

## Evolución racial de poblaciones *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (\*)

J. C. TELLO y A. LACASA

El estudio de 247 aislamientos de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* ha revelado varios hechos en el Pato sistema *F. oxysporum* - *Lycopersicon esculentum*: 1.º La evolución de la virulencia indica la existencia de una "presión de selección" claramente ejercida por los patodemos. Como consecuencia, la raza 1, ampliamente distribuida, ha sido completamente desplazada por la nueva raza 2 en un periodo de 10 años. 2.º el postulado de que a una mayor virulencia le corresponde una menor agresividad, no se ha cumplido en los casos estudiados. Antes, al contrario, el cambio en la virulencia ha mantenido una elevada agresividad. 3.º Los cambios operados en los sistemas de cultivo, facilitados en gran parte por los híbridos de tomate resistentes, han motivado cambios en el Pato sistema; permitiendo la manifestación de enfermedades criptogámicas y bacterianas desconocidas, además de los problemas de salinización de los suelos.

J.C. TELLO: INIA. Dto. Protección Vegetal. Apartado 8111. 28040 Madrid.

A. LACASA: CRIA. Dto. Protección Vegetal. 30150 La Alberca (Murcia).

### INTRODUCCION

Durante los diez últimos años, nuestro interés se ha centrado en el conocimiento del Pato sistema (ROBINSON, 1980) cuyo hospedador (diferentes patodemos) lo ha constituido el tomate (*L. sculentum*). Dentro del Pato sistema, esta comunicación pretende presentar la evolución que —dentro del subsistema *tomate-F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*— ha sufrido la especialización racial del agente patógeno, responsable de la traqueomicosis conocida como "Fusariosis vascular".

En un trabajo anterior se detallaron una serie de observaciones epidemiológicas, que permitieron establecer el comportamiento netamente estacional de los dos micromicetos responsables de las enfermedades vasculares, *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Fol) y *Verticillium dahliae* (Vd), en el Levante y Sureste es-

pañoles. Mientras la "Verticilosis" fue una enfermedad invernal y primaveral, la "Fusariosis vascular" se manifestó como casi estrictamente estival y otoñal (TELLO, 1984).

En diferentes partes del mundo se ha descrito la existencia de dos razas fisiológicas de *Fol*. En algunos lugares se ha señalado la existencia de una raza 3 (EL MAHJOUR, 1974). Pero, en toda la literatura consultada se da una imagen casi puntual, en el tiempo, de la distribución del patógeno (CIRULLI, 1965; JONES, 1966; LATERROT y PECAUT, 1966; KATAN, 1971; KATAN y AUSHER, 1974; BOUHOT *et al.*, 1978; PINEAU, 1976; WALKER, 1971; TELLO y PEREZ, 1979). Esta comunicación pretende mostrar, como durante 10 años ininterrumpidos de observaciones han variado las razas del hongo en un Pato sistema donde el tomate constituye casi un monocultivo, y las consecuencias que de esta situación se han derivado.

(\*) Comunicación leída en el VII Congreso de la Sociedad Fitopatológica Mediterránea. Septiembre, 1987. Granada.

## MATERIALES Y METODOS

La recolección del material vegetal y su análisis ha sido profusamente descrito en un trabajo anterior (TELLO, 1984).

El método de inoculación empleado ha sido, básicamente, el descrito por PINEAU (1976), consistente, en esencia, en sumergir las raíces de las plantas de tomate en una suspensión del hongo resultante de triturar en agua estéril un cultivo del miceto crecido sobre PDA. Consecuentemente, la escala adoptada para medir agresividades ha sido la misma y se presenta en la Figura 1. Las variedades utilizadas para medir la virulencia han sido *Supermarmande* (sin resistencia), *Roma VF* (resistente a la raza 1/raza 0) y *Walter 742*

(resistente a la raza 2/raza 1). Se utiliza para señalar la distinción de razas, el duplete que representa como primer término la antigua denominación (más generalizada) y como segundo la nueva acepción debida a GABE (1975). Las condiciones de la cámara de inoculación: 25-30° C; 3.000-3.500 lux (fotoperiodo: 14 h luz/día). Los síntomas observados han sido los de marchitamiento (Wilt) y amarilleamiento (Yellow). Al finalizar cada experiencia se contabilizaban las plantas con necrosis del xilema y se hacían los reaislamientos sobre PDA.

Algunas características de las cepas monoclónicas (clonadas de un microconidio) se detallan en el Cuadro 1.

## RESULTADOS

La agresividad y virulencia (patogeneidad) según el concepto de VAN DER PLANK (1968), queda reflejada para el total de las cepas recolectadas en el período 1976 a 1982 en el Cuadro 2, en el que se han añadido los resultados de las aisladas durante 1983.

La virulencia de los aislamientos recogidos durante 1986 se presenta en el Cuadro 3.

El examen de los Cuadros 1, 2 y 3 evidencia que:

1. Las cepas aisladas durante los 7 primeros años —cuando dominaban las variedades no resistentes a la raza 1/raza 0— pertenecen a la raza 1/raza 0. Su agresividad se distribuye de la siguiente manera: un 42 por 100 de los aislamientos son muy agresivos (Clases 1 y 2: un mínimo del 75 por 100 de las plantas inoculadas estaban muertas y/o enfermas antes del quinceavo día después de la inoculación). Un 25 por 100 resultaron muy poco agresivos (Clases 5 y 6). Y, el 22,72 por 100 no manifestaron ninguna patogeneidad en el tiempo que duró la experiencia.

2. Las cepas aisladas durante 1983, evidencian la existencia en el Pato sistema de una nueva raza fisiológica la raza 2/raza 1; pero sólo las que proceden de una variedad con el

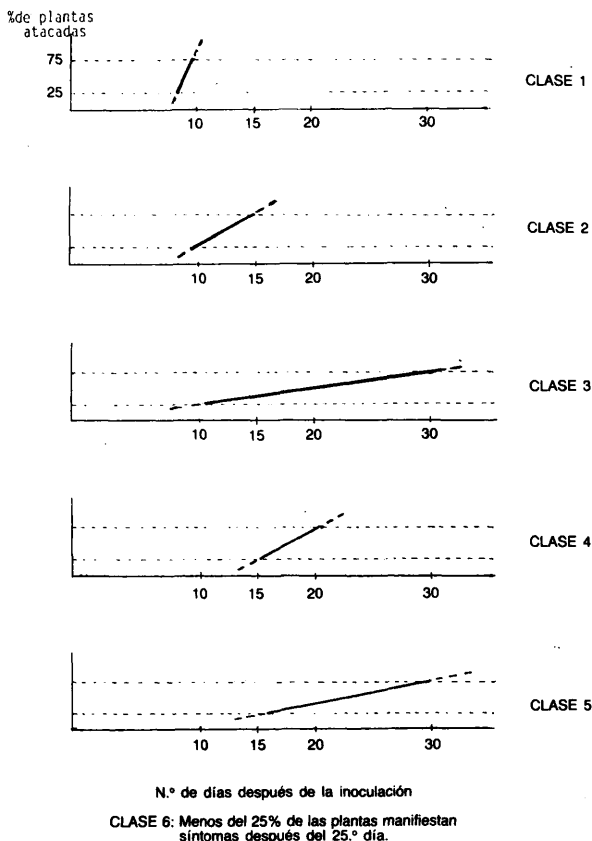


Fig. 1.—Escala de agresividades. (Tomado de PINEAU, 1976).

Cuadro 1.—Algunas características de los aislamientos de *F. oxysporum* obtenidos del xilema de tomate.

Origen geográfico del aislamiento	Año de aislamiento	Variedad de donde se aisló	Número de aislamientos monospóricos (clonados de 1 microconidio)
Murcia	1977-1982	Muchamiel, VS-3	83
		GC-204 (*)	11
Valencia	1976-1978	Montecarlo, Marmande Claudia (Cuarenteno)	45
Almería	1977-1978	Lucy, VS-3, Marmande, Vemone	23
		GC-204 (*)	5
Málaga	1978	VS-3	6
Cádiz	1978	Marmande	3
Murcia	1983	Vergel. (*)	22
		Tipo Cherry	11
Murcia	1986	Bornia (*) Vergel (*) GC-204 (*)	30
		X-104 (Turmalina)	4
Alicante	1986	Bornia (*)	4
<b>T O T A L E S</b>			247

(\*) Variedad con resistencia a la raza 1 (actual raza 0).

Cuadro 2.—Clasificaciones por su poder patógeno (agresividad + virulencia) de cepas de *F. oxysporum*.

Años de aislamiento	1976 a 1982		1983	
	Virulencia	Agresividad	Virulencia	Agresividad
	raza 1 (actual raza 0)	raza 2 (actual raza 1)	raza 1 (actual raza 0)	raza 2 (actual raza 1)
CLASE 1	53	—	—	5
CLASE 2	21	—	1	15
CLASE 3	6	—	—	—
CLASE 4	12	—	6	—
CLASE 5	36	—	—	—
CLASE 6	8	—	2	—
No patógenas	40		4	
<b>TOTALES</b>	176	—	11(*)	22(**)

(\*) Proceden de una variedad sin resistencia a Fol.

(\*\*) Proceden de una variedad con resistencia a Fol.

Cuadro 3.—Clasificación, por su virulencia, de cepas de *F. oxysporum* aisladas en 1986.

TOTAL	raza 1 (raza 0)	raza 2 (raza 1)
38	2 (*)	36 (**)

(\*) Proceden de una variedad sin resistencia a Fol.

(\*\*) Dos aislamientos procedían de una variedad sin resistencia a Fol.

gen I' (resistencia a la raza común). Además, presentan, una mayor agresividad (60,60 por 100 pertenecen a las Clases 1 y 2) que las obtenidas de una variedad sensible a todas las razas del patógeno (72,72 por 100 están dentro de las Clases 4 y 6), y que son de la raza más común (raza 1/raza 0).

3. Los aislamientos recolectados durante 1986, se han agrupado en su mayoría, en la raza más virulenta (raza 2/raza 1). Dos de ellos cumplimentan la excepción de la regla (pertenencia a la raza 1/raza 0), habiendo sido obtenidos de una variedad desprovista de los genes I e I2 (confieren resistencia a las dos razas actuales del patógeno).

## REFLEXIONES SOBRE LOS RESULTADOS

El estudio de la evolución racial de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* en el Sureste español, pone en evidencia varios hechos:

1. Mientras que las variedades cultivadas carecían en general de genes de resistencia (I, I2) a *Fol*, ninguna virulencia diferente fue encontrada en el Pato sistema. Así lo prueba el hecho de que las 176 cepas estudiadas resultaron ser la raza más común del patógeno (raza 1/raza 0); y, ello, a pesar de existir algunas poblaciones del hospedante con el gen de resistencia a dicha raza (¿imperfecta hibridación para introducir la resistencia?). Siete años más tarde, cuando se generalizó en los cultivos el gen I de resistencia a la raza 1/raza 0, aparece una nueva especialización racial que no está presente en el patodemo sensible. Dos lustros

fueron suficientes para que la nueva raza fisiológica estuviese generalizada en toda la zona y variedades.

Esta sucesión de observaciones pone de manifiesto, que la evolución en el Pato sistema está acorde con la existencia de una "presión de selección" del patodemo sobre el patotipo, como postulan VAN der PLANK (1968) y ROBINSON (1980). No pudiendo encontrar ninguna prueba favorable a la "preexistencia de razas fisiológicas" que argumentaron BOUHOT (1970), BOUHOT y LOUVET (1971) y PINEAU (1976), y, que, en un trabajo anterior especuló uno de los autores para las islas Canarias (TELLO y PEREZ, 1979).

2. Se ha postulado que parece existir una correspondencia negativa entre virulencia y agresividad, de manera que una virulencia acrecentada puede ir acompañada de una agresividad reducida (MESSIAEN, 1981). Diversos investigadores así lo han expuesto para la pareja *Fol-tomate*, y así se puso de manifiesto para los cultivos de tomate en la España insular (TELLO y PEREZ, 1979).

Sin embargo los patotipos recolectados en 1983 (Cuadro 2), tienen una agresividad comparablemente mayor cuando pertenecen a la raza más virulenta (raza 2/raza 1), que cuando se agrupan en la raza más común. Ambas poblaciones fueron recolectadas el mismo día y en la misma comarca. Este aserto se corrobora con las cepas recogidas en 1986, cuyos resultados no se presentan en este trabajo.

De la contemplación del Cuadro 2 parece desprenderse que la agresividad de los patotipos se ha mantenido, pero ha cambiado la virulencia: para ambas razas la agresividad es fundamentalmente alta.

3. Mayor problema de interpretación parece existir en la presencia de cepas que no manifestaron su patogeneidad, durante el tiempo que duraron las inoculaciones presentadas. En principio no puede suponerse una masiva infección externa de los tallos dado el tipo de cultivo, como hace PINEAU (1976) para la población de *Fol* marroquí que el autor estudia. Las plantaciones españolas estudiadas, tenían



Fig. 2. — Epinastia producida por *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (raza 0/raza 1) sobre la variedad Marmande. Inoculación en condiciones controladas.



Fig. 3.—Daños producidos por la salinización del suelo en la variedad de tomate Carmelo (GC-204). Obsérvese la lesión de la base del tallo.



Fig. 4.—Efecto de la redistribución de las sales después de las lluvias. Nótese el amarilleamiento de las hojas terminales.

las plantas entutoradas, riego a pie o por goteo, y, además los cultivos fueron hechos del xilema. Podría, tal vez, especularse con otras vías de infección.

Si se excluye de manera aleatoria la pérdida de poder patógeno por los repicados sobre medio de cultivo, podría hipotetizarse sobre la posibilidad de haber perdido la patogeneicidad al hacer un clonaje monospórico del aislamiento (¿representa esa cepa monoconídica la realidad en el momento de la infección, o en el sistema conductor de nutrientes de la planta?). PINEAU (1976), y no es el único autor, gana virulencia (¿cambia de raza!) al tomar de un mismo aislamiento dos cepas monospóricas hijas. Esta probabilidad no podría excluirse, en puridad, para algunas cepas estudiadas.

4. El estudio continuado del subsistema *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*-tomate ha permitido seguir las modificaciones habidas en el Patosistema.

Mientras las variedades hospedantes carentes de resistencia a *Fol*, dominaban el terrero (1976, 1977, 1978), las rotaciones y labores culturales eran obligadas en los tomatales. Tratando de evitar este sistema, en los abrigos plásticos se practicaban las desinfecciones del suelo.

Los nuevos híbridos resistentes permitieron cultivar tomate a continuación de tomate todos los años. Las nuevas técnicas de riego y abonado eliminaron, progresivamente, el laboreo de la tierra.

Este considerable cambio en el sistema de cultivo, permitió apreciar y valorar enfermedades como las producidas por los hongos

*Phoma lycopersici* y *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, y las bacterias *Pseudomonas tomato*, *Xanthomonas vesicatoria* y *Corynebacterium michiganense*, que o no se habían manifestado anteriormente, o no estaban en el Patosistema.

Pero estas modificaciones culturales han traído problemas no estrictamente patológicos, como la *salinización* del medio. Así, desde 1982 empezó a mostrarse en las plantaciones el siguiente cuadro de daños: Quemaduras del cuello de las plantas recién transplantadas, que llegan a estrangularlas y matarlas. Si no mueren, quedan de tamaño reducido (menos de la mitad de la altura normal), con hojas quebradizas y foliolas pequeñas. Sobre los chancros del cuello y base del tallo se instala toda una serie de hongos de debilidad, especial y más frecuentemente *Fusarium roseum* "gibbosum" y *Alternaria tenuis*. La masa foliar, ya de por sí menguada, se ve sacudida por fuertes ataques de *Alternaria solani* que alcanzan al tallo y a los frutos. Frutos, que quedan muy pequeños y duros, pudriéndose por la aparición de la "Podredumbre apical" (Blossom end rot), que permite la instalación de múltiples hongos (*Alternaria*, *Stemphyllium*, *Cladosporium*, etc.). El sistema vascular, con frecuencia, adquiere una coloración marrón y se provoca un marchitamiento de la parte aérea más o menos reversible.

En los casos donde esté síndrome extremo no se presenta todavía, las plantas vegetan normalmente hasta que las primeras lluvias redistribuyen las sales, deteniendo entonces su crecimiento y permaneciendo con la yema terminal intensamente clorótica.

#### ABSTRACT

TELLO, J.C., LACASA, A., 1988: Evolución racial de poblaciones *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Bol. San. Veg. Plagas* 14(3): 335-341.

The study of 247 strains of *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* has revealed several facts in the Pathosystem *F. oxysporum-Lycopersicum esculentum*: 1.- The evolution of race virulence indicates the existence of a "selection pressure" clearly established by the pathodems. As a consequence, the race 1, of wide spread occurrence, has been displaced by a new race 2 in 10

years. 2.- The postulate that the bigger virulence can be correlated with a lesser agresivity is not verified in the cases studied. On the contrary, the virulence changed, but maintaining the high agresivity. 3.- The changes in the crop system, in which the resistant tomato hybrids have played a preponderant part, have revealed changes in the Pathosystem through the appearance and/or manifestation of fungal and bacterial diseases and very dangerously, soil salinization problems.

**Key words:** *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*. race 1. race 2. selection pressure, Pathosystem, virulence, agresivity, epiemiology.

#### REFERENCIAS

- BOUHOT, D., 1970: Variations induites du pouvoir pathogène chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*. *Ann. Acad. Sci. fenn. A.*, IV Biologica, 168, 25-27.
- BOUHOT, D. y LOUVET J., 1971: Some observations and experiments on the origin of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* races in France. International Symposium on Pathological Wilting of Plants. Madras. Enero 1971.
- BOUHOT, D., ROUXEL, F. y LOUVET J., 1972: Première observation de la Fusariose vasculaire de la tomate en France. *Ann. Phytopathol.*, 4, 187-191.
- BOUHOT, D., ERARD, P. y CAMPOROTA, P., 1978: Apparition en France de la race 2 de la Fusariose vasculaire de la tomate. *Ann. Phytopathol.*, 10, 485-487.
- CIRULLI, M., 1965: Primi dati sulla composizione razziale di *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Sacc.) SN. et Hn. nell'Italia meridionale e insulare. *Phytopath. med.*, 4, 63-71.
- EL MAHJOUR, M., 1974: Mise en evidence d'une nouvelle race de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* SN. et Hn. *Ann. INRA Tunisie*, 47, 1-17.
- GABE, H.L., 1975: Standardization of nomenclature for pathogenic races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 64, 156-159.
- JONES, J.P., 1966: Distribution of Race 2 de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* in Florida. *Plant Dis. Repr.*, 50, 707-708.
- KATAN, J., 1971: Symptomless carries of the tomato *Fusarium* wilt pathogen. *Phytopathology*, 61, 1213-1217.
- KATAN, J. y AUSER, R., 1974: Distribution of race 2 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* in tomato fields in Israël. *Phytoparasitica*, 2, 83-90.
- LATERROT, H. y PECAUT, P., 1966: Presence de la race 2 de *Fusarium oxysporum* (SCHL.) f.sp. *lycopersici* (SACC.) SN. et HN. dans les cultures de tomates du Maroc. *First. Congr. Mediterranean Phytopathol. Union Proc. Bari-Naples*, 321-433.
- MESSIAEN, E. M., 1981: *Les variétés résistantes. Méthode de lutte contre les maladies et ennemis des plantes*. INRA, Paris, 374 pp.
- PINEAU, R., 1976: Etude sur les tracheomycoses de la tomate au Maroc. Thèse. Université de Nancy I, 143 pp.
- ROBINSON, R.A., 1980: New concepts in breeding for disease resistance. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 18, 189-210.
- TELLO, J.C., 1984: Enfermedades criptogámicas en hortalizas. *Comunicaciones INIA. Ser. Prot. Veg.*, 22, 342 pp.
- TELLO, J.C. y PEREZ, M.A., 1979: Presencia en la isla de Tenerife de las razas fisiológicas 1 y 2 de *Fusarium oxysporum* (SCHL.) f.sp. *lycopersici* (SACC.) SN et HN. *XOBA* 2, 197-204.
- VAN de PLANK, J.E., 1968: *Disease Resistance in Plants*. Academic Press Inc. New York y London, 206 pp.
- WALKER, J.C., 1971: *Fusarium Wilt of tomato*. *The American Phytopathological Society. Monograph. n.º 6*, 56 pp.