura de la película lípida es una de las variables cuantitativas que más interesan a los oftalmólogos en el estudio de enfermedades oculares como el ojo seco. Modelos hidrodinámicos recientes dan estimaciones bastantes precisas sobre este fenómeno, en el que intervienen los efectos gravitatorios junto a la evaporación y la capilaridad. La dinámica de la película es un proceso muy interesante ya que aproximadamente cada 40 segundos se renueva mediante un proceso de deposición, rotura rápida y renovación, en el que parecen desempeñar un papel relevante las enigmáticas fuerzas de van der Waals.

La ingeniería ha estado generalmente orientada hacia el exterior del ser humano pero la próxima revolución tecnológica hará que dirija tu atención hacia la propia especie, de hecho ya está sucediendo así. El hombre es un inmenso campo de ocurrencia de fenómenos físico-químicos y biológicos, simbólicos y emocionales, que la Ciencia va poco a poco desvelando como puede. Sobre ese cuerpo de conocimientos se edifica el nuevo paradigma de una acción antrópica autorreflexiva, de la ingeniería de nosotros mismos los seres vivientes. Yendo desde el original e ilustrado afán del hombre por actuar sobre la Naturaleza para hacer el hábitat más favorable, hacia la pasión incendiaria que supone la revuelta contra la enfermedad, la tara y el decaimiento humano de la mano de la técnica.

El devenir prometeico de la ingeniería se orienta hacia una inquietante hibridación de los sistemas naturales y los diseñados por el hombre, a la intervención directa sobre el ser humano. Para el conocimiento del ingeniero moderno será tan importante entender la codificación del simbolismo de la vida artificial que hay detrás de las metáforas de *Blade Runner* como dominar los viejos principios de la física, sea clásica, relativista o cuántica. Porque el futuro está

en la materia orgánica y en el pensamiento, y ahí los modelos del continuo o de los *quanta* por sí solos no alcanzan para mucho. Además va a ser preciso tratar el tiempo de otra forma.

La ingeniería de la materia viva será el corazón probable de la siguiente revolución técnica que significa un quiebro epistemológico tan grande o aún mayor que el que estamos viendo ahora entre la ingeniería tradicional de las ciencias físicas, ingeniería de la construcción y la producción, y la nueva ingeniería lógica de las ciencias de la computación y de la comunicación. El salto a dar será aún mayor porque todavía no acertamos a imaginar hasta dónde llegará y es difícil aceptar ese desconocimiento sin miedo ético y hasta ontológico. La ingeniería que venga en el futuro quizá sea también el adiós definitivo a la filosofía que ya anunciase Cioran, el aciago demiurgo según sus propias palabras.

La relación de las ciencias de la vida en sentido amplio con el mundo artificial de la ingeniería no es nueva y de hecho tampoco lo es con las ciencias de la computación por lejanos que parezcan encontrarse los territorios respectivos. El interés por los organismos vivos ha llamado siempre la atención a muchos ingenieros y científicos, especialmente por los misterios que rodean a la función cognitiva y la impenetrable dualidad mente-cerebro.

Dos de los más brillantes pioneros de la informática, Turing y von Neumann, manifestaron en repetidas ocasiones su interés por la neurofisiología. De hecho la primera convergencia disciplinar entre los dos campos se produjo en una reunión de científicos de alto nivel sobre el cerebro, el *Hixton Symposium* que tuvo lugar en Caltech, en la ciudad de Pasadena en 1948. Allí von Neuman pronunció su famosa conferencia sobre el tema *The General and Logical Theory of Automata* de importancia seminal para los estudios del cerebro desde el punto de vista informático, que tanta importancia cobraron posteriormente. Además en Caltech vN coincidió con McCullough y Pitts, dos neurólogos de excepcional importancia en el desarrollo de las teorías conexionistas del cerebro y su modelado mediante redes neuronales artificiales.

Otro vínculo importante entre ciencias de la computación y de la vida es el que se establece en torno al que ha sido uno de los secretos más profundos de la biología de la especie humana, la codificación del código genético en forma de secuencia de proteínas. La estructura del DNA fue descubierta poco tiempo después del simposio Hixton por Watson y Crick dando lugar al florecimiento de invenciones importantes también en el lado de la ingeniería, como los algoritmos genéticos, los autómatas celulares, la computación amorfa, el *biohardware* y otros muchos desarrollos que actualmente son de interés industrial y no meras curiosidades científicas. Especialmente fructífero ha sido el

contrabando de ideas entre genética e informática en el caso de la computación del DNA (proyecto *Human Genome*) y también en el sentido inverso, pues los conceptos de gen y nucleótido no son en absoluto ajenos a los modernos métodos criptográficos como por ejemplo el extraordinario sistema RSA de clave pública que inventaron Rives, Shamir y Adleman a principios de los Ochenta en el MIT y que hoy día es el elemento básico del tráfico seguro de información a través de redes de datos en todo el mundo.

En el cuerpo humano el agua se encuentra en formas físicas diversas, raramente en el estado tan puro de la naturaleza o del laboratorio. Los fluidos plasmáticos son esenciales para la vida celular y están mezclados con proteínas y otras sustancias orgánicas de tal forma que adquieren una estructura coloidal. Casi todos los fluidos orgánicos y los tejidos fisiológicos tienen naturaleza sólido-líquida, así que pertenecen al dominio viscoelástico con deformaciones no lineales que son dependientes del tiempo. Los fluidos no-newtonianos no se comportan siguiendo las leyes mecánicas clásicas, en ellos es preciso considerar ecuaciones constitutivas de un orden superior. Su funcionamiento a nivel macroscópico se explica desde la reología no desde la mecánica convencional de fluidos, que en este caso aporta poco valor explicativo.

El comportamiento reológico de los fluidos no-newtonianos obliga a considerar los procesos termodinámicos en el estudio de sus propiedades, y especialmente la evolución de éstas en el tiempo. Paradójicamente es la irregularidad de la viscosidad como expresión de la resistencia interna a la distorsión el atributo que más explícitamente manifiesta las singularidades de tales tipos de fluidos. La viscosidad por sí misma no es quien otorga el carácter no-newtoniano sino sus irregularidades. En fluidos que no son isoentrópicos, es decir aquéllos cuyas propiedades no se pueden describir con magnitudes simplemente escalares, el tensor de densidad del flujo del impulso viscoso debe sumarse a las tensiones que se derivan de la presión pues en ellos la viscosidad depende de las derivadas espaciales de la velocidad de deformación.

Lo mejor de los no-newtonianos es que admiten formas más intrépidas que los fluidos normales, pero también pueden ser mucho más peligrosos como sucede en el caso de las arenas movedizas o con ese barro que se mantiene estable en las laderas hasta que el valor de su presión alcanza cierto límite y entonces fluye violentamente y arrasa. El mundo de los fluidos no-newtonianos es el de las macromoléculas, en general con formas estructurales de soluciones o polímeros y con geometrías isostáticas que ya no son sólo gotas o burbujas sino filamentos y películas. La tela de araña, esa estructura biológica que tan inteligente nos parece a los humanos se encuentra formada por hilos de esa naturaleza.

El movimiento de las partículas a través de fluidos con propiedades reológicas no-newtonianas es un tipo de problema que se ha estudiado con bastante detalle mediante métodos numéricos, dando lugar a modelos aplicables a temas diversos desde la sedimentación de lodos a procesos de conformación de polímeros. La determinación numérica de las características espacio-temporales de los flujos visco-elásticos permanentes y transitorios, junto con la caracterización de las propiedades reológicas de los materiales fluidos son esenciales para comprender las complejas e inesperadas clases de fenómenos a que da lugar esa conjunción rebelde de viscosidad, elasticidad e inercia. Porque Newton como tantos otros, a pesar de su descomunal sabiduría no lo dejó todo atado y probablemente ni siquiera quiso hacerlo. Dicen sus biógrafos que jamás derramó una lágrima de amor; y tampoco su ansiedad por la gloria le permitió la generosidad mínima de reconocer su deuda intelectual con Kepler, Hooke y Leibnitz, aunque hay seguidores suyos que no piensan así. Fervor newtoniano o desconocimiento de la Historia, posiblemente.

Los polímeros son macromoléculas, formas fascinantes de materia que se comportan visco-elásticamente como fluidos no-newtonianos. Ahí el mundo de los fluidos se acerca a la nanotecnología en estructuras materiales artificiales tan curiosas como son por ejemplo los bosques de nanotubos, organizaciones espaciales formadas por múltiples segmentos lineales de fullerenos dispuestos arbitrariamente con una alineación estadísticamente dominante. Estudiar el movimiento de estas formas tan modernas de materia diseñada significa abrir las puertas a la imaginación de una nueva física, porque supone entrar a considerar procesos de reptación, relajación visco-elástica, palpitación axisimétrica y elasto-capilaridad. Parece que la materia viva es en cierta medida inexcusable para la ideología conservadora de Newton y sus adláteres, donde masa, energía y cantidad de movimiento no aparecen ya como *building blocks* dominantes del paradigma futuro que extenderá las ciencias físicas a la comprensión proactiva del mundo orgánico.

Volviendo a la lágrima, la humana gota no es sólo foco de interés fisiológico sino también un icono de la pasión lábil del amor. En diversas mitologías y literaturas amorosas el agua se encuentra simbolizada por medio de dos objetos litúrgicos, la lágrima y el cisne, que aportan calidad metafísica al sentido efímero del enamoramiento con su luminosidad. La lágrima es la adversidad y el fracaso del amor en *Aurelia* de Nerval, y el cisne es el ángel de la melancolía de Durero transmutado. El cisne de Yeats, de las alegorías neoplatónicas en el prerrafaelismo crepuscular Celta, y la lágrima de la revolución y el amor no correspondido, la frustración romántica y el drama olvidado del Mayakovsky de los primeros tiempos. *Lyubyu*, ese te amo que se pronuncia irremediabilmente antes de llorar.

Se establece como un hecho la concordia entre amor y muerte que despierta en nosotros las más profundas resonancias. Amor y muerte, amor mortal; el amor feliz no tiene historia. El erotismo idealizado, difundido en nuestra cultura como una necesidad de evasión exasperada por el fastidioso tiempo mecánico. La pasión y el adulterio que tantas veces se confunden en nuestra sociedad, que afloran en el *Roman de Tristan et Iseut* de Bédier donde el gran mito Europeo aparece a través del desorden extremo de las costumbres, en la confusión de la moral y los inmoralismos que viven en ella. En los momentos más puros del drama se ve transparecer la filigrana de la forma mítica de la lágrima como una gran imagen simple, como una especie de tipo primitivo de nuestros tormentos más complejos. Pero también la lágrima se halla en la tristeza solitaria de Sade encerrado en sus prisiones, en el dolor de la voluptuosidad que impone un cuerpo negado a la vida, delectado en la visión paranoide de los órganos interiores.

La lágrima ha derrotado al psicoanálisis porque éste no considera que el significado también se confiere más allá de la consciencia. No hay analogía interna posible entre el hecho consciente y el deseo, cuando el hecho se simboliza con la compleja expresión de una lágrima y ese carácter del símbolo no es evidente ni exterior, sino constitutivo. La racionalidad intenta explicar la lágrima como una huida, un automatismo activo que cae fuera del cálculo y que es reacción frente a la tristeza pasiva, como si esa conducta fuera motivada y se representara físicamente en la resolución de un proceso muscular autónomo.

Así es como la razón trata de explicar las emociones finas, como conductas apenas esbozadas y ligeras oscilaciones de nuestro estado físico. Admirable reducción a un siniestro superficial entrevisto a través de la vela que siempre es una lágrima, pero la lágrima no cae sino estalla y así nos vemos a nosotros mismos en el reflejo de su luminosidad plena.

La lágrima siempre aporta belleza al erotismo y traslada las contradicciones de una experiencia interior al dominio de lo prohibido. Una lágrima es una transgresión personal rara, un mecanismo comunicativo que la inteligencia habilita con el fin de romper el cerco interior de la emoción medida.

Es cierto que la belleza es una de las contradicciones fundamentales del hombre, son tantas las veces que nos parece necesario retener verdades indudables más allá del instinto. El deseo erótico no es puramente una exaltación carnal, para Bataille el sentido último del erotismo era la fusión del amor y la muerte. Dicen los estetas que en la búsqueda de la belleza está el esfuerzo por acceder a la continuidad más allá de la ruptura, el intento de escapar a nuestra propia presencia imperfecta, del miedo a nosotros mismos.

El amor es el sentimiento dominante en el medievalismo mítico de los ciclos artúricos, del Grial, de Tristán e Iseo. Amor noble para describir acciones y dramas, no solamente para cantar una fantasmagoría sentimental. Hacer el amor sin amar según la cortesía, ceder a la sensualidad puramente física, ese era el pecado original en la visión cátara del mundo. El catarismo, puente latente del *roman* bretón hacia Wagner; virulento resentimiento de las doctrinas ortodoxas que se manifestó en el evangelio puro y la gnosis dualista. Son los amantes y no los creyentes los divinizados por la consumación de la sustancia del amor. Pasión y expresión apenas son separables, la pasión tiene su fuente en ese espíritu que por otra parte hace nacer al lenguaje. El *Roman de la Rose* aún nos ofrece un lejano pero ilustre testimonio de ello.

La lágrima acentúa el gesto. En la teoría del Arte el sentido del gesto es un producto renacentista, originado en el Quattrocento Italiano. Algunos trabajos realizados durante el Quattrocento ilustran el desarrollo de la teoría artística en Italia, como la curiosa y célebre fábula *Hypnerotomachia Poliphili* atribuida al dominico veneciano Francesco Colonna, la única fuente escrita referente a las concepciones estéticas profesadas por los venecianos de la época. El sueño de amor de Polífilo (dicen en la Complutense que es con acento) es una novela gótica en la línea del *Roman de la Rose* que mezcla elementos clásicos y medievales en un alegato apasionado a favor de la antigüedad. Su método y su actitud general son radicalmente diferentes a los de un humanista florentino como Alberti, racional y austeramente arqueológico. Colonna interpreta la antigüedad de un modo imaginativo y sin preocuparse por la precisión de los detalles, sólo toma de ella los elementos que le permiten levantar un sueño. Ese sueño encantador; la *hypnerotomachia*, le permite disfrutar de todas las cosas imposibles de alcanzar en la vida real, como el amor perfecto al que reviste de una forma particularmente erótica.

Otro escritor cuyo nombre no se asocia en general con la teoría del Arte, Girolamo Savonarola, fundaba su concepción de la belleza entre la escolástica y el neoplatonismo, en el postulado de que lo espiritual es superior a lo material; la luz esencia de la belleza de todas las cosas, que radica en la proporción y en la armonía de formas y colores. El realismo inocente de las ideas populares sobre el Arte a finales de la Edad Media no guarda relación alguna con el realismo científico del Renacimiento pues mezcla elementos de fantasía y simbolismo, como los ejemplos de tradición diabólica que representan pintores como El Bosco o Grünewald.

El desarrollo del gesto en el espacio pictórico Italiano se produjo a lo largo de casi dos siglos. El papel del gesto en la pintura parte de la acción precursora del

artista florentino Giotto que estableció el primer puente desde el ingenuismo medieval a la modernidad figurativa del Renacimiento, y alcanza su madurez con el genio del pintor veneciano Giorgione. Entre ambos se sitúa Domenico Ghirlandaio el gran pintor retratista de la burguesía florentina de la época. Como tantas veces sucede en el Arte las transiciones representan los trazos que definen el carácter del cambio estético con mayor viveza, y por eso la figura de Giotto situada a caballo entre el Trece y el Catorce resulta tan interesante.

Giotto es un ejemplo de creación no sólo para artistas sino para cualquier proceso germinal en sentido evolutivo, porque encarna el espíritu del cambio en la transición entre dos épocas profundamente diferentes y cruciales en la historia de Occidente. Giotto, discípulo de Cimabue que había sido el mejor pintor Italiano del Trece, es la pura imagen de la innovación en el Arte pues se anticipa casi un siglo al despertar del Renacimiento con sus cambios. Fue el inventor del gesto en la pintura, a la que supo incorporar por vez primera pasión y tensión dramática poniendo fin al hieratismo antiguo que la mantenía en situación subordinada. Los frescos en Asís o la *Navicella* romana descubren por primera vez en la pintura un énfasis en la intensificación de la emoción humana mediante el descubrimiento de los gestos y de la mirada.

La historia del Arte tiene el poder de atraer al presente figuras cuyo rastro trasciende de la oscuridad del tiempo pasado a través de sus obras y de los registros de los archivos. En la investigación histórica del Arte renacentista destacan en Europa los trabajos de Burckhardt y de Warburg, éste último creador en Londres del famoso Instituto que lleva su nombre, al frente del cual estuvo Gombrich desde mediados del siglo pasado hasta su fallecimiento tres años atrás. Burckhardt diagnosticó una mutación en la historia del retrato entre Giotto y Ghirlandaio. En Giotto las caras y los gestos expresan un concepto idealizado de corporeidad que se va transmitiendo a las figuras secundarias de los cuadros e impregna paulatinamente las pinturas con características reales de esos personajes, su parecido y su edad. Fue en Florencia, cuna de la civilización urbana y mercantil, confiada y burguesa, donde de Giotto a Ghirlandaio se completó por vez primera la transformación del cuerpo en representación pictórica, transmitiendo a la pintura una impresión realista de la época.

Los gestos forman parte un sistema de comunicación más amplio, eso lo conocen muy bien los mimos. La gesticulación es el *expressis verbis* de los antiguos y los gestos que llaman sintomáticos son los naturales pero no los únicos, porque hay gestos importantes que se deben a convenciones culturales prefijadas, los gestos litúrgicos.

Giotto debió ser un concienzudo observador de la vida, por la riqueza y la diversidad gestual que logró expresar en su pintura. Alberti, uno de los más importantes teorizadores del Arte del Quattrocento, consideraba que en su época Giotto era el único pintor moderno. Giotto abunda en gestos de gran contenido semántico como la mano elocuente, el sobrecogimiento o la expulsión. Una de sus imágenes más potentes es la representación de la escena evangélica en que María Magdalena se encuentra con Cristo resucitado, el *Noli Me Tangere*, gesto de la ambigüedad que estudió tan apasionadamente el iconólogo Panofsky.

La lágrima en el gesto es acento en el pómulo más que agua en la mirada. En la Poesía se encuentran siempre ejemplos de intensificación prosódica donde la lágrima desempeña el papel de símbolo disémico. La lágrima en San Juan de la Cruz es el irracionalismo místico, precursor del subjetivo contemporáneo.

Lágrima es gota es agua es luz es tiempo.

L a m a n o i n v i s i b l e

Aunque parezca mentira existen personas que aún creen que hay diferencias importantes en términos prácticos ente el mercado y el estado. Sobre todo que éste último pertenece realmente a todos mientras que al primero sólo acceden los económicamente más afortunados. Esta creencia se refuerza con el sesgo de algunos medios que inciden recurrentemente en la bondad generosa y solidaria que adornaría al estado -sobre todo cuando se insinúa que está desprovisto de la mácula del interés- en contraposición con el egoísmo discriminatorio y en ese sentido subliminalmente pernicioso que se predica del sistema de mercado. Parece que aquí encuentra arraigo popular el sentimiento anticapitalista que Max Weber, padre de la sociología, vinculaba con la vieja postura de la religión católica frente a la persecución del logro económico individual. Un arquetipo ideológico arcaizante que podría estar más presente en el subconsciente colectivo de los españoles de lo que generalmente se piensa.

La polémica mercado-estado se alienta en ocasiones de modo artificial por intereses partisanos, pero ya hace décadas que se dio por zanjada en Occidente. Sabemos que el sistema es una mezcla de ambas cosas en proporciones variables, en general con un leve predominio de una sobre otra y sin grandes diferencias. En España el presupuesto de las administraciones supone aproximadamente el 43% del PIB mientras que en Francia es el 44% y en el Reino Unido el 39%. Así es como John Kay, uno de los economistas británicos actuales más distinguidos, miembro del St John's College de Oxford y próximo al círculo de Giddens, utiliza el concepto de "*embedded market*" para definir la interrelación profunda que existe entre ambas ideas, mercado y estado.

Los términos en que se plantea la relación entre los ámbitos de lo privado y lo público pecan de un punto de maniqueísmo porque están sujetos a intereses creados o creídos, así que el tema no merecería mucha atención. Las cosas no son así de simples pues ni estado = solidaridad ni mercado = egoísmo, y la historia está llena de ejemplos en que el primero acaba siendo privilegio para pocos mientras que el segundo proporciona en otros casos un marco de igualdad de oportunidades para que cada uno pueda cuidar esforzadamente de su propio

destino. Ese debate no es una cuestión de ideología política o de tecnicismos económicos, ya anticipaba Locke que las discusiones sobre la naturaleza del gobierno se apoyan en tautologías y dogmas tan indemostrables como las creencias religiosas. Es preferible tratar de anteponer hechos constatables a cualquier tipo de argumento viciado, pues todo modelo tiene sus imperfecciones pero ni éstas son iguales ni sus consecuencias se pagan de la misma manera.

Caído estrepitosamente Marx del pedestal de las referencias aceptables debido al sentido común y el amor a la libertad de las naciones desarrolladas, los partidarios del control de la economía por el gobierno se han visto obligados a buscar fuentes doctrinales más creíbles. Y se ha venido a dar con uno de los espíritus más finolis del Veinte, Maynard Keynes, aristócrata de Bloomsbury quien –las cosas como son– se enriqueció aprovechando su posición en el *Bank of England* para hacer lucrativas especulaciones financieras. Lord Keynes viene siendo una de las figuras más veneradas por los intervencionistas, que reverencian su brillante personalidad y la razón que había en sus escritos de 1936 sobre los remedios a la Gran Depresión de 1929, ya muy lejana en todos los órdenes.

A partir de la doctrina de Keynes se suele justificar la legitimidad de la interferencia política en la economía censurando las imperfecciones del mercado, aunque para ello se desvirtúa intencionalmente su pensamiento macroeconómico o simplemente se construye una ficción a partir de sus ideas, desplazándolas fuera de lo que sería el contexto interpretativo natural. Ello ha dado lugar a lo que Coase denomina “la enfermedad keynesiana”, que afecta a muchos economistas deseosos de medrar en el territorio aparentemente sin dueño que constituye en muchos casos el ámbito de lo público.

El sufrido mundo del agua puede ser un ejemplo interesante para contrastar ideas y opiniones sobre todo lo anterior y de paso tratar de poner en tela de juicio algunas aserciones que, aunque dadas por irrefutables, puede que tengan más de preconcebidas que de otra cosa. Las relaciones entre agua y poder son siempre ilustrativas y mucho más profundas de lo que parecería a simple vista. En España la dicotomía mercado-estado casi no se ha podido plantear más que en breves escauceos superficiales en este tema pues siempre se ha dado por bueno que el agua es un bien público de titularidad estatal y así lo consagra la legislación en vigor, mucho más intervencionista que la primera y excelente ley de Aguas de 1879. En el dominio hidráulico la figura del mercado parece ser más un imposible metafísico que esa mano invisible que metafóricamente descubrió Adam Smith en el Glasgow del Siglo de las Luces.

El estado no es un ente abstracto –aunque es cierto que lleva camino de resultar incomprensible– y la interpretación de los intereses generales pasa por la

decodificación gubernamental de tan etéreo concepto. Al final, el destino sobre un bien necesario para todos pero que se encuentra distribuido muy irregularmente dadas las condiciones hidrológicas del país, pasa por la voluntad de un número pequeño de personas y por los juegos inestables del poder. El agua, recurso esencial, se convierte entonces en un instrumento político situado en realidad fuera del control de la comunidad a la que se dice que pertenece, y así se desvirtúa en la práctica la cualidad que se reclama de estar ajeno a otros intereses que no sean los puramente colectivos. La crítica a la parcialidad en la interpretación política del bien común también se ejerce desde la izquierda, donde incluso el controvertido y recién laureado Paul Krugman afirma que en economía la política destruye pero no crea.

El agua ni sabe ni debe saber de política, eso ya lo dijo "un labriego aragonés forrado en intelectual", el notario y gran regeneracionista hidráulico Joaquín Costa hace bastantes años. Y además sostuvo que la gestión del agua debería regirse por fórmulas mancomunadas, ideas que fueron sucesivamente materializándose en los conocidos episodios fundacionales de nuestras instituciones hidráulicas. Primero la Mancomunidad Económica del Ebro en 1913, atribuida a Martínez Lacuesta, embrión de las formas orgánicas ya más definitivas del agua en España que inauguraría unos años más tarde la Confederación Sindical Hidrográfica de la cuenca del Ebro. Ésta fue creada por el conde de Guadalhorce en 1926 a instancias del extraordinario ingeniero Manuel Lorenzo Pardo, y su fundación la tenemos idealizada por modélica en nuestra pequeña-gran historia de la hidráulica nacional.

Instituciones tiene el agua pero no la del mercado pues verdaderamente no ha habido nunca un mercado de ese recurso en España salvo excepciones insulares que corresponden a transferencias de los derechos de uso de algunos afloramientos subterráneos en Canarias y Baleares. La situación es fruto de nuestra historia en los últimos ciento y pocos años y se explica desde diversos puntos de vista, no siendo de menor importancia el hecho de que sólo el estado parece haber sido capaz de promover inversiones muy intensivas en capital y con tan largos plazos de amortización como son las obras hidráulicas. Pero algo similar podría argumentarse en otros sectores como por ejemplo el de la energía, aunque en este caso quien gobierna es el mercado, y lo hace sin problemas de funcionamiento y con plena aceptación social.

Al pensar en novedades sobre política del agua no está de más que se recuerden las palabras que pronunciaba diez años atrás un histórico hidráulico de izquierda, Manuel Díaz-Marta, advirtiéndole que los planes e ideas del pasado deben revisarse con absoluta imparcialidad, superando prejuicios e intereses personales, gremiales

o de cualquier otra clase. Suponemos que también incluía en ellos a los ideológicos y los políticos, y que de esa manera volvía a apuntar a los inveterados problemas nacionales del agua que ya enunciara Floridablanca en 1787, en su Instrucción al Consejo de Estado: "El ramo de ingeniería pide mucha enmienda y mejora...". Sabiduría práctica y sentido común hidráulico, aunque quizá inspirados en su caso por la *Fama Fraternitatis*.

La gestión del agua se sigue subordinando en gran medida a la planificación, que desde la óptica de la ingeniería se entiende como la simplificación necesaria de las complejidades de la demanda y de los múltiples factores que inciden sobre la misma. En la doctrina hidráulica que impera en nuestro país hay dos conceptos que se dan como principios axiomáticos, la planificación integral y la unidad de gestión basada en la cuenca hidrológica, que especialistas en el derecho político-administrativo como Martín Retortillo no dudan en reservar exclusivamente al *imperium* del estado. No todos los que están interesados en el agua piensan así porque la planificación, con independencia de su buena intencionalidad, su dificultad consensual y su especialización técnica, tiene deficiencias importantes y predetermina la demanda forzando las condiciones de equilibrio en el proceso de asignación. No olvidemos que un hidráulico de letras tan bien enterado como Benet decía con frecuencia que hay que devolver a la sociedad la soberanía de la demanda, aunque por lo que se ve no le hicieron mucho caso en esa recomendación.

Hablar de mercado del agua en España es provocar la irritación más que suscitar un diálogo fructífero. Pero aún así no pueden evitarse las críticas al modelo de planificación técnico-administrativa de los recursos hídricos, sustituida ahora *de facto* por la intervención directa en este tema de agentes de otra naturaleza sin mucha consulta con expertos y funcionarios, dando origen a lo que podría denominarse antiplanificación de la política hidrológica. Lo cierto es que desde el inicio de su andadura en tiempos de Primo de Rivera hasta la actualidad, el modelo español vigente de política hidráulica por una u otra razón no ha conseguido solucionar salvo de forma parcial el principal problema hidrológico del país, que como todo el mundo sabe son los desequilibrios entre cuencas y regiones.

El agua debe ser el único bien de primera necesidad en que eso sucede, así que difícilmente puede exonerarse de responsabilidad al modelo regulatorio imperante, con independencia de otras cuestiones que sin duda también habrá que considerar. La disponibilidad hídrica media se sitúa en el orden de 2.800 m³ por habitante y año, y la demanda es aproximadamente un tercio de esa cifra lo que indica que el problema no se debe a una insuperable carencia del recurso

sino que está en la irregularidad espacio-temporal que afecta a su distribución. Nada nuevo, ciertamente. Otros bienes y servicios de interés público igualmente imprescindibles para la comunidad como la energía eléctrica, los combustibles o las comunicaciones, no sufren los problemas del agua y son provistos con regularidad no discriminatoria por el mercado desde hace muchos años. Habrá que pensar si los objetivos de bienestar colectivo y satisfacción social exigibles al caso del agua se cumplen mejor mediante una u otra fórmula.

Una de las limitaciones más notorias de la planificación en comparación con el modelo de mercado es la dificultad de introducir en aquélla un sistema de incentivos que lleve a oferta y demanda a un punto de equilibrio aceptable y que no se haya predeterminado artificialmente. No deja de resultar paradójico o incluso contradictorio que los usos agrícolas supongan aproximadamente el 70% del consumo de agua en España mientras que su aportación al PIB casi no pasa del 4%. El modelo regulatorio que lleva a esas consecuencias no parece demasiado coherente con las leyes de asignación eficiente que predica la ciencia de la economía, en el sentido de emplear los recursos escasos de la forma en que puedan ser más productivos. Al fijar *a priori* la oferta así responde la demanda si la vieja ley de Say no falla, para agravio de los eco-conservacionistas que en general se muestran partidarios de que se impongan restricciones al consumo de agua.

La tensión mercado-estado que se ilustra con el ejemplo particular del agua es reflejo de dos cuestiones esenciales en la organización de la sociedad y de la economía contemporáneas, el problema de la libertad y el de la legitimidad para obrar, especialmente en el contexto de lo colectivo. La acción del estado se puede analizar desde perspectivas diversas que están entroncadas en la generalidad de la ciencia política incluyendo sin duda la ética y la teoría de la justicia.

Una cuestión fundamental antes de tratar de acotar la esfera de control sobre lo hidráulico colectivo es ver si realmente existen muchas o pocas diferencias de identidad en términos prácticos entre estado y gobierno, Montesquieu al margen. Parece que la permanencia y la generalidad del primero debería primar en estas cuestiones esenciales sobre la eventualidad y el carácter partidista del segundo, y sin embargo se oye decir con frecuencia que el gobierno o es dominación o no es gobierno. Para Julian Freund, un politólogo clásico, la relación de mando y obediencia constituye el presupuesto básico de la política en general, pues entre gobernantes y gobernados la cuestión de la autoridad legitima la imposición de los primeros. Parece inevitable que el individuo corriente acabe adoptando una actitud de pesimismo hobbesiano hacia quienes gobiernan pensando en ocupar el espacio de poder en lo colectivo, algo así como el monopolista que afirma ¡el mercado soy yo!

En una frase largamente aplaudida que pronunció Kennedy en su discurso de toma de posesión, el que fuera presidente de los EEUU decía, *Ask not what your country can do for you, ask what you can do for your country*. Cualquiera de las dos mitades de esta frase tan políticamente redonda pone de manifiesto la mentalidad del gobernante que o bien considera al estado como un benefactor que dispensa favores y regalos, o lo contrario, un dueño exigente o una deidad que reclama la obediente sumisión de los individuos bajo su férula. Ese doble espíritu de paternalismo alibarado o de autoritarismo con estilo cuartelero se concilia mal con las circunstancias sociales e individuales de la época en que vivimos.

La democracia basada en el sistema de representación fue un invento de la era protoindustrial, del liberalismo burgués del Dieciocho. Un sistema de intermediación apto en circunstancias ya muy distantes de nuestra sociedad del conocimiento, la sociedad de individuos libres e informados en la era de la comunicación en tiempo real. La extensión de la tecnología de la información al conjunto de la sociedad dará al espíritu de Rousseau el merecido descanso del olvido, pues llegará la hora de pasar página en la teoría del contrato social y demás mitos en que se funda el poder. Entre ellos el de la representatividad como único modelo posible de democracia, basado en la delegación genérica y extensiva de poder al representante sin posibilidad de control real por quienes se lo otorgan.

La cesión del derecho a decidir que nos autoimponemos los individuos en las naciones de Occidente olvida algo que se reconoce de forma privada dentro del círculo profesional de la ciencia política, el hecho de que el poder se fundamenta en mitos y que los elementos racionales no explican ni organizan por completo la convivencia. Lucas Verdú, que fue durante muchos años catedrático de derecho político en Deusto, sostenía que los mitos satisfacen mejor las dudas individuales y sociales sobre el origen y fundamento del poder que las explicaciones científicas y las investigaciones eruditas, porque en su esfera se impone el ámbito de lo irracional.

La política siempre ha desconfiado de la técnica, de hecho utiliza el término de tecnocracia con una connotación negativa, pues la concibe como un poder que se funda en la competencia y no en el mito. El constitucionalista Norteamericano Wright Mills veía la tecnología como un peligro para la política porque según él se refiere a la mediación de la conducta a través de herramientas y aparatos, máquinas, instrumentos y métodos físicos de todo tipo. Según Meynaud, otro clásico de la ciencia política, el poder técnico no está legitimado para desplazar al poder político porque no se apoya en factores ideológicos. Para ese pensador la renovación de los políticos por los tecnócratas supondría graves consecuencias, la

acción política se cubriría de velos y el secreto de estado desplazaría a la información y al control de la opinión pública.

Decía Milton Friedman, economista polémico en algunas de sus opiniones pero un pensador indudablemente muy lúcido premiado con el Nobel, que la regla de la mayoría es una simplificación grosera más que un principio natural a ejercer en democracia. Lo prueba el hecho de que a medida que aumenta la importancia que para los individuos o grupos con representación proporcionalmente minoritaria tiene la cuestión a decidir o la intensidad con que se siente la misma, menos soportable resulta la voluntad contraria de la mayoría. Nadie se opera de apendicitis por gusto de otros y los de una región no quieren que los que viven en otros lugares puedan decidir sobre lo que ellos creen que son sus propios asuntos.

La cuestión del agua en España debería abordarse en los términos auténticamente políticos que inciden en la naturaleza del problema si no se quiere renunciar al paradigma de lo común como sustrato que da sentido a lo nacional, lo racionalmente colectivo. Los dos puntos de vista fundamentales a considerar en torno al problema territorial del agua son básicamente el de la justicia distributiva y el de la creación de valor; ambos profundamente relacionados porque como opina Hayek, la justicia para ser socialmente óptima se debe apoyar en el valor y no en el mérito real o supuesto. Pero ambas cuestiones se detraen del debate esencial del agua y éste deriva hacia temas de menor profundidad ideológica y más proclives a la disparidad y la distorsión informativa, como es el tema del medio ambiente.

Desde luego que la cuestión ambiental necesita tratarse de forma más científica y sin el exceso de emoción con que se acostumbra. Pero cuando la justicia distributiva y el valor económico vienen al caso hay que situar el problema del agua en el contexto de la relación mercado-estado y no embarcarse en conceder o negar imposibles legitimidades territoriales sobre la misma. La geografía puede mandar en los cauces fluviales pero no en el recurso hídrico, en caso contrario desaparecerá el sentido de la regulación. ¿Cómo se podría imponer el sacrificio de los grandes embalses a las regiones que se encuentran en la cabecera de los ríos, para después alentar exclusiones privativas aguas abajo?

La apropiación de un bien o de un recurso recae en primera instancia en la cuestión de la legitimidad, donde la política se mezcla con el derecho y la historia. La legitimidad entendida como una extensión de la legalidad tiene un carácter temporal igual que la ley, y en general el marco jurídico evoluciona lentamente.

La legitimidad sobre los bienes públicos lleva a considerar el problema de la determinación de su naturaleza, cuestión que en lo relativo al agua es conceptual y jurídicamente ilustrativa para desmitificar la antinomia mercado-estado. Tradicionalmente la teoría económica considera que son bienes públicos los que cumplen al menos dos condiciones, su indivisibilidad y la no exclusión en su disfrute. Habría que pensar por qué es así en el caso del agua y no en el de otros recursos colectivos de necesidad general como la energía o las comunicaciones. El emérito profesor Gaspar Ariño argumenta en otra dirección, no cuestionando la naturaleza del bien sino su modelo de gestión, su régimen de explotación económica.

Repitamos lo conocido. El agua es un bien escaso de origen natural, no fabricado –al menos por ahora– que se distribuye en España con una gran irregularidad y que admite diversidad de usos jerarquizados que caen dentro de dos modalidades diferentes, consuntivos y no consuntivos. La cuestión del agua es parte importante de un debate deliberadamente oscurecido que sin embargo debería constituir uno de los elementos centrales de la política nacional. Wilfredo Pareto, que no era economista sino ingeniero a pesar de lo que generalmente se cree, llegó a definir las condiciones de optimalidad en los procesos de redistribución. Pareto explicó que el bienestar socialmente óptimo se consigue cuando la transferencia de recursos permite que al menos una de las partes mejore su situación mientras que no haya ninguna otra que empeore en relación con las condiciones de partida. ¿Serán sus ideas aplicables al agua?

El agua cuando se sitúa en un contexto de racionalidad económica es una extraordinaria fuente de riqueza y una prueba bien cierta de ello es su aplicación con fines energéticos. En la hidroelectricidad el bien público se transforma en beneficio privado por el arte de la concesión administrativa. El sector eléctrico es sin duda un ejemplo admirable de competencia técnica, de efectividad económica y de astucia jurídica. No hay más que ver cómo se ha ido desembarazando del concepto de servicio público y sustituyéndolo por el de interés general, mucho más maleable y fructífero desde el punto de vista mercantil y también algo menos expuesto a la volatilidad de las circunstancias políticas, aunque esto último habría que matizarlo.

Como fuente de energía renovable la hidroelectricidad es la más importante en España con una potencia instalada a finales de 2003 de 18.000 MW y una producción anual de casi 44.000 GWh, que cubre aproximadamente el 19% de la demanda total de ese año y un porcentaje significativamente más alto de las puntas. La diferencia entre sus cuotas en la estructura de potencia con el 29% y en la de producción que es 10 puntos inferior se debe lógicamente a las

restricciones impuestas al producible hidráulico y a la gestión del agua eléctrica, que se turbinan según criterios de maximización del valor económico de la producción total de la empresa generadora dependiendo de su estrategia de oferta en el mercado mayorista organizado, el *pool*.

En las empresas del sector se sabe muy bien que la participación porcentual de la energía hidroeléctrica en la cuenta de resultados es mucho más sobresaliente desde el punto de vista económico que la de cualquiera de las otras formas de generación fósil o nuclear. Además no arrastra la tara del CO₂, que lleva camino de convertirse en el último añadido a la ya larga lista de suplidos a que nos vemos obligados a hacer honor los consumidores por cuenta de los recurrentes avatares regulatorios.

La hidroelectricidad es fascinante entre otras cosas porque es una síntesis perfecta de las tres grandes orientaciones clásicas de la ingeniería: la civil, la mecánica y la eléctrica. Un éxito que se debe a muchos y particularmente a Tesla, cuyo genio electrotécnico hizo posible la primera central hidroeléctrica de gran tamaño construida en 1896 en *Niagara Falls* frontera de los EEUU con Canadá, con una potencia de 50.000 HP conectada a red de la ciudad de Buffalo mediante una línea de 35 km de longitud.

En España las primeras centrales modernas, es decir de corriente alterna, empezaron a construirse a principios del Veinte y se debe decir que nos sentimos bastante orgullosos de la épica hispánica de los saltos de agua aunque ahora no sea políticamente correcto. Especialmente de los saltos del Duero, de las maravillosas obras de Aldeadávila, Saucelle y tantos otros aprovechamientos que ganaron para la Ingeniería Española el *status* de excelencia técnica equiparable a la de Norteamérica, envidiada por todos los países europeos.

En el sector eléctrico la conjunción de competencia técnica y mercado ha llegado a conseguir en pocos años algo que la planificación estatal aún no es capaz de alcanzar en el caso del agua, el abastecimiento del país en condiciones de igualdad territorial y coste razonable. Haciendo frente a las servidumbres del servicio público sin incurrir en las imperfecciones que la intervención de la política traslada a la realidad de los hechos en el tema del agua. La mano invisible, que es mano sabia según parece.

España es un país algo árido, menos de lo que algunos dicen y seguramente más de lo que otros muchos deseamos. Como en todas las áreas geográficas de esta naturaleza se dan contrastes muy acusados porque el proceso de desecación y empobrecimiento edafológico de los suelos avanza con la deforestación, la erosión y las sequías que sobrevienen cíclicamente. Nuestro país es una

singularidad marcada dentro de Europa donde la sensibilidad regional hacia los problemas del agua es en general mucho menor que en las zonas con baja pluviometría, principalmente las del arco Sureste de la península Ibérica. España se encuentra situada en una especie de encrucijada bioclimática entre nuestro continente y África, separada de las regiones del norte por las cadenas alpinas circunmediterráneas y los zócalos hercínicos Europeos.

El riesgo natural más conocido de nuestro país es el que corresponde a los procesos de desertificación que suponen un deterioro rápido y a veces irreversible de las condiciones ambientales, conduciendo a la aparición de algunas zonas con características que recuerdan a las del desierto subtropical cálido. Los ríos de categoría pluvial –siguiendo la clasificación de Masachs– constituyen mayoría en España y son la práctica generalidad en cuencas homogéneas situadas por debajo de la hipsométrica de 1000 m. Los caudales naturales estacionalmente disponibles al margen de la regulación mantienen un ritmo similar a la estructura mensual y estacional de las precipitaciones.

España es un país seco en términos estadísticos pero no lo es obviamente de igual forma que África donde el Sahel, la banda de territorios situados entre Etiopía y Senegal al sur del Sahara, sufrió en los Ochenta la peor sequía registrada en el mundo desde el fin de la segunda guerra mundial. Aunque las cuestiones relacionadas con el cambio del clima son difíciles de discernir y exigen prudencia, muchos expertos sugieren que existe una relación entre éste y la recurrencia de las sequías que podrían ser una manifestación del preocupante fenómeno.

El agua adquiere un valor geopolítico, al menos Kjelten el geógrafo Noruego originador de ese término incluía su disponibilidad o escasez entre las variables a considerar en la estimación del valor potencial de una determinada región o país concreto. La importancia del agua como factor de desarrollo –no sólo para la agricultura sino para otros usos de mayor valor añadido– le otorga un valor estratégico como recurso de primera importancia. No es por casualidad que el único intento lamentablemente fracasado de aportar agua dulce a los países de la zona desértica tan importante que es la península Arábiga se denominase *The Peace Pipeline*, promovido por el gobierno Turco de Turgut Ozal hacia 1987 para derivar 6 millones de m³ diarios desde los ríos Seyhan y Ceyhan en Anatolia, hasta Siria y Jordania en el Este, y Kuwait, Arabia Saudita, Bahrain y Qatar en el Oeste.

La gestión del agua como recurso estratégico y bien económico se complica legalmente cuando países diferentes comparten cuenca. En ese caso es preciso inscribir los derechos y obligaciones de cada uno de ellos en tratados internacionales, dando lugar a figuras relativamente complejas que limitan la libertad de decisión de cada uno en beneficio del uso ordenado y conjunto del

recurso hídrico. Los acuerdos sobre el agua en países corriparios se suelen basar en figuras y conceptos del derecho público internacional como los de soberanía territorial, integridad o comunitarismo. Quizá no estuviese de más inspirarse en criterios similares también para evitar conflictos interregionales dentro de las naciones cuyos gobiernos no son capaces de ejercer una visión conjunta de los problemas del agua.

El estado de California presenta algunas similitudes curiosas con España, interesantes desde el punto de vista de la política hidráulica –irregularidad, número de embalses– aunque hay personas que equivocadamente consideran que nada desde allí pueden enseñarnos en este campo. California, cuya imagen nos trae a la memoria recuerdos del verdor y la riqueza botánica exuberante de lugares como San Francisco, Bel Air, Pacific Palisades o La Jolla, es en términos estadísticos una región más seca que España pues su pluviometría media se sitúa por debajo de la isoieta de 500 mm en el 65% del territorio.

Pero la octava potencia económica del mundo, con extensión y población no muy distantes de las de España, vio con claridad meridiana que la creación de riqueza exigía un gigante esfuerzo previo para mover el agua y reconfigurar una hidrología inconsistente con sus posibilidades de desarrollo. De esa determinación colectiva, de esa visión hidráulica poderosa surgió el inmenso valor que hoy tiene *The Golden State*.

Quizá sea en California y no en el Oriente Medio donde finalmente se ha cumplido la visión de Isaías: “Porque he alumbrado aguas en los páramos y ríos en el desierto, para dar de beber a mi pueblo, a mi elegido, al pueblo que hice para mí y que cantará mis loores”.

O tal vez haya sido obra de la mano invisible. Quien lo sepa que lo cuente, si le dejan y le apetece.

C e s a r L a n z a



Nació en León –capital– en agosto de 1955, pero tal como van las cosas casi preferiría haber nacido en Zürich. Es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (1978) y Computer Science MSc (1988). Hasta el año 1982 trabajó en las empresas AYESA, Estudio L-I y Gibbs&Hill, en proyectos relacionados con puentes, hidráulica, urbanismo y energía. Ingresó ese año por oposición libre en el cuerpo de Administradores Civiles del Estado (especialidad técnica), dentro del cual desempeñó el puesto de Subdirector General del Ministerio de Industria y Energía, siendo consejero de las empresas ENCE e INISEL. Cesó en el Estado a petición propia en el año 1986 para completar su formación universitaria como becario Fulbright realizando estudios universitarios de postgrado (Master of Science) en ingeniería eléctrica y ciencias de la computación en Los Ángeles, California, donde pasó tres semestres inolvidables. A su vuelta a España fundó Tecnova I.C. firma independiente de ingeniería de sistemas con especialización en proyectos de nuevas tecnologías en los campos del transporte y de la energía. Al frente de Tecnova sigue ejerciendo lo mejor que puede las funciones de ideador, organizador y animador del trabajo de sus muy competentes colaboradores, intentando no caerse con tanto trajín y tener una aceptable cuenta de resultados. Es miembro del IEEE y de ASCE, así como de la American Mathematical Society, amigo del IVAM y socio del Círculo de Bellas Artes de Madrid. Últimamente promueve la red informal denominada “nice” sobre innovación en la ingeniería civil, y al igual que Boris Vian piensa que lo mejor que hay en el mundo, aparte de la propia ingeniería naturalmente, es la música de Duke Ellington y el amor en todas sus manifestaciones.



FUNDACION
ESTEYCO

Menéndez Pidal, 17. 28036 Madrid
fundacion@esteyco.es · www.esteyco.es



FUNDACION
ESTEYCO