

## DOS TIPOS DE ADVERSIDADES METEOROLÓGICAS: LA NEVADA Y EL GRANIZO

LORENZO GARCÍA DE PEDRAZA\*

Las adversidades atmosféricas vienen constituyendo a lo largo de los siglos un ingrato recuerdo debido a los catastróficos efectos a ellas vinculados. Así, las heladas, olas de calor, sequías, torrenciales lluvias, granizo y vientos huracanados fueron, son y serán una pesadilla para la humanidad en general. El hombre de campo sufre también algunos de sus efectos indirectos asociados, tales como la erosión y desertización de las tierras, el desbordamiento de los ríos o los incendios forestales.

La Biblia hacía ya referencia de varios de estos fenómenos naturales al citar los sueños que transmitió José al Faraón. Por otro lado, en los albores de muchas civilizaciones los dioses eran muy meteorológicos: Zeus y Eolo de los griegos, Júpiter de los romanos, Thorm de los germanos...; para que fuesen propicios y no se vengasen con sus iras atmosféricas los hombres les ofrecían sacrificios y holocaustos.

Nosotros vamos a tratar aquí dos de estas adversidades o calamidades meteorológicas:

*La helada:* Que no es un meteoro sino la conjunción de una serie de circunstancias asociadas a una *atmósfera estable*: aire frío junto al suelo y cálido arriba, con cielo despejado y aire seco en situación anticiclónica.

*El granizo:* Que es un meteoro de congelación de gotas de agua dentro de potentes nubes de desarrollo vertical, surgidas con aire cálido y húmedo junto al suelo y frío en altura, con situación de *atmósfera inestable* asociada a zonas de baja presión.

Ambos tienen como factor común el frío, pero se diferencian de forma acusada en cuanto a que el aire esté seco o húmedo, y en cuanto a que la atmósfera sea estable o inestable.

\* Director de Programa. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (Madrid).

## I. ESTABILIDAD ATMOSFERICA

El anticiclón es una situación atmosférica donde la atmósfera se presenta fundamentalmente estable. Por arriba el aire desciende, se comprime y se calienta, disipando las nubes. Junto al suelo el aire que se abate se escapa lateralmente. No existen, pues, movimientos ascendentes, formándose una inversión de temperatura que actúa como un techo o tapadera. En las noches largas y de cielo despejado el suelo se enfría por irradiación y «contagia» al aire que tiene encima con esas bajas temperaturas. Si el aire está *seco* aparece la helada, si tiene *algo de vapor* el rocío o la escarcha, si está *saturado* surgen la bruma y la niebla.

La zona de bajas presiones es un lugar donde la atmósfera se presenta inestable. El aire sube verticalmente, al subir se expansiona y enfría, hay vapor se condensa sobre núcleos en el seno del aire y surgen las nubes. Junto al suelo hay absorción de aire que después de ascender diverge en altura.

En superficie el viento sopla de las altas hacia las bajas presiones apareciendo en la vertical como parte de un circuito de aire (fig. 1).

Según que la atmósfera sea estable o inestable, cálida o húmeda, turbulenta o encalmada, puede haber diversos comportamientos.

Supuesto el viento encalmado tenemos los siguientes casos:

Aire cálido y húmedo junto al suelo: Ambiente de bochorno

Aire frío y húmedo junto al suelo: Niebla de irradiación

Aire frío y seco junto al suelo: Helada de irradiación

Aire cálido y seco junto al suelo: Ambiente caliginoso.

En unos ejes cartesianos de temperatura (T) y humedad (H), esa clasificación queda fácilmente representada por el par (T,H). Ver fig. 2.

## II. INERCIA TERMICA

La marcha diurna del sol (movimiento de rotación de la Tierra) su marcha anual (traslación de la Tierra en órbita eclíptica) tienen su influencia en el comportamiento de la temperatura. El sol emite en onda corta (luminosa) que atraviesa el aire y calienta los suelos; éstos, a la vez, irradian en onda larga (calorífica) pero con una determinada inercia respecto a la acción del sol.

Después del mediodía, con el sol alto, los suelos calientan al aire alcanzándose la máxima temperatura hacia las cuatro de la tarde. Si hay humedad en capas bajas, sobre esa hora suelen registrarse los primeros chubascos asociados a nubes termoconvectivas, con fenómenos tormentosos en verano. La hora de las temperaturas mínimas es al amanecer, hacia las seis de la mañana; el aire ha venido enfriándose a lo largo de toda la noche, y si está seco, da lugar a la helada de irradiación; pero si está húmedo, puede formar niebla de irradiación.

Esa inercia de los suelos en el enfriamiento del aire que tienen yuxtapuesto se refleja también a lo largo del año: el solsticio de verano es

el 21 de Junio y los más duros calores se suelen presentar entre el 25 de Julio y el 10 de Agosto, según comarcas; el solsticio de invierno es el 22 de Diciembre y los días más fríos son desde el 5 de Enero al 15 de Febrero, según regiones.

Conforme con lo anteriormente expuesto, las heladas de irradiación son un fenómeno nocturno y estable de otoño e invierno; mientras las nubes convectivas y las tormentas son una manifestación diurna e inestable de primavera y de verano.

### III. INFLUENCIA DE LOS SUELOS

En los fenómenos de *carácter local* influyen mucho los suelos, ya sean secos o húmedos, cálidos o fríos. Ellos *contagian* el aire de sus características cuando se mantiene encalmado varios días sobre la región. Las *regiones manantiales* de aire se crean bajo la influencia de estables y persistentes anticiclones que mantienen muchos días la atmósfera en contacto con los suelos: Aire ártico continental sobre Siberia y el Canadá; aire subtropical marítimo de la región Azores-Bermudas; aire tropical continental del desierto del Sahara...

Como importantes centros de interés citaremos los siguientes:

1. La atmósfera «*se carga por abajo*», en contacto con los suelos, *calor* (días largos de verano) o *frío* (noches largas de invierno). El aire cálido es más ligero y asciende; si está húmedo forma nubes. El aire frío es más denso y se estanca o se desliza sobre los suelos, si está húmedo puede dar nieblas.

2. Desde tierra se incorporan al aire partículas de polvo y arena; desde el mar las partículas de sal procedentes del oleaje picado por el viento; desde las ciudades y zonas industriales los corpúsculos de hollín y humos que contaminan el ambiente; los incendios forestales y las erupciones volcánicas pueden meter en zonas altas de la atmósfera cenizas, humos y lava, contaminando el aire superior. Esos corpúsculos que ensucian la atmósfera son muy higroscópicos y pueden actuar como soporte (núcleos de condensación) del vapor de agua, haciendo surgir las nubes en el seno del aire. Con una atmósfera asépticamente límpida no habría nubes, que es la condición necesaria para que haya lluvia.

3. La humedad proviene de los suelos, el vapor de agua que es incoloro se incorpora al aire por evaporación de mares, ríos, lagos, etc.; también por la evapotranspiración de las plantas cultivadas y de los montes y bosques. Ese vapor no se hace visible hasta que se condensa sobre núcleos en el seno del aire o bien directamente sobre los objetos en forma de rombo.

Cuanto más alta sea la temperatura del aire mayor será la cantidad de vapor que el aire puede mantener incorporada en su seno. Aire a 30° puede contener hasta 30 gr./m<sup>3</sup> en la saturación; a 20° contiene 17 gr./m<sup>3</sup>; a 10° sólo 9 gr./m<sup>3</sup>. Además, el aire húmedo pesa menos que el

aire seco, por ello es mucho más móvil y en verano aporta su complicidad a la formación de nubes de desarrollo vertical y tormentas. En sus movimientos ascendentes el aire se expansiona, al expansionarse se enfría, al enfriarse se condensa el vapor sobre núcleos y da lugar a las nubes convectivas, los llamados cumulonimbos.

4. El calentamiento de las capas altas o el enfriamiento junto al suelo con inversión térmica da lugar a atmósfera estable. Mientras que el enfriamiento por las capas altas o el calentamiento junto al suelo da lugar a atmósfera inestable. El relieve local juega un importante papel: los valles y hondonadas son lugar de embolsamiento de aire frío y denso, con vientos descendentes (catabáticos) y régimen de heladas (aire seco) o de nieblas (aire húmedo). Las montañas y sus laderas orientadas al Sur –solanas– son lugar de creación de vientos catabáticos y corrientes ascendentes de aire cálido y liviano, con formación de térmicas (aire seco) o de nubes tormentosas convectivas (aire húmedo). Ver fig. 3.

#### IV. HELADA

Es uno de los «accidentes» que más asustan al campesino. Ocurren cuando la temperatura del aire desciende por debajo de los 0° afectando a los cultivos. Suele existir un salto de temperatura denominado «inversión térmica» que actúa como una tapadera evitando el intercambio del aire frío de abajo con otro más cálido de encima.

Podríamos citar dos grandes tipos de helada:

a) De *irradiación*, por enfriamiento de los suelos continentales en las largas noches, con cielo despejado y viento encalmado, ocurren dentro de la misma masa de aire y son inducidas por enfriamiento del aire. Con cielo cubierto el suelo no radia y el aire no se enfría. Sentencia el refrán: «con nubes por el cielo, no hay hielo por el suelo».

b) De *advección* de aire (ola de frío), provocadas por llegada de una masa de aire frío continental (ártico o polar) que procede de altas latitudes tales como el círculo polar, Escandinavia o Rusia y determina catastróficos efectos en la agricultura, ya que pueden venir acompañadas de viento, algunas nubes y posibles nevadas.

Las heladas de irradiación de las mesetas y parameras van asociadas a los anticiclones invernales, se registran a lo largo de la noche y de madrugada, sus características son:

- Noche de cielo despejado y suelo frío
- Viento encalmado, inversión térmica
- Anticiclón con aire seco.

Los factores antagónicos, en los cuales se basan los procedimientos de lucha contra la helada, son:

– Cielo cubierto. Creación de nubes y humos, mediante encendido de hornillos.

– Aire turbulento. Instalación de molinetes de viento para mezclar el aire.

– Bajas presiones y aire húmedo. Se recurre a riego por aspersión o inundación.

Con las mismas condiciones de la helada, pero con aire saturado surgen las *nieblas de irradiación* en los valles.

Los bruscos retrocesos al frío en primavera pueden crear muy adversas condiciones que dañen los cultivos adelantados en plena floración o brotación, o bien cojan las ovejas recién esquiladas con mermas en la producción de leche y bajas entre los corderos.

Según el aire esté seco, algo húmedo o saturado y según la temperatura descienda o no por debajo de cero grados, podemos tener presente el siguiente cuadro:

<i>Temperatura junto al suelo</i>	<i>aire seco</i>	<i>con algo de vapor</i>	<i>aire saturado</i>
Temperatura > 0°	Sereno	Rocío	Niebla
Temperatura < 0°	Helada	Escarcha	Cencellada

Estas condiciones son todas para atmósfera estable.

Las olas de frío o heladas de advección traen a nuestras latitudes aire muy frío y seco. Este aire que en su región manatial puede tener hasta 4 km. de espesor va perdiendo altura a cambio de ganar extensión, viaja a velocidad moderada de unos 30 km./h.

Las cordilleras meridionales de Europa: Cárpatos, Alpes, Pirineos, evitan la brusca irrupción del aire frío en el Mediterráneo, a donde llega viento frío por los portillos orográficos: «bora» del Adriático «mistral» del valle del Ródano, «tramontana» y «cierzo» de Cataluña, Menorca y valle del Ebro.

Cuando el aire frío llega a los Pirineos pueden ocurrir dos cosas:

a) Que tenga suficiente espesor para rebasarlos. Entonces una gran masa de aire frío y denso cae en alud sobre el valle del Ebro, se embalsa en él siguiendo líneas de nivel, y luego escurre por la zona del delta hacia el litoral de Levante y Sureste.

b) Que no tenga suficiente espesor para rebasar los Pirineos. Entonces la masa de aire frío efectúa un movimiento envolvente por sus dos flancos y afluye hacia el Cantábrico y Mediterráneo cargándose de humedad en bajos niveles, comenzando a nevar casi simultáneamente por San Sebastián y Gerona. El aire frío que se desliza por el Cantábrico puede afectar luego la cuenca del Duero y Extremadura, escurriendo incluso hasta Huelva y el Algarbe portugués; la masa que llega al Mediterráneo afecta a las Baleares, el litoral levantino y catalán, pudiendo llegar hasta Almería y Málaga en la costa del Sol.

Esas olas de frío matan los cultivos y frutos, pudiendo incluso afectar al arbolado. Las mínimas temperaturas se pueden registrar a cualquier hora, coincidiendo con la llegada de la masa de aire frío a la región. Los vientos suelen ser del N y NE, afectando tanto a las zonas continentales como a las marítimas. Provocan perturbaciones en todas las actividades humanas: placas de hielo en las carreteras y vías férreas, nevadas en las ciudades y puertos de montaña, manguitos de hielo en los cables del tendido eléctrico y telefónico, rotura de conducciones de agua, etc.

Cuando se trata de establecer una sistemática detallada en el estudio de las heladas podríamos hablar de los siguientes puntos:

*Reloj:* Horas en que se presentan las mínimas temperaturas por enfriamiento nocturno (heladas de irradiación) o por la llegada de una masa de aire helador (heladas de advección).

*Calendario:* Epoca de mayor frecuencia de aparición en cada comarca. Fechas umbrales de la primera y última helada del año. Período libre de heladas.

*Geografía:* Distribución sobre el mapa de las regiones con mayor número de días de helada. Valor medio anual y extremos.

*Efemérides:* Valores extremos más destacados con temperaturas bajo cero, dando fechas y lugares.

*Situaciones tipo:* Mapas sinópticos del tiempo de superficie y altura con la situación meteorológica que determina el fenómeno adverso.

Estas consideraciones encierran notable interés climatológico para el estudio de una comarca natural, siempre que exista una red representativa de observatorios termométricos.

## V. GRANIZO

Es otra de las fisiopatías más temidas por los agricultores, pues causa enormes pérdidas debidas al estado coyuntural de los cultivos: espigado del cereal, maduración de uvas, etc. Por otra parte, el impacto del granizo puede herir a los árboles quedando éstos más expuestos al ataque de plagas y enfermedades.

Las nubes que determinan el granizo y/o las lluvias torrenciales tienen un gran desarrollo vertical, se denominan *cumulonimbos* (Cb) y presentan gran espesor, van desde cerca del suelo hasta 7 y 10 km.; mientras que su proyección horizontal es bastante reducida.

Aludiremos a dos tipos de nubes tormentosas:

a) *Convectivas*, de marcado carácter local y origen termodinámico asociado al fuerte caldeo solar de los suelos en los largos días despejados de verano. En ocasiones se forma una baja de carácter térmico que provoca un ascenso forzado del aire, y hacia el vacío que determina afluyen los vientos solanos en superficie. Indica el refrán: «en verano, el sol lleva al viento de la mano».

b) *Advectivas*, determinadas por la llegada de aire frío: bien sea por *altos niveles* de la atmósfera (gota fría) o a *ras de superficie* (frentes nubosos de carácter frío, cálido u ocluido).

Las tormentas se forman siempre dentro de la masa de aire cálido y húmedo, que actúa como *combustible*; mientras que el aire frío –cerca del suelo o en altura– actúa como *percutor* para desencadenar la inestabilidad.

Las *tormentas locales* de calor se presentan cerca de los embalses y terrenos montañosos en las horas centrales de los largos días de verano y primavera. El sol calienta los suelos y estos inestabilizan el aire que tienen encima y disparan las fuertes corrientes verticales de aire cálido y húmedo creando los potentes cumulonimbos. Las características más destacadas son:

- Día con cielo despejado y suelos recalentados.
- Ambiente previo encalmado y formación de corrientes verticales.
- Aire cálido y húmedo en bajos niveles.

Los factores antagonicos, que actuarían desfavorablemente, serían:

- Cielo encapotado y suelo fresco.
- Viento fuerte horizontal, sin corrientes verticales.
- Aire frío y seco. Alta presión.

El *granizo* se forma en las regiones del cumulonimbo donde se dan estas condiciones:

- Isoterma de cero grados elevada. De 4.200 m. a 4.600 m.
- Zonas con agua subfundida entre  $-5^{\circ}$  y  $-15^{\circ}$ . Aparecen como muy brillantes en los *ecos* de las pantallas de radar.
- Corrientes verticales intensas. Intervalo de 12 m/seg. a 21 m/seg., que voltean las gotas, las congelan y las mantienen en la nube.
- Descarga brusca del granizo cuando su peso es superior a la corriente ascendente que lo mantenía en suspensión.
- Corrientes descendentes con aire frío, drenadas hacia el suelo acompañando al granizo, con brusca subida de la presión en el suelo (gancho del barógrafo).
- El intervalo de tiempo entre la formación y descarga del granizo en cada cédula tormentosa no suele superar los 30 minutos.
- El cumulonimbo se desplaza empujado por el viento a unos 1.500 metros; el granizo va provocando estrechas calles que destrozan los cultivos.
- Varios granizos pueden soldarse entre sí, recubiertos por capa de hielo, dando lugar a gruesos *pedriscos*.

En ocasiones, con atmósfera inestable pueden formarse globos invisibles de aire seco delatados por el vuelo planeado de algunas aves (buitres, cigüeñas) que aprovechan las corrientes «térmicas»; éstas son utilizadas también en el vuelo a vela con planeadores. Cuando el aire es húmedo, al enfriarse se condensa y aparece una nube con su cima rematada en forma de bóveda o coliflor, mientras predominan las corrientes verticales; luego, cuando empiezan las corrientes descenden-

tes, la nube vista de perfil presenta aspecto de yunque o seta indicando que existen cortinas de precipitación (lluvia o granizo).

Las tormentas *de advección* pueden estar asociadas a la llegada de una masa de aire frío según una de estas posibilidades:

a) Embolsamiento de aire frío en *altos niveles* de la atmósfera, asociada a una circulación meridiana con meandros en el chorro de vientos que terminan aislando una «gota fría» en más bajas latitudes cortada por el aire cálido que acaba aislándola (fig. 5). Esta gota fría que aparece bien delimitada en las isotermas de 500 mb., vagabundea en forma caprichosa. Al principio, incluso, no se refleja en el mapa de superficie, pudiendo subir la presión debido al peso de la columna de aire frío en la vertical. Resulta así una columna inestable con la cabeza pesada (aire frío arriba) y los pies ligeros (aire cálido y húmedo debajo) y al subvertirse esa columna se desencadenan fuertes corrientes verticales con potentes cumulonimbos y torrenciales aguaceros. De este tipo son muchas de las precipitaciones del otoño en el litoral del Levante español.

b) Llegada de aire frío *en bajos niveles*, acompañando a un frente nuboso. Cuando llega un frente frío desplaza bruscamente al aire cálido y húmedo delante de él y lo dispara hacia arriba con nubes, chubascos y granizadas (fig. 6-a). El aire subtropical, cálido, húmedo e inestable al ascender por la pendiente de un frente cálido puede crear también nubes de desarrollo vertical con varias zonas de precipitación (fig. 6-b). Las oclusiones de carácter frío o cálido presentan combinados ambos tipos de tiempo, dando franjas más extensas y permanentes de precipitación. Del tipo de granizadas de frente frío son las registradas en invierno por el litoral cantábrico, cuando llega allí aire polar con largo recorrido sobre el mar. Del tipo de chubascos de frente cálido son las lluvias de primavera en las Rías Bajas gallegas y el Guadalquivir, cuando aire subtropical inestable llega a aquellas regiones.

El granizo tiene un carácter muy local y aleatorio; de ahí que se preste bien al *seguro de daños*, pues las superficies afectadas son relativamente pequeñas y dispersas dentro de extensas comarcas donde se han suscrito muchas pólizas. La solidaridad de muchos permite la indemnización de unos pocos. De ahí que se haya llamado al granizo la «lotería del infierno». Sin embargo, cuando en verano se presentan grandes y frecuentes nubes tormentosas con granizo, en zonas que habitualmente no las hay (Extremadura, valle del Guadalquivir), las compañías aseguradoras particulares pasan por momentos de crisis, que requieren la ayuda del Consorcio Nacional de Seguros a nivel estatal.

Otros medios de lucha antigranizo se basan en insembrar *yoduro de plata* en los primeros pasos de formación del cumulonimbo. Ello requiere un acertado pronóstico meteorológico de los días con probable inestabilidad atmosférica; pero la sustancia empleada es muy cara. Esos medios de lucha están en plan experimental, para corroborar si lo que ocurre en el laboratorio se dará también en la atmósfera libre; antes de proceder a su comercialización.



Cuando una nube tiene pocos núcleos glaciógenos naturales, el agua de su zona subfundida, al depositarse sobre ellos, daría gruesos granizos. Si se pudiera sembrar la nube con cristalitos de yoduro de plata (que cristaliza en el sistema exagonal lo mismo que el agua) esos millones de núcleos artificiales, sobre los que se repartiría la misma cantidad de agua, darían lugar a granizos muy pequeños y blandos, que se derretirían en el camino nube-tierra y llegarían al suelo como gotas de agua o como inofensivos y blandos granizos. Esta es, en forma muy simple, la teoría de la lucha antigranizo.

La insemnación de la nube puede hacerse en su *iniciación*: *quemadores de yoduro* de plata mezclada con acetona que sublima y sube aprovechando las corrientes convectivas desde el suelo. En los *primeros pasos* de desarrollo, volando en las proximidades del incipiente cúmulo con *aviones* que insemnan bengalas con humos de yoduro de plata. Con la *nube ya formada* cuando los ecos de radar indiquen la aparición de zonas de agua subfundidas bombardeando esas zonas con *cohetes* que llevan yoduros de plomo y de plata. La dificultad de los tratamientos es situar el yoduro de plata en el lugar de la nube y en el momento oportuno de hacer la competencia a los pocos cristales con millones de cristalitos artificiales. En España, con el apoyo del Ministerio de Agricultura, se han realizado varias campañas experimentales con generadores instalados en el suelo y con tratamientos desde aviones.

Y hasta aquí hemos tratado de reflejar, en forma resumida, variados detalles de las *heladas* y *granizadas*, que constituyen dos de las adversidades más temidas por nuestros sufridos agricultores.

ESQUEMA DE FIGURAS

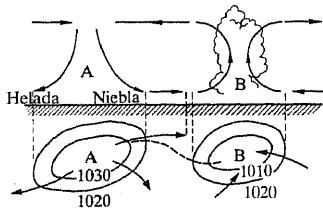


Fig. 1

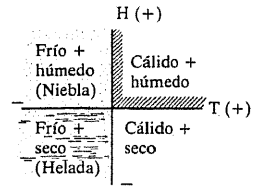


Fig. 2

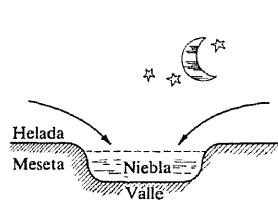


Fig. 3

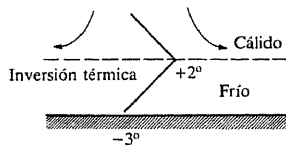
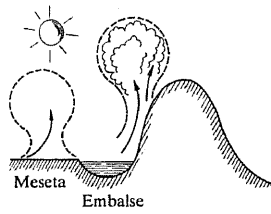
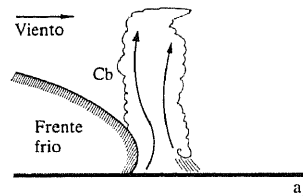


Fig. 4

Condición de helada (aire seco) o niebla (aire húmedo) de irradiación nocturna.



a)

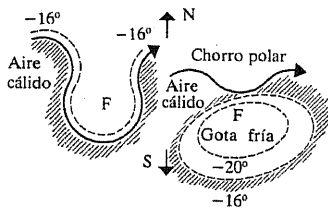
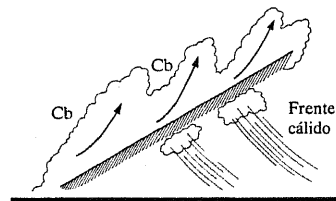


Fig. 5

Formación de una gota de aire frío en mapas de altura.



b)

Fig. 6

Tormentas frontales:  
a) De frente frío. b) De frente cálido.