



Fenómenos naturales y escala temporal

Santiago Hernández Fernández

DESCRIPTORES

ESCALA GEOLÓGICA
ESCALA ECOLÓGICA
ESCALA HUMANA
GEODINÁMICA EXTERNA Y BIOSFERA
FENÓMENOS NATURALES
ADAPTACIÓN A LA NATURALEZA
INGENIERÍA Y CATASTROFES

Un universo sin reloj y sin programa

Parece que el universo tiene unos 13.700 millones de años, nuestro planeta del orden de 4.600 millones de años, y es posible que la vida surgiera en la Tierra hace casi 4.000 millones de años. Puede decirse, por tanto, que la vida ha estado presente durante buena parte de la compleja evolución geológica del planeta, acomodándose a las circunstancias, sobreviviendo a cataclismos regionales y generales, aprovechando todas las oportunidades para colonizar nuevos espacios y, felizmente, interfiriendo y regulando los grandes ciclos planetarios, hasta conseguir las condiciones actuales, que han permitido la evolución del *Homo sapiens*.

La evolución de la vida ha sido siempre difícil y compleja: dio sus primeros pasos en las aguas, en unas condiciones verdaderamente inhóspitas; posteriormente, por numerosas circunstancias puntuales, sufrió fuertes glaciaciones que pudieron ser completas en dos ocasiones, convirtiendo a la Tierra en una bola de hielo, hace unos 2.200 y 600 millones de años, tras las cuales podrían haberse dado los grandes pasos hacia la vida actual (células procariotas y organismos macroscópicos, recíprocamente) tras dos subidas bruscas, en esas dos etapas, de la cantidad de oxígeno en la atmósfera; después, la vida conquista la tierra firme, a lo que seguiría la gran radiación cámbrica; y finalmente se han ido produciendo, de forma aparentemente aleatoria, hasta veinte períodos de extinciones de especies, con cinco grandes extinciones hace unos 440 millones de años (fin del Ordovícico),

365 millones de años (fin del Devónico), 225 millones de años (fin del Pérmico), 210 millones de años (fin del Triásico) y 65 millones de años (fin del Cretácico).

Buena parte de estas catástrofes eran globales y tenían sus orígenes fuera del planeta, como consecuencia de choques de meteoritos (de los que incluso actualmente pueden reconocerse más de 150 cráteres causados por los impactos). Otras, con efectos también globales, eran causadas por nuestro propio planeta, debido a cambios en los movimientos de giro sobre su eje y de traslación alrededor del sol (*precesión*, movimiento de balanceo del eje de giro de la tierra, que describe un cono cada 25.868 años; *nutación*, oscilación del eje debido a la atracción lunar, con ciclos de 18,6 años; *oblicuidad*, cambio en la inclinación del eje terrestre respecto del plano orbital o de la elíptica, con ciclos de 41.000 años; cambio en la *excentricidad* de la elipse, debido a que la órbita que describe la tierra alrededor del sol es elíptica y su excentricidad variable con ciclos de 100.000 años), y producían aisladamente, o de modo conjunto cuando las consecuencias negativas se sumaban, drásticos cambios climáticos con efectos notables sobre los ecosistemas terrestres. Finalmente, y al mismo tiempo, se producían también grandes erupciones volcánicas, los continentes se desplazaban, cerrando o abriendo mares y acercándose o alejándose de los polos y el ecuador, y el resultado afectaba drásticamente las condiciones climáticas regionales y locales.



Fig. 1. Los ríos de montaña, con fuertes pendientes, arrastran rocas enormes, aunque su intermitencia sea de décadas o siglos.

Hay que destacar que, curiosamente, a las grandes extinciones han seguido las grandes explosiones de vida. Lo cierto es que la historia del planeta solo puede entenderse como una interacción permanente entre las interferencias del espacio, los movimientos de giro y traslación terrestres, la actividad geológica del planeta (geodinámica interna y externa) y los procesos biológicos. El enorme grado de incertidumbre y aleatoriedad temporal de los principales acontecimientos ha producido una resultante caótica e impredecible que no permite reconocer un programa previsible ni un objetivo final identificable, aunque sí parece que la biosfera incrementa su biodiversidad y logra mantener una cierta estabilidad climática general en el planeta; en todo caso, aunque podamos percibir ciertas tendencias —reducción de los impactos de meteoritos, enfriamiento del interior del planeta, aumento de la temperatura del Sol, alargamiento de los días o alejamiento de la Luna—, no podemos garantizar que cualquiera de los acontecimientos pasados no se repita.

Vamos conociendo cada vez mejor el funcionamiento del universo, de nuestro planeta y de los ecosistemas terrestres, pero faltan siglos de investigación para que podamos entender sus bases. Por el momento vamos descubriendo algunos de sus condicionantes más elementales, pero tenemos grandes lagunas, incluso en el conocimiento de sus orígenes: seguimos sin saber qué pasó en los primeros instantes del universo y en los primeros pasos de la vida.

Un planeta ordenado por la biosfera

Mientras nuestro planeta recorre el espacio en su giro alrededor del Sol, la erosión sigue limando sus relieves y llevando los sedimentos a los fondos oceánicos, los continentes (las placas tectónicas) siguen desplazándose varios centímetros por año, la corteza sigue desapareciendo en las zonas de subducción y renaciendo donde las placas se separan, los puntos calientes producen y mantienen los volcanes, las zonas de fricción siguen generando los terremotos para restablecer precariamente las fuerzas, etc.

En definitiva, el juego de intereses espacio-planeta-vida continúa manteniendo su particular pugna, cuyo resultado es un precario equilibrio dinámico, con el esfuerzo unilateral de los seres vivos tratando de estabilizar y organizar los procesos. La vida se aferra a los ciclos reconocibles, a escala ecológica, que impone nuestro sistema solar y evoluciona permanentemente para adaptarse a los ritmos circadianos, las mareas, las fases lunares, las estaciones, etc., dejando que ordenen y regulen casi todos los ciclos biológicos. La vida trata de crear rutinas, controlar las imprevisiones, establecer sus propios procesos, independizarse de las condiciones externas y conseguir ecosistemas maduros que se autorregulen. En definitiva, la vida parece que pretende ordenar el caos y regular su aleatoriedad, tratando de conseguir que los procesos biológicos sean predecibles. A escala continental y regional parece haberlo logrado en sus ecosistemas





Fig. 2. La ocupación de valles en ríos de montaña presenta graves riesgos, que hay que valorar y cubrir.

más evolucionados, como es el caso de los bosques tropicales o los corales. A escala planetaria también parece que puede controlar con escasas variaciones la temperatura media y los grandes ciclos.

Podemos reconocer cuatro escalas de medida para el factor tiempo, con órdenes de magnitud diferentes: geológica, ecológica, humana (de especie *Homo sapiens*) y personal; y tres escalas de medida para el factor espacio: local, continental y planetaria. Pero la vida solo encuentra su equilibrio con sus dos variables fundamentales, el tiempo y el espacio, a gran escala, es decir, a escala geológica y planetaria. A medida que descendemos a escala de tiempo ecológica o humana y a escala de espacio continental o local, aumentan los niveles de incertidumbre en la estabilidad de la biosfera.

Cuando decimos que la naturaleza se ha recuperado siempre de las grandes catástrofes, aunque tarde en hacerlo más de 100 millones de años como ocurrió con la mayor de todas, a finales del Pérmico, queremos decir que ha vuelto a recuperarse el número de familias que resultaron extinguidas. En realidad lo que ocurre es que la vida "crea" nuevas especies que vuelven a ocupar los "espacios vacíos" que había dejado la catástrofe anterior. Pero la vida no retrocede en su evolución ni se detiene en recuperar las especies perdidas ni siente nostalgia del pasado. La evolución, aunque no parece tener ningún programa definido, genera nuevas soluciones para los viejos problemas, utilizando una renovada biodiver-

sidad (nuevo catálogo de especies) con las que prueba distintas combinaciones para construir los nuevos ecosistemas. Su norma aparente es "dejar hacer" a cada especie y seleccionar rigurosamente a las energéticamente más eficientes, en un permanente ajuste de las relaciones interespecíficas, que llevan a crecientes complejidades ecosistémicas.

Finalmente, hay que destacar que la biosfera se reserva un as en la manga, pues posee un canal de comunicación entre los factores tiempo y espacio; se trata de su capacidad para adaptar sus procesos a escala ecológica (es decir, rápidos en términos geológicos, y lentos en términos humanos, al tiempo que reducidos a escalas locales o continentales) a algunos procesos geológicos (es decir, lentos y a escala planetaria). Un ecosistema puede "viajar" sobre un continente desplazándose, a medida que éste se mueve, para conservar el mismo lugar relativo en el planeta por sus características climáticas.

La naturaleza evita las riadas

La vida tiende a cubrir todo el territorio disponible con la vegetación, para construir sobre ella sus ecosistemas, interactuando con la litosfera y formando el suelo fértil. El suelo, en el sentido edafológico, es la zona de interacción entre la litosfera y la biosfera; es la capa intermedia entre la atmósfera y la roca madre. Bajo la acción de los agentes atmosféricos (viento, lluvia, nieve, sol...) y de los seres vivos que forman la edaofauna (bacterias, algas, hongos, insectos, lombrices, raíces...)



Fig. 3. Los deslizamientos de ladera y los procesos erosivos pueden incrementarse por cambios de uso del suelo con pérdida de cobertura vegetal.

se van produciendo unos cambios en la roca madre, mecánicos, físicos y químicos, que transforman las sustancias minerales originales en materia asimilable por las plantas.

El suelo es la base del ecosistema, no hay plantas sin suelo ni suelo sin plantas. La eliminación de esta capa de suelo por cualquier procedimiento supone el comienzo de un proceso de degradación que puede terminar con la destrucción de la capacidad del terreno para soportar una comunidad vegetal y, evidentemente, la correspondiente fauna. Así, debe existir un equilibrio entre la formación del suelo y su erosión. Como vemos, en cualquier lugar de la naturaleza encontramos, quierase o no, un equilibrio dinámico de fuerzas contrapuestas que mantiene comunidades o circunstancias muchas veces aparentemente distintas, pero perfectamente interrelacionadas por múltiples conexiones que les dan una gran estabilidad ante las variaciones naturales. La edafofauna representa una gran parte de la biomasa del ecosistema; en el caso de un hayedo puede oscilar de modo general entre 700 y 200 kilogramos de biomasa por hectárea, contando lombrices, gasterópodos, ácaros, dípteros, diplópodos, colémbolos, insectos, arañas, etc. Las bacterias, por su parte, pueden, en suelos buenos, aportar una biomasa de 500 kg/ha o más.

Por lo tanto debemos aprender una gran lección: *el suelo es una pieza imprescindible para el equilibrio del planeta*, por ser el primer escalón de la vida terrestre. Una cuenca en equilibrio edáfico estará cubierta de vegetación natural (plantas

herbáceas, arbustos y árboles) y, en consecuencia, los ríos que la drenan recibirán agua con nutrientes disueltos para la biocenosis acuática y pocos elementos minerales en suspensión.

Las hojas interceptan un 15-30% de la lluvia, dependiendo, naturalmente, del tipo de árboles, de la edad de éstos y de la densidad. El agua así retenida escurre por las hojas y ramas para terminar cayendo al suelo, aunque otra parte del agua seguirá el camino de las ramas mayores y caerá escurriéndose por el tronco del árbol. Puede estimarse que el estrato arbóreo de un bosque retiene un 1,5-2% de la precipitación, que empapa el árbol y se evapora, y difiere por escurrimientos y goteos entre un 15 y un 30 por ciento de las precipitaciones. La vegetación evita el efecto goteo, aumenta la infiltración, alimentando los acuíferos, retrasa la formación de corrientes superficiales, reduce su velocidad y evita la formación de cárcavas, protege al suelo de la desecación y reduce la evaporación.

Resumiendo, las cuencas con vegetación natural dificultan, difieren y reducen los escurrimientos superficiales, produciendo una mayor infiltración que alimenta las fuentes y los pozos. Por lo tanto las cuencas con vegetación natural tienen un menor coeficiente de escorrentía y, al mismo tiempo, un mayor tiempo de concentración. Es decir: para las mismas precipitaciones producen una mayor laminación de las avenidas y menores caudales punta. Por tanto, en la medida de sus posibilidades, *la naturaleza trata de evitar las riadas*, es decir, sobresaltos a la ya difícil vida de la fauna fluvial.



La naturaleza se acopla a la geodinámica externa

El ciclo natural de erosión, arrastre y sedimentación de la superficie continental, con las mil posibilidades de interferencias y su compleja casuística, es el negativo de los procesos orogénicos que generan nuevos relieves en la corteza. Con ellos la corteza cambia lenta y continuamente de forma, las rocas cierran largos ciclos de miles de millones de años, y continentes y mares cambian de posición, forma y relieve.

En estos procesos globales, las distintas escalas temporales (geológica, ecológica, humana –*Homo sapiens*– y personal) y espaciales (local, continental y planetaria) adquieren todo su protagonismo y trascendencia; la visión de las oscilaciones de lo pequeño o de lo rápido puede entenderse abriendo la escala para percibir fenómenos más lentos y generales que, estudiados en su conjunto, permiten obtener una perspectiva global que, entonces, ilumina todos los procesos parciales.

Este debe ser nuestro punto de vista para entender los fenómenos que suceden de modo natural en la corteza terrestre. Terremotos, tsunamis, tempestades, tormentas, nevadas, huracanes, inundaciones, desprendimientos de rocas, corrimientos de tierras, aludes de nieve, grandes incendios forestales, olas de frío o de calor, grandes sequías, etc., son manifestaciones puntuales de procesos globales identificables a gran escala, temporal y territorial, cuya previsión a escala *Homo sapiens* puede ser problemática, difícil e incluso poco útil; pero la ocurrencia de algunos de ellos a escalas local y personal (es decir en nuestro ámbito de vida profesional), puede predecirse, al menos, en alcance, magnitud y probabilidad.

La naturaleza, parece evidente que ha evolucionado entre estas complejas y catastróficas manifestaciones, controlándolas en parte en algunas ocasiones, a las que ha logrado adaptarse con mayor o menor rapidez. Nuevamente la naturaleza puede servirnos de ayuda, en nuestro interés en conocer mejor estos sucesos, mostrándonos sus consecuencias y las heridas que sufrió con ellos. Esta idea “abre” un nuevo campo para el estudio de la naturaleza desde la ingeniería, con la finalidad de adaptar mejor nuestras obras y la ocupación del territorio a estos procesos naturales capaces de producir grandes daños en infraestructuras y en vidas humanas. En realidad deberíamos decir “reabre” una vieja y fructífera relación ingeniero-territorio, quizás injustificablemente interrumpida, pues los comienzos de la ingeniería estaban íntimamente relacionados con el terreno, con sus formas, con su comportamiento y con sus circunstancias.

Un nuevo campo para la ingeniería civil

La ingeniería debe ocuparse, en primer lugar y cada día con mayor intensidad, de los problemas ambientales que pueden derivarse de las obras civiles, para compatibilizar *los caminos de la naturaleza* con las infraestructuras necesarias para el desarrollo de la civilización; esta preocupación forma parte de nuestra profesión y de nuestro compromiso con la sociedad; no debemos olvidar que *un proyecto de ingeniería es la respuesta técnica para resolver un problema social*. En segundo lugar, y no por eso menos importante, debemos tener también

presente que existen determinados fenómenos o acontecimientos, que suelen llamarse de modo genérico *catástrofes naturales*, que pueden producir cuantiosos daños personales y materiales, cuya prevención exige un mejor conocimiento de la naturaleza y de sus procesos geológicos y ecológicos. En tercer lugar, todos estos fenómenos naturales tienen algo en común:

- a. Suelen dejar huellas claras sobre el terreno, que permiten un estudio científico, incluso muchos años después del suceso.
- b. Responden a una lógica determinada por la combinación de unas circunstancias locales del terreno (topografía, morfología, naturaleza, disposición, etc.) y otras propias del fenómeno (climáticas, geológicas, geotécnicas, etc.).
- c. Cada uno de ellos sucede en lugares concretos, mientras que en otros territorios son prácticamente imposibles.
- d. Existe la posibilidad de deducir y obtener algunas hipótesis razonables sobre sus probabilidades de ocurrencia o repetición.
- f. Podemos realizar evaluaciones aproximadas sobre su peligrosidad y sobre los daños previsibles para cada lugar concreto.

Estas emergentes actividades abren nuevas perspectivas para el ejercicio profesional de los ingenieros civiles, que se traducen directamente en un incremento notable de nuestra aportación a la sociedad que servimos, lo que produce incrementos directos de la seguridad, y de la calidad de vida, de los ciudadanos. Surge, en definitiva, un nuevo campo para la ingeniería civil, que deberá abordar complejos problemas relacionados con el uso del terreno y que está llamado a desarrollar importantes servicios en las próximas décadas. Un gran reto para el futuro de la ingeniería, cuyas consecuencias más importantes pueden ser las siguientes:

- *Refuerzo notable de su tradicional función social*, dando respuesta a nuevos problemas ligados sociales, cuyas consecuencias para la población suelen ser inversamente proporcionales al desarrollo económico y cultural de los pueblos.
- *Modificación de los habituales campos de decisión*, al afectar a problemas y sectores sociales en los que la técnica puede ser un factor de menor peso. En estos ambientes las soluciones de los problemas exigen un análisis complejo, una negociación multisectorial y unos condicionantes fuera del campo estrictamente técnico. El líder del proceso debe ser conocedor de todos los factores implicados.
- *Ampliación del carácter interdisciplinar en los estudios necesarios*, lo que exige gran capacidad para desarrollar trabajos en grupo, reuniones de colaboración huyendo de los personalismos y los proyectos personales, discusiones multisectoriales con especialistas de disciplinas muy diferentes y constancia para sumar objetivos, admitir nuevas soluciones y construir ideas.
- *Aproximación a la realidad territorial*, como factor crucial del problema y de las soluciones. La necesidad de conocer y estudiar el terreno hace que el plano y el ordenador tomen su tradicional función de elementos adicionales sobre los que se ponen resultados. Lo que existe es el campo, el árbol, el río, el monte, el suelo, la edafofauna. Ellos son el objeto del estudio, ellos son los afectados y ellos deben ser el



Fig. 4. También las costas tienen sus espacios para el equilibrio a largo plazo y nos muestran que no debemos interferir su dinámica litoral.

objetivo de la solución. Así gana peso el trabajo personal, la creatividad, la valoración de los ecosistemas naturales y el conocimiento del funcionamiento de la naturaleza y sus manifestaciones bruscas.

- *Apertura de nuevos campos a la investigación*, en los que se conoce mucho menos de lo que resulta imprescindible para tomar multitud de decisiones, cuya trascendencia social puede ser enorme. Es preciso incrementar notablemente la investigación para conocer los impactos verdaderos de las obras sobre todos los factores que exige la ley estudiar, para realizar los estudios de impacto ambiental. Igualmente es necesario desarrollar verdaderos programas de investigación, a medio y largo plazo, para conocer la eficacia de las medidas correctoras que se proyectan y, posteriormente, poder aplicarlos para mejorarlas.
- *Oferta de enormes posibilidades en la gestión*, tanto de la prevención de los problemas, como de la resolución de las consecuencias inmediatas y de la restauración posterior de los daños causados en las infraestructuras. Gestión que alcanza a todos los campos relacionados con el medio ambiente y los procesos naturales implicados en inundaciones, deslizamientos, movimientos sísmicos, fuertes vientos, etc.

Hay que resaltar que el proceso de globalización mundial afecta a todos los países y se aprecia en todos los sectores; ha alcanzado también a la ingeniería civil. Las empresas del sector de la construcción trabajan en todos los países y los in-

genieros van y vienen de unos a otros, en el ejercicio de su actividad profesional. En este contexto debemos resaltar la importancia de que los profesionales de la construcción, en función de unos principios éticos admitidos por todos, actuemos en un país en desarrollo con los mismos parámetros socio-ambientales que nos exigen en los países desarrollados.

Las catástrofes naturales

La ONU advierte de que las catástrofes naturales afectan cada vez a más personas (Ginebra, 2 de noviembre de 2004); 254 millones de personas se vieron afectadas en diversos grados por fenómenos tales como inundaciones, sequías, terremotos o huracanes, según un comunicado de la Conferencia Mundial para la prevención de catástrofes, citando estadísticas de la Universidad católica de Lovaina (Bélgica). El número de personas fallecidas fue de 83.000. Entre las causas cita los cambios climáticos y las urbanizaciones incontroladas. Teniendo en cuenta la naturaleza imprevisible de estos fenómenos, las cifras varían considerablemente de un año a otro. "La gente es cada vez más vulnerable porque cada vez más personas se ven obligadas a vivir en zonas urbanas con riesgos", declaró el director de la Estrategia internacional para la prevención de catástrofes (SIPC), Salvano Briceno. De aquí al año 2025, más de 5.000 millones de personas vivirán en zonas urbanas, de las que 2.000 millones se alojarán en barrios de chabolas expuestos a inundaciones, sismos o





Fig. 5. Hemos de revisar los parámetros que condicionan las máximas avenidas (sin olvidar la gestión de las actividades antrópicas en cuencas y cauces) para evitar estos sucesos.

corrimientos de tierra. De las 100 mayores ciudades del mundo, 70 estarán situadas en zonas de riesgo. Además, las catástrofes se suceden ahora de manera más frecuente, 337 fenómenos naturales de estas características registrados en 2003 frente a 261 en 1990. “Solo hay que ver el número de ciclones de este año, es difícil retener los nombres”, apuntó un responsable de la SIPC, John Harding. “Los investigadores aseguran que la intensidad y la frecuencia de las catástrofes probablemente van a incrementarse a corto plazo debido a los cambios climáticos. “Este aumento parece que se está produciendo ya en la actualidad”, añadió Harding.

La naturaleza, en esencia, es el conjunto formado por las leyes del universo; el complejísimo, dinámico y cambiante resultado final de la interacción de esas leyes universales con nuestro prístino mundo físico más cercano ha formado la biosfera y, seguramente, puede haber adoptado soluciones muy diferentes en otros puntos del universo. Así, nuestra particular biosfera no sería la naturaleza sino su consecuencia: un simple estado de equilibrio estacionario, entre los infinitos posibles, alcanzado arbitrariamente en nuestro pequeño planeta al aplicar sobre él, en un momento concreto y con unas condiciones iniciales determinadas, las leyes del universo (“la naturaleza”).

En este sentido carecería de sentido aplicar la, tan desafortunada como frecuente, afirmación de que la ingeniería, la técnica o la civilización deben dominar a la naturaleza. Talar un bosque, trasladar una montaña, embalsar un río, pro-

ducir electricidad, viajar a la velocidad del sonido o urbanizar el planeta, no es dominar la naturaleza, sino diferentes formas de alterar los equilibrios parciales logrados por “la naturaleza” (las leyes del universo) en nuestro planeta.

Por el contrario, dominar la naturaleza sería controlar sus leyes (de la gravedad, de la energía, de la entropía, de la relatividad, etc.) y esto, al menos hasta el momento, está fuera de nuestras posibilidades; ni siquiera podemos controlar sus más directas repercusiones, de las que dependen los factores fundamentales que determinan el equilibrio del planeta, como por ejemplo su ciclo energético, es decir, el flujo de energía solar, los ciclos térmicos de la atmósfera o de los mares, la disipación de la energía interna del planeta o los movimientos de los continentes (teoría de placas), etc.

Las manifestaciones de este ciclo energético planetario, con sus diferentes velocidades según que el medio empleado para el transporte y/o disipación de la energía sea el aire, el agua o el terreno, nos sorprenden periódicamente en tiempo y forma, recordándonos insistentemente la superioridad de su escala. De él depende el equilibrio de la biosfera, es decir, de todas las formas de vida terrestre, incluida nuestra propia especie; él controla la erosión, el balance hídrico, la formación del suelo fértil, las corrientes oceánicas, los ciclos geológicos, los movimientos de la corteza o el clima terrestre. Pero “regularmente” se producen concentraciones de energía que son disipadas bruscamente; es el caso de los terremotos, las erupciones volcánicas, las grandes tempestades y tormentas, los



Fig. 6. Incluso cuencas reducidas y pequeñas ramblas pueden acabar con nuestras infraestructuras, si no logramos unidad de acción en los terrenos del río.

tornados, las olas de calor o de frío, las terribles inundaciones, los aludes y corrimientos de laderas, los prolongados períodos de sequías, etc.; que cuando ocurren en zonas habitadas pueden causar grandes pérdidas materiales y, en muchas ocasiones, humanas, y entonces las llamamos de forma genérica “*catástrofes naturales*”.

Del análisis anterior puede deducirse que estas catástrofes naturales son manifestaciones “*normales*”, más o menos localizadas, periódicas y con frecuencia estadísticamente predecibles; por lo tanto, sus consecuencias también podrían ser controladas; pero lo cierto es que parece ocurrir casi todo lo contrario. ¿Por qué? La respuesta puede ser todo lo compleja o sencilla que queramos, pero la realidad es que una riada solo puede dañar a quienes se encuentran en su curso, un terremoto a quien tiene un techo pesado sobre su cabeza y un tornado a quien está en su trayectoria. ¿Quién es el culpable de que sigan construyéndose edificios, pueblos y ciudades en lugares de alto riesgo? ¿Quién decide que la sociedad adopte soluciones con riesgos crecientes?

Nuestras ciudades son cada vez mayores y se van llenando con cantidades crecientes de sustancias explosivas (gas, gasolina, pólvora...), de combustibles tóxicos (plásticos, pinturas, grasas, aceites...), de aparatos peligrosos (automóviles, ferrocarriles, ascensores, motores...), de locales con elevada concentración de personas (estadios, discotecas, cines, almacenes...) y de zonas con alta densidad de edificación y grandes rascacielos. Con ellas, está muy claro, estamos cons-

truyendo un hábitat “artificial” en el que asumimos, en nombre del progreso, unos riesgos crecientes; en estas condiciones las consecuencias de las conocidas “*catástrofes naturales*” tendrán unos efectos negativos mucho mayores.

En resumen, debemos asumir que nuestra civilización no puede dominar a la naturaleza sino que ineludiblemente debe convivir con sus leyes y adaptarse a sus ciclos naturales; solo el mejor conocimiento de sus ritmos y nuestra integración en ellos puede garantizarnos una convivencia pacífica que reduzca los elevados riesgos de un irresponsable enfrentamiento a sus leyes y a los procesos naturales de disipación energética.

Creo que el campo profesional de los ingenieros civiles es el más adecuado para encontrar soluciones posibles, y medidas eficaces, para la prevención de estas, mal llamadas, “*catástrofes naturales*”, tanto en Europa como en cualquier punto del planeta. Somos los proyectistas de las infraestructuras que condicionan los asentamientos urbanos, las formas de urbanismo y el resto de infraestructuras energéticas, hidráulicas, de transporte, abastecimiento, etc. que permiten el funcionamiento y desarrollo de nuestra civilización. Sin duda tenemos ante nosotros un gran reto al que debemos dar solución en las próximas décadas. □

Santiago Hernández Fernández
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

