

# Riesgos naturales de carácter atmosférico

LORENZO GARCÍA DE PEDRAZA

METEORÓLOGO E HIDRÓLOGO

A menudo, los fenómenos adversos de la Naturaleza dañan a los activos y funcionamiento de las empresas, incluso con más frecuencia y gravedad que las que se les otorga en comparación con los riesgos de carácter tecnológico.

En la gama de riesgos de la Naturaleza, los originados en la atmósfera implican efectos muy variables según la región del planeta Tierra en que se produzcan.

## Introducción

El riesgo, como concepto puro, entraña la posibilidad de que se produzca un daño. A su vez, se expresa por la varianza en la distribución de la probabilidad cuando se aplica la estadística a una larga serie de datos. Es decir, el riesgo es una predicción estadística del daño esperado, lo que lleva implícito un coste económico. El riesgo implica una predicción de la adversidad y una previsión para evitar el daño, ante la incertidumbre y vulnerabilidad. A tal fin se recurre a medios de protección o de evasión frente al impacto de la adversidad.

Dentro de los riesgos naturales: terremotos, volcanes, maremotos, adversidades atmosféricas... este trabajo se ocupa de los riesgos de tipo atmosférico o meteorológico.

Cuando se tienen una larga serie de observaciones meteorológicas es posible fijar los valores medios normales y analizar las desviaciones respecto a ellos, determinando los excesos o defectos. Ello permite definir y clasificar adversidades meteorológicas en este sentido.

Con los datos de archivos climáticos es posible determinar los espacios geográficos (comarcas y regiones) y los períodos de retorno y tristes efemérides, lo que es fundamental para la planificación futura.

Gráfico 1. Adversidades atmosféricas

Temperatura	Exceso	Aire reseco y recalentado. Olas de calor. Vientos terrales. Incendio forestal
	Normal	Valores promedios de fácil referencia.
	Defecto	Acusado descenso térmico. Olas de frío. Heladas. Temporal de nieve.
Lluvia	Exceso	Intensas y/o copiosas lluvias. Inundaciones, encharcamientos, deslizamientos, arrastres y erosión.
	Normal	Lluvia moderada y oportuna. Valores medios y variabilidad de $\pm 20$ por 100 respecto al valor normal.
	Defecto	Falta de lluvia y humedad. Acusada evapotranspiración. Sequía y aridez.
Viento	Exceso	Viento violento y huracanado. Intensas rachas y turbulencias. Daños en bosques y edificios. Desmantelamiento.
	Normal	Valores medios de velocidad y recorrido. Rosa climática de viento; Frecuencia en rumbos y velocidad.
	Defecto	Períodos de calma o ventolina. Viento flojo asociado a los anticiclones.

Históricamente, el hombre siempre ha tenido que convivir con el riesgo. La importancia que se atribuye a las adversidades atmosféricas se colige de pronunciamientos como los siguientes:

- En el plano internacional: Naciones Unidas ha fijado el período 1990-1999 como «Decenio Internacional de la Reducción de los Desastres Naturales» (DIRDN), una de cuyas misiones es la predicción, vigilancia y aviso de fenómenos naturales capaces de causar daños a personas y bienes. Entre los fenómenos meteorológicos se presta gran importancia a las lluvias torrenciales, violentos vientos de los ciclones tropicales, grandes sequías, etc.

- En el plano nacional, en España, la Dirección General de Protección Civil y el Instituto Nacional de Meteorología han puesto en marcha desde 1989 las campañas PREVIMET dedicadas a predicción y aviso de lluvias intensas en otoño para el Mediterráneo (septiembre a noviembre), a la predicción de galeonas en el Cantábrico (junio a septiembre), a la predicción de nevadas en todo el territorio nacional especialmente en invierno, con posible extensión a primavera y otoño.

Todo ello indica la importancia que se con-

cede a la evaluación, prevención y mitigación de daños de las adversidades de tipo meteorológico (viento, torrenciales lluvias, heladas, tormentas...) o de tipo climático (sequía, erosión...).

Seguidamente se presentan, sintéticamente, las adversidades atmosféricas más generalizadas en el planeta.

- Heladas. Olas de frío.
- Elevadas y extremas temperaturas. Golpes de calor.
- Vientos violentos. Rachas huracanadas.
- Lluvias intensas y/o copiosas. Riadas e inundaciones.
- Temporales de nieve. Fusión y aludes.
- Tormentas, granizo y rayos.
- Nieblas. Peligro para el tráfico por tierra, mar y aire.
- Largos períodos de sequía. Efectos en embalses y cultivos.
- Deslizamientos de tierra.
- Incendios forestales.
- Contaminación atmosférica.
- Erosión de suelos.

Ligados a esas adversidades pueden surgir peligros más complejos de tipo biológico o edáfico, por ejemplo, propagación de incen-

dios forestales, aparición de plagas de insectos, epidemias para los seres humanos, contaminación del ambiente, erosión de suelos, movimiento de dunas de arena, deslizamiento de tierras, etc.

No olvidemos que la catástrofe supone un fenómeno que implica pérdida de vidas y pérdida de bienes. En consecuencia, requieren el mayor interés y dedicación.

## Heladas. Olas de frío

Los períodos de baja temperatura, con varios grados bajo cero, pueden significar grandes daños: roturas de tuberías de conducción de agua, placas de hielo en calles y carreteras, aumento de necesidades de calefacción (horas punta de consumo de energía). La helada no es propiamente un meteoro, sino el conjunto de varias circunstancias que se presentan simultáneamente. Influyen la altitud y orientación topográfica: montañas, mesetas, valles..., así como el tipo de suelo y la cubierta vegetal.

De forma convencional, se conoce como día de helada aquél en que la temperatura mínima del aire es igual o inferior a 0 °C. Varían mucho los valores según estén registrados dentro de la garita de la estación meteorológica (a 150 cm del suelo) o bien a la intemperie (a sólo 10 cm del suelo). La helada tiene gran interés bajo el punto de vista del confort y bienestar humano (necesidades de abrigo y calefacción). También en la pérdida de cultivos (viña, cereales, olivar, huerta...).

Se distinguen tres tipos de helada:

### - Helada de irradiación.

Se presenta en noches largas con situación de calma anticiclónica y cielo despejado. Aparece aire frío y seco a ras del suelo con inversión de temperatura en la vertical (aire cálido encima y frío debajo). Son típicas en España en otoño e invierno por la meseta del Duero y de Castilla-La Mancha, cuenca del

Ebro, cordilleras del interior... En zonas costeras son poco probables, pero no imposibles, con motivo de invasiones de aire ártico o polar continental. Si el cielo se cubre de nubes, no hiela por la noche: «con nubes por el cielo, no hay hielo por el suelo.»

### - Heladas de advección

Son las temibles «olas de frío» por llegada de una masa fría continental de aire móvil (20 Km/h) de origen ártico o polar, que puede ir acompañada de nubes e incluso dar nevadas. Se presentan entre diciembre y febrero. Son de ingrato recuerdo las efemérides de olas de frío de enero de 1914, noviembre de 1918, enero 1952, febrero 1956, diciembre de 1962, febrero de 1985..., dentro del presente siglo.

### - Heladas de vaporación

Se dan en primavera, requieren aire encalmado y algo húmedo junto al suelo. Por enfriamiento, el vapor se sublima y pasa directamente a escarcha sobre las ramas y hojas de los vegetales. Al salir el sol fuerte en primavera, se evapora rápidamente la escarcha tomando el calor de evaporación de los órganos sensibles de la planta (brotes de hojas, capullos florales...) que quedan secos y helados, con notable daño.

Contra las heladas de irradiación existen medios de lucha basados en crear nubes de humo, molinetes de viento, calentar el ambiente con estufas, retrasar la poda...

Contra las heladas de advección es imposible luchar. Su período de retorno en España es de unos 11 a 17 años. Este aspecto, debería tenerse en cuanto al establecer las primas de los seguros de helada.

## Golpe de calor

El golpe de calor viene asociado a la llegada de vientos calientes y deshidratados, los típicos «terrales» con temperaturas máximas del orden de 38° a 43° (incluso más) dentro de la

garita meteorológica. Estas altas temperaturas pueden crear condiciones de agobio y estrés.

Aumentan grandemente las condiciones y necesidades de ventilación y refrigeración. Hay gran demanda de agua para abastecimiento de poblaciones y zonas turísticas; también para el riego agrícola.

En España, son muy destacadas las condiciones de agobio asociadas al efecto «foehn» del viento a sotavento de las cordilleras. Son «terrales» destacados los vientos del Sur en la zona cantábrica; los vientos del Este (los «ponent») en la cuenca mediterránea; los vientos del Norte en la costa del sol, en Málaga; los vientos del Este y Nordeste en Galicia y la zona de Portugal y Extremadura.

La influencia del continente africano (desierto del Sahara) y de Centroeuropa en verano y de la propia Meseta, crea largos períodos de calor y sequía en el estío (mediados de junio a mediados de octubre). Fueron destacadas las «olas de calor» del mes de junio de 1936 y de 1981; también las oleadas calientes y reseca de los veranos 1982 y 1983 y las de 1992, 93 y 94.

## Vientos huracanados

Los vientos violentos, con rachas huracanadas suelen presentarse con carácter muy aleatorio. La velocidad instantánea del viento está disponible sólo en estaciones de aeropuertos y oficinas meteorológicas dotadas de «anemocinemógrafos» de registro continuo. Las rachas más duras están asociadas a las turbonadas que acompañan a las violentas tormentas de verano o bien a las profundas borrascas invernales (en ocasiones restos de un ciclón tropical) con rachas muy duras.

Los vientos más racheados y peligrosos son los comprendidos en las más altas graduaciones de la escala de Beaufort, cuya traducción equivalente es como sigue:

9) Viento muy duro: 41 a 47 nudos, equivalentes a 75 a 80 Km/h.

10) Temporal: 48 a 55 nudos, equivalentes a 89 a 102 Km/h.

11) Borrasca: 56 a 63 nudos, equivalentes a 103 a 117 Km/h.

12) Huracán: mayor de 64 nudos, equivalentes por encima de 120 Km/h.

Aparte de las ráfagas violentas, el viento es el responsable directo de otras adversidades meteorológicas:

- **Carácter térmico:** Vientos gélidos y secos de invierno que traen las olas de frío, soplan del N y NE desde el Polo y Siberia. Vientos calientes y deshidratados, con marcado efecto «foehn» y carácter terral, son los del S y SE procedentes del Sahara.

- **Carácter higroscópico:** Grado de sequedad o humedad de las masas de aire. Caso de los vientos templados y húmedos del Atlántico, con dirección O y SO, o bien del Mediterráneo con dirección E y NE.

El viento resulta, así, el responsable directo del tiempo en una región, Matiza el refranero: «Cada viento trae su tiempo». La rosa climática de frecuencia en las direcciones es muy representativa al respecto: en un lugar dado, los vientos de un rumbo son los que traen la lluvia; los de otros barren las nubes; los de éste son fríos; los de aquél son calientes, etc.

El entramado montañoso de la Península Ibérica actúa como un elemento dislocador de los vientos, que sólo presentan carácter claro en zonas costeras abiertas. Los vientos más veloces y persistentes aparecen en: Rías Altas gallegas y Cabo de Finisterre, son del N y NO; Valle medio del Ebro Tudela-Zaragoza y «pasillo» Albacete-Almansa, son los «cierzos» del NO; en el Ampurdán gerundés y Golfo de Rosas, del N y NE; en Zona del Estrecho por Tarifa y Mar de Alborán, del E y O; en Islas de Mallorca y Menorca, sus vientos del N.

Las fuertes ráfagas de viento afectan a la resistencia de estructuras de edificios (fenómenos de resonancia), chimeneas de fábricas,

puentes, tendidos de cables, anuncios luminosos, sistemas de amarre en los puertos, grúas, teleféricos... También son cómplices de la propagación de incendios, de la contaminación a distancia, del desplazamiento de dunas de arena...

Vientos violentos de triste recuerdo en España fueron los huracanados del 15 de febrero de 1941, con rachas del SO, responsables del incendio que asoló Santander; también los del O-NO asociados al resto del ciclón tropical «Hortensia», con grandes destrozos en Galicia y Asturias. Fue notable un «minitornado» que el 27 de diciembre de 1978, cruzó por el aeropuerto de Sevilla, causando daños en automóviles, aviones y hangares.

## Lluvias intensas y/o copiosas

Es importante determinar el carácter de las precipitaciones de lluvia que caen de las nubes, en particular, las siguientes:

- **Copiosas y persistentes:** Lluvia continúa en el espacio y en el tiempo; suelen ir asociadas a los sistemas frontales de las borrascas. Se prestan en otoño-invierno y abarcan grandes extensiones de terreno. Lluvia en un largo período de tiempo, con intermitencias, cuando llegan varios temporales casi consecutivos. Al llover sobre mojado se satura el terreno. De este tipo son los temporales de lluvia de la cornisa cantábrica y de la atlántica y Golfo de Cádiz. Hay desbordamientos e inundaciones.

- **Intensas y torrenciales:** Se presentan cortos y torrenciales diluvios y aguaceros, asociados a nubes de desarrollo vertical y marcada inestabilidad atmosférica, en ocasiones hay embolsamiento de aire frío y denso en la alta troposfera (gota fría), que gravita sobre aire caliente y húmedo en superficie. Son los clásicos aguaceros de la costa mediterránea en otoño y primavera, que se han hecho triste-

mente célebres a lo largo de la historia, con sus riadas y arrambladas. Estos aguaceros afectan extensiones poco amplias de terreno.

La predicción de intensos aguaceros requiere una notable coordinación entre meteorólogos, hidrólogos e ingenieros. Los ecos en las pantallas de radar, los avisos de pluviómetros y estaciones automáticas de aforos –envío a distancia en tiempo real– son una inestimable ayuda para emitir alertas, regular la apertura de aliviaderos en las presas de embalse, avisar a Protección Civil, etc.

**La intensidad máxima probable de intensas lluvias y sus períodos de retorno, son importantísimos para fijar los márgenes de seguridad de las presas de embalse y de sus aliviaderos.**

En España, a lo largo de los tiempos hemos padecido grandes inundaciones y riadas, especialmente en la vertiente mediterránea (cuenca baja de los ríos) y en la vertiente atlántica (cuenca alta y media de los ríos). Para referirnos a algunas adversidades de los últimos años citaremos: rotura de la presa de Ribadellago en Zamora, el 9 de enero de 1959 que ocasionó 145 víctimas; también la rotura de la presa de Tous, el 19 de octubre de 1982, provocada por enormes aguaceros de más de 300 mm de lluvia en intervalo de 18 horas, sobre la cuenca media del Júcar.

## Temporales de nieve

Las grandes nevadas requieren atención en época invernal y en algunos meses de otoño y primavera. Pueden afectar grandes extensio-

nes en montañas y mesetas, particularmente en la mitad Norte de España.

La nieve es una precipitación sólida que proviene de las nubes, donde el vapor de agua se sublima directamente a hielo, cristalizando en el sistema hexagonal. Los cristallitos de nieve de seis puntas se reúnen en forma de copos, en zonas de la nube con temperaturas del orden de  $-4^{\circ}$  a  $-12^{\circ}\text{C}$ , cuajando al caer sobre el suelo, cuando éste se halla frío y seco.

La nieve funde rápidamente con la llegada de viento cálido y seco («devorador de nieve») o bien con lluvias. La fusión rápida y prematura de la nieve almacenada puede dar lugar a notables crecidas de ríos con peligro de desbordamiento.

La avalancha o alud es un gran desprendimiento de una espesa capa de nieve acumulada en la ladera de la montaña, que arrolla cuando encuentra a su paso.

La ventisca es la nieve levantada del suelo por el viento, reduce notablemente la visibilidad.

En los estudios de nieve se precisan datos relativos a:

- Días de nieve y altura de la capa de nieve sobre el suelo.
- Días en los que persiste la cubierta de nieve en el suelo.
- Fechas de la primera y última nevada en el observatorio.

Para predecir la nevada hay que tener presente la altura de la isoterma de  $0^{\circ}\text{C}$  en la atmósfera libre y el contenido de humedad del aire. Es decir, la localización de aire frío y húmedo, particularmente entre 800 y 2.500 metros. Las nevadas de la zona septentrional de España suelen ir asociadas a la llegada de aire frío y húmedo del Norte, con largo recorrido sobre el mar. Las nevadas de la zona meridional de España aparecen cuando llegan frentes cálidos con viento del Suroeste, después de un período de tiempo frío, seco y despejado que ocasiona régimen de heladas en el suelo.

El manto nivoso, al cubrir durante varios días el suelo, causa cortes en carretera y ferrocarril,

bloquea los puertos de montaña, derriba los cables de conducción eléctrica y del teléfono, por exceso de peso.

En el Cantábrico, Pirineos, Sistema ibérico y Central son frecuentes y abundantes las nevadas. En los Sistemas Bético y Penibético las nevadas son más escasas y aleatorias.

Coincidiendo con «olas de frío» se registraron grandes nevadas en España en fechas: 24 de noviembre de 1918, 24 de diciembre a 3 de enero de 1938, 13 al 17 de enero de 1945, 2 al 14 de febrero de 1956, 28 de diciembre a 3 de enero de 1962...

## Tormentas, granizo y rayos

Las tormentas asociadas a grandes nubes de desarrollo vertical son por su cortejo de rayos, truenos, chubascos y violentas ráfagas de viento una de las más espectaculares adversidades atmosféricas que se registran en la Península Ibérica. Los núcleos tormentosos crean convulsiones atmosféricas locales -con corrientes ascendentes dentro de la nube de 80 a 100 Km/h-, cuya altitud puede llegar a 6 y 8 Km<sup>2</sup> afectando a una reducida extensión -base de nube de 50 a 300 Km<sup>2</sup>- y con rápida evolución entre aparición y extinción de 30 a 100 minutos.

El granizo se localiza en reducidas porciones dentro de la nube tormentosa situadas a bajas temperaturas (entre  $-5^{\circ}$  y  $-15^{\circ}$ ). Proviene de la congelación de las gotas de agua, que son elevadas y zarandeadas por los vientos ascendentes. Al moverse la nube, la precipitación se manifiesta en «calles de granizo» flanqueadas por otras zonas más amplias de lluvia. En ocasiones, los granizos se sueldan entre sí dando lugar a grandes trozos de hielo: el «pedrisco», que cae de la nube con gran energía cinética y puede provocar daños catastróficos. El carácter del granizo es muy local y su distribución muy aleatoria; los agricultores lo llaman «la lotería del infierno».

Las tormentas se generan con aire cálido y húmedo en bajos niveles, actuando el aire frío como «gatillo» de disparo. Hay varios tipos de tormenta, según las circunstancias que las generan:

– **Tormentas de calor.** Son típicas del verano por el fuerte calentamiento solar de los suelos que se transfiere al aire que descansa sobre ellos, creando corrientes ascendentes que generan la nube. Esa nube –vista de perfil– tiene su cima redondeada y blanca con forma de coliflor. Suele dar intensas granizadas y en España son frecuentes del 15 de mayo al 15 de septiembre.

– **Tormentas asociadas a los frentes nubosos.** Vinculadas a las borrascas que puedan cruzar la Península. Las tormentas de frente frío se dan en otoño e invierno; las de frente cálido en primavera.

– **Tormentas de «gota fría» en altura.** Se generan cuando queda aislada una masa de aire frío en altos niveles de la troposfera, que gravita sobre aire caliente y húmedo en bajos niveles. Queda así aire frío-denso arriba y aire cálido-húmedo-ligero debajo (cabeza pesada y pies ligeros). Ello crea inestabilidad y, al subvertirse las columnas, surgen potentes nubes tormentosas. De este tipo son las tormentas clásicas del litoral mediterráneo en otoño, con duros aguaceros.

La lucha contra las tormentas de granizo ha constituido siempre un árduo problema para el campo. Son varios los procedimientos empleados: mallas de nailón, cohetes antigranizo, siembra con yoduro de plata desde el suelo o mediante aviones, pólizas de seguro contra el pedrisco...

Los avisos meteorológicos de riesgo de tormentas se realizan con los datos obtenidos por los radiosondas. Es importante determinar la altura de la isoterma de 0 °C, la riqueza de humedad del aire, la velocidad vertical del viento, la altura de la nube. Los «ecos» en las pantallas de radar son un buen auxiliar para seguir las tormentas. La predicción de riesgo es fácil;

no así el determinar hora y lugar de las precipitaciones de granizo ni de la descarga de rayos.

El rayo, con sus fenómenos asociados: relámpago y trueno, supone una liberación instantánea de intensa energía eléctrica. Este violento fenómeno de la Naturaleza mata personas y animales, provoca incendios forestales, destruye edificios y tendidos de líneas eléctricas...

Normalmente la superficie de la tierra está cargada negativamente respecto de la atmósfera; pero cuando la nube tormentosa pasa sobre el suelo la carga negativa de la base de la nube induce una carga positiva sobre el suelo, que se va desplazando como una «sombra eléctrica» al avanzar la nube tormentosa. Así, la cima de la nube lleva carga (+), la base (-) y el suelo (+).

Al saltar el rayo crea un canal ionizado a través del aire, que baja de la base de la nube hacia el suelo y es respondido por una corriente de retorno que va desde el suelo a la nube. En breves instantes por ese canal suben y bajan múltiples descargas. Todo ello implica:

- una diferencia de potencial de millones de voltios.
- una intensidad de corriente de miles de amperios.
- una duración cronométrica de milésimas de segundo.

El relámpago es el flash luminoso del rayo, por repentino calentamiento del aire debido a la resistencia eléctrica. Los relámpagos interfieren las ondas de radio («atmosféricas»), creando crujidos y ruidos en las emisiones normales.

El trueno es una onda acústica que choca y retumba, debido a la expansión del aire circundante al crearse el conducto del rayo.

La luz del rayo es prácticamente instantánea; mientras que el sonido tarda unos tres segundos en recorrer un kilómetro.

En España, el rayo, asociado a las grandes nubes de desarrollo vertical, sigue siendo noti-

cia de trágica actualidad en los meses de verano. Antes, cuando existía gran población agrícola en el campo, el promedio anual era de 50 muertos por rayo; ahora ha descendido a unos 15. Fueron años de triste recuerdo los de 1949, 1955 y 1959 con unas 130 víctimas en cada uno de ellos.

Las tormentas son uno de los meteoros más característicos del clima de la Península Ibérica. Los mayores núcleos tormentosos están en la Cordillera Cantábrica, Montes de León, Pirineos, Cordillera Central, Sistema Ibérico, cabeceras del Duero y del Ebro... El promedio anual es de 25 a 30 días de tormenta. En las Cordilleras Penibética y Bética bajan a 15 a 20 días. En Extremadura, Guadalquivir y Levante la frecuencia media anual es sólo de 5 a 10 días. Se estima que sólo del 6 por 100 al 10 por 100 de las tormentas registradas ocasionan granizo, el resto sólo dan lluvia.

## Niebla

Las nieblas son nubes a ras del suelo que impiden la visibilidad y crean un ambiente muy húmedo y desapacible. Cuando la visibilidad horizontal supera los 2 kilómetros se dice que existe **bruma**.

Los procesos de formación de niebla se generan de las siguientes formas:

- Nieblas de **irradiación** por enfriamiento y condensación del vapor de aire junto al suelo en noches despejadas y sin viento. La niebla se refuerza debajo de la inversión de temperatura; los bancos de niebla pueden durar varios días consecutivos sin levantar, especialmente en el valle de los ríos; mientras que en la meseta, con aire seco, se producen las heladas.
- Nieblas de **advección**, asociadas a la entrada de los frentes nubosos de las borrascas atlánticas, son realmente nubes interceptadas

por las escarpas de la costa y/o las montañas del interior. Su persistencia es corta (3 a 6 horas).

- Nieblas de **evaporación**, ligadas al caldeo solar en horas del orto, especialmente en primavera y verano. Se forma una especie de «humo de vapor de agua», que dura de 1 a 2 horas; a su través se ve el cielo.

**Las características de intensidad, extensión, duración y origen varían mucho según la proximidad al mar o la orografía interior: nieblas de valle, nieblas costeras, etc.**

Sin hacer distinción del tipo específico de nieblas, en España se presentan de 50 a 60 días de niebla al año en Cantábrico, Montes de León y Pirineos; en el Ebro y el Duero las nieblas se presentan con frecuencia, de 30 a 40 días al año. En el litoral mediterráneo, Extremadura y Guadalquivir con frecuencia de 25 a 35 días al año.

En períodos:

- Mayo-junio hay nieblas de **evaporación** en la costa mediterránea.
- De noviembre a marzo hay nieblas de **irradiación** en mesetas y montañas del interior.
- De octubre a abril hay nieblas de **advección** en zonas costeras atlánticas.

Los mejores estudios puntuales de niebla se disponen en los aeropuertos, que en ocasiones han de cerrar el tráfico por niebla, ante las adversas condiciones para aterrizaje o despegue de aviones.

La niebla es muy peligrosa para el tráfico en carretera, ferrocarriles, aeropuertos y puertos de mar. También obstruyen la visibilidad en zonas industriales y crean manguitos de hielo (cencañada) en los cables, con la denominada «niebla engelante».

La niebla es también cómplice de contaminación en grandes ciudades y núcleos industriales, al quedar acumulados los corpúsculos como núcleos de condensación.

La predicción de aparición de nieblas es fácil, análoga a la predicción de heladas de irradiación en mesetas altas y secas. Las nieblas advectivas se localizan bien en los mapas del tiempo delante de los frentes nubosos que avanzan: cálidos-fríos-oclusiones.

## Sequía

La sequía, asociada a larga permanencia de anticiclones sobre una región, implica falta de lluvia y de agua en suelos y cultivos. Si falta la lluvia en España en la época que suele presentarse (primavera y otoño), la sequía puede afectar a grandes comarcas.

«Sequías en España las hubo, las hay y las habrá.»

Es difícil decir cuando comienza a gestarse o acaba una sequía, pues sus consecuencias se manifiestan al cabo de largas temporadas sin lluvia: 3 a 5 meses en la Meseta; 5 a 7 meses en Levante y SE, 1 mes en Galicia y Cantábrico. Tampoco es claro el final de una sequía, pues se requieren varios temporales de lluvia que vayan mojando los suelos y recarguen los acuíferos. Las últimas lluvias, cuando llueve sobre mojado, hacen correr los arroyos y ríos y el que rebroten las fuentes y manantiales; es entonces cuando se corta la sequía.

Para desgracia, son frecuentes las sequías en la mitad Sur de España, con períodos de recurrencia de 7 a 11 años. Son sequías sensibles cuando falta la lluvia de otoño, o bien la de primavera. La sequía muy dura y pertinaz se da cuando no llueve en períodos de siete a nueve meses: otoño-invierno-primavera o también primavera-verano-invierno. Entre las sequías acusadas en España, destacan: años 1917-18; 1922-23; 1933-35; 1943-44; 1948-49; 1953-54; 1964; 1972-73; 1980-82; 1991-94.

Las repercusiones de una sequía son de tipo atmosférico-edáfico-biológico-hidrológico.

Las zonas que presentan una sequía marcada en España, asociadas también al efecto «foehn» de los vientos sobre las cordilleras, son: Zonas de las cuencas medias del Duero y del

Ebro; en La Mancha y especialmente en el Sureste (triángulo de las tres «aes»: Albacete-Alicante-Almería). Son también muy secos el SE de la isla de Mallorca y la zona Sur de las islas de Tenerife y Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote son extremadamente áridas.

La España verde (Galicia, Cantábrico, Pirineos y cordilleras del interior) es francamente lluviosa; aunque pudieran presentarse de tarde en tarde, regímenes de sequía; especialmente en períodos de primavera-verano; tal ocurrió en el período 1988 al 90.

Vinculados a la sequía se encuentran otros deterioros medioambientales como:

- La erosión de los suelos, que aparecen desprotegidos: desnudos y resecos, frente a los contrastes térmicos extremos, la torrencial lluvia y los vientos fuertes.
- El riesgo de incendios forestales, por marcada evapotranspiración y larga sequía en el ciclo estival.
- La falta de abastecimiento de agua a ciudades y zonas turísticas, falta de riesgo para la agricultura, carencia de agua para la industria, penuria y sed para la ganadería...

Es curioso que entre sequía y sequía las gentes se olvidan de la adversidad; en vez de prepararse para otra nueva eventualidad de riesgo futuro.

## Deslizamiento de tierras

Después de períodos de fuertes o persistentes lluvias se recargan de agua los suelos. Este aumento del contenido de humedad de las tierras puede provocar:

- Hundimientos o socavones, por pérdida de resistencia del suelo.
- Deslizamientos y desprendimientos por desplazamiento del terreno.

En general, las tierras y rocas se mueven ladera abajo -de una forma parecida a los aludes de

nieve— bajo la acción de la gravedad. El movimiento de esa masa de tierra se produce por el fallo de los materiales del suelo, debido a la cizalladura y disminución de la resistencia del mismo.

Los desprendimientos y corrimientos de taludes en carretera y ferrocarril encierran un riesgo potencial; por ello, suelen recubrirse con materiales impermeables y protección de redes y alambres.

## Incendios forestales

Se originan especialmente en los cálidos períodos de verano. Existe mayor peligro cuando la primavera fue lluviosa, lo que determina el crecimiento de abundante matorral y hierba, que posteriormente, al secarse, constituyen un peligroso combustible.

En ese momento existe mucho material combustible: hierba, pasto, matorral, piñas, ramas secas, tocones de árboles... La llama que prende puede provenir de causas humanas involuntarias o voluntarias: quema de rastrojos, hogueras de excursionistas, colillas mal apagadas, cascotes rotos de botellas, chispas procedentes de tubos de escape de vehículos y tractores... La mejor forma de luchar contra el fuego es que el incendio no se produzca; el fuego que no se prende es el que no quema nada. La educación escolar (orientadora a los niños) es mucho más eficaz que una legislación (punitiva para adultos).

**Los rayos procedentes de «tormentas secas» sin lluvia y con la base de la nube elevada, pueden causar incendios solapados al caer sobre materia seca que luego arde lentamente.**

Las temperaturas altas, la baja humedad relativa, los largos períodos de días consecutivos sin lluvia... son favorables a la aparición del incendio. Luego, el viento fuerte y constante colaborará en su propagación.

## Contaminación atmosférica

El desarrollo industrial, el aumento de tamaño de las ciudades y el enorme desarrollo del parque de vehículos ha traído consigo una penalización: el impacto de la contaminación como agente agresivo del medio ambiente.

Se distinguen dos condiciones atmosféricas propicias a la contaminación por humos y partículas:

- **Atmósfera estable.** En largos períodos anticiclónicos con marcada inversión térmica de radiación, debajo de la cual quedan estancadas las impurezas y corpúsculos día tras día, acumulándose en bajos niveles de la atmósfera, junto al suelo. Ello es más peligroso cuando el aire está húmedo, ya que puede surgir niebla contaminada, el peligroso «smog».

- **Régimen de viento.** Vientos que arrastran las plumas de humo procedentes de las chimeneas y los llevan lejos del lugar de origen, actuando como vector de transporte de contaminantes; los que luego se depositan en lugares apartados —más o menos lejanos—. Esta contaminación puede ser inducida de unos países a otros: «contaminación transfronteriza». Si el aire está húmedo, se pueden formar nubes cuyos núcleos de condensación son partículas contaminantes ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{SO}_2$ ...), que dan lugar a las denominadas «lluvias ácidas».

Como puede observarse en ambos casos, con tiempo estable y calma (inversión térmica) o con viento persistente y fuerte, las condiciones meteorológicas actúan como cómplices de la contaminación para el entorno ecológico.

La concentración de población en grandes ciudades y el éxodo hacia ellas desde medios rurales han venido a agravar el problema; añadiendo a los riesgos naturales los riesgos tecnológicos. La polución, los vertidos de residuos, el transporte de productos tóxicos y peligrosos, etc., se superponen a los riesgos por «causa de fuerza mayor».

## Erosión

La erosión es una auténtica fuerza destructiva de los suelos que modela desde hace millones de siglos el relieve terrestre. Constituye un fenómeno natural que actúa de forma lenta y continúa a lo largo del tiempo.

El hombre primitivo era incapaz de cambiar su entorno, pero el hombre moderno con su habilidad y sus potentes medios técnicos puede cambiar la superficie de amplias zonas: tala de bosques, roturación de grandes extensiones de suelo, incendios controlados de la selva, construcción de pantanos, aeropuertos y puertos de mar, transvases y nuevos regadíos, grandes urbanizaciones en el interior, la playa o la montaña, etc.

Los suelos desprovistos de su vegetación quedan más expuestos a la acción del viento, de la lluvia y del sol, por efectos de:

- **Erosión eólica.** Partículas de suelo arrancadas y transportadas por el viento. Abrasión, dunas móviles.
- **Erosión hidráulica.** Tierras arrastradas por, torrenciales aguaceros y arrastradas. Depósitos en zonas bajas.
- **Contrastes térmicos.** Oscilación térmica acusada entre las temperaturas máxima y mí-

nima (día-noche) o con carácter estacional (verano-invierno). Dilataciones y contracciones: El agua helada actúa como cuña dentro de las grietas.

En España hay grandes pérdidas de suelo debido a la erosión: parameras y zonas áridas de ambas Castillas y Aragón, intensas arrastradas por torrenciales lluvias en la zona costera de Levante, movimiento de dunas de arena en rías gallegas, golfo de Cádiz y costas de Murcia y Alicante.

## Conclusión

Mi intención, como meteorólogo, ha sido resaltar los riesgos de tipo atmosférico y su conexión con otros accidentes. Es prolijo y hasta difícil reunir en un artículo, el «muestuario» de todas las adversidades meteorológicas –directas e implicadas– lo que me atrevo a definir como la «Meteorología del miedo» (sequías, diluvios, inundaciones, heladas, ventarrones, olas de frío, golpes de calor, corrimientos de terreno, rayos, granizo, avalanchas de nieve, espesas nieblas, incendios forestales, erosión de tierras, contaminación atmosférica...). ■