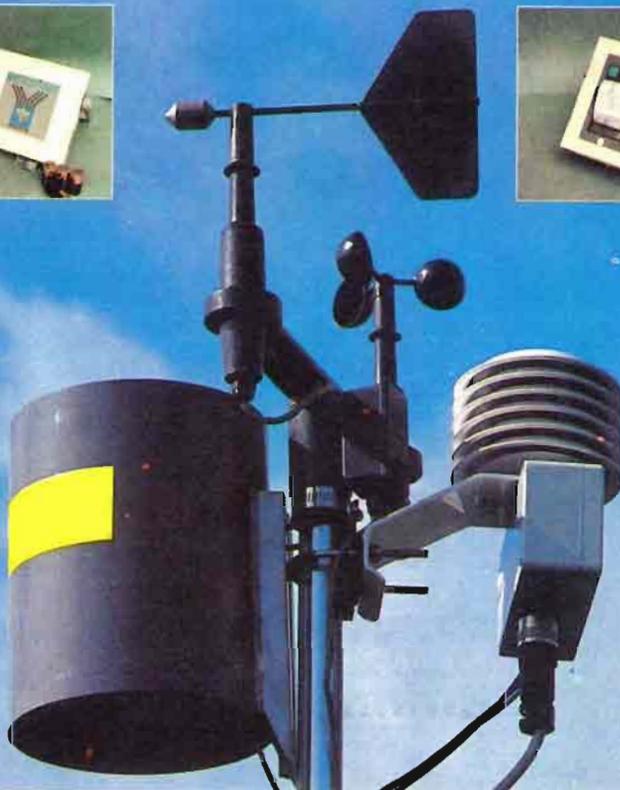


LA INFORMATICA EN LA PROTECCION DE CULTIVOS (Miniestaciones de alerta)



M. ENRIQUE LOPEZ GALAN (Ing. Agrón.)
Consejería de Agricultura de la Comunidad Autónoma de Madrid
FERNANDO MIÑANO FERNANDEZ (Ldo. Biolog.)
JAVIER OLIVE DAVO (Ldo. Geolog.)
ANGEL MUÑOZ MEDINA



LA INFORMATICA EN LA PROTECCION DE CULTIVOS (Miniestaciones de alerta)

LOS PARAMETROS CLIMATOLOGICOS Y LA PROTECCION VEGETAL

La capacidad productiva de las plantas está condicionada genéticamente a las posibilidades de adaptación a determinadas condiciones ambientales, de tal manera que todos y cada uno de los factores abióticos (temperaturas, precipitaciones, suelos, etc.) y bióticos (animales, insectos, hongos, etc.) pueden limitar su cultivo, generándose así, de forma natural, áreas de distribución de las distintas especies vegetales.

La climatología, como factor abiótico, tiene una especial incidencia sobre las plantas cultivadas, no sólo porque puede generar daños directos ocasionales (heladas primaverales, golpes de sol, granizadas, temperaturas bajas en invierno, sequías, etc.), sino porque también incide directamente en su desarrollo y crecimiento y en el de las posibles «plagas» que puedan afectarlas (figura 1). Si bien el concepto «plagas» incluye en su sentido más amplio todo tipo de parásitos, vamos a centrar la atención de esta Hoja en los hongos y en los insectos.

Principales parámetros climatológicos

Sentada la evidencia de que la evolución de los insectos y enfermedades está estrechamente ligada a los factores climáticos, es necesario considerar cuáles de ellos son los más importantes.

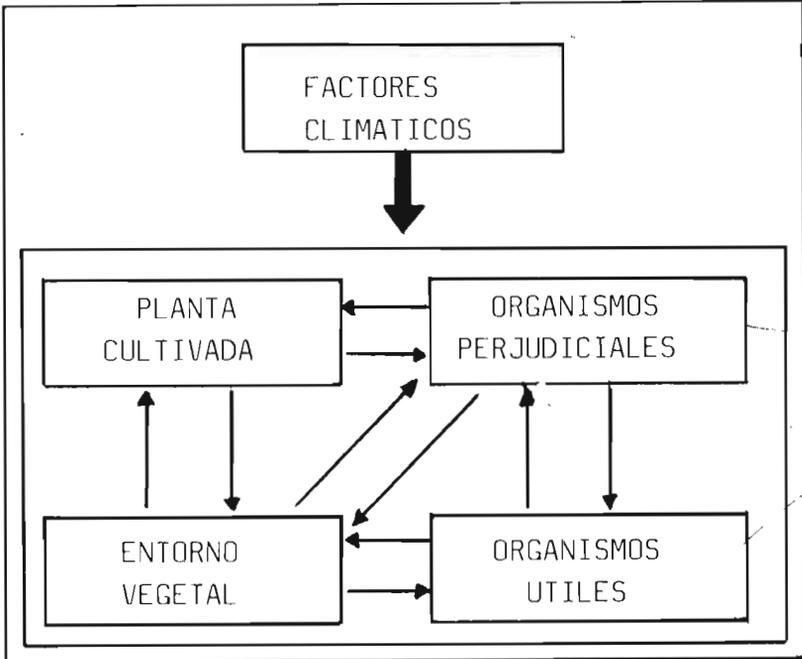


Fig. 1.-Esquema de las interacciones entre los componentes elementales de un agro-ecosistema, donde los factores climáticos determinan la actividad de cada uno de ellos.

Hongos (enfermedades criptogámicas):

Precipitación

La cantidad de precipitación y su distribución en el tiempo tienen especial incidencia en los períodos de maduración de la fase sexual (propagación de la enfermedad en el tiempo) de muchos hongos.

De igual manera, su frecuencia en relación con la temperatura y el grado de humectación de la hoja explica la extensión de los focos de la enfermedad.

Temperatura

El conocimiento de la temperatura mínima, máxima y media en el ambiente y en el interior de la vegetación permite establecer

los modelos matemáticos de comportamiento de muchos hongos, que sirvan para la previsión del comienzo de ciertos fenómenos biológicos (comienzo de la infección primaria, período de incubación de un hongo, estimaciones de la cantidad y calidad de inóculo, etc.).

Humedad relativa

Incide directamente en todas las fases asexuales (propagación de la enfermedad en el espacio) de desarrollo de las enfermedades criptogámicas.

Humedad de la hoja

Relacionada con la precipitación y la humedad relativa es decisiva en la extensión de los focos de la enfermedad.

Insectos

Temperatura

Es el parámetro de influencia predominante en el crecimiento de los insectos. Influye sobre los mismos acelerando o frenando su metabolismo, que rige el tiempo o velocidad de su desarrollo. Los valores de temperatura se acumulan desde una fecha de referencia o tomando como base el momento a partir del cual se producen las capturas continuadas de adultos, basándose en la idea de grados-día.

Un día-grado es una medida de tiempo fisiológica, y se obtiene cuando se ha superado durante 24 horas la temperatura del «cero biológico» de la plaga a considerar (temperatura a partir de la cual comienza la actividad del insecto). Este límite puede ser distinto para cada insecto y estado de evolución biológico.

Duración y cantidad de luz

Influye en los estados larvarios de algunos insectos.

Las condiciones que favorecen el desarrollo de un determinado parásito pueden coincidir siempre, ocasionalmente o nunca con aquellas que favorecen el desarrollo de un vegetal, encon-

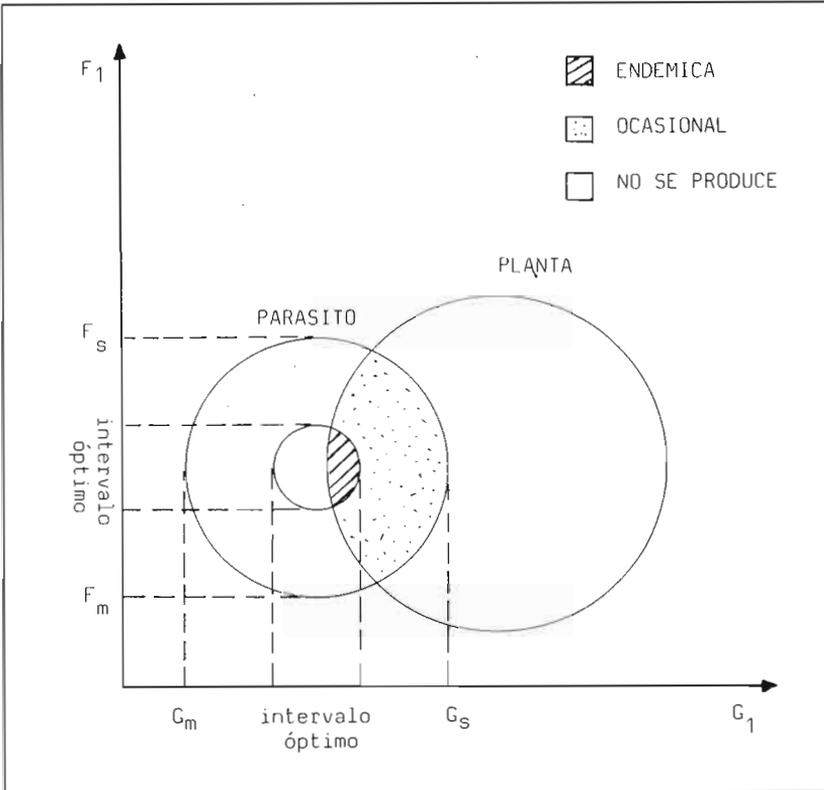


Fig. 2.-Influencia de dos factores climáticos cualesquiera (F_1 , G_1) en el desarrollo del ciclo del parásito y de una planta cultivada.

F_s , G_s : Valores por encima de los cuales no hay actividad del parásito.

F_m , G_m : Valores por debajo de los cuales la actividad del parásito cesa.

trándonos entonces con ataques sistémicos, ocasionales o nulos (figura 2). El objetivo principal de la lucha se centrará precisamente sobre aquellos hongos o insectos cuyo ataque se repita todos los años.

Por otro lado, las exigencias climatológicas, tanto de la planta como del parásito, varían a lo largo de sus ciclos respectivos de desarrollo, por lo que será necesario conocer:

- Fenología de la planta (fechas en las que se producen las distintas fases de su desarrollo).

-
- Biología de los parásitos que la afecten.
 - Datos climáticos asociados a cada fase.

Estos aspectos teóricos sólo adquieren su carácter práctico cuando es posible recoger de forma sistemática y automatizada las distintas variables climáticas y en distintos puntos, mediante estaciones meteorológicas automáticas puestas a punto gracias al desarrollo actual de la informática (figura 3).

Estos equipos hacen que la agrometeorología sea realmente operacional, siendo el aspecto fitosanitario uno de sus campos de aplicación, si bien su versatilidad les confiere muchas otras aplicaciones igualmente importantes, no ya sólo en el entorno puramente agrícola (calendarios de riegos, introducción de especies o variedades nuevas, seguimientos fenológicos, utilización de nuevas prácticas de cultivo, etc.), sino en otros campos afines (prevención de incendios forestales, procesos erosivos y desertización, confirmación de siniestros agrarios, etc.).

El volumen de datos que genera una de estas estaciones es difícilmente gestionable por un agricultor, lo que unido a su coste económico hace que sean más indicadas para grandes explotaciones, cooperativas, asociaciones de productores, centros de investigación, organismos oficiales, etc. Sin embargo, el agricultor debería poder beneficiarse de dicha información.

MODELOS DE PREVISION DE RIESGOS

Relacionando los factores del clima determinantes del inicio y evolución posterior de la actividad biológica de un organismo fitoparásito, realizada experimentalmente con contaminaciones artificiales en parcelas de ensayo, año tras año y en condiciones climáticas diferentes, es posible proponer un modelo o código de previsión de la evolución de dicho organismo.

Los modelos describen las relaciones entre componentes de un sistema real, y su objetivo es la simulación de los acontecimientos biológicos. Un modelo será tanto más válido cuanto más se ajuste a la situación real, y podrá usarse para comparar estrategias de defensa, evaluar decisiones y mantener un proceso bajo



Fig. 3.-Transferencia de datos desde la estación meteorológica al ordenador personal.

control (figura 4). Los modelos pueden ser informatizados y manejados con un ordenador personal.

Los modelos pueden ser de varios tipos:

Espaciales

De orientación sobre el lugar donde se va a producir el acontecimiento que interesa. Permiten delimitar las zonas favorables o desfavorables para el desarrollo de ciertos enemigos de los cultivos. Son de carácter general.

Cualitativos

Desarrollados para aquellos seres parásitos cuyo umbral de tolerancia económica es nulo o muy pequeño (moteado, carpocapsa, mildiu de la vid y de la patata, etc.). Se trata, pues, de evitar la depreciación de las cosechas a fin de satisfacer sus exigencias comerciales o reglamentarias. Estos modelos deben prevenir con exactitud la aparición de los periodos de infección.

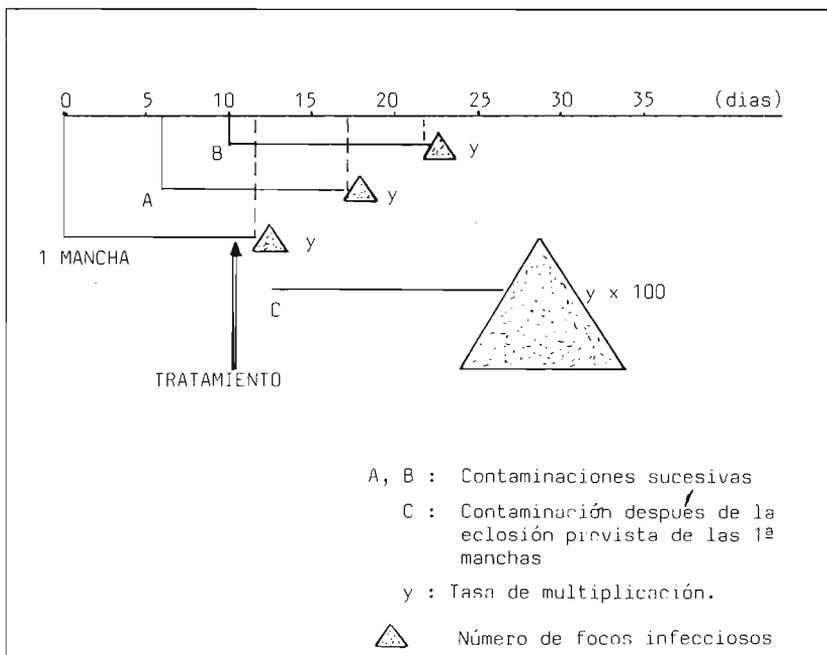


Fig. 4.-Esquema de la Evolución Infecciosa de un hongo. El modelo, según los parámetros climáticos, daría una fecha probable de eclosión de las primeras manchas, con lo que se fija el momento idóneo para dar un tratamiento fitosanitario.

El productor tiene conocimiento anticipado del momento de intervención, con lo que puede prepararse mejor para la correcta defensa fitosanitaria del cultivo.

El modelo le permite, además, utilizar el producto fitosanitario en el momento oportuno, contribuyendo de ese modo a preservar el medio ambiente sin necesidad de aplicaciones rutinarias.

Cuantitativos

Son más complejos que los anteriores y simulan la dinámica de poblaciones de insectos y la epidemiología de las enfermedades. Son interesantes, en particular, para aquellos patógenos que no atacan a las partes comerciales de un vegetal. Permiten el seguimiento de la evolución de las poblaciones por debajo del umbral de tolerancia (valor por debajo del cual el porcentaje de cosecha



perdida no compensa un tratamiento fitosanitario) y prevén la época en que éstas se alcanzan, con lo que el agricultor puede optimizar sus costos de producción.

Dado que cada modelo se elabora a partir de unas condiciones climáticas y país determinado, no cabe esperar en todos los casos, según la plaga o enfermedad de que se trate, una perfecta sincronización entre el binomio modelo-parásito. Por ello, independientemente del modelo, es necesaria la puesta a punto de un banco de datos precisos (climatológicos, fenológicos, biológicos y agronómicos) y la informatización de los mismos para ganar en operatividad.

SITUACION ACTUAL EN LA PROTECCION DE LOS CULTIVOS

A pesar de la existencia de muchas técnicas de defensa directa o indirecta de los cultivos (introducción de variedades resistentes, prácticas culturales, puesta a punto de modelos de previsión de riesgos, lucha biológica, etc.), sigue siendo el empleo de productos químicos el único medio de lucha en la mayoría de los casos. Esto lo demuestra el hecho de que el gasto en productos fitosanitarios ha aumentado espectacularmente en los últimos años, cifra a la que hay que añadir los gastos crecientes de aplicación de los tratamientos.

Además, la aplicación de productos fitosanitarios está sujeta, muchas veces, a calendarios fijos, con el consiguiente derroche de producto en unos casos y la poca eficacia en otros (figura 5).

Otras veces la utilización continuada de un determinado producto ejerce una presión selectiva sobre la población del parásito que se combate, creándose resistencias al tóxico en cuestión, con lo que su eficacia desaparece.

En general, el uso continuado y poco controlado de los tratamientos fitosanitarios genera una serie de problemas graves. Una cosa es evitar que operarios y animales domésticos sean expuestos a dosis letales de un principio activo y otra muy distinta evitar la acumulación de sus residuos en suelos, su acceso a cadenas de alimentación y, en suma, sus efectos crónicos sobre la fauna y flora en general y sobre el hombre en particular. Además,

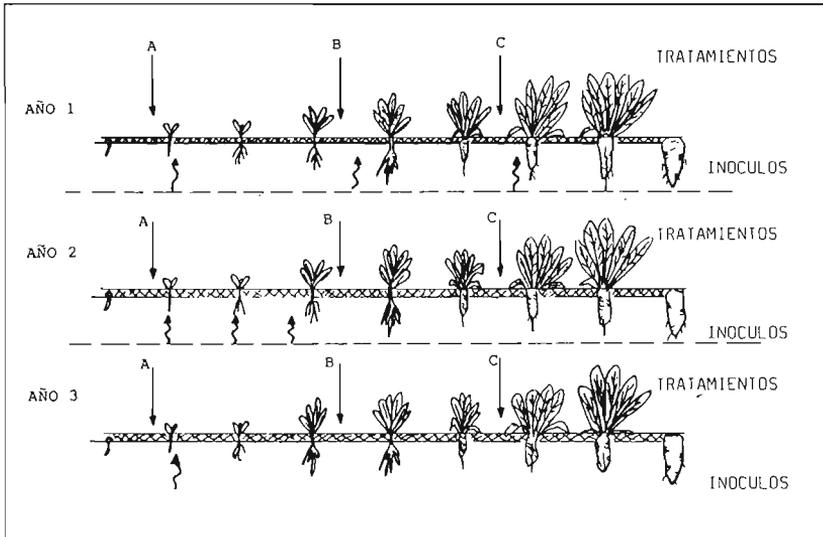


Fig. 5.—Calendario de tratamiento fijo aplicado a un determinado cultivo. El calendario debería ser variable según las condiciones climáticas determinantes de la actividad biológica del parásito que se combate.

Año 1. Los tratamientos fijos (↓) A, B y C son oportunos contra la aparición del parásito (‡).

Año 2. El tratamiento A es insuficiente, mientras que el B y C son inútiles por darse a destiempo.

Año 3. Bastaría con sólo el tratamiento A.

se generan fenómenos de resistencia y de inducción de nuevas plagas y, en muchas ocasiones, el costo del tratamiento no compensa la cantidad de cosecha salvada (umbrales de rentabilidad).

Por todo ello, el concepto de protección vegetal debe enclavarse hoy día en el contexto de lucha integrada (figura 6).

La protección integrada tiende, pues, hacia un concepto más ecológico de la protección vegetal, integrando los factores naturales y técnicos, susceptibles de limitar el desarrollo de los enemigos de los cultivos, para mantener su actividad por debajo de un umbral de daños económicamente aceptable. La complejidad de la puesta a punto de este esquema hace que sea la Administración, a través de los correspondientes Servicios de Defensa contra Plagas, los que lo pongan a punto, no sólo adaptando modelos de previsión de riesgos a la región donde se desarrolle, sino

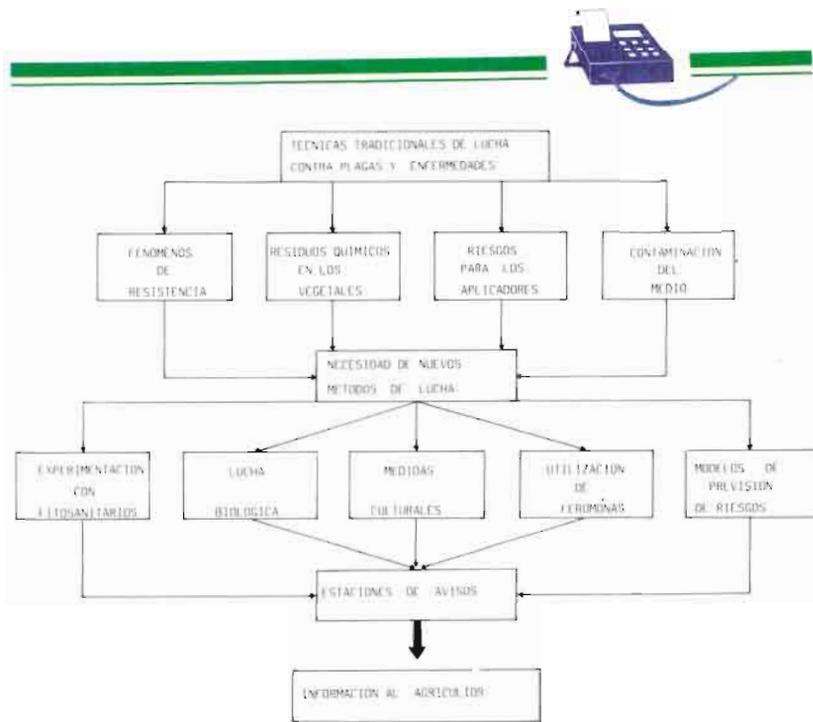


Fig. 6.–Sin descartar los tratamientos químicos es necesario racionalizar su uso y poner las bases para avanzar en las técnicas del control integrado de las plagas. El agricultor debe ser el principal beneficiario, recibiendo información precisa y en el momento oportuno.

proporcionando a los agricultores todo tipo de información de carácter agronómico.

El funcionamiento del esquema sólo es posible si el trasvase de información es rápido y veraz, lo cual sólo se consigue con la instalación de un gran número de puntos de observación (estaciones meteorológicas automáticas) y la gestión de la red, informatizando la recepción y elaboración de datos (figura 7).

Los medios actuales para suministrar información al agricultor de aquellas áreas donde funciona un Programa de lucha integrado son:

- Boletines de aviso fitosanitario.
- Contestadores telefónicos automáticos.
- Videotex (sistema informático de difusión de información de la base de datos Agrotex).
- Televisión y radio (programas regionales).

RED DE CONTROL MULTISERVICIO

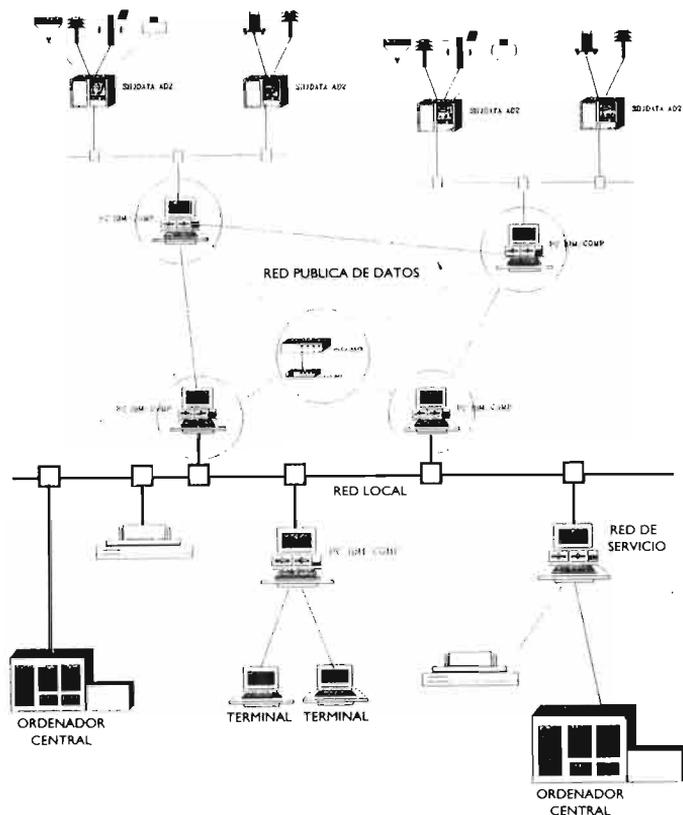


Fig. 7.-Sistema informatizado de elaboración y gestión de datos. La información elaborada es gratuita para el agricultor.

- Información de apoyo (servicios de extensión agraria).
- Publicaciones de carácter general.

Problemas que se plantean

Desgraciadamente no todas las regiones españolas poseen programas de lucha integrada, por lo que el agricultor no recibe información fitosanitaria en el momento oportuno.

Los programas existentes se centran fundamentalmente en el seguimiento de insectos y no en el de hongos (tabla I). Conviene,



Tabla I
SITUACION DE LOS PROGRAMAS DE MANEJO
INTEGRADO DE PLAGAS EN ESPAÑA

Cultivos	Principales plagas	Situación
Cereales de invierno	Pulgones, Pentatomidos, Dípteros, Trips	Investigación y Aplicación
Cereales de primavera	Taladros, Acaros, Gusanos del suelo	Investigación
Hortícolas	Pulgones, Lepidópteros, Dípteros	Investigación y Desarrollo
Algodón	Noctuidos, Acaros	Investigación y Desarrollo
Cítricos	Coccidos, Aleurotidos, Acaros, Mosca de la fruta	Investigación y Aplicación
Olivo	Mosca, Coccidos y Polilla del olivo	Investigación y Aplicación
Vid	Lepidópteros, Acaros	Desarrollo y Aplicación
Frutales	Lepidópteros, Acaros, Pulgones	Investigación y Aplicación
Cultivos en Invernadero	Mosca blanca, Acaros	Investigación, Desarrollo y Aplicación

desde un punto de vista agrotécnico, hacer una diferenciación entre hongos e insectos. Los hongos se multiplican rápidamente –de tres a diez días son suficientes para que se produzca una nueva generación–, mientras que la mayoría de los insectos no tienen más que una a tres generaciones por año, exceptuando el caso de los pulgones. Ocurre también con los ácaros. También es verdad que el hongo, en general, es más exigente para su proliferación que el insecto. Por ello la oportunidad del tratamiento fungicida está más ajustada en el tiempo, y los pronósticos de desarrollo de un hongo deben ser exactos para cada una de las fases, lo cual no siempre es fácil, aunque exista ya un programa de lucha.

Los avisos difícilmente pueden particularizarse a nivel de cada finca, dadas sus particulares condiciones microclimáticas.

Por todo ello, sería conveniente que el agricultor, además de recibir información procedente de un Programa Regional de Lucha Integrada, fuese él mismo capaz de tomar la decisión sobre

cuándo hacer la aplicación fitosanitaria sobre sus cultivos, teniendo en cuenta los parámetros concretos de su situación concreta. Esto es posible gracias a la existencia en el mercado de pequeños equipos automáticos (miniestaciones), accesibles a los agricultores en cuanto a costo y mantenimiento, que ofrecen en tiempo real el aviso de riesgo, simplificando la labor del agricultor a una simple lectura del aparato y a la observación de la parcela.

Además, muchos de estos equipos pueden conectarse a una red de estaciones meteorológicas automáticas, complementando así la información regional o local.

MINIESTACIONES DE ALERTA

Estos equipos integran, mediante el correspondiente programa informático, determinados modelos de previsión de riesgos con la captación automática de las variables climáticas (figura 8).

En la puesta a punto de este tipo de equipos han intervenido distintas universidades europeas, servicios de protección vegetal de varios países, así como organismos internacionales de reconocido prestigio, lo que les confiere una importante solidez técnica.

Algunas Comunidades Autónomas, como la catalana y la gallega, entre otras, están instalando redes de estaciones meteorológicas automáticas interconectables y consultables a través del servicio público Agrotex, y están promoviendo –incluso mediante subvenciones– la instalación de las miniestaciones de alerta, para que sean los propios agricultores los que controlen la situación concreta de su explotación. Estas miniestaciones se conectan a su vez a la red regional complementando la información general.

Aunque el equipo ofrezca puntualmente la situación de riesgo de contaminación por un determinado hongo o insecto, el agricultor no debe olvidar que también debe considerar los siguientes factores:

- Resistencia o sensibilidad de la variedad cultivada al ataque del insecto u hongo en cuestión.
- Conocimiento de los «principios activos» a utilizar (grado de recubrimiento, persistencia, estabilidad, superficie a tratar, maquinaria disponible, plazos de seguridad, etc.).



Fig. 8.–Miniestación de alerta.



Principales ventajas

- El agricultor se hace más autosuficiente para establecer la estrategia en la defensa de sus cultivos.
- Se obtienen datos reales de la parcela y en el momento preciso, lo que supone no sólo un ahorro, sino una mayor eficacia de los tratamientos.
- Los equipos integran de forma automática los datos meteorológicos en el modelo de previsión de riesgos elegido y ofrecen el resultado elaborado, con lo que facilitan al máximo la interpretación (figura 9).
- Pueden ser instalados en la parte de la explotación más adecuada para ser autónomos (figura 10).
- Sus datos, mediante un interface, pueden ser volcados periódicamente a un ordenador personal, que a su vez puede



Fig. 9.-Obtención de forma impresa de los datos elaborados por una miniestación de alerta.

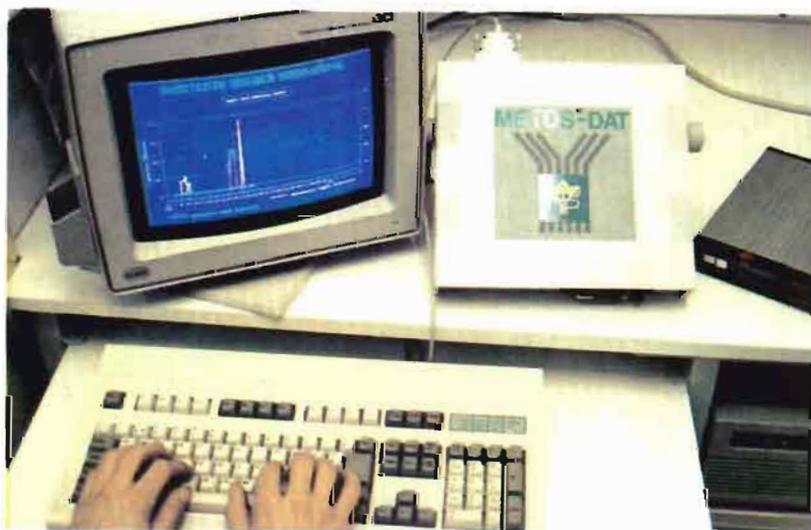


Fig. 10.-Transferencia de datos, mediante interface, de la unidad central de una miniestación de alerta a un ordenador personal.



conectarse a una red más amplia. Ello permite la utilización de otros programas informáticos distintos a los que los equipos tienen instalados.

- Posibilitan, además, la adaptación de los modelos que integran a las condiciones locales donde éste vaya a instalarse, así como la incorporación de nuevos modelos, con lo que se constituyen en un sistema abierto según los avances de la lucha contra plagas.
- Si bien están especialmente adaptados para el seguimiento de algunos hongos, los datos que ofrecen sirven también para el seguimiento de insectos.
- Por último, van normalmente provistos de un manual detallado para ayudar a la instalación, mantenimiento y manejo del aparato, y a la interpretación de sus resultados.

Principales inconvenientes

- Si bien los equipos funcionan perfectamente con los modelos que tienen integrados, no todas las enfermedades o plagas sistemáticas de los diferentes cultivos, en distintos puntos de nuestra geografía, están modelizadas.
- Centran el objetivo de la lucha en el parásito principal, pero el agricultor no debe olvidar que otros parásitos secundarios pueden también ocasionar un conjunto de daños importantes, aun controlado el más peligroso.
- Funcionan generalmente a tiempo real con un solo modelo. Aunque el aparato tenga incorporados otros, sólo es posible utilizarlos de uno en uno, a no ser que el equipo esté conectado a un ordenador personal.
- Dado que cada modelo se elabora a partir de unas condiciones climáticas concretas, no cabe esperar en todos los casos una perfecta sincronización de la plaga al mismo y, por tanto, se necesita de la intervención del técnico del Servicio de Defensa contra Plagas correspondiente para el ajuste del modelo. En general, los modelos integrados en estos equipos se centran en enfermedades de comportamiento bastante regular, precisamente para salvar este inconveniente.
- En el caso de algunos insectos, el agricultor debe conocer el



Fig. 11.-Trampa de feromonas para lepidópteros de tipo embudo.

momento exacto de la puesta en marcha de la acumulación de los días-grado, y, o bien dispone el mismo de trampas atrayentes (feromonas, luminosas, etc.), o dependerá de los Servicios de Protección Vegetal, quienes deberían facilitarle dicha información. Para algunos hongos sucede lo mismo. (Ver fotos.)



Fig. 12.-Trampa de feromonas de tipo delta.



Composición de los equipos

Las miniestaciones de alerta constan en general de las siguientes unidades:

- Cabina y poste metálicos anclados en el suelo.
- Unidad central con teclado protegido, display, impresora gráfica, interruptor y conector.
- Módulo sensor con terminales electrónicas para pluviómetro, sensores de temperatura ambiente y de humedad relativa.
- Dos sensores integrales de humedad y temperatura de las hojas con sistemas de sujeción a las ramas (figura 13).

El pluviómetro y los sensores de temperatura y humedad de la hoja son exteriores y van unidos al módulo sensor mediante un cable de longitud variable. La conexión entre el módulo sensor y la unidad central también es a través de cable de longitud varia-



Fig. 13.-Sensor foliar de humedad y temperatura.

ble, lo que permite instalar la unidad central en el interior de una edificación conectada a un ordenador.

Colocación y funcionamiento

Si la explotación es suficientemente grande y su geomorfología es tal que puedan darse distintas condiciones microlocales (fondo de valle, distintas orientaciones, etc.), el equipo deberá situarse en la zona más favorable para la aparición del agente patógeno que se pretende combatir. Hay que tener en cuenta que para realizar la intervención fitosanitaria en el tiempo preciso, en superficies grandes, pueden ser necesarios varios días para la totalidad del tratamiento, debiendo comenzarse éste por la zona de la explotación que presenta las condiciones más favorables para el desarrollo del parásito.

En general, para la mayor parte de las explotaciones no hay variación significativa en las medidas de las variables climatológicas, por lo que el criterio para la ubicación del aparato puede ser elegido ahora en función de otros parámetros tales como accesibilidad, proximidad a alguna construcción para su vigilancia y control, etc.

En cuanto al funcionamiento, estos equipos suelen tomar datos cada 12 ó 15 minutos, imprimiéndolos cada dos o tres horas en tarjetas de formato variable según el equipo, y en las que se ofrecen, en general, los siguientes parámetros:

- Humedad de las hojas en varios puntos.
- Temperatura de las hojas en varios puntos.
- Temperatura máxima, mínima y media en la sombra.
- Temperaturas acumuladas tomando como base distintos «ceros biológicos».
- Humedad relativa del aire.
- Precipitación cada dos-tres horas y total diaria.
- Gráfico de las condiciones de infección (variable según el modelo de previsión de riesgos utilizado).
- Hora y minutos en que comienza el riesgo de infección.
- Porcentaje de infección alcanzado hasta el momento.

Aplicación práctica al Mildiu de la vid (*Plasmopara viticola*)

El modelo que se va a describir es uno de los utilizados por algunas miniestaciones de alerta y se ajusta en su esquema a la figura (figura 14).

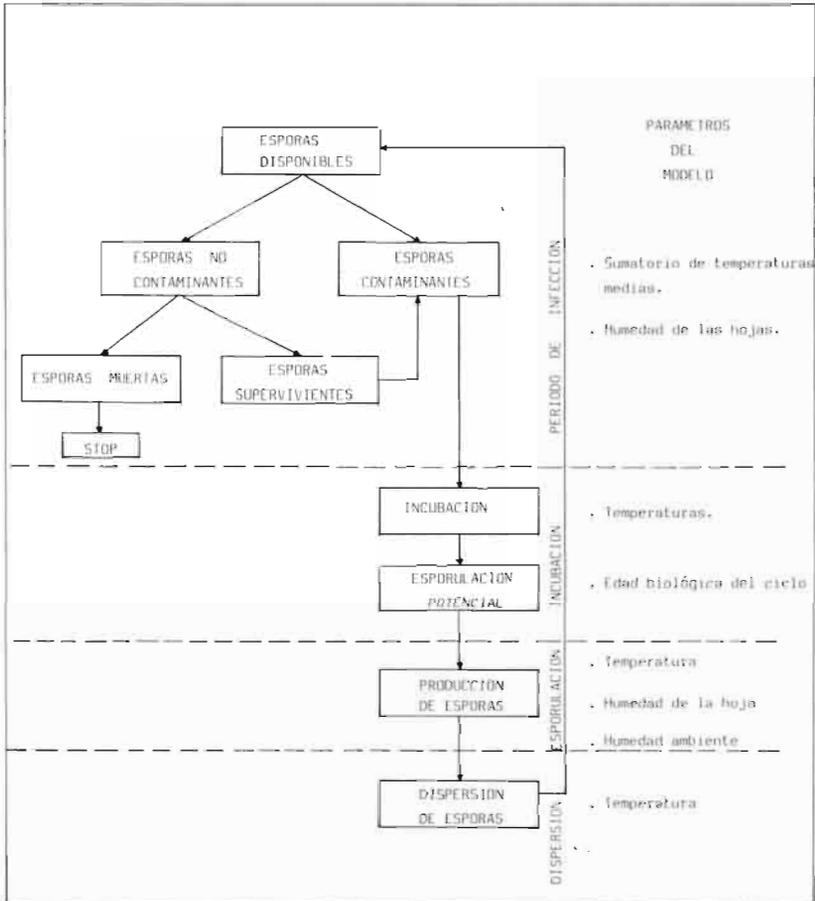


Fig. 14.-Diferentes fases del ciclo del hongo *Plasmopara viticola* y parámetros medidos por el modelo.

Las fases progresivas en las alertas de un equipo, de mayor a menor índice de riesgo, son:

1. *Reconocimiento de las condiciones que conducen a la infección*

Los sensores de humedad y temperatura de hojas, así como los de humedad y temperatura ambiente, son chequeados automáticamente cuando se inicia el programa Mildiu. Cuando los sensores de humedad de la hoja indican «húmedo», la temperatura media igual o superior a unos 8° C es acumulada automáticamente cada hora, hasta alcanzar la suma de 50° C. Si los sensores de humedad registran «seco» antes de que se alcance el citado valor, la temperatura acumulada es puesta a cero y el instrumento comienza de nuevo. Cuando se alcanza el valor de 50° C, la hora en que eso ocurre queda registrada y aparece automáticamente en el informe gráfico diario el mensaje «condiciones de infección alcanzadas» (figura 15).

El programa cambia automáticamente a la siguiente función.

2. *Cálculo del tiempo de incubación*

El tiempo de incubación transcurrido es calculado en % siguiendo el desarrollo de la temperatura (gráfica de incubación de Muller). Al llegar al valor 100% queda registrada la hora en que ocurre y aparece el informe gráfico «condiciones de incubación alcanzadas». Es posible conocer en cada momento el porcentaje de incubación.

Este será el momento oportuno para aplicar el tratamiento fitosanitario. Si se va a aplicar un fungicida preventivo es conveniente hacerlo un poco antes de alcanzar las condiciones de incubación y siempre que la infección primaria no sea muy extensa. Es aconsejable utilizar fungicidas sistémicos, pues nos ofrecen una mayor flexibilidad temporal en el tratamiento y además reducen el foco infeccioso.

Una vez realizado el tratamiento, el equipo debe ser inicializado, y habrá que poner a cero el calculador de lluvia acumulada. Esta, a partir de este momento, nos da un índice del posible

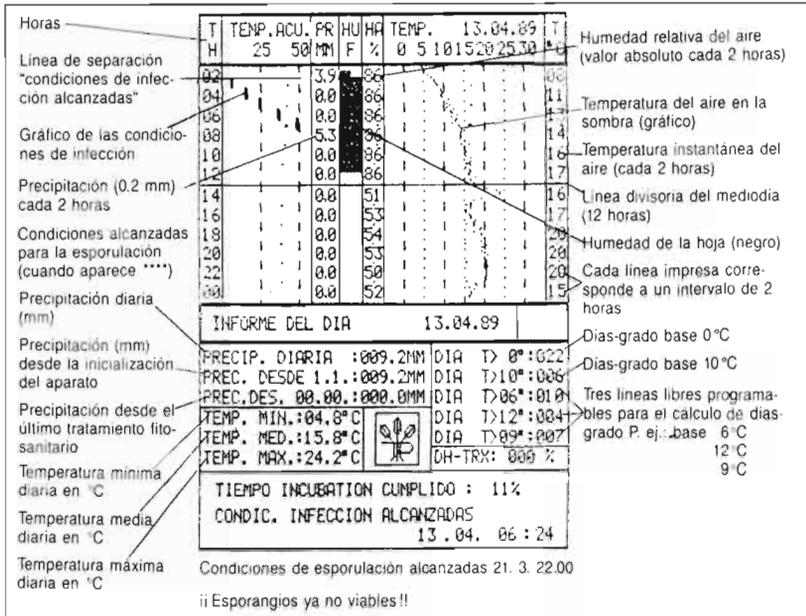


Fig. 15.-Cada día, el equipo imprime una tarjeta, donde se consignan los datos recogidos así como la curva de las condiciones de infección, en función del modelo que esté analizando. El formato de la tarjeta es variable según las distintas marcas de los equipos.

lavado del producto criptogámico añadido y, por consiguiente, de su permanencia.

Puede suceder que las siguientes condiciones de incubación se alcancen cuando el producto todavía recubre las hojas de forma eficaz, en cuyo caso habrá que esperar para proceder al siguiente tratamiento.

Si la función anterior no se cancela, el aparato pasará a controlar la siguiente función.

3. Reconocimiento de las condiciones para la esporulación

Si durante un período mínimo de cuatro horas continuadas durante la noche se registran temperaturas superiores a los 13° C, junto con humedad en la hoja, o al menos un 98% de humedad

relativa del aire, aparece el mensaje «condiciones alcanzadas para la esporulación», con la fecha y la hora en que se produce. El programa cambia entonces a la función siguiente.

4. *Período de vida de los esporangios*

En esta función solamente se controla la temperatura del aire. Si se registra una temperatura de al menos 30° C durante un período de más de seis horas, el aparato memoriza la hora en que eso ocurre e imprime el siguiente mensaje «esporangios no viables», con lo que el peligro de infección secundaria ha pasado.

Este modelo explica solamente la fase asexual del hongo *Plasmopara viticola*; sin embargo, la utilización de los equipos durante el otoño y el invierno con otros modelos complementarios de la fase sexual da un índice muy bueno de la importancia del futuro ataque primaveral del hongo.

Si no se hace este seguimiento invernal, la miniestación de alerta debe comenzar a funcionar unos días antes de la fecha media de aparición de la primera infección primaria, variable según las distintas zonas de nuestra geografía, y que suele suceder durante el mes de mayo. En cualquier caso, el aparato deberá estar en marcha antes de la fecha estimada de floración (puede utilizarse la función de sumatorio de temperaturas del aparato, a partir del umbral que se desee, para calcular las horas de calor acumuladas necesarias para la floración), ya que con ella comienza el período de máxima sensibilidad de la planta al ataque del hongo.

Aplicación práctica al moteado de manzano y peral (*Venturia inaequalis*)

El modelo que se describe a continuación es el más utilizado por todas las miniestaciones de alerta y está basado en la utilización automática de las tablas de Mills (tabla II), corregidas en función de la humedad relativa del aire registrada durante períodos secos que se intercalan entre dos períodos lluviosos.

La indicación del peligro de infección se muestra en el informe diario en forma de gráfica (figura 16). Así, cualquier aumento en el peligro de infección puede ser seguido inmediatamente.



Tabla II

TABLA DE MILLS. OFRECE LA DURACION DE LA HUMEDAD DE LAS HOJAS NECESARIAS PARA DESENCADENAR LA INFECCION DEL MOTEADO (*VENTURIA INAEQUALIS*)

Temperatura (°C)	Humedad de la hoja (horas)			Periodo de incubación (días)
	Infección ligera	Infección media	Infección alta	
0-5	37	48	73	22
6	26	34	51	20
7	21	27	40	19
8	18	23	34	18
9	15	20	30	17
10	14	19	28	16
11	12	17	26	15
12	11	16	24	14
13	10	15	22	13
14	10	14	21	12
15	9	13	20	11
16	9	12	19	10
17	9	12	18	9
18	9	12	18	8
19	9	12	18	8
20	9	12	18	8

Igual hasta 25° C, a partir de la cual aumentan.

Si se utilizan fungicidas sistémicos es recomendable aplicarlos desde 48 a 156 horas después de que aparezca la infección ligera (100%). Si se utilizan fungicidas de contacto es recomendable aplicarlos cuando la cifra de riesgo de moteado esté entre el 50 y el 99%, es decir, antes de que comience la infección ligera.

Tanto el nivel de riesgo como la puesta en marcha del equipo deben modularse en función de la importancia de la proyección de ascosporas, información que debe ser ofrecida a nivel regional por los Servicios de Protección Vegetal. En cualquier caso, los equipos suelen estar preparados para calcular el comienzo, duración y fin de la maduración de las ascosporas, basándose en la suma de temperaturas con base 0° C, comenzando la acumulación antes del cuajado de frutos.

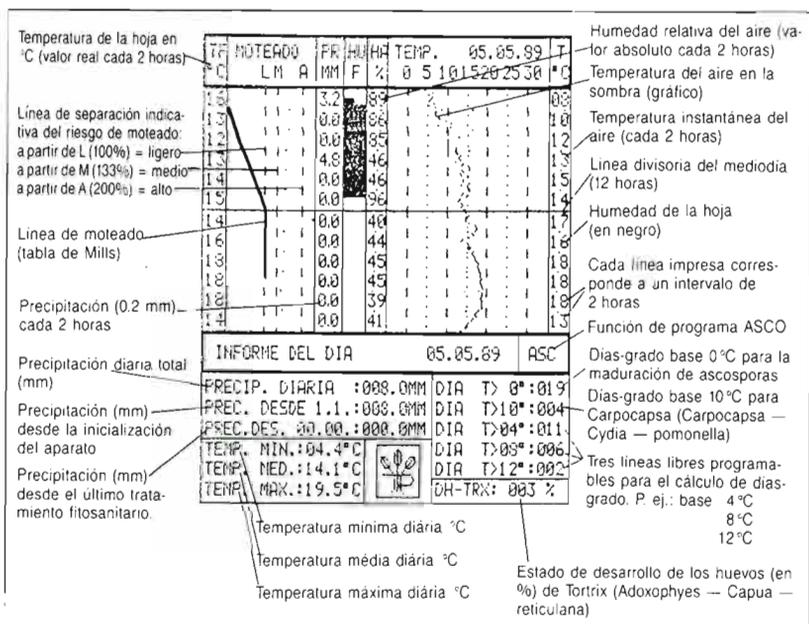


Fig. 16.—Impresión de la curva de riesgo de moteado (*Venturia inaequalis*). El formato de tarjeta diaria es diferente según los distintos tipos de miniestaciones.

Aplicación práctica al mildiu de la patata (*Phytophthora infestans*)

Algunos equipos utilizan un modelo basado en el concepto de «fechas críticas». La primera fecha es aquella antes de la cual no se espera ningún ataque que requiera tratamiento (GBZ-50), pero después del cual el cultivo de patata debe ser regularmente inspeccionado, y, ante cualquier signo de ataque, comenzar a pulverizar. La segunda fecha (GBZ-270) es aquella después de la cual es necesario aplicar un tratamiento al objeto de detener la propagación de la enfermedad (figura 17). En el primer caso se pueden utilizar productos preventivos, y en el segundo caso, sistémicos.

El modelo debe comenzar a funcionar en el momento en que se produzca la brotación de la patata.

Se determina como umbral de tratamientos la fecha a partir de la cual el costo de un tratamiento no compensa la cantidad de

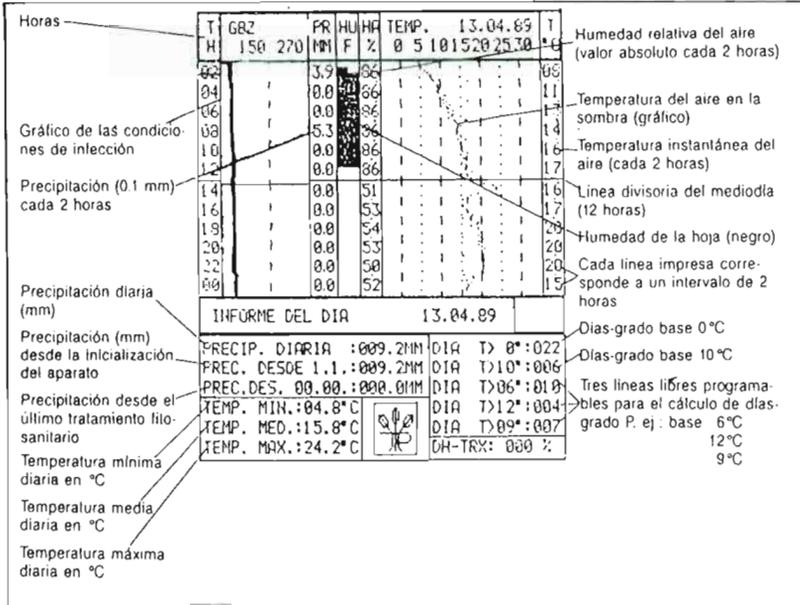


Fig. 17.-Impresión de la curva de riesgo del mildiu de la patata (*Phytophthora infestans*). El formato de tarjeta diaria difiere según el tipo de miniestación.

cosecha salvada. En el caso de la patata, dicho umbral se obtiene restando el período medio de marchitez de las hojas provocado por un ataque de mildiu, unos 20 días, de la fecha en la que de forma natural comenzaría la marchitez de las hojas, indicativa de la madurez del tubérculo (variable según el ciclo de la variedad de patata). En el caso de una variedad cuya marchitez natural comience a los 95 días, contados desde la brotación, el umbral de tratamientos se alcanza a los 95 - 20 = 65 días.

Otras aplicaciones

1. Seguimiento de los principales insectos perjudiciales de los frutales y viña:

Estos insectos tienen un comportamiento biológico dependiente de las temperaturas acumuladas por encima del estadio-cero de desarrollo (tabla III), ajustándose al modelo expuesto en la figura 18.

Tabla III
CERO BIOLÓGICO PARA LOS PRINCIPALES LEPIDÓPTEROS
PERJUDICIALES PARA FRUTALES Y VID

Insectos (Lepidópteros)	Nombre común	Cero-Biológico
<i>Laspeyresia pomonella</i>	Carpocapsa	10° C
<i>Laspeyresia funebrana</i>	Barrenador	10° C
<i>Grapholita molesta</i>	Grafolita	9° C
<i>Leucoptera scitella</i>	Minador	8° C
<i>Lobesia botrana</i>	Polilla racimo	10° C
<i>Adoxophyes orana</i>	Tortrix o Capua	10° C

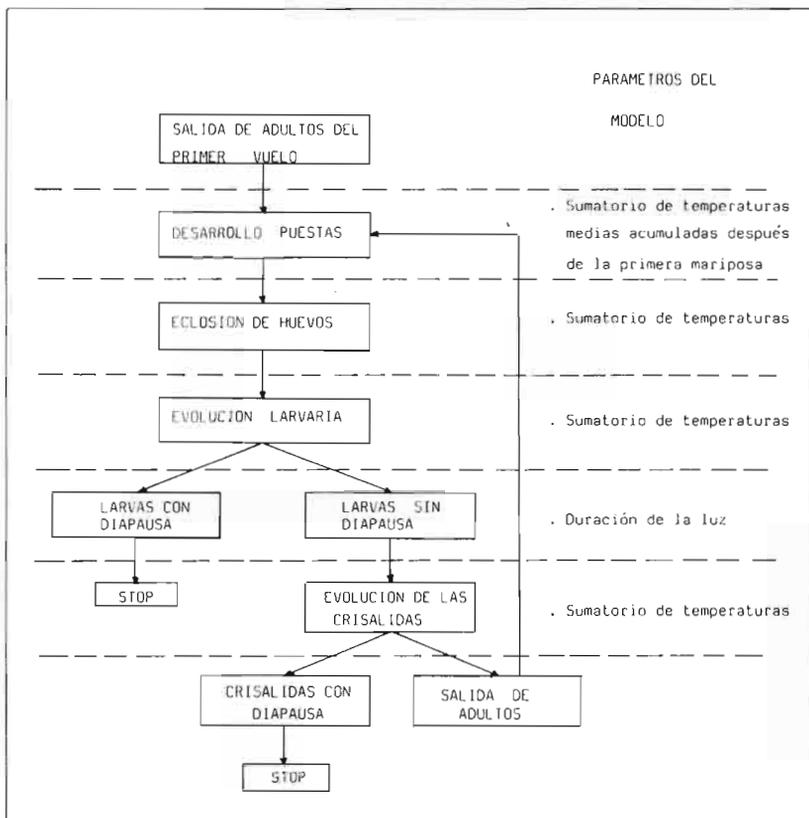


Fig. 18.-Esquema del modelo de comportamiento biológico de los principales insectos perjudiciales en frutales de vid y de los parámetros climáticos que utiliza.



A partir de este momento cada uno de los diferentes estadios de desarrollo del insecto necesitará de la acumulación de un número determinado de días-grado para producirse (tabla IV). Conociéndose estos valores se podrá elegir el tipo de tratamiento y en la fecha adecuada (tabla V).

Tabla IV

SUMATORIOS TERMICOS NECESARIOS PARA LA SALIDA DE ADULTOS DEL PRIMER VUELO DE LOS PRINCIPALES MINADORES Y BARRENADORES EN EL SUR FRANCES

% de salidas	<i>L. pomonella</i> $\Sigma T > 10^{\circ} C$	<i>G. molesta</i> $\Sigma T > 9^{\circ} C$	<i>L. scitella</i> $\Sigma T > 8^{\circ} C$	<i>L. botrana</i> $\Sigma T > 10^{\circ} C$
10	58	49	81	29
20	81	64	103	37
50	174	95	151	52
80	307	135	214	75
90	370	159	246	87
100	579	311	405	143

Para que dichos valores sean fiables, la acumulación de días-grado deberá comenzar oportunamente, por lo que será necesario conocer la fecha exacta de los primeros vuelos de mariposas por capturas en trampas atrayentes (feromonas, luminosas, etc.).

Por último, las tablas expuestas son sólo orientativas, lo que exige una adaptación de los valores a las condiciones locales donde se vayan a aplicar. Tanto en este caso, como en el anterior de fijación de la fecha óptima para comenzar la acumulación de temperaturas, será necesario contar con los Servicios de Protección Vegetal correspondientes.

2. Alerta de heladas.
3. Control de temperatura de almacenaje de frutas.
4. Aclareo químico de frutas.
5. Estimaciones del lavado de un tratamiento fitosanitario.
6. Seguimientos fenológicos de los cultivos, etc.

CONCLUSIONES

El desarrollo de los hongos e insectos perjudiciales para las plantas está ligado a las condiciones climáticas. La labor de in-

Tabla V
CONSTANTES TERMICAS A PARTIR DE LAS PRIMERAS
CAPTURAS EN TRAMPAS SEXUALES PARA DETERMINAR EL
MOMENTO OPORTUNO DE LA APLICACION INSECTICIDA

Tratamientos	Insectos	1.ª generación	2.ª generación
Ovicidas (comienzo de las puestas)	<i>L. pomonella</i> T > 10° C)	56°	640°
	<i>L. funebrana</i> T > 10° C)	30°	450°
	<i>G. molesta</i> T > 9° C)	30°	370°
	<i>L. scitella</i> T > 8° C)	30°	610°
Ovolarvicidas (comienzo de las eclosiones de los huevos)	<i>L. pomonella</i>	146°	730°
	<i>L. funebrana</i>	105°	515°
	<i>G. molesta</i>	75°	415°
	<i>L. scitella</i>	223°	793°
	<i>L. botrana</i> T > 10°)	92°	510°
Larvicidas (fin de las eclosiones)	<i>L. botrana</i>	180°	180°

investigación de muchos técnicos está poniendo a punto numerosos modelos de previsión de riesgos que explican el comportamiento biológico de muchas de estas plagas. La misión de estos modelos es ayudar a la toma de decisiones sobre los tratamientos adecuados y proceder así a una correcta protección de los cultivos.

El desarrollo de la Informática permite la utilización práctica de estos modelos mediante la captación de datos climáticos, fenológicos, biológicos, etc., a través de estaciones meteorológicas automáticas dispuestas en redes, generando bases de datos regionales y ofreciendo esta información al agricultor de forma fluida e inmediata, no sólo en la faceta de la protección de cultivos, sino en el resto de los aspectos agronómicos, convirtiendo así la Climatología en algo realmente operacional.



Contando con esta información, el agricultor técnico debería ser capaz de tomar la decisión de cuándo hacer la aplicación fitosanitaria sobre sus cultivos, teniendo en cuenta los parámetros específicos de su situación concreta. Ello ya es posible gracias a la existencia de miniestaciones de alerta que ofrecen en tiempo real el aviso de riesgo.

La conexión de estos equipos a un ordenador personal permite mayor agilidad en el manejo de estos datos, y el enlace a una red más amplia de estaciones meteorológicas automáticas complementa la información regional con datos locales.

En este contexto, y sin suprimir la lucha química, hoy en día aún necesaria, se irá racionalizando progresivamente su utilización, haciéndola compatible con el uso de otras técnicas de cobertura sanitaria para configurar así un esquema de lucha integrada.

Cualquier iniciativa que se dirija a una mayor cantidad y calidad en la producción agraria no deberá descuidar el aspecto ecológico residual de nuestro medio ambiente; directriz que rige en la actualidad toda actividad productiva.

BIBLIOGRAFIA

BALACHOWSKY, A. S., «Entomologie appliquée a l'Agriculture», Ed. Masson & Cie, 1974.

BOUREAU, M.; OLIVIER, J., «Bilan d'activité des réseaux d'avertissements de Tavelure en France», PHYTOMA, 1984.

CASTEÑERA DOMINGUEZ, P., «El manejo integrado de plagas en España», PHYTOMA ESPAÑA N.º 22, 1990.

DUVAUCHELLE, S., «La lutte contre le Mildiu», PHYTOMA, 1986.

GENNATAS, J., «Agrométéorologie et protection des végétaux», PHYTOMA, 1984.

LUNA SALVADOR, F., «El videotex y la información agraria», PHYTOMA ESPAÑA N.º 14, 1989.

MAURIN, G.; GENDRIER, J.; FOUGEROUX, A., «Des stations meteorologiques automatiques en agriculture: pour quoi faire?», PHYTOMA ESPAÑA N.º 389, 1987.

MILAIRE, H., «La protection phytosanitaire des vergers de pommiers et de poiriers par la lutte intégrée», PHYTOMA N.º 392, 1987.

MUCKENSTURM, N.; MAGNIEN, C.; JACQUIN, D., «Milvit, un

nouveau modele de prevision des risques de Mildiu», PHYTOMA N.º 419, 1990.

PATIER, G., «Données climatologiques et prevision des risques de maladies des organes aériens», PHYTOMA, 1986.

TOZEAU, J., «Previsions des risques pour la protection des arbres fruitiers et de la vigne contre leurs principaux ravageurs», PHYTOMA N.º 397, 1986.

URQUIJO LANDALUCE, P.; RODRIGUEZ SARDIÑA, J.; SANTA OLALLA, J., «Patología vegetal agrícola, enfermedades de las plantas», Ed. Mundi Prensa, 1971.

VAN DER PLANK, S. E., «Principies of plant infection», Ed. Academic Press, 1975.

VARIOS AUTORES, «Bilan de l'experience. Domaines à techniques integrées en arboriculture», Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, Suiza, 1990.



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION

INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO

DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y COOPERACION

Corazón de María, 8 - 28002-Madrid