

Vicent, A. • Abad-Campos, P. • Armengol, J. • García-Jiménez, J.

# PATÓGENOS FÚNGICOS DE CUARENTENA QUE AFECTAN A LOS FRUTOS CÍTRICOS. II: VALORACIÓN DEL RIESGO PARA LA CITRICULTURA ESPAÑOLA

Grupo de Investigación en Hongos  
Fitopatógenos  
Instituto Agroforestal Mediterráneo  
Universidad Politécnica de Valencia  
Camino de Vera s/n.  
46022 (Valencia)

En un artículo anterior (Vicent *et al.*, 2004a) se realizó una descripción de los diferentes patógenos fúngicos de cuarentena que afectan a los frutos cítricos citados en la Directiva 2000/29/CE: *Elsinoë* spp., *Guignardia citricarpa* Kiely y *Phaeoramularia angolensis* (Carv. & Men.) P.M.Kirk.

En el presente trabajo se analiza el riesgo que supone para la citricultura española la entrada y posterior establecimiento de alguno de estos patógenos. Para ello se han utilizado tanto datos bibliográficos como experiencias acumuladas por nuestro Grupo de Investigación en su función de Laboratorio Nacional de Referencia del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación para el diagnóstico de hongos fitopatógenos y el programa de vigilancia fitosanitaria de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana.

Analizar el riesgo que supone para un país la introducción de un

organismo fitopatógeno es siempre una tarea complicada. Desde el punto de vista técnico, aunque los procedimientos analíticos han mejorado notablemente, hoy por hoy sigue siendo difícil predecir el comportamiento de los parásitos tras su entrada en una nueva zona.

La Organización Europea y Mediterránea para la Protección de las Plantas (EPPO) ha desarrollado un protocolo con el que es posible valorar el riesgo que supone para la agricultura europea la introducción de un determinado organismo. Este sistema recoge diversas normativas publicadas por esta misma organización desde 1993 y sigue los criterios establecidos por la FAO (EPPO, 2000).

En la primera fase de este protocolo se describen los datos relativos al patógeno, el cultivo y la zona geográfica objeto del estudio. En la segunda fase se realiza un análisis del riesgo, donde se valoran las vías potenciales de entrada, las posibilidades de establecimiento y el impacto económico que supondría su introducción. Este análisis se realiza tanto de forma cualitativa, respondiendo a un cuestionario con respuestas si/no, como cuantitativa, utilizando una escala ordinal de 1 a 9. Recientemente, MacLeod y Baker

(2003) han propuesto una descripción detallada para cada uno de estos valores, que permite reducir en parte la subjetividad en las respuestas. Finalmente se realiza una valoración global de todo el proceso.

Aunque este protocolo se ha utilizado ya en algunos trabajos (Leeuwen *et al.*, 2001), con los datos disponibles en la actualidad sobre las especies fúngicas que nos ocupan, varias de las preguntas clave del cuestionario no tienen una respuesta clara. Es por ello que en este trabajo se va a seguir un esquema similar al propuesto por EPPO (2000), pero profundizando sobre algunas cuestiones que requieren de un análisis más detallado.

## Zona de estudio

España posee más de 300.000 ha dedicadas al cultivo de los cítricos, de las que cerca del 45% están cultivadas de naranjo, un 37% de mandarino y un 15% de limonero (MAPA, 2005). La mayor parte de la producción está concentrada en la costa mediterránea, aunque existe también una superficie importante de producción en la costa atlántica del suroeste peninsular. Sobre esta base se han elegido como zonas representativas para el estudio las provincias de Valencia y Huelva.

## Posibilidades de introducción

### Entrada

El primer aspecto a valorar es la posibilidad de que estos patógenos puedan entrar en España, bien sea a través de la introducción de material propagativo o la importación de frutos para consumo humano.

En nuestro país, la introducción de nuevas variedades está sujeta a un estricto programa de cuarentena fitosanitaria, con el que se ha conseguido reducir notablemente el riesgo de introducción de nuevas enfermedades (Navarro *et al.*, 2003). Sin embargo, la importación ilegal de plantas y varetas sigue siendo una grave amenaza sanitaria para la citricultura española.

La importación de frutos cítricos estuvo prohibida en España hasta su adhesión a la UE (O.M. 14-08-1934. Gaceta de Madrid 228: 1526). A principios de los años 90 se iniciaron las primeras entradas importantes, que han ido aumentando progresivamente hasta alcanzar un máximo de 241.780 t en 2001 (Figura 1a).

Estas importaciones proceden en su mayoría de países del hemisferio sur, como Argentina, Brasil, Uruguay y Sudáfrica, y se realizan principalmente para abastecer a los mercados europeos durante el verano, cuando España carece de producción. La UE exige a estos países la adopción de una serie de medidas que garanticen que los frutos lleguen a las fronteras comunitarias exentos de organismos de cuarentena. Sin embargo, la gran cantidad de cargamentos en los que se detectaron estos patógenos durante 2003 motivó la suspensión cautelar de las importaciones de cítricos procedentes de Brasil y Argentina (Orden APA 3151/2003 - BOE 272: 40048).

Nuestro país dispone actualmente de sistemas de inspección en destino y de laboratorios altamente preparados, pero esta estructura no supone un blindaje total frente a los patógenos exóticos. Algunos de ellos desarrollan en los frutos sintomatologías inespecíficas, que pueden confundirse con otras alteraciones de tipo no parasitario. *G. citricarpa* produce incluso infecciones latentes asintomáticas, que podrían pasar inadvertidas en una inspección visual rutinaria.

Las limitaciones que presenta el diagnóstico convencional ante estas situaciones se están superando en parte con la introducción de la metodología PCR, que permite realizar análisis más rápidos y fiables. Sin embargo, aplicar la tolerancia cero en las inspecciones en destino obligaría a emplear tamaños muestrales enormes que, con la capacidad actual de nuestros sistemas de inspección y los elevados tonelajes importados, son imposibles de aplicar en la práctica.

La importancia relativa del material propagativo y los frutos como origen de una posible introducción de estos patógenos, está relacionada con varios factores como: la cantidad de material afectado acumulado, el tiempo que se mantenga cerca de plantaciones susceptibles, las condiciones ambientales, la capacidad de esporulación de las lesiones y la eficiencia infectiva de sus esporas.

La introducción de material propagativo infectado es, sin duda, la principal vía de entrada de estas enfermedades, ya que facilita un contacto directo y prolongado entre el patógeno introducido y los cultivos presentes en la zona.

En general, los frutos se han considerado como poco importantes en la transmisión de estas enfermedades debido, entre otras cosas, a que se

destinan al consumo humano y se supone que es poco probable que entren en contacto con las plantas cultivadas. Sin embargo, en España es habitual que los cargamentos importados pasen por una reconfeción antes de ser enviados a los mercados de destino. En este proceso se retiran las frutas defectuosas, que se almacenan en contenedores y vertederos situados, en muchos casos, próximos a las parcelas de cítricos. Esta situación posibilitaría que algunos de los frutos afectados depositados en los destríos permanecieran cerca de las plantaciones durante algún tiempo.

En lo que respecta al potencial infectivo de sus estructuras reproductivas, *G. citricarpa* es capaz de diseminarse por el viento a larga distancia mediante la formación de ascosporas. Estas estructuras están consideradas como su principal forma de propagación, pero sólo se producen en las hojas caídas al suelo. Sobre los frutos forma otro tipo de esporas, denominadas picnidiosporas, que son muy sensibles a la desecación y necesitan la acción de la lluvia para dispersarse (Kiely, 1948). Debido a la baja eficiencia infectiva de las picnidiosporas respecto a las ascosporas, los frutos afectados representan un riesgo mucho menor que la introducción de material propagativo, con el que podrían entrar hojas infectadas.

*E. fawcettii* Bitancourt & Jenk. se reproduce mediante esporas asexuales (conidios), que forma tanto en hojas como en frutos. *E. australis* Bitancourt & Jenk. se reproduce también mediante conidios, pero éstos se forman únicamente sobre los frutos. Al igual que las picnidiosporas de *G. citricarpa*, los conidios de *Elsinoë* spp. se diseminan por lluvia, por lo que se les atribuye una menor capacidad propagativa (Timmer, 2000).

Por su parte, *P. angolensis* forma conidios sobre hojas y frutos afectados. Aunque los mecanismos de diseminación de esta especie no han sido determinados con precisión, parece que sus esporas pueden dispersarse tanto por aire como por lluvia (Emechebe, 1981).

Se han planteado dudas sobre si estos patógenos pueden sobrevivir en los frutos después de los tratamientos fungicidas de campo y post-cosecha realizados en origen. Los únicos trabajos al respecto son los realizados por Korf *et al.* (2001), que demuestran un cierto efecto de estas aplicaciones sobre las picnidiosporas de *G. citricarpa*. De cualquier forma, en todas las muestras procedentes de importaciones que se han diagnosticado como positivas en nuestro laboratorio, siempre se han aislado cultivos fúngicos viables.

Finalmente, con la información disponible en estos momentos, es difícil valorar de forma objetiva el riesgo que supone la introducción de frutos afectados en nuestro territorio. Aunque comparados con el material propagativo representan un peligro menor, el principio de precaución obliga a seguir considerándolos como una de las posibles vías de entrada de estos patógenos.

### Establecimiento

Tras su entrada, para su introducción efectiva el patógeno debe encontrar unas condiciones adecuadas que permitan su establecimiento. La primera, obviamente, es la presencia de un hospedante vegetal susceptible. En España esto no parece ser un factor limitante, ya que existe una gran diversidad varietal que abarca la mayoría de cultivares de naranja, mandarina y limón, muchos de ellos citados como susceptibles a alguna de estas enfermedades.

Respecto al potencial de establecimiento de una enfermedad en una zona, el protocolo establecido por EPPO (2000) señala que es necesario determinar el grado de similitud climática con las zonas de distribución actual de la enfermedad, así como valorar la capacidad adaptativa del patógeno.

El uso de las comparaciones climáticas en el ámbito de la fitopatología tiene su origen en los años 60, pero es en la última década cuando se ha generalizado su uso. El avance de las técnicas geoestadísticas y los sistemas de información geográfica (SIG) han hecho posible el desarrollo de paquetes informáticos, como CLIMEX, con los que es posible manejar una gran cantidad de información y obtener mapas de similitud climática respecto a una o varias zonas (Weltzien, 1978; Sutherst y Maywald, 1985; Baker *et al.*, 2000).

En la Figura 2 se pueden observar los diagramas ombrotérmicos de Valencia y Huelva junto a los de São Paulo (Brasil) y dos ciudades sudafricanas: Nelspruit, en la provincia nororiental de Mpumalanga, y Ciudad del Cabo, en la provincia de Western Cape en la costa suroeste.

Tanto las zonas cítricas del noreste sudafricano como las situadas en el estado brasileño de São Paulo están afectadas por la mancha negra de los cítricos, causada por *G. citricarpa*. Sin embargo, no hay ninguna cita de esta enfermedad en Western Cape.

Se puede apreciar que São Paulo y Nelspruit poseen un clima que, sin ser tropical, está caracterizado por presentar veranos lluviosos. En cambio, Ciudad del Cabo, Valencia y Huelva poseen un clima de tipo mediterráneo, con veranos secos e inviernos relativamente lluviosos (Tabla 1 y Figura 2). A la vista de estos resultados, podría concluirse que la presencia de *G. citricarpa* está ligada unívocamente a los climas caracterizados por lluvias estivales, siendo los climas mediterráneos con lluvias invernales poco favorables al establecimiento de la enfermedad.

Esta es la tesis que vienen defendiendo desde hace años varios investigadores sudafricanos (Kotzé, 2000; Paul *et al.*, 2005). Aunque existen algunas evidencias que avalan este planteamiento, el problema es que sus trabajos están basados únicamente en el uso de comparaciones

**Tabla 1:** Clasificación climática y número de meses secos de las diferentes localizaciones geográficas citadas en el trabajo.

Localizaciones <sup>1</sup>	Clasificación climática (Köppen) <sup>2</sup>	Nº meses secos <sup>3</sup>
Valencia	Csa Templado húmedo con verano seco (Mediterráneo)	4
Huelva	Csa Templado húmedo con verano seco (Mediterráneo)	5
Adana (Turquía)	Csa Templado húmedo con verano seco (Mediterráneo)	5
Ciudad del Cabo (Sudáfrica)	Csb Templado húmedo con verano seco (Mediterráneo)	6
Nelspruit (Sudáfrica)	Cwa Templado húmedo con invierno seco	5
São Paulo (Brasil)	Cfb Templado húmedo sin estación seca	0
Lake Alfred (Florida, EE.UU.)	Cfa Templado húmedo sin estación seca	0
Brisbane (Queensland, Australia)	Cfa Templado húmedo sin estación seca	0

<sup>1</sup> Fuente: Adana: Global Historical Climatology Network (GHCN) (1929-1990), Brisbane: GHCN (1951-1970), Ciudad del Cabo y Nelspruit: South African Weather Service (1961-1990), Lake Alfred: US Cooperative & National Weather Service (1961-1990), São Paulo: Instituto Nacional de Meteorología. Brasil (1961-1990), Valencia y Huelva: Instituto Nacional de Meteorología. España (1971-2000).

<sup>2</sup> Fuente: Elías-Castillo y Castellvi (2001)

<sup>3</sup> Según criterio de Gaussen: mes seco si  $P < 2T$  ( $P$ =precipitación media mensual;  $T$ =temperatura media mensual)

climáticas, sin tener en cuenta la capacidad adaptativa del patógeno. Con este tipo de estudios se puede delimitar el área geográfica de mayor riesgo, por presentar un clima similar al de la zona de origen del patógeno, pero no es posible valorar de una forma precisa su capacidad de establecimiento en otras regiones climáticas (Kingsolver *et al.*, 1983).

Un caso que evidencia las limitaciones de este tipo de análisis lo encontramos precisamente en la mancha negra de los cítricos, causada por *G. citricarpa*. Tras su detección en 1929 en Sudáfrica y en 1965 en Zimbabwe, se creyó por aquel entonces que no suponía un problema grave para estos países. Esta consideración se basó principalmente en las diferencias climáticas existentes entre estas zonas y las áreas cítricas de Nueva Gales del Sur (Australia), donde estaba presente la enfermedad desde finales del S XIX. Sin embargo, en la década de los 70 *G. citricarpa* ya afectaba de forma importante a todo el noreste de Sudáfrica y a varias zonas de Zimbabwe (Kotze, 1981).

Otro ejemplo que pone de manifiesto las limitaciones inherentes al uso de este tipo de comparaciones climáticas es la mancha marrón de los cítricos, causada por *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keiss pv. *citri*. Aunque la presencia de enfermedades causadas por *Alternaria* sobre otros cultivos ya era conocida en las zonas mediterráneas, este patógeno nunca ha estado considerado como organismo de cuarentena en la UE. Ciertamente, hasta finales de los años 80, sólo se había detectado en zonas cítricas caracterizadas por lluvias estivales, como Florida (EE.UU.) y Queensland (Australia) (Tabla 1 y Figura 2).

Sin embargo, se sabe que *A. alternata* pv. *citri* posee una elevada

flexibilidad adaptativa. Es capaz de modificar sus requerimientos de infección, esporulación y diseminación en función de las condiciones climáticas, lo que le permite desarrollarse tanto en zonas lluviosas como semiáridas (Timmer *et al.*, 1998). De hecho, en 1989 se detectó en Israel y posteriormente en otras áreas cítricas del Mediterráneo como Turquía, España e Italia. La enfermedad no sólo se ha establecido en estas zonas, sino que se desarrolla perfectamente y en la actualidad está provocando daños muy importantes (Solel, 1991; Canihos *et al.*, 1997; Vicent *et al.*, 1999; Bella *et al.*, 2000).

Estos dos ejemplos resaltan la importancia de disponer de datos precisos sobre la biología del patógeno, así como su respuesta a diferentes situaciones climáticas. Con esto es posible realizar comparaciones basadas en índices climáticos relevantes para el desarrollo epidémico de la enfermedad (Baker *et al.*, 2000).

Para determinar cuáles son los índices climáticos que influyen en el desarrollo de la enfermedad es necesario conocer primero las relaciones existentes entre las variables climáticas y cada una de las fases del ciclo infectivo del patógeno: infección, incubación, desarrollo de síntomas, esporulación, diseminación y supervivencia. Estas relaciones son realmente complejas, ya que una misma variable puede influir de forma diferente en cada una de las fases. Además existe una especie de mecanismo de equilibrio, en el que las fases que se dan bajo condiciones óptimas compensarían a las que se desarrollan en situaciones menos favorables (Rotem, 1978).

En las zonas en la que está presente la enfermedad en cuestión, es posible obtener estas relaciones de forma empírica acumulando experiencias de campo año tras año,

donde se toman datos relativos a la evolución de la enfermedad y las variables climáticas. Con este tipo de trabajos sólo se pueden establecer relaciones entre la enfermedad y la climatología propia de la zona afectada, quedando una cierta duda de cómo respondería ante situaciones climáticas diferentes. En este sentido, es recomendable complementar esta información con estudios realizados en cámaras de cultivo, donde se puede cuantificar la evolución de la enfermedad bajo otras condiciones climáticas (Yang *et al.*, 1991; Teng y Yang, 1993).

Ciertamente, las bajas temperaturas invernales características de los climas mediterráneos limitan el desarrollo de muchos patógenos durante parte del año. Sin embargo, existen numerosas especies que han logrado adaptarse perfectamente. Algunos patógenos foliares pueden desarrollarse a temperaturas sub-óptimas aprovechando períodos de humectación prolongados (Rotem, 1994). Otros poseen mecanismos de infección altamente eficientes y períodos de latencia muy cortos, que les permiten aprovechar pequeñas lluvias en los meses de temperaturas favorables.

El óptimo de infección para las especies fúngicas de cuarentena abordadas en este trabajo se sitúa entre los 20-30 °C. Aunque se ha conseguido provocar infecciones artificiales con aislados de *E. fawcettii* y *P. angolensis* a 17°C y 15°C respectivamente, el nivel de daños en ambos casos siempre ha sido inferior al obtenido con 25°C (Seif y Hillocks, 1998; Agostini *et al.*, 2003). Las ascosporas de *G. citricarpa* y las picnidiosporas de su forma asexual pueden germinar y formar apresorios con temperaturas de 15 °C, pero en porcentajes inferiores a los registrados con 25 °C (Araujo, 2002; Timossi *et al.*, 2003).



Respecto a los requerimientos de humedad, la mayoría de las comparaciones climáticas están basadas en la lluvia, sin tener en cuenta otras fuentes de condensación de agua sobre las plantas. Sin embargo, la formación de rocío es un de los factores que más influye en el desarrollo de los patógenos foliares bajo condiciones mediterráneas.

La incorporación del rocío en las comparaciones climáticas es complicada, debido a que no suelen haber series históricas de datos. Por otra parte, es una variable microclimática muy influida por factores topográficos y los equipos para su cuantificación pueden dar lecturas diferentes según el fabricante, la orientación y las características propias de la superficie vegetal. Se han desarrollado algunos modelos matemáticos para cuantificar su duración, pero precisan de una validación previa para cada zona (Caprara y Veronesi, 1992; Gleason *et al.*, 1994; Gozzini *et al.*, 1996; Lau *et al.*, 2000; Anderson *et al.*, 2001).

La mayoría de las áreas cítricas españolas están situadas en zonas de influencia costera, con altas humedades relativas, en las que es habitual la formación de rocío durante la noche y primeras horas de la mañana. En los meses de verano, con temperaturas favorables y ausencia de lluvia, esta capa de agua líquida sobre la planta suele durar entre 10 y 12 horas diarias (Figura 3).

Las esporas de muchos hongos no toleran estas condiciones alternantes (mojado-seco), pero hay especies que han desarrollado diferentes mecanismos de adaptación. Algunas necesitan más de 24 horas de agua líquida sobre la planta para completar la infección, pero pueden aprovechar intervalos discontinuos de agua libre debido a que sus esporas son capaces de tolerar condiciones de

sequedad durante la germinación. Otras, menos tolerantes a la desecación, pueden adaptarse también a estas condiciones gracias a su elevada tasa de germinación y rápida penetración en la planta (Bashi y Rotem, 1974; Carisse y Kushalappa, 1992; Schuh, 1993; Wadia y Butler, 1994; Llorente y Montesinos, 2002).

En el caso concreto de los hongos que nos ocupan, los requerimientos de humectación bajo condiciones óptimas de temperatura (25°C) son diferentes según la especie. Las ascosporas de *G. citricarpa* germinan completamente tras un período de humectación de 48 horas según Kiely (1948) y 18 horas según Timossi *et al.* (2003). En el caso de las picnidiosporas de su fase asexual, son necesarios períodos de 24 horas (Araujo, 2002). *E. fawcettii* por su parte, necesita períodos de humectación de 4 a 12 horas para provocar infecciones severas (Agostini *et al.*, 2003). Según Seif y Hillocks (1998), *P. angolensis* causa daños importantes en frutos jóvenes con humectaciones de 48 horas.

No existen apenas estudios sobre la adaptación de estas especies a las condiciones de agua libre alternantes. Respecto a *G. citricarpa*, Kiely (1948) comprobó la escasa resistencia de sus picnidiosporas a las condiciones de sequedad, pero no cita ningún dato sobre las ascosporas. Whiteside (1975) demostró que los conidios pigmentados de *E. fawcettii* pueden sobrevivir a períodos de sequedad de al menos un día.

En lo que respecta a la esporulación, bajo condiciones óptimas de temperatura *E. fawcettii* puede formar conidios sobre las lesiones con tan solo 2-3 horas de agua líquida (Whiteside, 1975). Por su parte, la maduración de las ascosporas de *G. citricarpa* se ve favorecida por los períodos alternantes de humectación

/ sequedad, bien sean provocados por lluvias o rocíos (Kiely, 1948). Las condiciones necesarias para que se dé la esporulación de *P. angolensis* son poco conocidas, pero se ha señalado que las lesiones foliares comienzan a esporular a las 3-5 semanas del inicio de la época de lluvias (Emechebe, 1981).

La lluvia se considera como un mecanismo de diseminación a corta distancia, y es frecuente en hongos cuyas esporas son sensibles a la desecación. La gota de lluvia proporciona protección hídrica y facilita su rápida penetración en la planta. Por otra parte, la diseminación por viento es de largo alcance e implica que la espora tolere, en mayor o menor medida, las condiciones de sequedad (Fitt y McCartney, 1989; Rotem, 1994).

Como ya se ha comentado, en nuestras zonas cítricas la principal fuente de agua sobre la planta durante los meses de temperaturas favorables es el rocío. Aunque se considera que los patógenos dispersados por el viento se adaptan mejor a este tipo de condiciones, en nuestro país también hay enfermedades importantes cuyos agentes causales se diseminan por lluvia. Algunos autores señalan que las precipitaciones influyen en la propagación de las enfermedades foliares, más por su frecuencia que por su intensidad (Madden, 1997; Timmer *et al.*, 2000). Es por ello que las lluvias que se dan habitualmente en primavera y finales de verano, podrían tener una cierta importancia en la diseminación de este tipo de patógenos.

En el caso concreto de las especies que nos ocupan, *E. australis* se disemina exclusivamente por gotas de lluvia mientras que *E. fawcettii* posee dos tipos de esporas, unas que se diseminan por lluvia y otras por viento. *G. citricarpa* se disemina

principalmente por viento, aunque en su forma asexual se disemina por lluvia. Las formas de diseminación de *P. angolensis* están menos estudiadas, pero parece que puede hacerlo de ambas formas (Kiely, 1948; Whiteside, 1975; Emechebe, 1981).

En definitiva, es cierto que en la actualidad estas enfermedades están presentes únicamente en zonas caracterizadas por lluvias estivales, y es probable que el clima mediterráneo sea poco favorable para su desarrollo. Sin embargo, no es posible realizar una valoración objetiva de su riesgo de establecimiento en nuestro país sin un mayor conocimiento sobre algunos aspectos de su biología. En este sentido, sería necesario determinar si son capaces de aprovechar periodos cortos de condiciones favorables, o bien disponen de mecanismos que les permiten desarrollarse bajo condiciones de temperatura sub-óptima y períodos alternantes de humedad / sequedad.

### **Impacto económico**

El valor económico actual del cultivo de los cítricos en España supera los 1.200 millones de €, y todavía hoy supone un motor importante de la economía en muchas regiones (MAPA, 2005). Como se puede observar en la Figura 1b, más de la mitad de nuestra producción se exporta a otros mercados, que se verían notablemente reducidos por las restricciones fitosanitarias que impondrían muchos países en el momento que alguna de estas enfermedades se detectara en nuestro territorio.

Las especies fúngicas tratadas en este trabajo causan daños principalmente a la corteza de los frutos, aunque en alguno de ellos como *P. angolensis* se han descrito también pérdidas productivas debidas a la caída de frutos. En cualquier caso, la citri-

cultura española está enfocada esencialmente a los mercados de consumo en fresco, donde este tipo de daños estéticos supondrían una merma importante del valor comercial de la fruta.

La capacidad de propagación de estas enfermedades en nuestras zonas cítricas es difícil de predecir. Las especies de diseminación aérea, como *G. citricarpa* y *P. angolensis*, presentan una mayor capacidad de dispersión respecto a las que precisan de la actuación de la lluvia, como *Elsinoë* spp. Sin embargo, la acción del hombre en forma de transporte de material vegetal infectado puede equiparar sus potenciales.

Según la bibliografía, los frutos de las variedades afectadas por *Elsinoë* spp., *G. citricarpa* y *P. angolensis* sólo son susceptibles durante los primeros meses de desarrollo, por lo que el período en el que es necesaria la aplicación de fungicidas es relativamente corto.

Esta situación podría ser diferente en otras variedades en las que no se han descrito estas enfermedades, como son la mayoría de las clementinas cultivadas en nuestro país. En el caso de *A. alternata* pv. *citri* se había citado también una situación similar, pero tras su detección sobre mandarina Fortune en España, se comprobó que los frutos de esta variedad eran susceptibles durante todas sus fases de desarrollo (Vicent *et al.*, 2004b).

En cualquier caso, las medidas de control, contención y erradicación supondrían un aumento importante de los costes de producción.

### **El sector cítrico español frente a la entrada de patógenos exóticos**

La medida más eficaz para controlar los patógenos exóticos es pre-

cisamente evitar su entrada, y es en esa dirección donde deben canalizarse la mayoría de los esfuerzos (Ebbels, 2003).

La importación ilegal de material propagativo supone sin duda el mayor riesgo de introducción de estos patógenos. Por insignificante que fuera, la entrada de plantas o varetas infectadas podría acabar con todo el esfuerzo realizado en los programas de inspección y cuarentena. En este sentido, la ley de Sanidad Vegetal (43/2002. BOE 279: 40970-40988) proporciona un nuevo marco legal en que es posible desarrollar las medidas necesarias para perseguir y sancionar esta práctica.

En lo que respecta a los frutos, la libre circulación de mercancías en el territorio de la UE hace necesario establecer una estructura de puertos especializados por tipos de vegetales. Esto permitiría dotar a esos puntos de entrada de inspectores altamente especializados y dotados de metodología de diagnóstico rápido, específica para los patógenos asociados a cada grupo de cultivos.

Sin embargo, aún disponiendo de los medios humanos y técnicos más avanzados, los elevados tonelajes que se importan anualmente limitan considerablemente la capacidad de las inspecciones en destino. En este sentido, se hace necesario establecer una supervisión rigurosa sobre el sistema de inspecciones en origen durante todo el período que duren las importaciones.

Aunque los tratamientos fungicidas en post-recolección no son una medida que garantice la ausencia de estos patógenos en los frutos, sí permite reducir su riesgo potencial, por lo que es una práctica más que recomendable.

Ya en nuestro territorio, los destríos producidos en las centrales hortofrutícolas suponen uno de los puntos críticos que es necesario controlar. Para ello, deben habilitarse sistemas adecuados para su almacenaje y supervisar que su destrucción se haga de la forma más rápida y segura posible.

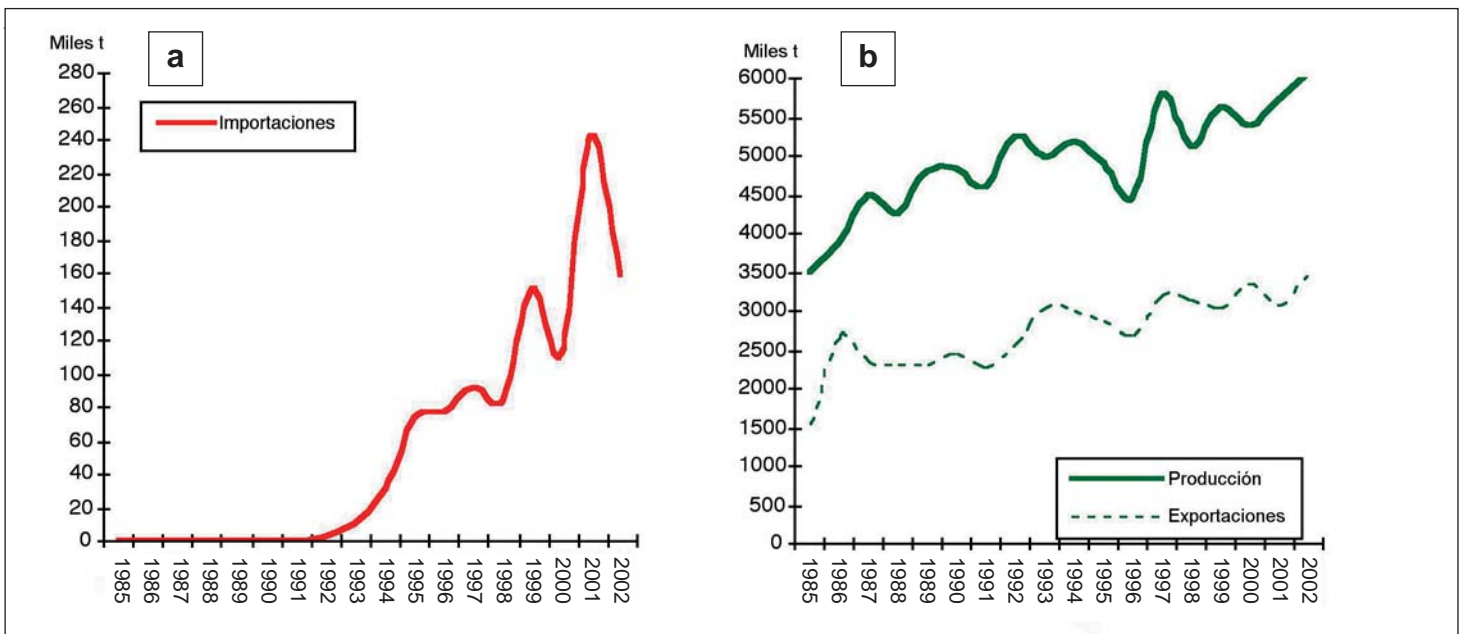
En el caso de una introducción, las medidas de erradicación serán mucho más eficaces cuanto más temprana sea la detección de los primeros focos. Aquí es donde juegan un papel más importante la creación de mapas de riesgo y los programas de vigilancia fitosanitaria.

Finalmente, el sector cítrico español debe comprometerse activamente es el desarrollo de programas de investigación sobre estos patógenos. Es necesario mejorar los sistemas de diagnóstico así como conocer algunos aspectos sobre su biología, que permitan valorar de forma objetiva su capacidad de establecimiento en nuestras zonas cítricas.

## BIBLIOGRAFÍA

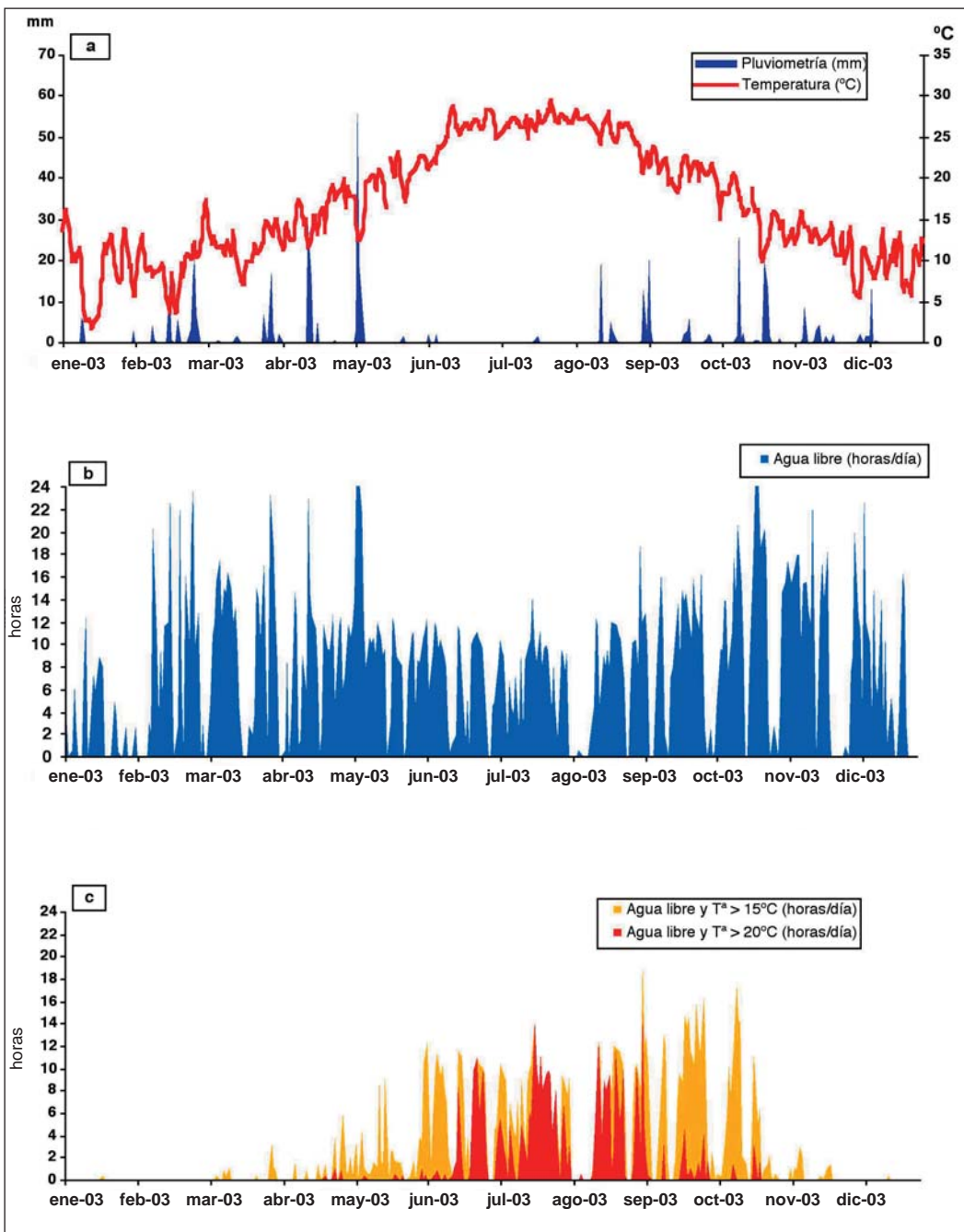
- Agostini, J.P.; Bushong, P.M.; Bhatia, A. and Timmer, L.W., 2003: Influence of environmental factors on severity of citrus scab and melanose. *Plant Disease* 87: 1102-1106.
- Anderson, M.C.; Bland, W.L.; Norman, J.M. and Diak, G.D., 2001: Canopy wetness and humidity prediction using satellite and synoptic-scale meteorological observations. *Plant Disease* 85: 1078-1084.
- Araujo, M. de., 2002: Escala diagramática para avaliação da mancha preta em folhas de citros e efeito da temperatura e da duração do molhamento na pre-penetração de conídios de *Guignardia citricarpa*. Tesis de Master. Univ. São Paulo. 67 pp.
- Baker, R.H.A.; Sansford, C.E.; Jarvis, C.H.; Cannon, R.J.C.; MacLeod, A. and Walters, K.F.A., 2000: The role of climatic mapping in predicting the potential geographical distribution of non-indigenous pest under current and future climates. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 82: 57-71.
- Bashi, E. and Rotem, J., 1974: Adaptation of four pathogens to semi-arid habitats as conditioned by penetration rate and germinating spore survival. *Phytopathology* 64: 1035-1039.
- Bella, P.; Guarino, C.; La Rosa, R. and Catara, A., 2000: Severe infections of *Alternaria* spp. on a mandarin hybrid. *Journal of Plant Pathology* 83: 231.
- Canihos, Y.; Erkilic, A. and Timmer, L.W., 1997: First report of *Alternaria* brown spot of *Minneola tangelo* in Turkey. *Plant Disease* 81: 1214.
- Caprara, C. e Veronesi, G., 1992: La misura dei parametri meteorologici in fitoiatria: la bagnatura foliare. *Informatore Fitopatologico* 4: 29-32.
- Carisse, O. and Kusalappa, A.C., 1992: Influence of interrupted wet periods, relative humidity and temperature on infection of carrots by *Cercospora carotae*. *Phytopathology* 82: 602-606.
- Ebbels, D.L., 2003: Principles of plant health and quarantine. CABI Publishing, Wallingford, UK. 302 pp.
- Elias-Castillo, F. y Castellvi, F., 2001: *Agrometeorología* (2ª Ed.). Mundi-Prensa. Madrid. 517 pp.
- Emechebe, A.M., 1981: Brown spot disease of citrus caused by *Phaeoisariopsis* sp. *Annals of Applied Biology* 97: 257-262.
- EPPO, 2000: EPPO Standards PM5/1-4. Pest Risk Analysis. OEPP/EPPO, Paris. 24 pp.
- Fitt, B.D.L. and McCartney, H.A., 1989: The role of rain in dispersal of pathogen inoculum. *Annual Review of Phytopathology* 27: 241-270.
- Gleason, M.L.; Taylor, S.E.; Loughin, T.M. and Koehler, K.J., 1994: Development and validation of an empirical model to estimate the duration of dew periods. *Plant Disease* 78: 1011-1016.
- Gozzini, B.; Orlandini, S. e Seghi, L., 1996: Influenza della vegetazione e dell'orientamento del sensore sulla rilevazione della bagnatura fogliare. *Informatore Fitopatologico* 4: 55-59.
- Kiely, T.B., 1948: Preliminary studies on *Guignardia citricarpa* n. sp. The ascigenous stage of *Phoma citricarpa* McAlp. and its relation to black spot of citrus. *Proceeding of the Linnean Society of New South Wales* 73: 249-292.
- Kingsolver, C.H.; Stanley-Melching, J. and Bromfield, K.R., 1983: The threat of exotic plant pathogens to agriculture in the United States. *Plant Disease* 67: 595-600.
- Korf, H.J.G.; Schutte, G.C. and Kotze, J.M., 2001: Effect of packhouse procedures on the viability of *Phyllosticta citricarpa*, anamorph of the citrus black spot pathogen. *African Plant Protection* 7: 103-109.
- Kotzé, J.M., 1981: Epidemiology and control of citrus black spot in South Africa. *Plant Disease* 65: 945-950.
- Kotzé, J.M., 2000: Black Spot. In Timmer L.W., Garnsey S.M. and Graham J.H. (Eds.): 23-25. *Compendium of citrus diseases* (2ª Ed.). APS Press. St. Paul Minnesota. 92 pp.
- Lau, Y.F.; Gleason, M.L.; Zriba, N.; Taylor, S.E. and Hinz, P.N., 2000: Effects of coating, deployment angle and compass orientation on performance of electronic wetness sensors during dew periods. *Plant Disease* 84: 192-197.
- Leeuwen, G.C.M.van.; Baayen, R.P. and Jeger, M.J., 2001: Pest risk assessment for the countries of the European Union on *Monilinia fructicola*. *EPPO Bulletin* 31: 481-487.
- Llorente, I. and Montesinos, E., 2002: Effect of relative humidity and interrupted wetness periods on brown spot severity of pear caused by *Stemphylium vesicarium*. *Phytopathology* 92: 99-104.
- MacLeod, A. and Baker, R.H.A., 2003: The EPPO pest risk assessment scheme: assigning descriptions to scores for the questions on entry and establishment. *Bulletin OEPP/EPPO* 33: 313-320.
- Madden, L.V., 1997: Effects of rain on splash dispersal of fungal pathogens. *Canadian Journal of Plant Pathology* 19: 225-230.
- MAPA (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación), 2005: Anuario de estadística agraria. (<http://www.mapya.es>).
- Navarro, L.; Pina, J.A.; Juárez, J.; Ballester-Olmos, J.F.; Arregui, J.M.; Ortega, C.; Navarro, A.; Duran-Vila, N.; Guerri, J.; Moreno, P.; Cambra, M. y Zaragoza, S., 2003: Situación actual de los programas de saneamiento, cuarentena y certificación de cítricos en España. *Phytoma España* 153: 68-72.
- Paul, I.; Jaarsveld, A.S. van; Kortsten, L. and Hattingh, V., 2005: The potential global geographical distribution of citrus black spot caused by *Guignardia citricarpa* (Kiely): likelihood of disease establishment in the European Union. *Crop Protection* 24: 297-308.
- Rotem, J., 1978: Climatic and weather influences on epidemics. In Horsfall, J.G. and Cowling, E.B. (Eds.): 317-334. *Plant Disease. An advanced treatise*. Academic Press. New York. USA. 436 pp.
- Rotem, J., 1994: The genus *Alternaria*: biology, epidemiology and pathogenicity. APS Press. St. Paul. MN. USA. 326 pp.
- Schuh, W., 1993: Influence of interrupted dew periods, relative humidity and light on disease severity and latent lesions caused by *Cercospora kikuchii* on soybean. *Phytopathology* 83: 109-113.
- Seif, A.A. and Hillocks, R.J., 1998: Some factors affecting infection of citrus by *Phaeoramularia angolensis*. *Journal of Phytopathology* 146: 385-391.
- Solel, Z., 1991: *Alternaria* brown spot on *Minneola tangelos* in Israel. *Plant Pathology* 40: 145-147.
- Sutherst, R.W. and Maywald, G.F., 1985: A computerised system for matching climates in ecology. *Agriculture Ecosystems & Environment* 13: 281-299.
- Teng, P.S. and Yang, X.B., 1993: Biological impact and risk assessment in plant pathology. *Annual Review of Phytopathology* 31: 495-521.
- Timmer, L.W., 2000: Scab diseases. In Timmer L.W., Garnsey S.M. and Graham J.H. (Eds.): 31-32. *Compendium of citrus diseases* (2ª Ed.). APS Press. St. Paul. MN. USA. 92 pp.
- Timmer, L.W.; Darhower, H.M.; Zitko, S.E.; Peever, T.L.; Ibáñez, A.M. and Bushong, P.M., 2000: Environmental factors affecting the severity of *Alternaria* brown spot of citrus and their potential use in timing fungicide applications. *Plant Disease* 84: 638-643.
- Timmer, L.W.; Solel, Z.; Gottwald, T.R.; Ibáñez, A.M. and Zitko, S.E., 1998: Environmental factors affecting production, release and field populations of conidia of *Alternaria alternata*, the cause of brown spot of citrus. *Phytopathology* 88: 1218-1223.
- Timossi, A.J.; Goes, A.; Kupper, K.C.; Baldassari, R.B.; dos Reis, R.F., 2003: Influência da temperatura e da luminosidade no desenvolvimento de *Guignardia citricarpa*, agente causal da mancha preta dos frutos cítricos. *Fitopatologia Brasileira* 28: 489-494.
- Vicent, A.; Abad-Campos, P.; Armengol, J. y García-Jiménez, J., 2004a: Patógenos fúngicos de cuarentena que afectan a los frutos cítricos. I Descripción. *Levante Agrícola* 371: 252-260.
- Vicent, A.; Armengol, J.; Sales, R.; Alfaro-Lassala, F. y García-Jiménez, J., 1999: Notas preliminares sobre una necrosis de la mandarina Fortune en la Comunidad Valenciana. *Levante Agrícola* 349: 470-474.
- Vicent, A.; Badal, J.; Asensi, M.J.; Sanz, J.; Armengol, J. and García-Jiménez, J., 2004b: Laboratory evaluation of citrus cultivars susceptibility and influence of fruit size on Fortune mandarin to infection by *Alternaria alternata* pv. citri. *European Journal of Plant Pathology* 110: 245-251.
- Wadia, K.D.R. and Butler, D.R., 1994: Infection efficiency of *Phaeoisariopsis personata* and the influence of different wetness patterns on germ-tube growth of the pathogen. *Plant Pathology* 43: 802-812.
- Weltzien, H.C., 1978: Geophytopathology. In Horsfall, J.G. and Cowling, E.B. (Eds.): 339-358. *Plant Disease. An advanced treatise*. Academic Press. New York. 436 pp.
- Whiteside, J.O., 1975: Biological characteristics of *Elsinoë fawcettii* pertaining to the epidemiology of sour orange scab. *Phytopathology* 65: 1170-1175.
- Yang, X.B.; Dowler, W.M. and Royer, M.H., 1991: Assessing the risk and potential impact of an exotic plant disease. *Plant Disease* 75: 976-982.





**Figura 1:** Evolución productiva y comercial de los cítricos en España: **a)** importaciones y **b)** producción y exportaciones.

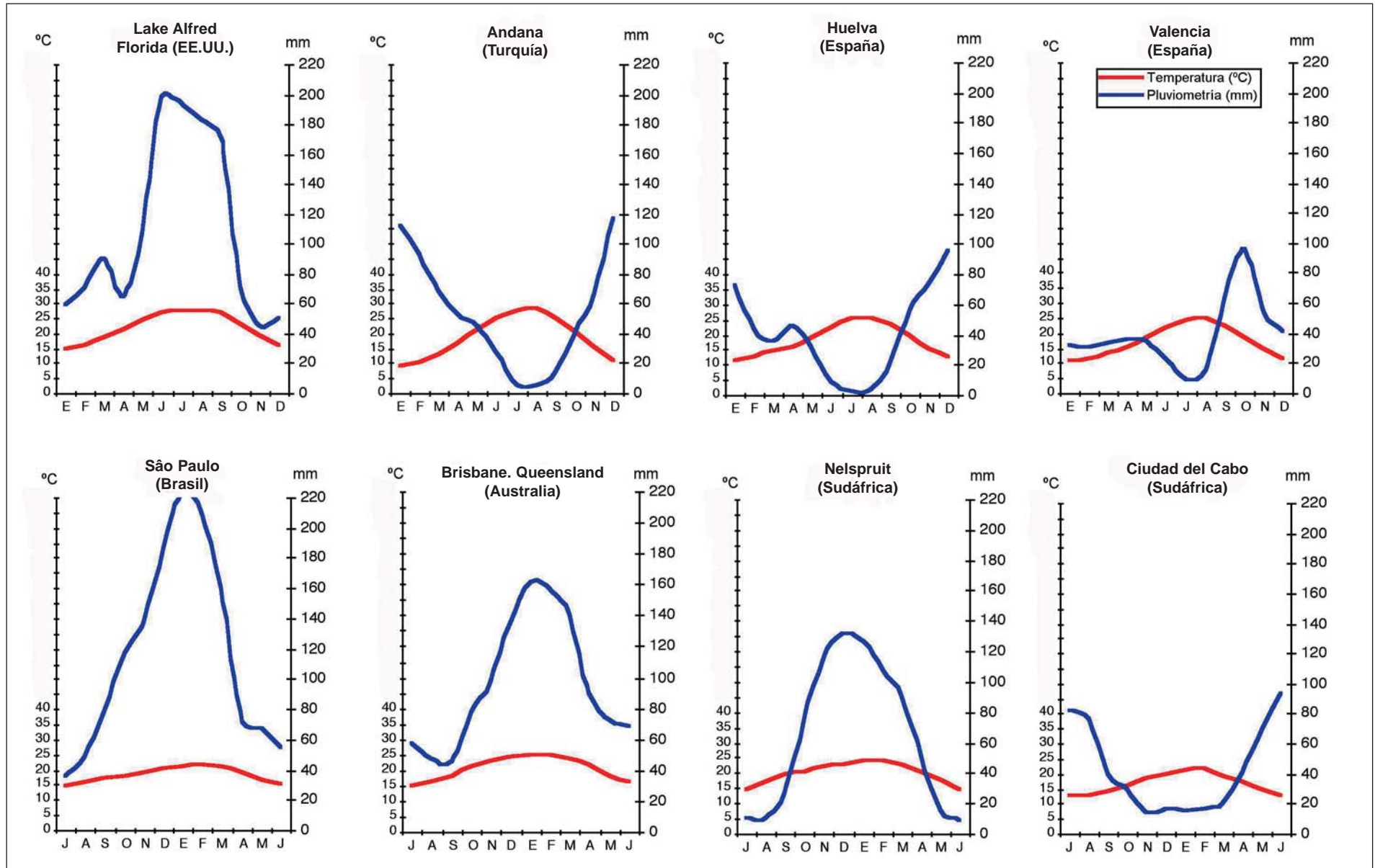
Fuente: MAPA (2005)



**Figura 3:** Representación gráfica de la evolución durante 2003 en Ribarroja (Valencia) de los valores diarios de **a)** temperatura media y pluviometría, **b)** horas de agua libre totales **c)** horas de agua libre coincidentes con temperaturas superiores a 15°C y 20°C.

Datos obtenidos a partir de una estación meteorológica modelo WatchDog Plant Disease Station. Spectrum technologies, Inc.





**Figura 2: Diagramas ombrotérmicos de las diferentes localizaciones geográficas citadas en el trabajo (Hemisferio Norte: enero-diciembre / Hemisferio Sur: julio-junio).**

Fuente: Adana: Global Historical Climatology Network (GHCN) (1929-1990), Brisbane: GHCN (1951-1970), Ciudad del Cabo y Nelspruit: South African Weather Service (1961-1990), Lake Alfred: US Cooperative & National Weather Service (1961-1990), São Paulo: Instituto Nacional de Meteorología. Brasil (1961-1990), Valencia y Huelva: Instituto Nacional de Meteorología. España (1971-2000).