

Importancia del género *Alternaria* como patógeno de cultivos vegetales (I)

Miguel Ángel Pavón, Isabel González, Rosario Martín y Teresa García* (Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España. *E-mail: tgarcia@vet.ucm.es).

Alternaria es un género fúngico muy común, donde se incluyen numerosas especies saprofitas, endofíticas y patógenas ampliamente distribuidas en el suelo y la materia orgánica en descomposición. Incluye especies patógenas que pueden invadir los cultivos vegetales antes y después de la recolección y es responsable de considerables pérdidas económicas, debido a que reduce el rendimiento de las cosechas y produce alteraciones en los vegetales durante su almacenamiento. En la primera parte de este artículo de revisión se incluyen las principales alteraciones provocadas por especies de *Alternaria* en cultivos de cítricos, rosáceas, aceitunas, frutos secos y leguminosas.

INTRODUCCIÓN

Alternaria es un género fúngico muy común, donde se incluyen numerosas especies patógenas y saprofitas ampliamente distribuidas en el suelo y la materia orgánica en descomposición. Como saprofito, *Alternaria* spp. persiste en forma de micelio durante los inviernos, y bajo condiciones adecuadas de humedad y temperatura produce conidios que se diseminan con la ayuda del viento, agua, insectos, etc. Los conidios de *Alternaria* spp. que colonizan las plantas, germinan e infectan las hojas, tallos o frutos, donde provocan lesiones de diversa consideración según la intensidad de la infección, además de ocasionar alteraciones postcosecha en diversos cultivos vegetales. La alteración de frutas, hortalizas y otros cultivos por especies de *Alternaria* constituye un problema para el sector, porque el deterioro organoléptico ocasiona importantes pérdidas económicas. Pero además, implica una amenaza para la salud de los consumidores, debido a que diversas especies de este género producen micotoxinas, que permanecen activas en los alimentos procesados.

Alternaria spp.: Morfología y ecología

El género *Alternaria* fue descrito por Ness en 1817, con *A. alternata* (originariamente *A. tenuis*) como especie tipo. Debido a la ausencia de un ciclo de reproducción sexual, este género se clasificó dentro del filo de hongos imperfectos o mitospóricos. *Alternaria* spp. se caracteriza por la producción de conidióforos simples y erectos, en cuyo extremo se forman cadenas simples o ramificadas de conidios. Los conidios o dictiosporas son multicelulares, de color pardo y con septos tanto transversales como longitudinales.

Se han identificado alrededor de 300 especies en el género *Alternaria*, que se clasifican en seis grandes grupos atendiendo a las características de los conidios y a su modelo de esporulación (Tabla 1, Figura 1) (SIMMONS, 2007).

Entre los factores ambientales que influyen

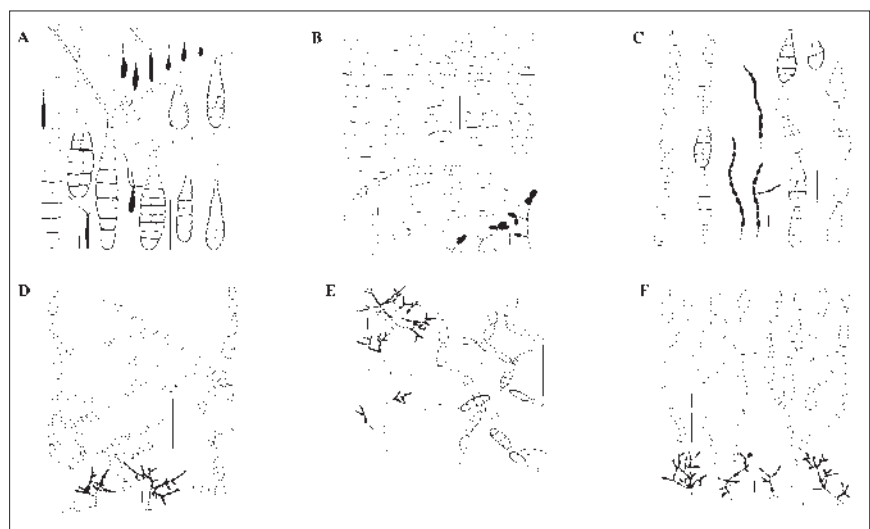


Figura 1. Modelo de esporulación perteneciente a los grupos de especies de *A. porri* (A), *A. radicina* (B), *A. tenuissima* (C), *A. alternata* (D), *A. arborescens* (E) y *A. infectoria* (F). Barras = 50 μ m. Fuente: SIMMONS (2007).



ife*
pa

2015
fame
innowa

FERIA DE TECNOLOGÍA AGRÍCOLA Y
AGRONEGOCIOS DEL MEDITERRÁNEO
FORO INTERNACIONAL DE CONOCIMIENTO
E INNOVACIÓN AGRÍCOLA

TORRE PACHECO
MURCIA (ESPAÑA)
DEL 13 AL 16 DE MAYO 2015

en el desarrollo de *Alternaria* spp. destacan la temperatura y la actividad de agua (a_w). Su temperatura óptima de crecimiento está comprendida entre 22 y 28°C, siendo 25°C la idónea para la esporulación. Sin embargo, el intervalo de temperaturas en que *Alternaria* spp. puede crecer abarca desde - 3°C hasta 35°C (SOMMER, 1985), por lo que con frecuencia es responsable de alteraciones en alimentos vegetales almacenados en condiciones de refrigeración o congelación (BARKAI-GOLAN y PASTER, 2008). Con relación a la actividad de agua (a_w), el crecimiento de *Alternaria* spp. es óptimo a valores elevados (0,99), pero la a_w mínima necesaria para su desarrollo es de 0,84 (MAGAN y BAXTER, 1994; MAGAN y LACEY, 1984; OVIEDO y COL., 2011). El estudio de las condiciones necesarias para el crecimiento de *Alternaria* spp. se realiza en situaciones y medios de cultivo adecuados para su desarrollo. Sin embargo, dicho crecimiento puede verse afectado cuando se produce en piensos, alimentos u otros sustratos.

Alternaria spp. como alterante de cultivos vegetales antes y después de la recolección

Alternaria spp. puede invadir los cultivos vegetales antes y después de la recolección y es responsable de considerables pérdidas económicas, debido a que reduce el rendimiento de las cosechas y produce alteraciones en los vegetales durante su almacenamiento. Se han descrito alteraciones provocadas por *Alternaria* spp. en una gran variedad de cereales, hortalizas y cultivos frutales, tanto leñosos como herbáceos (LOGRIECO y COL., 2009; OSTRY, 2008; PITT y HOCKING, 1997).

Alteraciones en cítricos

Las especies de *Alternaria* producen al menos cuatro enfermedades en los cítricos: podredumbre en los frutos, mancha marrón de las mandarinas, mancha foliar en limón rugoso y mancha foliar de los cítricos. La podredumbre afecta a la columela central de la fruta y puede desarrollarse en todo tipo de cítricos. Las lesiones, no siempre evidentes, se presentan como pequeños puntos marrones o negros en la parte final del peciolo (Figura 2A). Esta enfermedad se suele desarrollar durante el almacenamiento de la fruta, apareciendo de forma esporádica en los cultivos. La mancha marrón producida por *Alternaria* spp. en las mandarinas afecta tanto al fruto como a las hojas del árbol, provocando su caída prematura. Las hojas jóvenes presentan manchas necróticas redondeadas de

Grupo	Modelo de Esporulación	Especies
<i>Alternaria porri</i>	Conidios alargados, generalmente solitarios. Presencia de un apéndice terminal heterogéneo. (Figura 1A)	<i>A. brassicae</i> , <i>A. cucumerina</i> , <i>A. dauci</i> , <i>A. limicola</i> , <i>A. macrospora</i> , <i>A. porri</i> y <i>A. solani</i> .
<i>A. radicina</i>	Conidios solitarios o en pequeñas cadenas (Figura 1B).	<i>A. japonica</i> , <i>A. petroselini</i> , <i>A. radicina</i> y <i>A. smyrnii</i>
<i>A. tenuissima</i>	Conidióforos primarios cortos. Cadenas de conidios, ocasionalmente ramificadas (Figura 1C).	<i>A. gaisen</i> , <i>A. longipes</i> , <i>A. mali</i> y <i>A. tenuissima</i>
<i>A. alternata</i>	Conidióforos primarios cortos. Cadenas de conidios ramificadas (Figura 1D).	<i>A. alternata</i> , <i>A. citri</i> y <i>A. dumosa</i>
<i>A. arborescens</i>	Conidióforos primarios alargados. Cadenas de conidios apicales, en ocasiones ramificadas (Figura 1D).	<i>A. arborescens</i> , <i>A. armoraciae</i> y <i>A. senecionicola</i>
<i>A. infectoria</i>	Conidios en forma de agregados o cadenas. Elevado número de conidios secundarios (Figura 1F).	<i>A. conjuncta</i> , <i>A. infectoria</i> , <i>A. novae-zelandiae</i> y <i>A. oregonensis</i>

Tabla 1. Clasificación de las principales especies de *Alternaria* según su modelo de esporulación.

color marrón, rodeadas de un halo amarillo. Las manchas tienden a seguir las venas de la hoja, lo que les proporciona una forma que recuerda a un ojo (Figura 2B) (TIMMER y COL., 1998; VICENT y COL., 2000). La mancha foliar en limón rugoso afecta solamente a este tipo de limones y a la variedad de lima Rangpur. Las lesiones foliares son muy similares a las manchas marrones de las mandarinas (TIMMER y COL., 2000). Por último, la mancha foliar de los cítricos es una enfermedad que afecta principalmente a la lima mejicana, provocando pequeñas coloraciones que desaparecen cuando la fruta madura. La mancha foliar también se produce en pomelos, naranjas de ombligo y limas de Tahití, causando en raras ocasiones daños significativos.

Las especies responsables de estas enfermedades en cítricos incluyen *A. alternata*, *A. citri* y *A. limicola*. En el caso de las tres primeras enfermedades descritas, se determinó la presencia de cepas de *A. alternata* y *A. citri* en las muestras analizadas (TIMMER y COL., 2000; ISSHIKI y COL., 2003). Sin embargo, los estudios genéticos llevados a cabo por PEEVER y COL. (2005) no demostraron diferencias genéticas significativas entre las cepas de *Alternaria* aisladas, por lo que se consideró a *A. alternata* como la especie responsable de dichas alteraciones en los cítricos. Por el contrario, en las frutas afectadas por la mancha foliar de los cítricos solamente se han aislado cepas de *A. limicola* (BECERRA y COL., 1988; TIMMER y COL., 2000, 2003).

Alteraciones en rosáceas

La podredumbre provocada por *A. mali* es una enfermedad grave que afecta a los manzanos. Las lesiones aparecen en las hojas al final de la

primavera o comienzos del verano en forma de manchas pequeñas, redondas y marrones, que aumentan de tamaño adquiriendo una forma de ojo de rana (Figura 2C). Cuando las lesiones se producen en los peciolos, las hojas se vuelven amarillas y se puede producir hasta un 50% de defoliación en los árboles no tratados con fungicidas. Por el contrario, las lesiones no son frecuentes en los frutos (JONES y ALDWINCKLE, 2002; ROLLEMBERG y COL., 2011).

A. alternata y *A. tenuissima* ocasionan la podredumbre de las manzanas (Figura 2D). La infección puede ocurrir tanto antes como después de la recolección, y se caracteriza por el crecimiento fúngico en los lóbulos donde se alojan las semillas. En el árbol, la colonización se produce a través de lesiones en el fruto, que puede oscurecerse y caer prematuramente. Sin embargo, tras la recolección el hongo penetra en los frutos cuando se sumergen en agua contaminada en las naves de empaquetado (JONES y ALDWINCKLE, 2002; NIEM y COL., 2007).

A. alternata también afecta a los perales, principalmente a las variedades Nijisseiki y Ya Li, procedentes de Japón y China, respectivamente. La enfermedad se desarrolla principalmente en hojas y frutos. Las lesiones aparecen primero en forma de pequeñas manchas negras en las hojas, que caen prematuramente en casos de infecciones severas. En los frutos, las lesiones son mayores, produciendo su agrietamiento y el desprendimiento del árbol (Figura 2E) (JONES y ALDWINCKLE, 2002).

Alteraciones en aceitunas

Las aceitunas dañadas por cualquier causa (agentes meteorológicos, insectos, recolección, atrojado, etc.) están expuestas a ser colonizadas por *A.*

alternata. La proliferación del moho se caracteriza por la formación de podredumbres secas y negras en aceitunas maduras o en proceso de maduración (Figura 2F). Las lesiones varían en función de la procedencia de la aceituna, siendo mayores en aceitunas recolectadas del suelo (LOGRIECO y col., 2003). Además, cuando se produce un desfase entre la recolección y la molturación en las almazaras, las condiciones de temperatura y humedad elevadas que se producen durante el almacenamiento, favorecen el desarrollo del moho (BARRANCO y col., 2004).

Alteraciones en frutos secos

El cultivo de pistacho se ve afectado por el tizón tardío causado por *A. alternata*, *A. arborescens* y *A. tenuissima*, que alteran tanto las hojas como los frutos. En las hojas, la infección se presenta, generalmente en primavera y verano, en forma de pequeñas manchas redondeadas, con el centro negro y rodeadas de un halo amarillo preferentemente en el envés de la hoja. Al comienzo de la maduración de los frutos, se desarrollan las manchas foliares colonizando casi toda la superficie de las hojas y produciéndose incluso la defoliación completa del árbol cuando las condiciones ambientales son óptimas (Figura 2G). Sobre el fruto, la enfermedad se caracteriza por el desarrollo de pequeñas manchas necróticas en la cáscara del fruto inmaduro. Cuando el fruto se desarrolla, las lesiones invaden la parte interna de la cáscara y llegan hasta el fruto seco, donde ocasiona coloraciones no deseadas que reducen su calidad (PRYOR y MICHALIDES, 2002). Otros frutos secos en los que se ha detectado esta enfermedad son las almendras, nueces y avellanas. En el caso de las almendras, *Alternaria* spp. afecta principalmente a las hojas, provocando con frecuencia el secado completo. Sin embargo, en el caso de las nueces y avellanas, provoca la caída prematura de los frutos, llegando a perderse hasta un 30% de la producción (HONG y col., 2006; LUO y col., 2007).

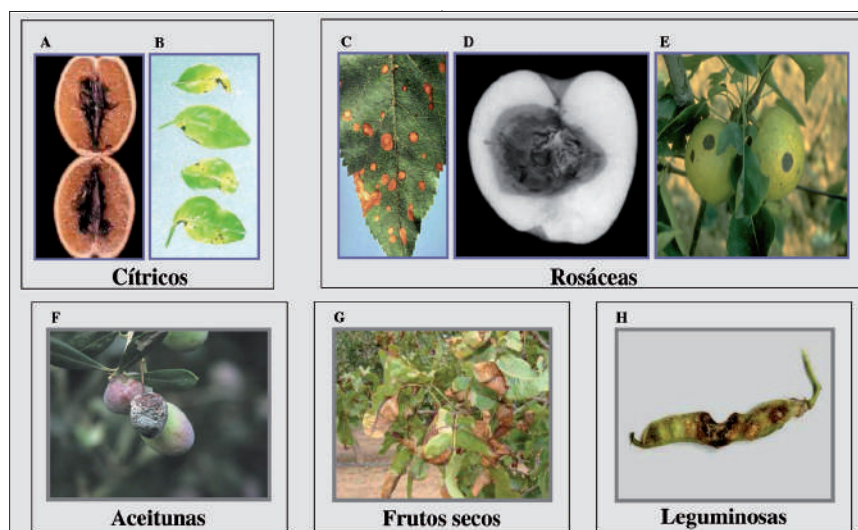


Figura 2. Principales alteraciones ocasionadas por *Alternaria* spp. en cultivos vegetales (I). Podredumbre de la naranja (A), mancha marrón del mandarino (B), mancha foliar del manzano (C), podredumbre de las manzanas (D), podredumbre de las peras (E), podredumbre de las aceitunas (F), tizón tardío del pistacho (G), tizón de las vainas del guisante (H). Fuentes: Sarasota Fruit & Nut Society (Figuras A y B), Plantwise (Figuras C y E), Niem y col. (2007) (Figura D), Olivera (Figura F), College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences (Figura G), AFONIN y col. (2008) (Figura H).

Alteraciones en leguminosas

El tizón en leguminosas se ha descrito en cultivos de soja, guisantes, judías, garbanzos y cacahuetes. La infección puede producirse durante todas las etapas del desarrollo de la planta, aunque hay una mayor incidencia durante la senescencia de los cultivos (CHEN y col., 2011). Las lesiones en las hojas comienzan como pequeñas manchas marrones de tamaño irregular, que se unen para formar áreas necróticas, provocando en ocasiones la defoliación completa de la planta. En las vainas y semillas se produce un oscurecimiento de la superficie debido al desarrollo del micelio (Figura 2H). *A. alternata* es la principal especie relacionada con el tizón en leguminosas, sin embargo, también se ha descrito la presencia de *A. tenuissima*, *A. brassicae*, *A. brassicicola*, *A. brasiliensis* y *A. arahidis* (CHEN y col., 2011; HAGEDORN, e INGLIS, 1986; HARTMAN y col., 1999; QUEIROZ y col., 2000).

Abstract: *Alternaria* is a cosmopolitan fungal genus that includes saprophytic, endophytic and pathogenic species, widely distributed in soil and organic matter in decomposition. Plant pathogenic species affect cereals, vegetables and fruit crops in the field and during storage. *Alternaria* spp. contamination is responsible for some of the world's most devastating plant diseases, causing serious reduction of crop yields and considerable economic losses. The first part of this review summarizes the main diseases caused by *Alternaria* spp. in citrus, rosaceae, olives, nuts and leguminous crops.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (proyecto AGL2006-07659) y por la Comunidad de Madrid (proyecto Vigilancia Sanitaria 2009/AGR-1489).

BIBLIOGRAFÍA

- Afonin, A.N., Greene, S.L., Dzubyenko, N.I. y Frolov, A.N. 2008. *Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries*. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds. Available at: <http://www.agroatlas.ru>.
- Barkai-Golan, R. y Paster, N. 2008. *Mouldy fruits and vegetables as a source of mycotoxins: part 1*. World Mycotoxin Journal 1, 147-159.
- Barranco, D., Fernández-Escobar, R. y Rallo, L. 2004. *El cultivo del olivo*. Mundi-prensa, Madrid.
- Becerra, S., Medina, V.M., Garza, J.G. y Orozco, M. 1988. *Citrus leaf spot, a new Mexican lime disease: a review*. Proceedings International Society Citriculture 6, 795-800.
- Chen, W., Sharma, H.C. y Muehlbauer, F.J. 2011. *Compendium of chickpea and lentil diseases and pests*. APS press, St. Paul, MN, EEUU.

- College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences. *Septoria Leaf Spot and Alternaria Late Blight of Pistachio*. New Mexico State University. Available at: http://aces.nmsu.edu/ces/plantclinic/septoria_leaf_spot_and_a.html.
- Hagedorn, D.J. y Inglis, D.A. 1986. Handbook of Bean Diseases. University of Wisconsin-Madison Extension, EEUU.
- Hartman, G.L., Sinclair, J.B. y Rupe, J.C. 1999. Compendium of soybean diseases, 4^o ed. APS press, St. Paul, MN, EEUU.
- Hong, S., Maccaroni, M., Figuli, P., Pryor, B.M. y Belisario, A. 2006. Polyphasic classification of *Alternaria* isolated from hazelnut and walnut fruit in Europe. *Mycological Research* 110, 1290-1300.
- Isshiki, A., Ohtani, K., Kyo, M., Yamamoto, H. y Akimitsu, K. 2003. Green fluorescent detection of fungal colonization and endopolygalacturonase gene expression in the interaction of *Alternaria citri* with citrus. *Phytopathology* 93, 768-773.
- Jones, A.L. y Aldwinckle, H. S. 2002. Plagas y enfermedades del manzano y del peral. The American Phytopathological Society, EEUU.
- Logrieco, A., Bottalico, A., Mulé, M., Moretti, A. y Perrone, G. 2003. Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins for some Mediterranean crops. *European Journal of Plant Pathology* 109, 645-667.
- Logrieco, A., Moretti, A. y Solfrizzo, M. 2009. *Alternaria* toxins and plant diseases: an overview of origin, occurrence and risks. *World Mycotoxin Journal* 2, 129-140.
- Luo, Y., Ma, Z., Reyes, H.C., Morgan, D.P. y Michailides, T.J. 2007. Using real-time PCR to survey frequency of azoxystrobin-resistant allele G143A in *Alternaria* populations from almond and pistachio orchards in California. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 88, 328-336.
- Maas, J.L. 1998. Compendium of strawberry diseases, 2^a ed. APS press, St. Paul, MN, EEUU.
- Magan, N. y Baxter, E.S. 1994. Environmental factors and tenuazonic acid production by *Alternaria* spp., isolated from sorghum. En: Highley, E., Wright, E.J., Banks, H.J. y Champ, B.R. (Eds.). *Stored Product Protection*. CAB International, Wallingford, EEUU, 1043-1046.
- Magan, N. y Lacey, J. 1984. Effect of water activity and temperature on mycotoxin production by *Alternaria alternata* in culture and wheat grain. *Applied and Environmental Microbiology* 47, 1113-1117.
- Niem, J., Miyara, I., Etedgui, Y., Reuveni, M., Flaishman, M. y Prusky, D. 2007. Core rot development in red delicious apples is affected by susceptibility of the seed locule to *Alternaria alternata* colonization. *Phytopathology* 97, 1415-1421.
- Olivera. *Alternaria* fruit rot. Available at: <http://www.olivediseases.com/olives/alternaria/alternaria.html>
- Ostry, V. 2008. *Alternaria* mycotoxins: An overview of chemical characterization, producers, toxicity, analysis and occurrence in foodstuffs. *World Mycotoxin Journal* 1, 175-188.
- Oviedo, M.S., Ramirez, M.L., Barros, G.G. y Chulze, S.N. 2011. Influence of water activity and temperature on growth and mycotoxin production by *Alternaria alternata* on irradiated soya beans. *International Journal of Food Microbiology* 149, 127-132.
- Peever, T.L., Carpenter-Boggs, L., Timmer, L.W., Carris, L.M. y Bhatia, A. 2005. Citrus black rot is caused by phylogenetically distinct lineages of *Alternaria alternata*. *Phytopathology* 95, 512-518.
- Pitt, J.I., y Hocking, A.D. 1997. Fungi and food spoilage. Blackie Academic and Professional, Londres, Reino Unido.
- Plantwise. CAB International. Available at: <http://www.plantwise.org/default.aspx?site=234&page=4408>.
- Pryor, B.M. y Michailides, T.J. 2002. Morphological, pathogenic, and molecular characterization of *Alternaria* isolates associated with *Alternaria late blight* of pistachio. *Phytopathology* 92, 406-416.
- Queiroz, F.M., Muniz, M., y Menezes, M. 2000. *Alternaria brasiliensis* sp. nov., a leaf pathogen on *Phaseolus vulgaris*. *Mycopathologia* 150, 61-65.
- Rolleberg, C.L., Fayad, F., Hamada, N.A. y May De Mio, L.L. 2011. First report of *Alternaria mali* on apples in Brazil. *Phytopathology* 101, S155-S156.
- Sarasota Fruit & Nut Society. Citrus Diseases. Available at: <http://sarasotafuitandnutsociety.org/information/Citrus/citrusdiseases.htm>
- Simmons, E.G. 2007. *Alternaria*. An identification manual. CBS Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, Holanda.
- Sommer, N.F. 1985. Role of controlled environments in suppression of postharvest diseases. *Canadian Journal of Plant Pathology* 7, 331-339.
- Timmer, L.W., Garnsey, S.M. y Graham, J.H. 2000. Compendium of citrus diseases, 2^o ed. APS press, St. Paul, MN, EEUU.
- Timmer, L.W., Peever, T.L., Solel, Z. y Kazuya, A. 2003. *Alternaria* diseases of citrus: Novel pathosystems. *Phytopathologia Mediterranea* 42, 99-112.
- Timmer, L.W., Solel, Z., Gottwald, T.R., Ibáñez, A.M. y Zitko, S.E. 1998. Environmental factors affecting production, release, and field production of conidia of *Alternaria alternata*, the cause of brown spot of citrus. *Phytopathology* 88, 1218-1223.
- Vakalounakis, D.J. 1990. Host range of *Alternaria alternata* f. sp. cucurbitae causing leaf spot of cucumber. *Plant Disease* 74, 227-230.
- Vicent, A., Armengol, J., Sales, R. y García-Jiménez, J. 2000. First report of *Alternaria brown* spot of citrus in Spain. *Plant Disease* 84, 1044.