

Fisiopatías de origen atmosférico. Su carácter local o adventicio

L. GARCÍA DE PEDRAZA

Las adversidades agrarias provocadas por la influencia del tiempo y clima tienen notable repercusión en la marcha de los cultivos, el resultado de las cosechas, la salud de la ganadería y la producción de los bosques.

En Meteorología, un fenómeno tiene carácter *local* cuando se desarrolla dentro de una masa de aire que permanece estacionaria sobre un lugar (nieblas de valle o tormentas de montaña). Los fenómenos *adventivos* son los asociados a masas de aire viajeras que invaden una región (frente frío, olas de calor...).

En esta comunicación se hace una síntesis resumida de algunas adversidades: helada, golpe de calor, granizo, viento violento, aguaceros y sequía (ligadas, bien sea al carácter sedentario de masa de aire local, o al aspecto nómada y extensivo de masas de aire viajeras). Se tienen también presentes las condiciones de inestabilidad o de estabilidad vinculadas a esos fenómenos; así como su extensión horizontal y vertical.

L. GARCÍA DE PEDRAZA. *Instituto Nacional de Meteorología*. Madrid.

INTRODUCCION

Las adversidades agrícolas, ligadas a la influencia de tiempo y clima, pueden presentar un carácter general o local, según vayan condicionadas a una masa de aire que alcance la región o provengan de la evolución diurna de aire estancado sobre la misma.

Se suele denominar fisiopatías a los daños en las plantas y cultivos provocadas por agentes de origen abiótico (no vivo). Entre éstos tienen destacada presencia los fenómenos atmosféricos: helada, granizo, golpe de calor, lluvia torrencial...

El *tiempo*, estado de la atmósfera aquí y ahora, y el *clima*, estudio estadístico de los parámetros del tiempo, con valores medios, desviaciones y frecuencias, así como el historial de los distintos tipos de tiempo, tienen gran importancia en el estudio de esas fisiopatías.

Nuestra Península, con sus variadas y distintas regiones, constituye un verdadero mosaico de climas, al que se han ido adaptando los diversos cultivos, las distintas razas de ganado y las especies forestales. Comparemos, por ejemplo, las brumosas y verdes comarcas de Galicia y Cantábrico con las áridas y soleadas zonas mediterráneas de Murcia y Almería, y

tendremos enfrentados dos mundos climáticos radicalmente distintos dentro de la misma nación.

Cultivos, cosechas, ganadería, bosques van íntimamente ligados a la marcha del tiempo atmosférico en el transcurso del tiempo cronométrico a lo largo del año y de los años.

Pero las adversidades meteorológicas y las fisiopatías ocasionadas, pueden acabar en unas horas o en algunas semanas con los esfuerzos e ilusión a los que el campesino dedicó años enteros.

La cosecha depende, en ocasiones, más del comportamiento atmosférico del año que de las labores, abonado, riegos y tipo de suelos; por eso sentencia el refrán: «Contra la maña añada, poco puede la tierra bien labrada». Es por ello, por lo que el intento de luchar contra los elementos atmosféricos está tomando carta de naturaleza en las últimas décadas. Y de las experiencias de laboratorio, se está pasando a las campañas experimentales al aire libre y cielo abierto, para poner en práctica los llamados «cambios artificiales» del tiempo: estimulación e intensificación de la precipitación, lucha antigranizo, defensa contra la helada, etc.

Otro gran apartado de las adversidades agrícolas va ligado a las *plagas y enfermedades* de cultivos, árboles y ganado, en las que las condiciones atmosféricas se confabulan con otros factores bióticos y edáficos aportando su colaboración, favorable o desfavorable, a su propagación e intensificación en el espacio y en el tiempo, en cada comarca y cada época del año. Este último capítulo, está tratado con más rigor y extensión por especialistas agrarios. Y nosotros le soslayamos.

Si las adversidades meteorológicas coinciden con momentos críticos de la vida vegetal, los efectos perniciosos se agravan; sirven como ejemplo las lluvias intensas en época de polinización, las heladas tardías cuando la vid está rompiendo el brote, o el retroceso al frío con ovejas recién esquiladas y en época de paridera. Cuando la «temperie» del ambiente y el «tempero» de los suelos coinciden con una buena coyuntura en los ciclos anuales, la produc-

ción de los cultivos y el rendimiento del ganado acusan un marcado aumento. En Agrometeorología es tanto más interesante la *oportunidad* y repartición que la *cantidad* y frecuencia de los meteoros y agentes atmosféricos (precipitación, temperatura, calmas y sol, etc.).

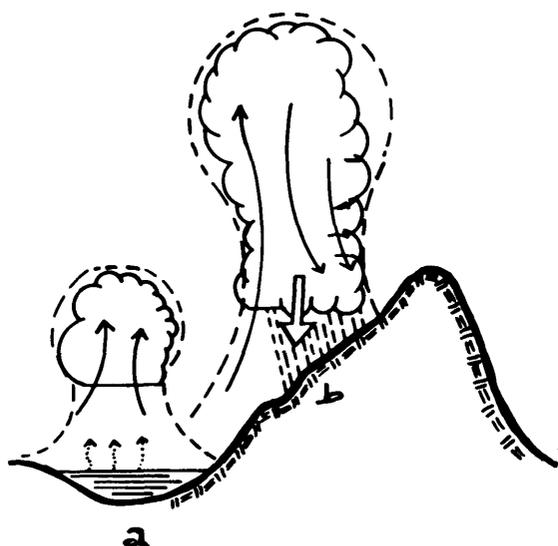
ESTABILIDAD E INESTABILIDAD DEL AIRE

Una de las reglas más sencillas y rentables de la Meteorología es la siguiente:

Los suelos contagian sus caracteres al aire que descansa sobre ellos: Por *bajos niveles* de la atmósfera, junto al suelo, el aire se carga de energía calorífica, vapor de agua e impurezas y gérmenes.

El aire cálido y húmedo es *inestable*, móvil y ligero, tiende a elevarse en grandes «pompas» y globos. El aire frío y seco es *estable*, denso y pesado, tiende a agarrarse a los suelos y a llenar valles y hondonadas (fig. 1).

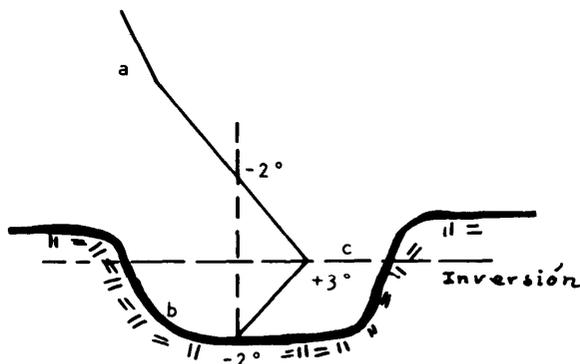
Cuanto más caliente esté el aire mayor es la cantidad de vapor que puede retener en su seno. Por ejemplo, el aire a 38° C sujeta 36 gramos de vapor por metro cúbico para saturarse; pero a 20° C. sólo retiene 17 gramos de vapor. Así, pues, si un aire saturado pasa de 38° C. a 20° C. se desprende de $36 - 17 = 19$ gramos de vapor que se podrán depositar sobre núcleos de condensación en un ascenso casi adiabático, formando nubes o nieblas; o bien por enfriamiento directo sobre hojas y suelos, dando lugar a rocíos (condensación) y escarchas (sublimación). Además, cuando se evapora el agua, se roba calor a la superficie evaporante; ese *calor latente* es un «capital» añadido al aire húmedo que es devuelto a los procesos de condensación al formar las nubes, en forma de *calor sensible*. En esta apasionante «metamorfosis» de la sustancia agua, en su cambio de estado, radica una de las más importantes propiedades de las masas de aire y de los flujos de la circulación atmosférica, al ser el aire húmedo soporte de *masa* (vapor de agua) y de *energía* (calor latente y calor sensible).



Inestabilidad
Aire cálido + húmedo

El agua evaporada se incorpora al aire creando nubes en forma de globo, con acusado desarrollo vertical, que pueden provocar potentes Cb tormentosos. Corrientes ascendentes de vapor y descendentes de lluvia y/o granizo.

a = embalse.
b = ladera de solana.



Estabilidad
Aire frío + seco

El aire frío y seco escurre por las laderas y rellena el valle, efecto catabático. Surge una inversión térmica que actúa como una «tapadera», debajo de la cual queda estancado el aire frío. Si está húmedo daría nieblas, si está seco, heladas.

a = curva temperatura - altura.
b = valle relleno de aire frío.
c = inversión (tapadera) de temperatura.

Fig. 1.

Así, pues, sólo por los efectos de inestabilidad, el aire inquieto y móvil se dispara hacia arriba y se incorpora por corrientes verticales a los altos niveles de la atmósfera. Un cumulonimbo de las costas mediterráneas en otoño va desde el suelo hasta 10 km. y más, pero su ciclo de vida es sólo de pocas horas.

A causa de la estabilidad el aire fluye a ras del suelo, rellenando las hondonadas y valles, embalsándose y quedando encalmado para crear amplios bancos de niebla o extensas zonas de helada («bolsas» de aire frío) que pueden persistir varios días consecutivos.

Pensemos un momento en la gran influencia que pueden tener estos movimientos ascendentes (aire cálido) o estancamientos (aire frío) en el traslado y propagación de insectos, pó-

lenes, bacterias, esporas y toda clase de gérmenes patógenos. Muchas plagas son «trasladadas» hacia arriba o «retenidas» junto al suelo según el carácter estable o inestable del aire en el lugar. Estas plagas tienen, en general, un carácter endémico.

Por otro lado, los umbrales de temperatura y humedad pueden ser óptimos o prohibitivos para el desarrollo de insectos, virus o enfermedades.

En grandes extensiones, los fenómenos meteorológicos para indicar el grado de estabilidad de la atmósfera son:

- a) Atmósfera estable (tiempo anticiclónico).
- b) Atmósfera inestable (régimen de bajas presiones).

Los anticiclones presentan aire descendente que se recaliente por compresión (inversión de subsidencia), lo que implica un aumento de la presión atmosférica. En bajos niveles puede haber nieblas o heladas (aire frío), o bien brumas y calimas (aire seco) y el viento aparece en calma, debido a la inversión térmica que frena las corrientes ascendentes.

La depresión del punto de rocío = (temperatura aire seco) - (temperatura del rocío), es un buen indicio para localizar el carácter del tiempo: $\Delta T = T - T_d$

Si: $\Delta T > 10^\circ \text{C}$ (aire diáfano y seco)

$\Delta T < 3^\circ \text{C}$ (rocío)

$T = 0^\circ \text{C}$ (niebla) $\rightarrow T \cong T_d$

Las borrascas (y localmente las nubes tormentosas) presentan fuertes corrientes verticales de carácter ascendente («ascensor»), lo que implica una disminución de la presión atmosférica por expansión del aire que al subir se enfría, y al enfriarse condensa el vapor que lleva en su seno en forma de nubes. Hacia el vacío que deja el aire ascendente, en «chimenea» soplan en superficie los vientos, condicionando su velocidad al gradiente horizontal de presión entre las líneas isobaras. Cuanto más apretadas están las isobaras más intenso es el viento geostrofico. Esas borrascas extratropicales de latitudes medias llevan incorporados los frentes nubosos (cálido, frío y ocluido) de las ondas del frente polar con su cortejo de lluvias continuas y chubascos (fig. 2).

FENOMENOS LOCALES Y ADVECTIVOS

En Meteorología un fenómeno tiene *carácter local* cuando se desarrolla en una masa de aire que está quieta sobre un mismo lugar. Caso de las nieblas invernales o tormentas estivales, y siempre «dentro de esa misma masa de aire». Es muy característico a este respecto el comportamiento del aire frío en los meteoros primaverales y otoñales (los entretiempos de equinoccio), en los que a igualdad de longitud del día y de la noche, pueden

dar una helada nocturna por enfriamiento y una granizada diurna por convección. Por ello sentencia el refranero: «Negará la madre al hijo, pero no el hielo al granizo» (fig. 3).

El conocimiento de los vientos locales es de gran importancia en los tratamientos contra las plagas. También el régimen local de brisas de valle y costeras.

Los *fenómenos advectivos* son los que vienen desde fuera y llegan al lugar asociados a las masas de aire viajeras. Al llegar una masa de aire alógena, desplaza a la que estaba en la región y puede haber bruscos «cambios de tiempo» ligados a paroxismos meteorológicos de asentamiento (fig. 4).

El tiempo «viajero» con masas de aire que llegan a la región (advectivas) puede abarcar grandes zonas, una nación e incluso parte de un continente, provocando grandes daños por su extensión e intensidad. Además no tiene preferencia ni «reloj» prefijado. Por ejemplo, una tormenta estival de carácter local se forma por la mañana y descarga a primeras horas de la tarde; mientras que un frente frío trae una muralla de Cb que pueden atravesar la comarca a media noche o a mitad del día. Análogamente, una helada de irradiación se genera en noche despejada y aire encalmado y alcanza sus valores más bajos al amanecer; mientras que una helada de advección puede llegar a la zona con viento y nubes y en pleno día.

Este carácter *sedentario* y reducido del fenómeno local, se enfrenta con el carácter *nómada* y extensivo del fenómeno advectivo.

Ahora es más fácil comprender como una masa de aire que se genera en una «región manantial» y después viaja a través de océanos y continentes puede captar en su camino y arrastrar consigo hacia otras regiones muchas plagas que llegan allí con carácter epidémico (royas del trigo, invasiones de langostas y escarabajos, peste porcina, gripe, etc.).

El viento que acompaña el movimiento de las masas de aire es un vector de dispersión de plagas, al mismo tiempo que un propagador de caracteres meteorológicos, pues los vien-

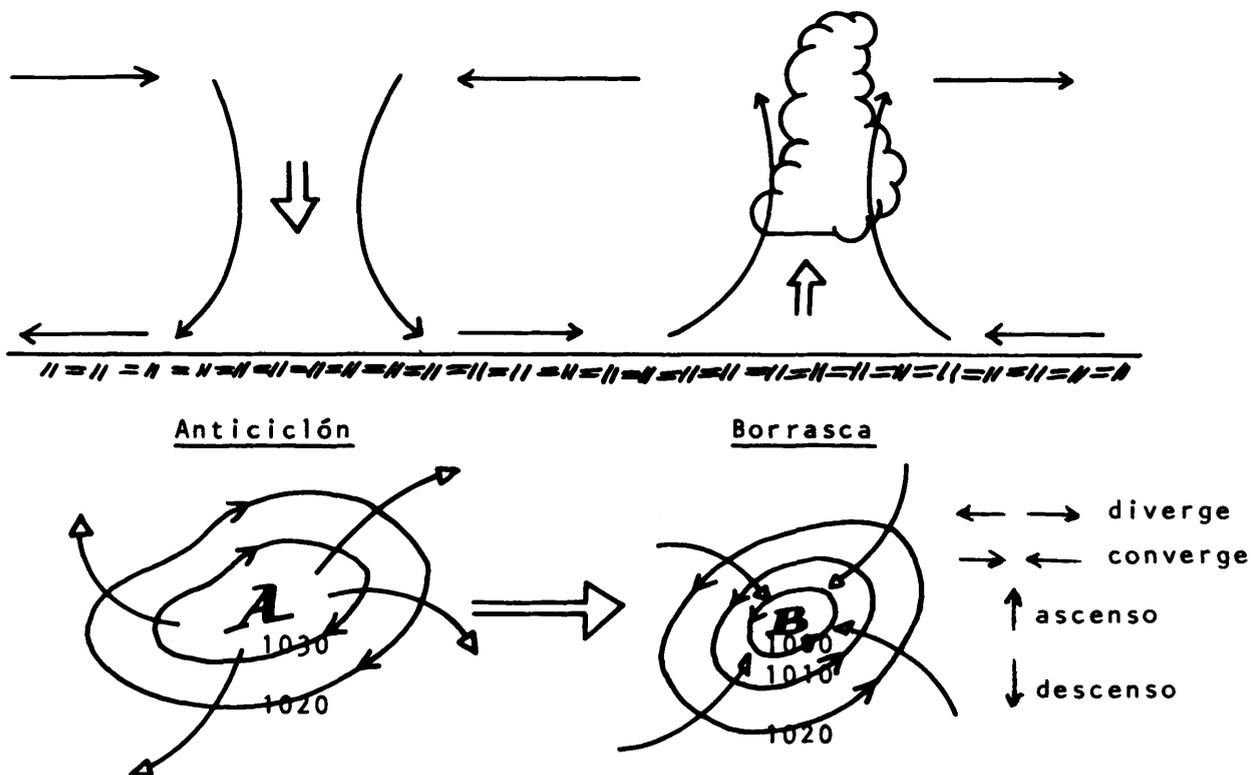


Fig. 2.—Esquema de anticiclón y borrasca.

Anticiclón
 Converge arriba
 Diverge abajo
 Actúa como manantial
 Estable

Borrasca
 Diverge arriba
 Converge abajo
 Actúa como sumidero
 Inestable

El viento sopla de las altas a las bajas presiones.

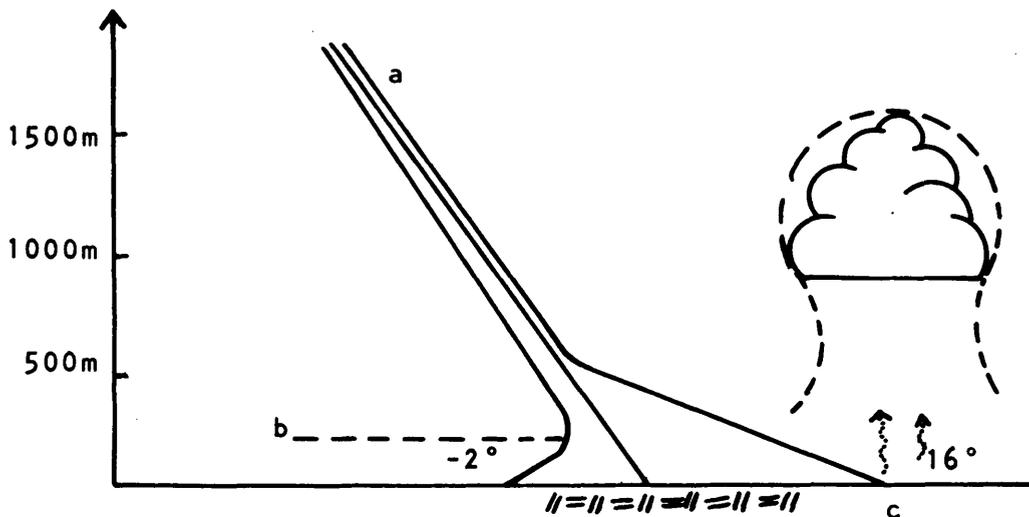


Fig. 3.—La misma masa de aire evoluciona según la «ordena» el suelo. Por la noche se enfría y estabiliza. Por el día se caldea e inestabiliza. a=Curva temperatura - altura. b=Inversión térmica (helada junto al suelo). c=Caldeo diurno (formación de cúmulos).

tos traen el tiempo asociado al ir y venir de las masas de aire.

ADVERSIDADES AGROMETEOROLOGICAS (FISIOPATIAS PROVOCADAS)

Dentro del restringido espacio que se dispone para una comunicación no es posible más que enumerar y tratar en síntesis algunas de

las adversidades agrometeorológicas. Trataremos las siguientes:

- Heladas. Olas de frío.
- Calores intensivos. Golpe local y oleadas.
- Tormentas y granizadas. Locales y frontales.
- Vientos adversos. Carácter dinámico y térmico.
- Abundantes precipitaciones. Intensas o copiosas.
- Sequía.

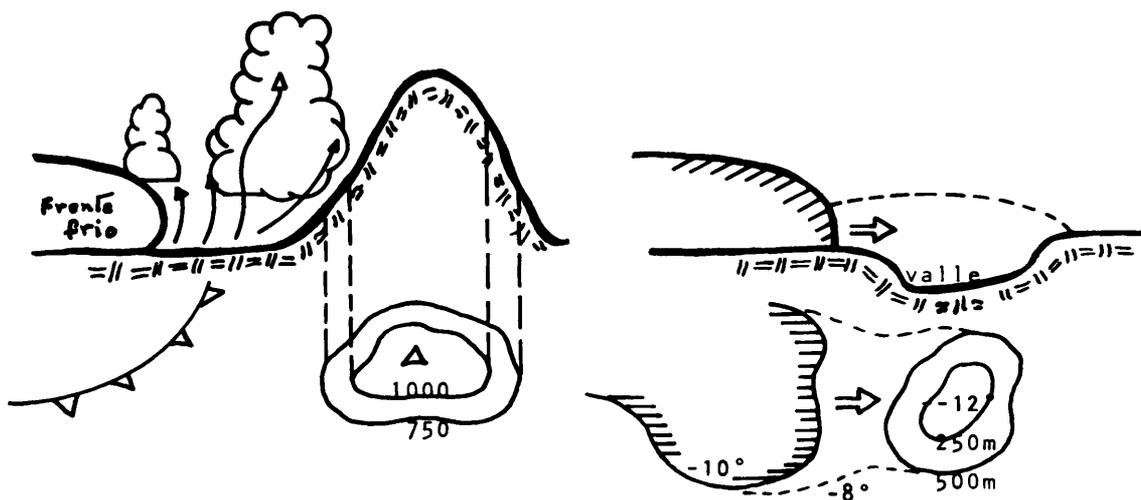


Fig. 4.—Carácter adventivo de masa de airc.

Frente frío (tormentas)

La llegada de aire frío desaloja delante de él al aire cálido y húmedo, dando lugar a cumulonimbos. Una montaña contribuye a la inestabilidad.

Ola fría (heladas)

La llegada de una masa fría hace que el aire denso se agarre al suelo. Como es seco y frío da heladas. Un valle se llena de aire frío y contribuye a una mayor estabilidad.

Daremos una somera descripción de estas adversidades y de los medios de lucha contra ellas. En plan de información pueden consultarse nuestras Hojas Divulgadoras del Servicio de Capacitación y Extensión Agraria del Ministerio de Agricultura, de las que hizo la recopilación «10 Temas sobre el clima» (cuya segunda edición de 1978 está ya agotada).

HELADAS. OLAS DE FRIO

La helada no es propiamente un meteoro, sino la conjunción de varios procesos atmosféricos. Puede tener trágicos efectos sobre cultivos, bosques y ganadería. Los efectos de microclima son aquí muy acusados. Hay que tener datos dentro de la garita meteorológica

(150 cm. sobre el suelo), junto al suelo y en el subsuelo (10 cm. por encima y por debajo de la superficie).

En una sola noche de helada puede arruinarse el trabajo y el cultivo de muchos meses (e incluso años, cuando afecta al arbolado).

Distinguiremos tres tipos de heladas:

- a) Heladas de irradiación.
- b) Heladas de evaporación.
- c) Heladas de advección: ola de frío.

La *helada de irradiación* se da en noche larga con viento encalmado, cielo despejado y aire frío, seco y diáfano, con acusada inversión de temperatura junto al suelo, propio de los anticiclones. Tiene carácter local y juega importante papel la topografía (hondonadas, valles), y la orientación (umbría, zonas de barlovento...).

Es muy importante saber el tiempo que el aire estuvo bajo cero y ello es fácil de obtener de la banda del termógrafo. Los medios de lucha se basan en producir las condiciones contrarias a su aparición:

El aire frío y diáfano se puede calentar con

hornillos (carbón, petróleo) y enturbiar con humos que arropen el suelo (químicos o naturales). La inversión de temperatura se puede romper con molinetes e incluso con el vuelo de helicópteros.

La *helada de evaporación* suele darse en primavera con aire algo húmedo, cuyo vapor se sublima directamente por la noche en forma de escarcha sobre tallos, capullos y brotes (heladas blancas). Al salir el sol calienta con fuerza y se provoca una rápida evaporación de la escarcha, que roba su calor de las partes sensibles de la planta con el consiguiente perjuicio. Un calentamiento local con humos (quemar paja, hojas, estiércol, neumáticos), es utilizado por los agricultores. También el riego a manta en los prados y el riego por aspersión en frutales (¡siempre que no estén en floración!).

Las *heladas de advección* (ola de frío) van vinculadas a la llegada de aire ártico o polar a la región y tienen efectos catastróficos, pues a las bajas temperaturas del aire de superficie, se añade el gélido efecto de un viento muy frío y seco que mata brotes y ramas.

Pueden presentarse con nubes y nevadas. Es prácticamente imposible luchar contra sucesivas oleadas de aire frío y los agricultores las califican de heladas negras.

Las olas de frío suelen venir de Europa con viento del NE cuya procedencia es de las metetas de Rusia (fig. 5).

Los retrocesos al frío, en abril o mayo, pueden provocar grandes daños en rebaños de ovejas recién esquiladas, con merma en la producción de leche y mortandad de corderos.

La marcha del año agrícola determina adelantos y retrasos en las fechas de helada. Para cada localidad se puede realizar un calendario con los siguientes datos:

- Primera helada de otoño.
- Última helada de primavera.
- Período vegetativo libre de heladas.
- Número de días de helada. Intensidad y persistencia.
- Período de retorno.

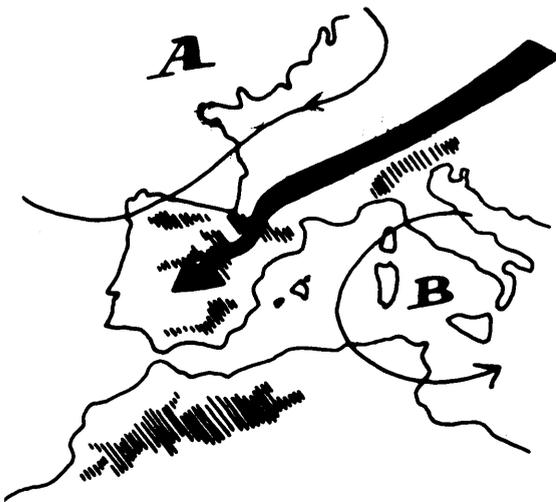


Fig. 5.—Esquema de ola de frío. Aire ártico (frío y seco) viaja sobre los suelos helados de Europa Central, desborda los Pirineos (o escurre por sus flancos) y llega con nevadas, vientos y bajas temperaturas a nuestra Península, provocando una ola de frío.

Para una más amplia información puede consultarse: «Estudio de heladas en España». GARCÍA DE PEDRAZA, ELÍAS CASTILLO, RUIZ BELTRÁN. Sección de Meteorología Agraria del S.M.N., Madrid, 1977.

Las efemérides más destacadas de olas de frío de los últimos cincuenta años en España fueron: enero-febrero de 1938; enero de 1945; febrero de 1948; febrero de 1956; diciembre-enero de 1963; marzo de 1977.

GOLPE DE CALOR. OLAS CALIDAS

La intensa insolación local en días largos de verano y la entrada de aire cálido y reseco en épocas intempestivas puede provocar notables estragos en los cultivos: asurado de frutas, merma del grano en las espigas, quemaduras locales... Dentro de la garita meteorológica las temperaturas máximas pueden alcanzar de 40° a 45° (por encima de los 35° C hay «fiebre» en el ambiente) y la humedad relativa bajar del 30 por 100.

Ello puede crear un desequilibrio entre el poder de absorción de humedad por las raíces y la evapotranspiración por las hojas, con las consiguientes pérdidas para el vegetal, que ve descompensados los efectos de fotosíntesis y respiración. Influye mucho la capacidad de reserva de agua en los suelos a la altura de las raíces.

El *golpe de calor* suele tener carácter local, el aire está en calma y actúa la intensa radiación solar, alcanzándose temperaturas superiores a los 38° C con aire seco, calima y cielos despejados.

Puede combatirse con el riego en huertas y vergeles, y es más peligroso en seco: viña, olivar y cereales (con espigas en estado lechoso).

Su duración es corta (de unas horas a dos días). Si el aire está húmedo provoca sensación de laxitud y bochorno.

Las *olas de calor* son advectivas, ligadas a invasión de aire reseco y recalentado que alcanza la región. Tienen carácter dinámico,

suelen venir asociadas en superficie a velocidad del viento de unos 20 km./hora, humedad relativa baja (30 por 100) y máximas temperaturas elevadas (superior a 40° C). Se tiene así la regla de los 20-30-40 (viento-humedad-temperatura).

A España las oleadas de calor pueden llegar desde Francia en verano, viento del NE que rebasa los Pirineos con marcado efecto foehn, o del Sahara, vientos del S y SE, que han de rebasar la Penibética y Sierras de Cazorla y Alcaraz para llegar al interior (fig. 6).

Ya hemos indicado que los vientos terrales, resecos y deshidratados son un factor muy peligroso que aumenta el riesgo en los cultivos. Tales son los del S en la cornisa cantábrica; los del W en Valencia y Murcia; los del E en campos de Cádiz y Guadalquivir y los del NE por Galicia.

Con el balance hídrico basado en las fórmulas de Thornthwaite pueden determinarse los meses secos y los meses de humedad en ca-



Fig. 6.—Esquema de ola de calor. Aire continental (cálido y seco) proviene de Centroeuropa y cruza los Pirineos con acusado efecto foehn; independiente o simultáneamente aire del Sahara penetra por el Sur o por Levante, soplando hacia la baja térmica de Extremadura-La Mancha-Guadalquivir; también trae efecto foehn (reseco y recalentado) por influencia de la Penibética y nos convierte en una «sucursal del Sahara».

da observatorio (CASTILLO y RUIZ BELTRÁN, 1978).

Conocidos estos datos y el tipo de cultivo, puede realizarse el calendario de riegos, como un medio de lucha contra los fuertes calores.

La intensidad, duración y variabilidad de las olas de calor queda bien reflejada en la fenología de las plantas silvestres y en la evolución de algunas plagas endémicas (langosta y saltamontes, procesionaria de pinos, etc.).

Los golpes de calor adelantados en mayo y junio tienen dramáticos efectos en los cultivos (en la floración o espigado) y en granjas avícolas (disminución en la puesta de huevos y asfixia de pollos). También es una pesadilla para el riesgo de incendios forestales.

En los últimos veinticinco años podemos citar como intensas olas de calor: julio de 1962; julio-agosto de 1964 y 1965; julio de 1978, agosto de 1980; junio de 1981 y julio de 1982 (estos tres últimos años asociados a la larga sequía).

TORMENTAS Y GRANIZADAS

El granizo y pedrisco es una de las fisiopatías más temidas por los agricultores españoles. Los daños son coyunturales, asociados al estado de vegetación de los cultivos. El impacto y lesión del granizo deja luego condiciones propicias para el ataque de plagas y enfermedades.

Las nubes de gran desarrollo vertical, los potentes cumulonimbos pueden presentar corriente ascendente entre 12 y 21 m./seg. En la zona de temperatura entre -5°C y -15°C , con agua subfundida, es donde hay mayor posibilidad de formación del granizo. El granizo permanece poco tiempo en el interior de la nube. Se estima en unos 30 minutos el tiempo comprendido entre su formación y precipitación. Las granizadas se reflejan en el suelo en forma de «calles» o franjas, ligadas al desplazamiento de la nube tormentosa; por tal causa pueden arruinar una finca y no afectar a la del vecino. Esta es la causa por la que los

agricultores llaman al granizo la «lotería del infierno». Además, siempre que graniza suele llover también en abundancia, pero es tan espectacular el daño ocasionado por el pedrisco, que los beneficios del agua de lluvia que le acompañan pasan desapercibidos.

Podríamos clasificar dos tipos de tormentas:

a) *Tormentas locales*. Se suelen presentar en los días largos de primavera y verano, cuando el aire cálido y húmedo junto al suelo es subvertido por otro más frío que gravita en altos niveles. Suelen darse en la ladera de solana de zonas montañosas próximas a embalses. El efecto de brisa desde el valle a la ladera, contribuye al «disparo» de las nubes tormentosas. Tienen carácter local y no se desplazan del lugar de origen más allá de 20 a 30 km.

b) *Tormentas frontales*. Tienen carácter advectivo, se mueven con los frentes y los cumulonimbos aparecen como una gran muralla nubosa emigrante.

Su paso puede presentarse en cualquier época del año y a cualquier hora del día o de la noche. Son típicas las tormentas de frente cálido en primavera por el Guadalquivir, las de frente frío en invierno en Galicia y Asturias, las de frente y gota fría en altura en otoño por el Mediterráneo y, en fin, las tormentas frontales en verano por ambas mesetas, Ebro, Cordillera Central y Sistema Ibérico.

Las tormentas, bien sean locales o frontales, se originan siempre dentro del aire cálido y húmedo que actúa de «cebador»; mientras que el aire frío —en superficie o altura— es el «gatillo» que dispara la inestabilidad.

La caída del granizo viene acompañada de corrientes descendentes de aire frío, que caen en cascada, refrescando el aire del suelo y el ambiente de bochorno previo a la tormenta. Varios granizos pueden soldarse entre sí, dando lugar al pedrisco, que en situaciones excepcionales constituyen piedras de hielo de cerca de un kg. de peso, y son proyectiles que se mueven con gran energía cinética, disparados desde la nube hacia el suelo.

Contra las granizadas de tipo frontal, asociadas a los frentes cálidos o fríos, que se pre-



Fig. 7.—Nube tormentosa en gestación.

sentan de día o de noche, desplazándose con velocidades de 30 a 40 km./hora, es muy difícil luchar.

Para la lucha contra el granizo procedente de nubes convectivas locales se vienen utilizando diversos procedimientos, tales como:

— Inseminación de humos de *yoduro de plata* mediante generadores instalados en el suelo, que son incorporados a la nube por las propias corrientes convectivas.

— Lanzamiento de cartuchos y bengalas de AgI desde aviones que vuelan en las proximidades de la nube Cb en formación. Ello requiere una verdadera campaña de lucha con apoyo de radiosonda, radar, calculador con modelo numérico de nubes y aviones especialmente equipados.

— Cohetes antigranizo de gran potencia, tal como el tipo «oblako» (significado ruso de «nube»), que son lanzados por rampas a las zonas

de agua subfundida (con intenso brillo en la pantalla de radar). Emplean yoduros de plata y de plomo.

— Mallas antigranizo, consistentes en tupidar redes de plástico que detienen el impacto del granizo. Los vientos turbulentos que acompañan a la tormenta son un mal enemigo de estas redes.

Para la lucha con generadores de AgI son precisos avisos y predicciones meteorológicas que se dan por radio, los días de inestabilidad atmosférica, con carácter ejecutivo. Los encargados de los generadores escuchan el pronóstico en el campo, mediante una radio de transistores y ponen en funcionamiento los medios de defensa.

Se realizan campañas experimentales en la Rioja alta y media, el Ebro, zona de Lérida, comarcas de Levante, zonas de Aranjuez, zona

de La Mancha, comarcas de Murcia y Albacete...

El Negociado de Fisopatías del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación viene controlando las campañas experimentales de lucha antigranizo en diversas regiones de España (DAVILA, APARICIO y GARCÍA DE PEDRAZA, 1974-1981).

El proyecto, desarrollo y control de una campaña antigranizo lleva consigo: planificación, ejecución y evaluación. Al cabo de un período representativo de años podrán realizarse estadísticas representativas.

La mayor actividad tormentosa se presenta en el Ebro, Duero, Centro y Levante, en los meses de verano y en las proximidades de embalses y montañas.

En cuanto a referencia de años con veranos

muy tormentosos, citaríamos 1959, 1975 y 1976, con gran actividad tormentosa y duras granizadas en comarcas del interior.

VIENTOS ADVERSOS EN AGRICULTURA

Los vientos influyen en agricultura según su carácter dinámico: violentos o moderados, su carácter térmico (fríos o cálidos), su carácter higroscópico (húmedos o secos); también según la intensidad, persistencia y estación climatológica del año en la que se presenten.

Los vientos violentos tronchan ramas, tiran frutos, dismantelan invernaderos, propagan incendios, encaman la mies...

Los vientos fríos afectan los cultivos y árboles, los cálidos abrasan la vegetación, los secos deshidratan, los húmedos pueden favorecer

Fig. 8.—Nube de paso de frente frío cruzando una cordillera.



la propagación de plagas, mohos, mildiu... El viento es un vehículo de transporte de semillas, polen, insectos...

Los valles, montañas y costas pueden actuar sobre el viento, reforzando su velocidad y sus efectos violentos.

Para oponerse a los efectos del viento se utilizan las «barreras cortavientos», que protegen los cultivos situados detrás de ellas. Están constituidos por filas de matorral y árboles de mayor porte colocados frente a la dirección de los vientos peligrosos (terrales, fríos, etc.), dominantes en la comarca. Con ellos se aminora su velocidad y se protegen cultivos situados a sotavento. La distancia «protegida» detrás de la barrera es de unas 25 veces la altura de la misma. Detrás de la barrera se deja una zona de 10 metros sin cultivar, en evitación de que las sombras de la barrera impidan el desarrollo normal.

Entre las efemérides de vientos violentos podríamos citar febrero de 1941 (cuando el incendio de Santander), mayo de 1945, diciembre de 1981...

LLUVIAS EXCESIVAS

Así como la lluvia oportuna y medida es una bendición para el campo, sus caracteres extremados son malos: el exceso (encharcamiento) y el déficit (sequía).

Las *lluvias intensas* van asociadas a torrenciales aguaceros de carácter tormentoso y tipo local. Cae mucha agua en poco tiempo y los suelos son incapaces de retenerla, apareciendo una notable escorrentía que se lleva las tierras y produce en el terreno cárcavas y ramblas, con acusada erosión. De este tipo son los diluvios otoñales de zonas costeras del Mediterráneo, que han desmontado toda la tierra fértil de los cerros (hoy pelados y sin vegetación), para bajarla a la zona costera, donde los riegos crean el milagro de las fértiles huertas.

Las *lluvias copiosas* van asociadas al paso de los frentes nubosos de una familia de borrascas; son de carácter advectivo y abarcan ex-

tensas regiones. Los persistentes temporales de más de una semana de duración producen encharcamiento de las tierras y desbordamiento de ríos. Además, la lluvia y viento de los frentes cálidos pueden derretir mucha de la nieve acumulada en las montañas, creando fuertes avenidas en arroyos y ríos. De este tipo son los desbordamientos en la cuenca del Ebro y del Guadalquivir.

Así pues, las lluvias han de ser generalmente: intensas (carácter local) o copiosas (carácter advectivo), para provocar inundaciones y desbordamientos (CASTILLO y RUIZ BELTRÁN, 1979). Una predicción oportuna de la precipitación y un buen uso de la red de afloramientos permite poner sobre alerta a las zonas de aguas abajo, y adelantarse así a la llegada de la riada. Como medio indirecto de lucha citaremos la repoblación forestal de cabecera del río y las obras de encauzamiento y drenaje.

Entre las efemérides más importantes de grandes riadas recordamos: octubre de 1948, con notable desbordamiento del Segura; octubre de 1957, desbordamiento del Turia e inundación de Valencia; septiembre de 1962, desbordamiento de los ríos Llobregat y Besós; julio de 1979 con enormes tormentas y desbordamientos en Valdepeñas; octubre de 1982 con intensos diluvios, crecidas y arrastradas en la cuenca del Júcar; noviembre de 1982, con fuertes avenidas fluviales en Pirineos catalanes, Andorra y Lérida.

SEQUIA

La sequía es una de las mayores calamidades meteorológicas. Se deja sentir durante largos periodos de tiempo y, como falta la humedad como agente moderador, es muy extremo el carácter térmico (ciclos de heladas, golpes de calor, atroz evapotranspiración). Los efectos sobre cultivos, montes, ganadería y bosques son calamitosos. El carácter de la sequía es más bien climático, dura varios meses y hasta años. Nadie sabe cuando se comienza a gestar una sequía; pero solapadamente aparecen

sus estragos al cabo de un cierto tiempo. La recuperación del agua en suelos, fuentes, ríos y embalses es también lenta después. Así, los temporales de compensación para tierras de labor habrán de presentarse con frecuencia: se puede estimar una aproximación de 120 mm. de precipitación en un período de dos meses; para efectos hidrológicos se precisa recuperar más agua (unos 250 mm.) y durante más intervalo de tiempo (unos cuatro meses). Es natural esta inercia de recuperación, ya que los suelos quedan sin humedad hasta bastante profundidad, las capas freáticas muy agotadas y algunos embalses prácticamente secos.

Resulta así que la sequía tiene una respuesta compleja de circunstancia socio-agro-meteorológica que afecta a extensas regiones de una nación. Para la Península Ibérica los potentes anticiclones cálidos que se asientan sobre la zona bloquean y desvían los flujos de los vientos húmedos del W (circulación zonal según paralelos) y se prodigan los de componente N-S, según los meridianos. El dominio anticiclónico durante meses consecutivos es tan absoluto que no se forman ni siquiera nubes a las que poder aplicar experiencias de lluvia provocada (y de donde no hay no se puede sacar). En cuanto a procedimientos indirectos, podríamos hablar de una práctica de «ahorro» mediante los hiperembalses anuales (para retener el agua de años lluviosos para otros secos), a la red de grandes silos (para guardar remanente de grano de años abundantes para los escasos), etc.

La sequía es un reto al conocimiento de la variabilidad del clima, que vino variando lentamente durante los últimos decenios, siglos y milenios. La cuestión es saber cómo estos cambios afectan a la sociedad humana, pasada y presente, y como afectarán a la futura con la explotación y uso del agua en márgenes muy ajustados.

La aridez acompaña a la sequía, creando condiciones improductivas de las tierras, lo que obligaría a buscar procesos de retroacción. sin embargo, la actual sequía, aunque viene siendo pertinaz y extendida, ya tuvo precedentes

históricos; pero ocurre que cada vez la demanda y necesidades de agua son mayores, el agua es un bien limitado y llegan a crearse condiciones artificiales de sequía, al no disponer de agua en los embalses para atender una mayor demanda industrial y de regadíos. Ello las hace cada vez más vulnerables ante las variaciones climáticas a corto plazo (un año para otro) y frente a la variabilidad climática a largo plazo (de un decenio para otro).

El impacto de la sequía afecta a una intensa gama de actividades humanas: agricultura, silvicultura, recursos hídricos, industria, planificación de recursos energéticos, ordenación y aprovechamiento de la tierra.

La vulnerabilidad de una sociedad dependerá de sus estructuras y de la capacidad de sus instituciones para absorber las tensiones generadas por la sequía.

Aunque no existan datos de lluvia, parte de la adversa climatología de siglos pasados la podríamos reconstruir consultando los archivos parroquiales y viendo las fechas de las rogativas: tanto para implorar la lluvia («ad petendam pluviam»), como para rogar la calma y el cese de diluvios e inundaciones («pro serenitate»). Es una norma de nuestros climas que, valga la paradoja, tiene por norma la anomalía, con ausencia de lluvia en cantidad y oportunidad.

Se puede pasar de la sequía fría del invierno (con duras heladas) a la sequía calida del verano (con olas de calor), sin que aparezca la transición de las lluvias primaverales. Si de nuevo se emprende otro año agrícola sin el intervalo de las lluvias otoñales, se desemboca en graves condiciones con falta de pastos, piensos caros y escasos, pérdida de crías, anulación de cosechas, restricción de agua..., y demás calamidades que están aún de actualidad en el período 1980-81-82.

Aunque menos espectacular como noticia que una helada o granizada, la sequía resulta más trágica por afectar a mayor extensión territorial y a muy variadas actividades.

Como períodos secos para agricultura y embalses, en las últimas décadas, recordamos:

1943-44, 1949, 1956-57, 1964, 1972-73, 1976 y 1980-81-82.

PREDICCIONES AGROMETEOROLOGICAS

Para la defensa de los cultivos, bosques y ganadería se hace imprescindible un buen asesoramiento meteorológico, con predicciones de aviso y alerta a las adversidades, que permitan adoptar las medidas pertinentes.

La predicción puede tener un carácter de *orientación*. El meteorólogo la realiza y el agricultor la aplica o no, según sus necesidades. Por ejemplo, avisos de temporal de lluvia, períodos de tiempo estable y soleado.

O bien un carácter *ejecutivo*: el meteorólogo manda y el agricultor obedece; tal puede ser el caso del aviso de riesgo de tormenta con granizo, en los que el agricultor enciende los generadores de AgI el día que el meteorólogo avisa riesgo.

Las predicciones ejecutivas, por supuesto, dan mucha mayor responsabilidad al meteorólogo, que debe conocer muy bien las necesidades del campesino a quien van dirigidas, y los calendarios de cultivos y plagas.

En cuanto a la *extensión* territorial, es más fácil una predicción nacional o regional, por zonas, que un pronóstico local. El problema se complica cuando se pasa de generalizar a concretar. Por lo que respecta al plazo de validez, los períodos de más éxito son aquéllos entre 12 h y 48 h. De tres a cinco días vista, el pronóstico es menos concreto, y para mayor intervalo de tiempo en el estado actual de la ciencia, sólo pueden darse perspectivas basadas en normas y desviaciones climáticas. Por ello nos asombra la gran fe que depositan algunos técnicos en predicciones a un año vista, realizadas por algún consulting extranjero.

En cuanto al lenguaje, debe ser claro y persuasivo, para llegar a ser asequible al campesino. A este respecto se echa de menos un agente intermediario (extensión agraria, guarda forestal, etc.), que conviviendo en los pue-

blos con el agricultor hiciese asequibles los pronósticos y avisos meteorológicos.

Así, pues, resumiendo, los pronósticos agrometeorológicos habrían de tener en cuenta:

- a) Extensión zonal (local, regional, nacional).
- b) Plazo de validez (18 horas a 5 días).
- c) Conocimiento de los parámetros del tiempo que afectan a las necesidades agrarias.
- d) Redacción del contenido (lenguaje claro y persuasivo).
- e) Agente de divulgación (enlace meteorólogo-agricultor).
- f) Medios de difusión (radio, TV, teléfono automático grabado).

La predicción a corto plazo podría ayudar a la *táctica* del campesino: faenas y cultivos según condiciones de buena o adversa coyuntura, condicionadas a la evolución inmediata del tiempo (1 a 5 días). La estimación y perspectivas, basadas en valores climáticos, cooperarían a la *estrategia* del agrónomo y del campesino: tipo de cultivo, raza de ganado, nuevos regadíos, uso de la tierra... El plazo podría ser quincenal, mensual y estacional.

A este respecto podemos indicar que, quien esto escribe, tiene experiencia de varios años (1975-82) al respecto, con predicciones semanales para el Servicio de Defensa contra Plagas y para el apoyo de la campaña de riesgo de incendios forestales de ICONA. También efectúa pronósticos y avisos diarios en las campañas de lucha antigranizo a las Cámaras Agrarias de zonas de la provincia de Madrid y de agrupaciones de La Mancha.

En fin, y para no alargar más esta comunicación, subrayar una vez más la importancia que *tiempo y clima* tienen en la Agrometeorología, y lo rentable que puede ser la cadena esquematizada en la fig. 9, en un sentido reversible, apoyada a través de seminarios, coloquios, conferencias, cursillos de formación y de divulgación. Contando con las potentes técnicas de publicación, extensión y difusión.

El reto está ahí; a la espera de los medios materiales y económicos, del entusiasmo y vocación de usuarios y de la competencia y coordinación de los técnicos.

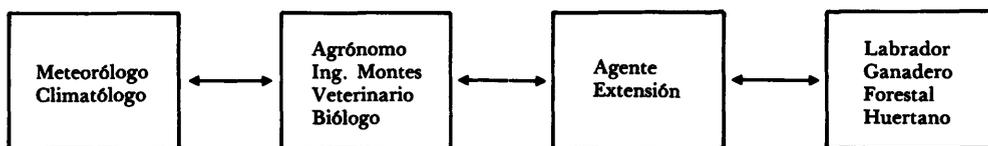


Fig. 9.—Cadena de relaciones para potenciar el valor de la agrometeorología.

ABSTRACT

GARCÍA DE PEDRAZA, L., 1982. Fisiopatías de origen atmosférico. Su carácter local o adventicio. *Bol. Serv. Plagas*, 8: 127-141.

The climatic hazards, caused by weather and climatic conditions, that affect agricultural practices exert a considerable influence on the development and yields of crops, on the livestock's health and on the forests' productivity.

Meteorologically speaking, a phenomenon can be considered as local when it takes place within an air-mass that remains stationary (over a given place): (valley fogs, orographic thunderstorms).

Advection phenomena are those associated with travelling air-masses that cross a region (cold front, heat wave, etc.).

A brief synthesis of some climatic hazards is presented in this paper. These include: frost, heat wave, hail, high winds, downpours and drought. They are arranged following the character of the air-mass in which they occur, whether stationary or mobile. The stable or unstable conditions of the air-mass, as they relate to a specific hazard, are considered, as well as the vertical and horizontal dimensions of the hazard.

REFERENCIAS

- ANÓNIMO, 1975: Drought and agriculture. Report of working group. *Nota Técnica de OMM*, n.º 138.
- ANÓNIMO, 1978: Techniques of frost prediction and methods of cold protection. *Nota Técnica de OMM*, n.º 157.
- CASTILLO E. y RUIZ BELTRÁN: 1978. «Agrometeorología de España». Cuaderno n.º 7 de I.N.I.A.
- CASTILLO E. y RUIZ BELTRÁN: 1979. «Lluvias máximas en España. Estimaciones basadas en métodos estadísticos».
- COCHEMÉ, J. y FRANQUIN, P., 1967: Etude Agrocimatologique dans une zone semi-aride en Afrique au Sud du Sahara. *Nota Técnica de OMM*, n.º 86.
- DÁVILA, APARICIO y GARCÍA DE PEDRAZA. 1974 a 1981. Estudios realizados con radar Omera ORF-310 sobre nubes en Levante y Ribera media del Ebro y Aragón. Publicación del Servicio de Plagas.
- EIMERN VAN, J. y KARCHEN, R., 1964: Windbreaks and shelterbelts. *Nota Técnica de la Organización Meteorológica Mundial (OMM)*, n.º 59.
- HURST, G. W. y RUMMEY, R. R., 1971: Protection of plants against adverse weather. *Nota Técnica de OMM*, n.º 118.
- SEEMAN, J., 1973: Climate under glass. *Nota Técnica de OMM*, n.º 131.