

Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas

R. COSCOLLÁ

En este trabajo se pone de manifiesto la notable influencia que los factores climáticos ejercen sobre el desarrollo de las plagas y enfermedades de las plantas cultivadas, efectuándose una síntesis de los conocimientos más destacados que hasta el presente poseemos sobre esta cuestión, especialmente los referentes a las relaciones cuantitativas entre factores climáticos y evolución de plagas y enfermedades.

Se exponen separadamente las acciones de los principales de estos factores sobre los parásitos animales, sobre los parásitos vegetales y sobre los medios de lucha contra plagas y enfermedades. Algunos casos se ilustran con ejemplos de aplicación práctica, como las polillas del racimo de la vid (*Lobesia botrana* Den y Schiff y *Eupoecilia ambiguella* Hb).

Se termina con unos comentarios respecto a la utilidad del conocimiento de dichas relaciones, a sus limitaciones y a las posibilidades de futuro que se ofrecen en este tema.

R. COSCOLLÁ RAMÓN. *Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica*. Silla (Valencia).

INTRODUCCION

Aunque ya desde antiguo se conocía la notable influencia del clima en el desarrollo de las plagas y enfermedades de los cultivos, ha sido fundamentalmente en el presente siglo cuando se han llevado a cabo estudios cuantitativos sobre esta cuestión.

El punto de partida práctico arranca en 1898, cuando la estación vitícola de Cadillac (Gironde, Francia), fue encargada de investigar las fechas más adecuadas para tratar el mildiu de la vid. En base a estos trabajos nació en 1912, la primera Estación de Avisos Vitícolas, la cual basándose en la influencia del clima sobre la evolución del mildiu aconsejaba sólo los tratamientos estrictamente necesarios, consiguiéndose una adecuada protec-

ción con un mínimo de coste. (JOURNET et al., 1969).

Conforme se ha ido avanzando y profundizando en el conocimiento de la biología de los enemigos de los cultivos, se ha ido poniendo cada vez más de manifiesto la notable acción del clima sobre el ciclo biológico y actuación de los patógenos, y se ha ido concretando en relaciones matemáticas (ecuaciones, tablas, gráficas), y en algunos casos se ha llegado hasta la elaboración de modelos matemáticos más complejos y completos que intentan reflejar la biología de los patógenos en función fundamentalmente de los factores climáticos.

Todos estos conocimientos no sólo tienen un alto interés teórico, que justificaría su investigación, sino sobre todo un interés prác-

tico inmediato, pues con su aplicación podemos saber cuando se debe actuar contra los parásitos de las plantas cultivadas, efectuándose sólo los tratamientos estrictamente necesarios, y además en el momento oportuno.

Llegados a este punto hemos de señalar que la actual defensa de los cultivos se ha de basar a la vez en criterios económicos y ecológicos. Hay que tener en cuenta que sobre las cadenas tróficas constituidas por las plantas, sus parásitos, los parásitos de estos, los hiperparásitos, etc., actúan un conjunto de factores del medio ambiente que clásicamente se han dividido en bióticos (predación, parasitismos, alimento disponible, efectos de grupo y masa) y abióticos (factores edáficos y sobre todo factores climáticos).

Precisamente aquí es donde entran en juego las Estaciones de Avisos Agrícolas, que como hemos dicho, surgieron en Europa a principios de siglo, desarrollándose sobre todo a partir de la Segunda Guerra Mundial. En España estos Centros han sido puestos en marcha, desde 1964, y especialmente durante el último decenio por el Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica del Ministerio de Agricultura.

Las bases científicas en las que se apoyan las Estaciones de Avisos son (JOURNET et al., 1972; ARIAS, 1976):

— El conocimiento del ciclo biológico y densidad poblacional de los enemigos de los cultivos y de sus antagonistas naturales.

— El conocimiento de la evolución fenológica de las plantas cultivadas, para relacionarlos con el ataque de los parásitos, definiendo los estados de mayor o menor sensibilidad.

— El conocimiento de la eficacia, persistencia, coste, etc., de los diversos medios de lucha, así como de sus efectos secundarios (repercusión sobre fauna, flora y salud humana).

— Conocimiento de la influencia de las condiciones climáticas (temperatura, hume-

dad, lluvia, insolación), sobre la evolución de las plantas y de sus enemigos y sobre la duración de la eficacia de los medios o productos empleados en la lucha contra plagas y enfermedades.

Con todos estos conocimientos las Estaciones de Avisos aconsejan a los agricultores las medidas de lucha idóneas contra los parásitos de los cultivos. La utilidad económica y ecológica de las mismas es evidente, ya que si los agricultores de su zona de influencia siguen sus consejos, los cultivos estarán perfectamente protegidos, y no se darán más tratamientos que los necesarios y en el momento oportuno con lo que se consigue un ahorro económico, y al mismo tiempo se evita la contaminación del medio ambiente a causa de tratamientos innecesarios.

Vista la utilidad del conocimiento de las relaciones entre factores climáticos y evolución de los patógenos de las plantas, vamos a entrar directamente en materia. No contemplaremos la acción directa del clima sobre la planta (granizo, heladas, vientos, etc.), sino que nos ceñiremos estrictamente al título del trabajo. Por otra parte, tampoco pretendemos en esta breve exposición efectuar una revisión general de toda la información disponible en la materia que nos ocupa que podría ser objeto de un tratado, sino solamente esbozar las ideas básicas acompañadas de algunos ejemplos más destacados.

Distinguiremos en nuestra exposición entre la acción de clima sobre los parásitos animales (principalmente insectos), sobre los parásitos vegetales (principalmente hongos) y sobre los medios de lucha (químicos o biológicos).

INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMATICOS SOBRE LOS PARASITOS ANIMALES

Indudablemente de todos los factores climáticos, el que ejerce una influencia más des-

tacada sobre el desarrollo de las plagas es la **temperatura**, y por eso ha sido más estudiada.

Por una parte, cuando toma **valores extremos** puede actuar como un factor importante de reducción de poblaciones. Así por ejemplo *Ceratitis capitata* Wied. (mosca de la fruta) no produce daño en nuestras regiones continentales porque las bajas temperaturas invernales destruyen totalmente sus pupas invernantes. Por otra parte la temperatura excesivamente alta, que suele ir acompañada de una humedad relativa muy baja, puede ser también un factor de mortandad; hemos tenido ocasión de apreciar importantes desecaciones de huevos de *Lobesia botrana* Schiff. (polilla de racimo de las uvas) por esta causa; según DEVITZ a 45°C mueren todos los huevos en 9 minutos (RUIZ CASTRO, 1943). La mortalidad de crisálidas de *Ostrinia nubilalis* Hübn., que ataca al maíz, es total a 35°C.

Pero además de actuar como factor de choque cuando toma valores extremos, también cuando sus **valores son normales** es un factor básico en la regulación de las poblaciones de plagas. Como los insectos son animales heterotermos, los procesos bioquímicos que constituyen su actividad vital tienen una temperatura mínima para desarrollarse, una óptima y una máxima por encima de la cual no se desarrollan. El conocimiento de estos datos es fundamental para los avisos agrícolas.

Así, por ejemplo para *Lobesia botrana* Schiff. se ha fijado su temperatura mínima entre 11,5°C. (RUIZ CASTRO, 1943) y 10°C. (KOSTADINOV, 1974), para el autónomo del manzano (*Antonomus pomorum* L.) se ha fijado en 7°C para la actividad de los adultos, aunque en 10°C para la oviposición (CHEVALIER, 1946); en el caso de *Laspeyresia pomonella* L. (gusano de manzanas y peras) el nivel térmico mínimo para que tenga lugar el aclimamiento es de 15°C (BARRAL, 1973). Para *Leptinotarsa decemlineata* Say. (escarabajo de la patata) el cero de desarrollo está en 11,5-12°C (LARCENKO, 1958). Para *Earias insulana* Bsd. (oruga espinosa de las cápsulas del algo-

donero), la temperatura mínima es de 13,5°C para la larva, 14,5°C para el huevo, y 16°C para la crisálida (PLANES, 1948). Para *Ectomyelois ceratoniae* Zell. (barreneta de los agríos) se ha estimado que la temperatura media mínima para la aparición de la 1ª generación ha de ser de 17,5°C con temperatura mínima superior a 12°C; sin embargo cuando la humedad relativa es superior al 75% las temperaturas han de ser superiores a los mínimos establecidos (CARRERO, 1966).

Una vez superado este umbral mínimo la velocidad de desarrollo del insecto es función exponencial de la temperatura. Es clásica en Entomología Aplicada la ley de la constante término de BLUNK y BODEMHEIMER que dice: «Entre ciertos límites, el producto de la duración del ciclo evolutivo de un insecto por la temperatura efectiva es constante y específico, cualquiera que sea el lugar considerado».

Su expresión matemática es:

$$D_1 (T_1 - c) = D_2 (T_2 - c) = \dots = K$$

siendo $D_1, D_2 \dots$ la duración en días de una generación cuando el insecto está sometido a las temperaturas $T_1, T_2 \dots$, respectivamente; c es el cero de desarrollo al que hemos aludido, y K es un valor constante para cada especie.

Aunque esta ley no se cumpla exactamente en la naturaleza en todos los casos, debido al carácter fluctuante de la temperatura, a que en cada fase del insecto puede variar el cero de desarrollo como hemos visto, y a que intervienen otros factores como la humedad relativa, podemos decir que, en general, en muchos casos se cumple aproximadamente.

Así por ejemplo para *Leptinotarsa decemlineata* Say. se ha propuesto en Zaragoza (España) una integral térmica de 335 días-grado (ALFARO, 1943) y en la URSS de 330 días-grado (LARCENKO, 1958). Para *Lobesia botrana* Schiff. se ha propuesto: $D (T - 11,5) = 378$ (RUIZ CASTRO, 1943) en Almería, similar a las 402 de Bulgaria tomando $c = 10$ (DIRIMANOV et al., 1964). Especial atención ha merecido la

«fórmula de Azzi» para la incubación de los huevos de *Carpocapsa*: $D(T - 10) = 90$, comprobada con ligeras diferencias en las Vegas del Guadiana (ARIAS, 1976).

Para los gorgojos de los cereales (*Sitophilus granarius* L. y *S. oryzae* L.) se han obtenido las siguientes curvas de duración del desarrollo a diferentes temperaturas para una humedad relativa del 70% (STEFFAN, citado por BALACHOWSKY, 1963):

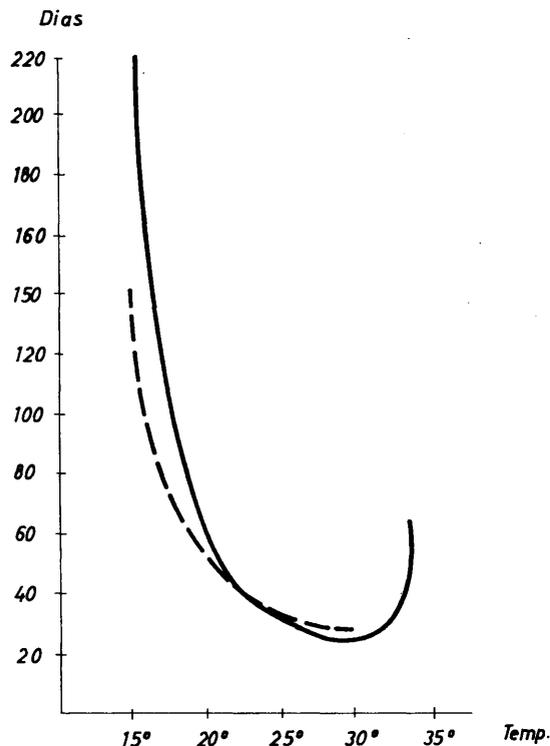


Fig. 1. Duración del desarrollo de *Sitophilus oryzae* (Línea continua) y *Sitophilus granarius* (Línea intermitente) en función de la temperatura para una humedad relativa constante (70%).

Sobre *Prays oleae* Bern. causante de graves daños en nuestros olivares se han establecido en Granada curvas de regresión para la duración de cada fase en función de la temperatura (RAMOS, 1978). Exponemos los resultados obtenidos para la generación antófaga.

Las «integrales térmicas» o sumas de tem-

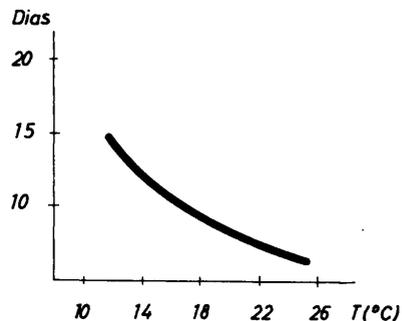


Fig. 2. Duración de la incubación de los huevos de la generación antófaga de *P. oleae* en función de la temperatura media diaria.

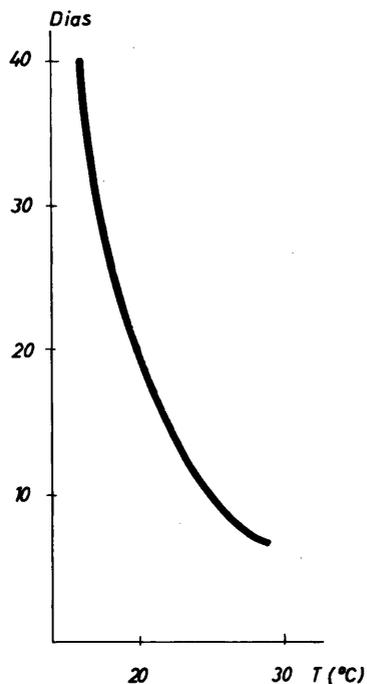


Fig. 3. Duración de la vida de la oruga de la generación antófaga de *P. oleae* en función de la temperatura media diaria.

peraturas efectivas (por encima del umbral de desarrollo) pueden emplearse también para determinar los momentos oportunos de realizar los tratamientos. Así en algunos puntos de Suiza una integral térmica que se maneja para el tratamiento de la 1ª generación de polillas

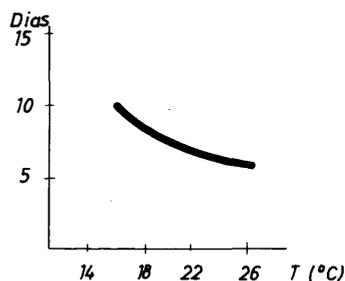


Fig. 4. Duración de la ninfosis de la generación antófaga de *P. oleae* en función de la temperatura media diaria.

del racimo de la vid es la suma de temperaturas efectivas desde que se registran las primeras capturas de adultos en trampas sexuales hasta el principio del daño, que tiene un valor entre 190 y 220 días-grado (SCHMID, 1978). Es de señalar la notable coincidencia de estos datos con los obtenidos por nosotros en Valencia durante estos tres últimos años, que arrojan un valor de 194 ± 16 días-grado (COLLÁ, 1980).

Pero el nivel térmico no sólo influye sobre la velocidad de desarrollo del insecto, sino también sobre otras actividades biológicas. Así por ejemplo, en el escarabajo de la patata la influencia de la temperatura sobre la fecundidad y puesta viene reflejada en este gráfico (GRISON, 1963):

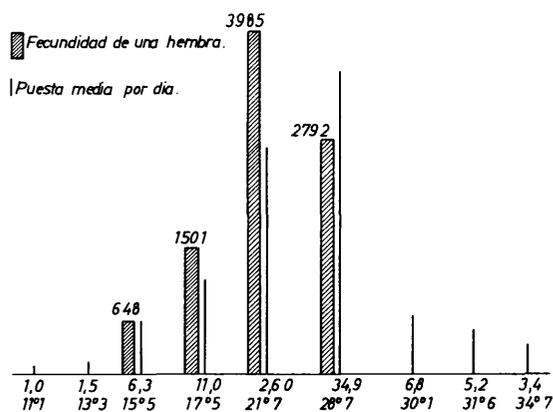


Fig. 5. Fecundidad de una hembra (expresada en puesta total) y puesta media por día del escarabajo de la patata en función de la temperatura.

En ese mismo insecto la temperatura influye notablemente sobre la voracidad, como nos lo indican estos datos (GRISON, 1963):

T cte	Consumido en 24 h.
10°C	0 mm ²
13°C	218 mm ²
16°C	259 mm ²
21°C	422 mm ²
25°C	800 mm ²
30°C	403 mm ²
35°C	143 mm ²

La actividad reproductora de *Acanthoscelides obtectus* Say. que ataca a las leguminosas, a partir de determinada población ha sido relacionada con la temperatura por la recta de regresión (LABEYRIE, 1962, citado por BALACHOWSKY, 1963):

$$y = 5,43 x - 122,08$$

donde la y es el número de insectos obtenidos y x es el número de horas en que la temperatura es superior a 20°C.

Otro factor que tiene influencia, aunque menos destacada sobre la evolución de las plagas es la **humedad relativa**. Así, por ejemplo, la oruga oriental del melocotonero (*Grapholita molesta* Busck) para desarrollar su actividad sexual precisa, además de un cierto nivel térmico, una humedad relativa de al menos 75% en las horas crepusculares (CHA-BOUSSOU et al., citado por JOURNET, 1969).

También tiene influencia sobre la incubación de los huevos. Así los huevos de *Ostrinia nubilalis* Hübn. que ataca al maíz, eclosionan todos entre 18°C y 30°C cuando la humedad relativa es del 100%; cuando es del 90% sólo eclosionan todos cuando la temperatura es de 25°C; al 80% la mortalidad es elevada, salvo a 25°C que sólo alcanza el 6%, y al 75% de humedad la mortalidad es total, salvo a 25°C que sólo supone el 17% (KOZHANCHIKOV, 1938).

En cambio en otros insectos la fase más sensible a la humedad es la fase de larva, como

sucede con *Spodoptera litoralis* B. (rosquilla negra), cuyo óptimo se situa entre el 90 y 95%, habiéndose observado fuertes mortalidades de larvas jóvenes debidas a la sequedad. Para la oruga espinosa del algodnero (*Earias insulana* Bsd.) se ha observado que una humedad excesiva (superior al 90%) o muy baja (inferior al 30%) dificulta notablemente el desarrollo de las larvas (PLANES, 1948).

Sobre la fase de crisálida la influencia de la higrometría no suele ser acusada, si bien hay casos como *Ectomyelois ceratoniae* Zell. (Barroneta de los agrios) que para que eclosione la crisálida invernal requiere una humedad relativa mínima del 70% (CARRERO, 1966).

Lo más normal es que la influencia de la temperatura y humedad relativa sobre la biología del insecto se presenten combinadamente. Así para el último insecto a que nos hemos referido *Ectomyelois ceratoniae* Zell. ha estimado que las condiciones ecológicas óptimas para la salida de la 1ª generación en Valencia son (CARRERO, 1966):

Humedad relativa %	Temperatura		
	máxima	mínima	media
75	23	13	18
85	30	20	25
90	33	19	26

Esta acción combinada de la temperatura y humedad relativa se ha representado gráficamente para algunos insectos por medio de los ecoclimatogramas.

Así, por ejemplo para *Ceratitis capitata* Wied. BODENHEIMER (citado por GÓMEZ CLEMENTE y PLANES, 1952), ha propuesto el siguiente, en el que distingue cuatro zonas; óptima (O), muy favorable (MF), favorable (F), y el resto imposible:

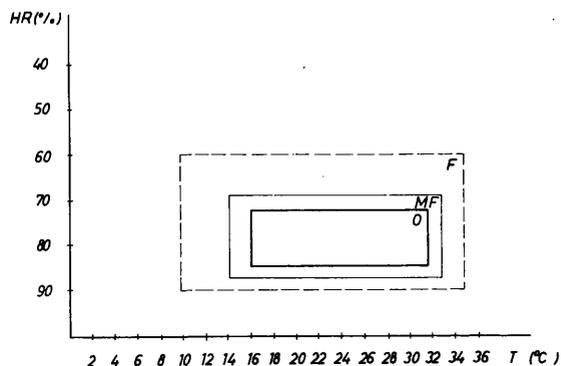


Fig. 6. Ecoclimatograma de *Ceratitis capitata* Wied.

Por su parte, para *Lobesia botrana* Schiff. y *Eupoecilia ambiguella* Hb. (polillas del racimo de la vida) STELLWAAG ha resumido sus exigencias climáticas en este ecoclimatograma:

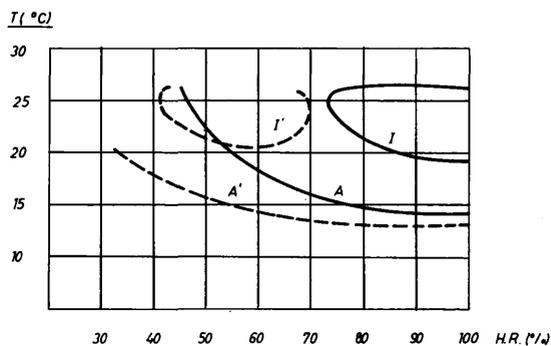


Fig. 7. Ecoclimatogramas de *Lobesia botrana* y *Eupoecilia ambiguella*.

- A. Límite de la zona de valores para la actividad de *Eupoecilia*.
- I. Zona de valores de actividad y de puesta máxima de *Eupoecilia*.
- A'. Límite de la zona de valores para la actividad de *Lobesia*.
- I'. Zona de valores de actividad y puesta máxima de *Lobesia*.

Hemos querido comprobar en algunas comarcas de Valencia la efectividad de estos ecoclimatogramas, comparando la posición ecoclimática en las mismas con los niveles de población alcanzados. Así por ejemplo para la

comarca de la Vall d'Albaida, el resultado obtenido durante los años 1977, 1978 y 1979 ha sido el siguiente:

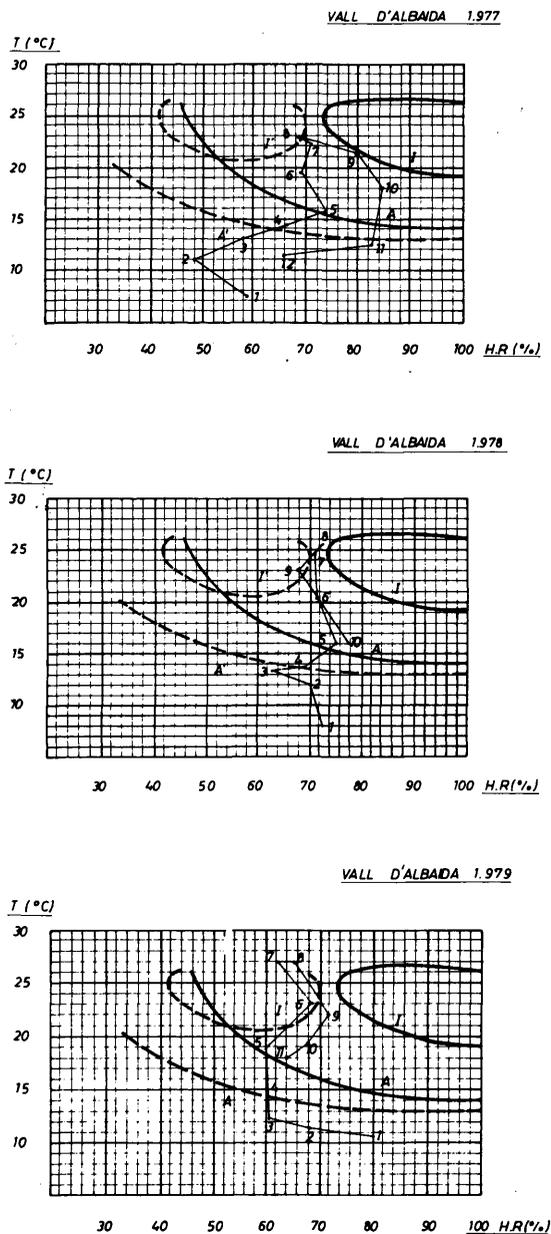


Fig. 8.

En los gráficos cada punto representa las medias mensuales (el punto 1 es enero y el 12 diciembre). De su observación deducimos lo siguiente:

a) Las condiciones ecoclimáticas han sido más favorables para *Lobesia botrana* Schiff. en 1979 (se sitúan más puntos dentro de la zona óptima) que las de 1977 y 1978. Pues bien, si observamos los niveles poblacionales expresados en % de racimos atacados en dicha comarca fueron:

año	nivel poblacional		
	1ª gen.	2ª gen.	3ª gen.
1977	18	12,6	9,0
1978	25	10,3	25,8
1979	37,6	84,1	75,6

En consecuencia los altos niveles poblacionales alcanzados en 1979, y en consecuencia el gran daño producido ese año por la plaga, tiene una explicación ecoclimática.

b) Por otra parte vemos que las condiciones climáticas han sido constantemente más favorables para *Lobesia* que para *Eupoecilia*, y esto explica que en esa zona vitícola *Lobesia* constituya una plaga importante, mientras que *Eupoecilia*, no produce daño alguno, lo contrario de lo que sucede en algunas regiones vitícolas de Europa Central. Vemos aquí que las condiciones ecoclimáticas pueden ser determinantes para que cierta especie de insecto sea o no plaga en una comarca determinada, y dentro de ella en unos u otros años.

c) Por último, se observa que en dicha comarca las condiciones ecoclimáticas le empiezan a ser favorables a *Lobesia botrana* Schiff. a partir de marzo-abril y hasta noviembre; el período más favorable se sitúa de junio a septiembre, y especialmente en julio y agosto. Estos datos son coincidentes con las observaciones de campo que hemos efectuado sobre rapidez de desarrollo y evolución del ciclo.

Otro factor climático que puede influir en determinados casos son las **lluvias**. Es un hecho conocido que en las primaveras lluviosas son en general menos intensos los ataques de ácaros. Sobre los insectos puede actuar, bien de una forma mecánica, como sucede sobre las poblaciones de áfidos o psílidos, arrastrándolos al suelo; bien inhibiendo el vuelo, como sucede en el caso de *Ostrinia nubilalis* Hübn. en que una lluvia de 3,5 mm/hora impide el vuelo del adulto (STIRRET, 1938); o bien impidiendo la ovoposición como sucede con *Lobesia botrana* Schiff. cuyos adultos no ovositan cuando la vid está mojada al atardecer (TOUZEAU, 1979).

La acción del **viento** parece menos importante. Como aspecto negativo podemos decir que puede dificultar el vuelo de algunos insectos, pero por otra parte puede actuar como factor de diseminación muy importante de ciertos parásitos de pequeño tamaño, por ejemplo larvas de *Quadraspidiotus perniciosus* Comst (Piojo de San José) (SAMPAYO, 1973).

Otro factor ambiental que puede influir sobre la biología de los insectos es la duración diaria de la **iluminación**, en tanto en cuanto en muchos de ellos es el factor más influyente para determinar la entrada en diapausia de ciertos insectos. Por ejemplo para la carpocapsa (*Laspeyresia pomonella* L.) se ha visto en Badajoz que la diapausia empieza a tener valor a partir de un fotoperíodo de 14 h. 35 m. (20-julio), alcanzando el 50% para 13 h. 50 m. (11-agosto) y el 100% para 13 h. (2-septiembre). (ARIAS, 1976).

Para *Lobesia botrana* Schiff. el valor del fotoperíodo al que están sometidos los huevos de una generación tiene una influencia decisiva sobre la entrada en diapausia de las crisálidas de dicha generación, siendo el límite de 15 h. 40 m. (KOMAROVA, 1954) o entre 15 h. 45 m. y 16 h. (GEOFRIÓN, 1970), valores estos últimos que hemos tenido ocasión de comprobar en Valencia.

También puede influir la insolación sobre

la salida primaveral de adultos. Por ejemplo en el gorgojo *Acanthoscelides obtectus* Say. a partir de cierta población Labeyrie halló esta ecuación de regresión: $y = 26,78x - 59,9w - 118$ siendo y = número de gorgojos salidos, x = duración de la insolación y w = temperatura máxima.

Para terminar este capítulo diremos que integrando las relaciones del tipo que hemos venido exponiendo para cada insecto, siempre que estén estas bien determinadas para todas las facetas de su biología, y estén basadas en series estadísticas suficientemente amplias para permitir un adecuado nivel de significación estadística, y teniendo en cuenta además de los parámetros bioclimáticos otros de tipo biológico y fenológico, que conjuntamente determinan la evolución de los parásitos de los cultivos, pueden construirse **modelos** y efectuarse la simulación de la evolución de los patógenos según los valores meteorológicos que se vayan dando, a partir de los datos climáticos diarios. Esto es de un enorme interés para el trabajo de las Estaciones de Avisos y en general para una correcta lucha contra las plagas. En la Estación de Avisos de Toulouse vienen manejándose modelos sobre la carpocapsa en manzanas y sobre las polillas de la vid (TOUZEAU, 1979). Si estos modelos quieren utilizarse en otros lugares, normalmente les será necesaria una adaptación y corrección.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMATICOS SOBRE LOS PARASITOS VEGETALES

La influencia del clima sobre la enfermedad de una planta es una consecuencia de su acción sobre la planta, sobre el agente de la enfermedad y sobre la relación entre la planta y la enfermedad.

En el caso de las enfermedades los factores climáticos fundamentales: temperatura por una parte, humedad y precipitaciones por otra, actúan conjuntamente, por lo que no lo disociaremos en nuestra exposición. Por otra

parte, concretándonos en las enfermedades criptogámicas, ambos son igualmente importantes. En efecto, la temperatura es un «factor limitante», pues hay un umbral por debajo del cual no se desarrolla la criptógama y una vez sobrepasado la velocidad de desarrollo es función de la temperatura. Por su parte las precipitaciones líquidas suelen actuar como «factor determinante» en la medida en que, en muchos casos, desencadenan el proceso de desarrollo del hongo.

Es decir, que en numerosas enfermedades criptogámicas, las formas de reproducción (esporas, conídias, etc.) precisan la presencia de agua líquida para germinar, pero esta germinación (posibilidad de realizarse, velocidad, etc.) es a su vez función de la temperatura. Por otra parte, una vez producida la contaminación el resto del proceso suele ser función principalmente de la temperatura, aunque en algunos casos también influye la humedad ambiente en la esporulación.

Un ejemplo de enfermedad en que pueden apreciarse algunas de estas características es el moteado de manzanas y peras, producidas por *Venturia inaequalis* Wint. (*Fusicladium dentriticum* Fck.) y *Venturia pirina* Aderh. (*Fusicladium pirinum* Fck.) que han sido estudiadas por DARPOUX, (1961).

Supuestas maduras las ascosporas, y proyectadas estas (para lo que se requiere un mínimo de lluvia de 0,5 mm.) son capaces de germinar sobre las partes verdes del vegetal siempre que haya una gota de agua y una temperatura comprendida entre 1° y 32°C. Sin embargo, el tiempo que las hojas necesitan permanecer mojadas para producirse esta contaminación varía con la temperatura: 15 h. a 6°C, 11 h. a 9°C, 7 h. a 15°C, 4 h. a 20°C, 6 h. a 24°C y 10 h. a 26°C. Por su parte MILLS ha trazado unos gráficos donde relaciona el grado de gravedad de las contaminaciones en función de la temperatura media y de la duración de la humectación.

Esta es la contaminación primaria. La duración de la incubación es función de la tem-

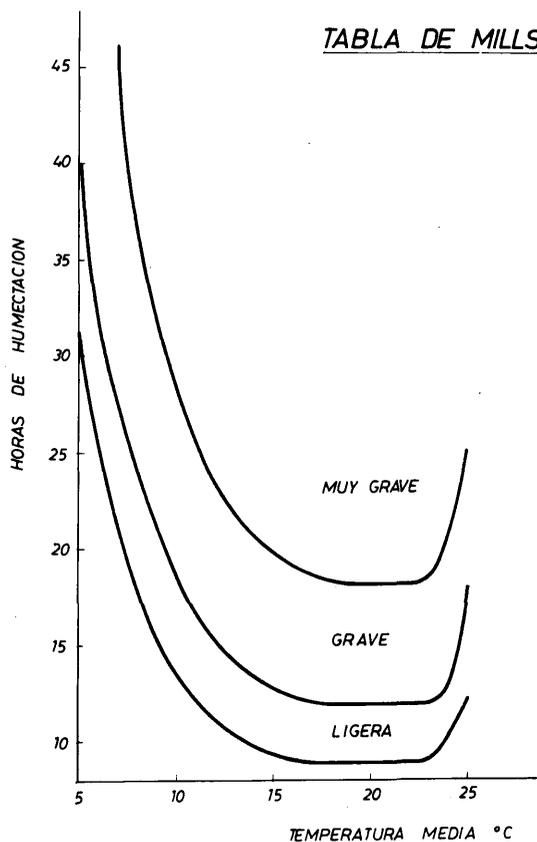


Fig. 9.

peratura, y para estas invasiones primarias puede ser de 20-25 días, produciéndose al final de la misma conidióforos y conídias.

Para que las conídias germinen y contaminen de nuevo, requieren la presencia de agua líquida y temperaturas entre 3° y 31° (óptimo 22°C), pudiendo ser también aquí aplicable el ábaco de MILLS. Los síntomas de la enfermedad aparecen tras la incubación que suele durar 15-20 días.

Las invasiones primarias y secundarias pueden sucederse, luego solaparse, etc., según la pluviosidad durante el período de vegetación. En la práctica, una Estación de Avisos, con la ayuda de un termohumectógrafo registrador, los ábacos de MILLS y un microscopio para

observar la proyección de ascosporas y su densidad, puede aconsejarse con bastante precisión el fruticultor, los momentos de realizar los tratamientos contra el «moteado».

Otra enfermedad criptogámica, que puede producir daños cuantiosos y cuyo desarrollo es función de las variables meteorológicas es el mildiu de la vid (*Plasmopara viticola* Berl. y de Toni), que expondremos siguiendo a SERRANO, (1973).

Para que en primavera se desencadene una infección primaria se requiere en primer lugar la maduración de las oosporas invernantes, lo que puede comprobarse en laboratorio tomando muestras de hojas atacadas del año anterior con oosporas y colocándolas en estufa a 20°C y 100% de humedad, viendo el tiempo que tardan en germinar; cuando este tiempo es de 12 horas se considera que están maduras en el campo y pueden producir las contaminaciones primarias.

Pero además la viña ha de estar receptiva, lo que sucede a partir de los 10 cms. de longitud de sus brotes y las condiciones climáticas han de ser una temperatura de 10-12°C y una precipitación mínima de 10 l/m².

Una vez producida la contaminación primaria la duración del período de incubación está determinado por la temperatura y humedad relativa. En la práctica se utiliza un ábaco que da el porcentaje diario de desarrollo del micelio en función de la temperatura media diaria y de la humedad relativa media diaria.

Estos porcentajes de desarrollo diario se van acumulando hasta que se alcance el 100%, momento a partir del cual el hongo puede emitir sus conidióforos y conídias si existe humedad elevada.

Para que se produzcan luego contaminaciones secundarias se requieren tres condiciones: formación de los conidióforos, conservación del poder germinativo de las conídias y germinación de éstas para su penetración en los tejidos vegetales.

Los conidióforos se forman una vez alcanzado el 100% de desarrollo del hongo en unas

CUADRO nº 1.— PORCENTAJE DIARIO DE DESARROLLO DEL MICELIO DE PLASMOPARA VITICOLA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA Y HUMEDAD RELATIVA MEDIA DIARIA

Humedad relativa > 75%		Humedad relativa < 75%	
Temperatura media	% de desarrollo	Temperatura media	% de desarrollo
14	6,6	14	9
15	7,6	15	10,6
16	8,5	16	11,7
17	10,0	17	13,3
18	11,1	18	15,3
19	12,5	19	16,6
20	14,2	20	20,0
21	15,3	21	22,2
22	16,6	22	22,2
23	18,1	23	25
24	18,1	24	25
25	16,6	25	22,2
26	16,6	26	22,2

tres horas (con temperatura a 18°C y humedad relativa del aire superior al 95%), hasta cuatro días en tiempo seco (humedad relativa inferior al 60%). El poder germinativo de las conídias se pierde rápidamente en aire seco y cálido, pero en ambiente húmedo se conserva más de 15 días. Por último la germinación de las conídias tiene lugar siempre que haya presencia de agua líquida, y se realiza en un mínimo de dos horas, siempre que la temperatura sea superior a 10°C.

Con todas estas ideas, debidamente comprobadas y adaptadas, en su caso, a cada medio ecológico particular, pueden determinarse con bastante precisión los momentos más oportunos para efectuar los tratamientos contra el mildiu de la vid.

Otra importante enfermedad sobre la que también se han propuesto modelos de evolución en función de las condiciones meteorológicas es el mildiu de la patata y del tomate (*Phytophthora infestans* De By.). Aunque se han preconizado modelos ligeramente diferentes, en general se considera que la esporulación es función principalmente del déficit de saturación, que a su vez se estima en función

de la temperatura y humedad relativa. En algunos casos se considera que la maduración de las esporas es función de la duración de la insolación.

El riesgo de contaminación es función del número de horas con humedad relativa superior al 90% y de la temperatura según el gráfico siguiente (abaco de GUNTZ).

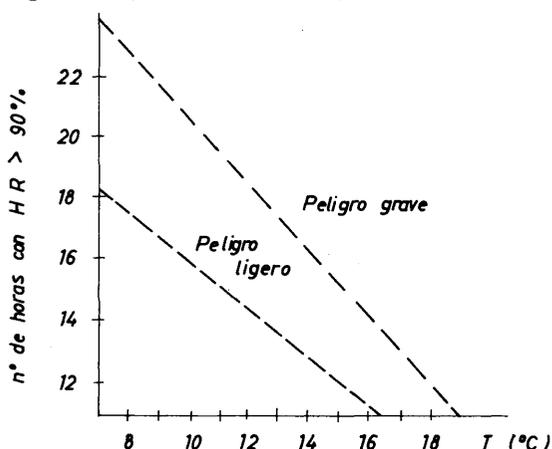


Fig. 10. Apreciación de los riesgos de contaminación por el mildiu de la patata en función del complejo humedad - temperatura (Guntz).

Otra alternativa preconiza que se producirá contaminación cuando el total de lluvia acumulada durante los 7 días anteriores sea superior a 20 mm., y la temperatura media de cada uno de dichos días está comprendida entre 10° y 29°C.

Por último, la incubación, es decir, el período que transcurre desde el día en que se produjo la contaminación, hasta la aparición de síntomas y esporulación, es función de la temperatura mediante la siguiente tabla de valores:

Temperatura media planimétrica diaria	valor en unidades
< 10°C	0
10 ≤ t ≤ 12°C	1/4
12,1 ≤ t ≤ 14°C	1/2
14,1°C ≤ t ≤ 17°C	1
17,1°C ≤ t ≤ 20°C	2
t > 20°C	1

Para que se produzca todo el proceso de incubación se necesitan 7 unidades a partir del día de la contaminación.

Hay patógenos que las distintas fases de su ciclo tienen exigencias ecológicas muy diferentes o incluso contrapuestas. Es el caso del conjunto de enfermedades conocidas como oidios y producidas por hongos de la familia Erisifáceas. Así en ellas el potencial reproductor de parásito (número de esporas desprendidas y su facultad germinativa) es más alto con tiempo seco, alta temperatura y gran luminosidad. Sin embargo, para germinar estas esporas, aunque no precisen la presencia de agua líquida como los mildius, requieren una humedad relativa alta (en general superior al 80%). En consecuencia un ataque fuerte de oidio presupone la interacción de factores meteorológicos opuestos, que se dan sin embargo en primavera y verano cuando a los días cálidos y claros suceden noches con rocío (URQUIJO, 1971).

El estudio de la acción de los factores climáticos sobre plagas y enfermedades a veces se complica a causa de la existencia, para un mismo patógeno, de razas fisiológicas distintas con diferentes exigencias ecológicas. Así por ejemplo estudiando la acción de las temperaturas sobre el crecimiento y el poder patógeno en tomate y melón de *Pyrenochaeta lycopersici* Schn., se ha podido observar la existencia de tres grupos o razas del mismo hongo caracterizadas por su diferente máximo térmico (CLERJEAU, 1976).

Aunque hemos centrado nuestra exposición en insectos y hongos por ser los parásitos más importantes de las plantas, sin embargo la acción de los factores climáticos se acusa sobre todo tipo de plagas y enfermedades.

Las enfermedades de tipo bacteriano o vírico también pueden verse afectadas por el clima. Así en el caso del chancro bacteriano del albaricoquero ha sido señalada la influencia de las heladas invernales (KLEMENT et al., 1974), y también el «depérissement» bacteriano del melocotonero es favorecido por la ac-



Fig. 11.

ción del frío invernal (VIGOROUX, 1979).

La importante enfermedad virótica «tristeza» de los agrios tiene avances espectaculares en Valencia en los años en los que en el invierno anterior hay heladas inferiores a $-2,2^{\circ}\text{C}$ en los meses de febrero y marzo (condición suficiente), y cuando la integral térmica acumulada de febrero y primera quincena de marzo, considerando 12°C como cero vital, sea inferior a 420 (condición necesaria) (CARREIRO, 1974).

Aunque en estos últimos casos la influencia del clima parece ser más bien sobre la predisposición de los tejidos del huésped, no deja de ser notable su acción sobre el proceso patógeno.

ACCION DE LOS FACTORES CLIMATICOS SOBRE LOS MEDIOS DE LUCHA CONTRA PLAGAS Y ENFERMEDADES

Los factores climáticos no sólo ejercen una acción notable sobre las plagas y enfermedades, sino también sobre los medios empleados para combatirlos, bien sean químicos, biológicos o de otro tipo.

En los **tratamientos químicos**, las condiciones meteorológicas requeridas varían según el método de aplicación (pulverización, espolvoreo y en cada caso terrestre o aéreo). La Organización Meteorológica Mundial (OMM) resumió en 1963 las condiciones requeridas en cada caso en la siguiente tabla:

Factor meteorológico	Pulverización		Espolvoreo	
	Terrestre	Aéreo	Terrestre	Aéreo
Viento (m/seg.)	0 - 8	1 - 4	0 - 4	1 - 3
Rocío	poco deseable	poco deseable	deseable	deseable
Precipitación	indeseable	indeseable	indeseable	indeseable
Convección	nula a ligera	ligera	nula ligera	ligera
Inversión	deseable	poco deseable	sin limitación	poco deseable
Humedad relativa	poco importante	poco importante	óptimo 90% o más	óptimo 90% o más
Temperatura (°C)				
Límite inferior	alrededor 2	alrededor 2	poco importante	poco importante
Límite superior	alrededor de 32	alrededor de 32	despreciable	despreciable
Visibilidad	poco importante	suficiente para el vuelo	poco importante	suficiente para el vuelo

Aparte de estas condiciones generales hay casos especiales, alguno de los cuales conviene comentar.

Así, en lo que respecta a la temperatura, a medida que aumenta, los plaguicidas se muestran más activos, si bien su persistencia va disminuyendo a causa de su degradación más rápida; así por ejemplo el umbral de utilización de los insecticidas fosforados se sitúa en 14-15°C. Hay productos, como el azufre empleado contra oidio que al actuar por vapor no tienen acción por debajo de 16-17°C, pero por encima de 30-32°C pueden resultar fitotóxicos.

La lluvia es muy importante por su acción de lavado sobre los pesticidas aplicados, aunque depende del tipo de lluvia, naturaleza del producto, naturaleza del vegetal tratado, etc. En la práctica se considera a título orientativo que una lluvia de 20-23 l/m², si es normal, o 12-15 l/m² si es torrencial, son suficientes para tener que renovar un tratamiento, excepto para el caso de algunos productos sistémicos que pueden escapar en parte a este efecto de lavado.

No sólo la lucha química, sino también la **lucha biológica** contra las plagas puede verse influida por la acción de los factores climáticos. Así, por ejemplo, una forma de combatir la mosca blanca de los invernaderos, el aleuródido *Trialeurodes vaporariorum* West., es utilizando su parásito *Encarsia formosa* Gahan (microhimenóptero calcídido); pues

bien la temperatura ejerce una notable influencia sobre las relaciones huésped-parásito. Concretamente la duración de los ciclos biológicos de ambos es la misma a 18°C, temperatura en la que la fecundidad del aleuródido alcanza su máximo, siendo muy superior a la fecundidad de su parásito que es poco influida por la temperatura. A 24°C el equilibrio entre las dos poblaciones se establece: la fecundidad del aleuródido disminuye, mientras que el ciclo biológico de *Encarsia formosa* Gahan. se acelera más rápido que el de su huésped. Cuando la temperatura alcanza 27°C *Encarsia formosa* Gahan. se desarrolla dos veces más rápidamente que su huésped, mientras que sus fecundidades respectivas son



Fig. 12.

iguales. Las temperaturas más favorables para la lucha biológica se sitúan pues por encima de 24°C (BURNETT, 1949, FREULER et al., 1980).

Se podrían citar otros ejemplos. Así, estudios efectuados en la India sobre el efecto de la temperatura en el desarrollo de *Campoletis chloridae* Uchida., ichneumonídeo parásito de las larvas de *Heliothis armigera* Hubn., indican que la temperatura óptima es de 31°C (NIKAM et al., 1978).

Los parásitos de huevos de lepidopteros, *Trichogramma cacoeciae* Marchal. y *T. eu-proctidis* Gir., tienen una temperatura umbral de 10°C, y la suma de temperaturas efectivas para el desarrollo de una generación es de 152 días-grado. Por otra parte también su fecundidad depende de la temperatura, siendo la óptima de 25°C. Si la fecundidad F_{20} es establecida a 20°C para su huésped particular, puede calcularse la fecundidad a cualquier otra temperatura subóptima por medio de la fórmula $F_t = (0,057 t - 0,14) F_{20}$. (FRANTSEVICH, 1978).

Precisamente en la utilización de diversos *Trichogramma* en la URSS, que como es sabido, se aplican masivamente en la lucha contra plagas en casi 10 millones de hectáreas,

es muy importante el coeficiente hidrotérmico (CHT):

$$CHT = \frac{\sum R \times 10}{\sum T}$$

siendo:

$\sum R$ = suma de las precipitaciones en el período entre comienzo y final de las puestas de huevos.

$\sum T$ = suma de temperaturas medias registradas en períodos de 10 días.

La utilización de *Trichogramma* va bien sólo en zonas con CHT entre 0,9 y 1,2. Estos datos se han extraído después de estudiar años las condiciones climatológicas y la efectividad de *Trichogramma* (MURASHEUSKAYA, citado por DE LA PUERTA, 1979).

CONCLUSIONES

Aunque no hemos hecho más que esbozar la cuestión, los ejemplos expuestos manifiestan claramente la existencia de estrechas relaciones entre la meteorología y la sanidad de los cultivos.

Hay que tener en cuenta que las relaciones



Fig. 13



Fig. 14.

matemáticas constituyen una representación abstracta e imperfecta del mundo real, pues como dijo SIR NAPER SHAW, «toda teoría del curso de los acontecimientos en la naturaleza se basa necesariamente en algún proceso de simplificación y es hasta cierto punto, por consiguiente, un cuento de hadas» (citado por ODUM, 1971). Con esto queremos decir que las relaciones propuestas adolecen de muchas limitaciones.

En efecto, hay que tener en cuenta que los procesos biológicos considerados son muy complejos debido al gran número de factores que en ellos intervienen, que hacen que cada caso tenga sus particularidades específicas. Esto es lo que hace que los conocimientos adquiridos y establecidos estén sometidos a continuas revisiones conforme los problemas se van estudiando más amplia y profundamente.

Sin embargo, los conocimientos que hasta la fecha poseemos sobre esta cuestión, por muchas limitaciones que tengan, prestan un innegable servicio al agricultor en la lucha

contra las plagas y enfermedades de sus cultivos, a través de su utilización por las Estaciones de Avisos Agrícolas. En efecto, basándose en datos meteorológicos, junto con otros fenológicos y biológicos, son capaces de alertar al agricultor para que utilice las medidas de lucha más convenientes.

Conforme se vaya profundizando en el conocimiento de estas relaciones, se irán construyendo modelos cada vez más perfeccionados, y de esta forma se podrá realizar una simulación de la evolución de los patógenos en función del desarrollo de los acontecimientos meteorológicos. De igual manera también podrían realizarse predicciones con algunos días de anticipación, en función del valor previsible de ciertos factores meteorológicos.

De ahí el interés que en el futuro van a tener para los técnicos en protección de cultivos las observaciones y predicciones macro y micro-meteorológicas para planificar adecuada y racionalmente dicha protección.

Por último, sólo nos resta añadir que, a nuestro parecer, las futuras líneas de trabajo en esta cuestión deben dirigirse fundamentalmente a:

- Profundizar en el conocimiento de la información adquirida sobre las principales plagas y enfermedades mediante trabajos cada vez más finos con los que se logra aumentar la precisión de las relaciones establecidas.

- Adquisición de nuevos conocimientos sobre otras plagas y enfermedades menos estudiadas mediante adecuados diseños experimentales.

- Realizar trabajos de comprobación y adaptación de las ecuaciones, ábacos y gráficos propuestas para las condiciones particulares de cada zona.

El objetivo final de todo ello es la construcción de modelos, lo más precisos posibles, de la evolución de las plagas y enfermedades de

las plantas. Si a ello se uniera un aumento de precisión en la predicción meteorológica (por ejemplo con una semana de anticipación), se

lograría una mejora notable en la aplicación de una lucha racional contra los enemigos de los cultivos.

ABSTRACT

COSCOLLA, R. 1980.— Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. *Bol. Serv. Plagas*, 6: 123-139.

Manifested in this work is the notable influencia that the climatic factors have over the development of pests and diseases of the cultivated plants, carrying out a synthesis of the most outstanding knowledge that we possess to the present day on this subject, especially those referring to the quantitatives relations between the climatic factors and the evolution of pests and diseases.

It is stated separately the actions of the principal factors on animal parasits, over the vegetable parasits, and over the way to fight against pests and diseases. Some cases are illustrated with examples of practical application, such as the vine grape moth (*Lobesia botrana* Den and Schiff and *Eupoecilia ambiguella* Hb).

It finishes with some comentaries with respect to the utility of this knowledge of the said relations, of their limits and future possibilities that are offered on this subject.

REFERENCIAS

- ALFARO, A., 1943: Un ciclo de desarrollo en el escarabajo de la patata. *Bol. Patol. Veg. Entom. Agric.*, 12, 9-30.
- ARIAS, A., 1976: La Meteorología y los parásitos vegetales. *Com. Ser. Def. Plagas. Serie Estudios y Experiencias* nº 54/76.
- BALACHOWSKY, A., 1963: Entomologie Apliquée a l'Agriculture. Premier volume - Coléopteres. *Ed. Masson et Cie. Paris.*
- BARRAL, V., 1973: Influencia de los factores climáticos en la evolución y desarrollo de las plagas y enfermedades de los cultivos. *Bol. Inf. Plagas.*, nº 110, 3-11.
- BURNETT, T., 1949: The effect to temperature on an insect host parasite population. *Ecology*, 30 (2), 113-134.
- CARRERO, J. M., 1966: La «barreneta del naranjo» (*Ectomyelois ceratoniae* Zell.), ecología y medios de lucha. *I.N.I.A. Estación de Fitopatología de Burjasot* (Valencia). Trabajos (serie Fitopatológica) nº 412.
- CARRERO, J. M., 1974: Contribución al estudio sobre la etiología de las invasiones de «tristeza» en la citricultura mediterránea. *An. I.N.I.A., Ser. Prot. Veg.*, nº 4, 75-85.
- CHEVALIER, M. et al., 1946: L'Anthonome du pommier (*Anthonomus pomorum* L.) et la production des pommes dans le département de la Sarthe. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 198-203.
- CLERJEAU, M., 1976: Exigences thermiques de croissance et d'agressivité de divers isolats de *Pyrenochaeta lycopersici* Schn et Ger. *Ann. Phytopat.*, 8 (1), 9-15.
- COSCOLLA, R., 1980: Estudio poblacional, ecológico y económico de la polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana* Den. y Schiff.) en la provincia de Valencia. *Tesis doctoral E.T.S.I.A.* de Valencia.
- DARPOUX, H., 1961: Les Tavelures du pommier et du poirier. *Publicación de A.C.T.A.*, París.
- DE LA PUERTA, L., 1979: El parásito *Trichogramma* y su utilización en la URSS. *Informe del Servicio de Defensa contra Plagas*, Valencia.
- DIRIMANOV, M. et al., 1964: On some bio-ecological characteristics of the variegated grape moth (*Polychorosis botrana* Schiff.) (en búlgaro). *Gradinar. Lozav. Nauka*, 1.
- FRANTSEVICH, L. A., 1978: The influence of temperature

- on the biological characteristics of different species and populations of *Trichogramma* (en ruso). *Vestnik Zoologii* nº 4, 52-59.
- FREULER et al., 1979: Emploi de deux auxiliaires dans la lutte contre la mouche blanche et l'araignée jaune. *Rev. Suisse. Vitic. Arboric. Hortic.* 12 (3), 99-113.
- GEOFFRION, R., 1970: Observations sur le troisième vol de l'Eudémis dans les vignobles du Val-de-Loire. *Phytoma*, enero, 27-36.
- GOMEZ CLEMENTE, F. y PLANES, S., 1952: Algunas notas sobre la ecología de *Ceratitis capitata* en el Levante español sobre naranjos. *Bol. Pat. Veg. Ent. Agr.* vol. 19, 39-48.
- GRISON, P., 1963: Le Doryphore de la pomme de terre. Recogido en *Entomologie appliquée à l'Agriculture* de Balachowsky, p. 640-738, Ed. Masson et Cie. Paris.
- JOURNET, P. et al., 1969: Meteorologie et protection sanitaire des cultures. *Bull. Tec. Inf.* nº 238, 191-214.
- JOURNET, P. et LATARD, P., 1972: Bioclimatologie et protection sanitaire des cultures. *Comptes Rendus des Séances de l'Acad. Agr. de France*, nº 15, 1191-1208.
- KLEMENT, Z. et al., 1974: Relation of winter frost and the bacterial canker and die back of apricots. *Acta Phytopat. Acad. Sci. Hung.*, 8, 34-35.
- KOMAROVA, O.C., 1954: Ciclo vital y condiciones de desarrollo de *Lobesia botrana* Den. y Schiff. (en ruso). *Zool. Zhurn.*, 32 (1), 102-113.
- KOSTADINOV, A., 1974: Biological investigations on the variegated grape moth *Polychorosis botrana* Schiff. in the Pleven district (en búlgaro). *Rast. Zash.* 22 (5), 30-32.
- KOZHANCHIKOV, I.V., 1939: Geographical distribution and physiological characters of *Pyrausta nubilalis* Hb. (en ruso). *Zool. Zh.*, 17, 246-259.
- LARCENKO, K. I., 1958: Durée du développement du Doryphore en relation avec la température. *Rozn. Nauk. Roln. ser. A, Roslinna* 78, 1-25 (citado por Balachowsky, 1963. *Entomologie*. Ed. Masson et Cie. Paris).
- NIKAM, P. K. et al., 1978: Studies on the effect to temperature on the development of *Campoletis chloridae* Uchida, an internal larval parasite of *Heliothis armigera* Hubn. *Entom.*, 3 (2), 307-308.
- ODUM, 1971: *Ecología*. 3ª edición es español, Nueva Editorial Interamericana, México.
- ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (O. M. M.), 1963: *Guide des pratiques de Météorologie Agricole*. Publicación nº 134 T.P. 61.
- PLANES, S., 1948: Influencia de la temperatura en el desarrollo de Earias insulana. *Bol. Patol. Veg. Ent. Agr.*, 16, 23-30.
- RAMOS et al., 1978: Bio-écologie de *Prays oleae* Bern. (Lepidoptera, Plutellidae) dans la province de Grenade: durée de développement et variables climatiques. *Ann. Zool. Ecol. anim.* 10 (4), 589-601.
- RUIZ CASTRO, A., 1943: *Fauna entomológica de la vid en España*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- SAMPAYO, M. y CABEZUELO, P., 1973: Apuntes del cursillo sobre Estaciones de Avisos Agrícolas. *Servicio de Defensa contra Plagas*. Zaragoza.
- SCHMID, A., 1978: Vers de la grappe 1977 en Suisse Romande. *Rapport pour la reunion OILB «Lutte Intégrée en Viticulture»* Zaragoza, Febrero.
- SERRANO, J., 1973: Método de elaboración de avisos contra el mildiu de la vid (*Plasmopara viticola*). *Bol. Inf. Plagas*, 111, 19-31.
- STIRRET, G. M., 1938: A field study of the flight, oviposition, and establishments periods in the life cycle of *Pyrausta nubilalis* Hbn. and the physical factors affecting them. *Sci. Agr.*, 18, 71-11.
- TOUZEAU, J., 1979: Developements recents dans l'établissement des systèmes de prevision et d'avertissements. Biostatistique et modelisation. *Symposium International «Lucha Integrada en Agricultura y Bosques»*. Viena, Octubre.
- URQUIJO, P. et al., 1961: *Patología Vegetal Agrícola*. Ed. Mundi - Prensa, Madrid.
- VIGOROUX, A., 1979: Incidence des basses températures sur la sensibilité du pecher au dépérissement bactérien (*Pseudomonas morsprunorum* f. sp. persicae). *Ann. Phytopat.*, 11 (2), 231-239.