

Biogeografía de especies de *Fusarium* en el litoral mediterráneo de España

F. J. NÚÑEZ SIMARRO, D. PALMERO LIAMAS, C. IGLESIAS GONZÁLEZ, M. DE CARA GARCÍA, J. SINOBAS ALONSO (†), J. C. TELLO MARQUINA

El trabajo presentado estudia la presencia de *Fusarium oxysporum*, *F. solani* (sensu lato), *F. equiseti* y *F. acuminatum* en puntos del litoral de Almería, Alicante, Gerona e Islas Baleares (Menorca, Ibiza, Espalmador). Se analizaron tanto arenas de las playas (zonas intermareal y supramareal) como fondos marinos situados a 27, 9 y 7,2 metros de profundidad en Almería y a 10 m de profundidad en las Islas Baleares. Exceptuando el litoral de Gerona, en el resto de los enclaves se presentaron varias especies de *Fusarium* que se aislaron de las arenas de las playas, confirmando así resultados obtenidos con anterioridad. Lo más novedoso fue encontrar especies de *Fusarium* a diferentes profundidades marinas. En Almería *F. oxysporum* y *F. equiseti* se aislaron a 27, 9 y 7,2 m de profundidad. *F. acuminatum* se aisló de la muestra recogida a 27 m de profundidad. En las Islas Baleares, a 10 m de profundidad, se aislaron *F. oxysporum*, *F. solani* (sensu lato), *F. equiseti* y *F. acuminatum*. El efecto antrópico, el comportamiento como "airborne" o los arrastres de aguas por las ramblas y torrentes podría explicar la presencia de estas especies en los hábitats mencionados. La permanencia de estas especies en los hábitats mencionados, especialmente en la zona intermareal de las playas y en los fondos marinos donde soportan elevadas presiones osmóticas por la alta salinidad del agua del mar Mediterráneo, permitirá estudios específicos sobre el comportamiento de estos hongos en medios muy salinos. Otros hongos aislados de arenas de playa y fondos marinos fueron: *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Dreschlera*, *Gliocladium*, *Humicola*, *Penicillium*, *Phialophora*, *Rhizopus*, *Stemphylium*, *Trichoderma*, *Trichocladium* y *Ulocladium*. Muchos de ellos fueron aislados del fondo marino, testimoniando así que estos hábitats no son exclusivos de *Fusarium*.

F. J. NÚÑEZ SIMARRO, M. DE CARA GARCÍA, J. C. TELLO MARQUINA (jtello@ual.es). Universidad de Almería. Dpto. Producción Vegetal. Cañada de San Urbano s/n. 04120 Almería
D. PALMERO LIAMAS, C. IGLESIAS GONZÁLEZ, J. SINOBAS ALONSO (†). Universidad Politécnica de Madrid. EUIT Agrícola. Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid

Palabras clave: litoral, arenas de playa, fondo marino, *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*.

INTRODUCCIÓN

BACKHOUSE *et al.* (2001) delimitaban el término *biogeografía* para el género *Fusarium* de la siguiente manera: estudio del modelo de distribución de organismos o de sus asociaciones. Es, añadían, un registro empírico de la distribución.

Los estudios de biogeografía permiten plantearse cuestiones sobre las cuales, y a

pesar de la abundantísima bibliografía generada sobre *Fusarium*, poca información existe. La primera de ellas hace referencia a la procedencia de cada especie de *Fusarium*, o lo que es lo mismo, trata de responder a la pregunta: ¿Dónde está el centro de origen de cada especie? La segunda cuestión concierne a cómo dichas especies se han discriminado desde sus centros de origen. La última, tiene a saber, toda vez que una especie ha emi-

grado hacia un área nueva, cómo se ha establecido y permanecido en ella; en otras palabras, cómo ha colonizado el nuevo hábitat. Es un enfoque evolucionista en su sentido más amplio, que se utiliza en agronomía y especialmente en Mejora y Genética de plantas. Y es la relación de parasitismo específico sobre las plantas de *Fusarium oxysporum* y la ausencia de la fase sexual de la especie, la que ha permitido sugerir aspectos sobre el centro de origen y la diseminación de la especie. BACKHOUSE *et al.* (2001) citan 4 ejemplos interesantes sobre el tema. Tres de ellos se enumerarán brevemente. Uno es concerniente al origen de *F. oxysporum* f. sp. *cubense*, agente causal de la micosis conocida como Mal de Panamá – y en España como Veta Amarilla – de la platanera. Otra tiene como protagonista a *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* que origina la Fusariosis vascular del algodónero, hasta donde sabemos no descrita en España, cuya razas se distribuyen en distintos continentes, posiblemente en función de las especies y variedades que se cultivan; sin embargo, los estudios realizados sobre la raza 6 encontrada en Australia sugieren que dicha raza podría haberse originado a partir de un *F. oxysporum* local. El tercero hace referencia a *F. oxysporum* f. sp. *albedinis*, agente causal de la Fusariosis de la palmera datilera, micosis conocida como Bayoud, que se ha extendido desde los oasis de Marruecos, donde se originó, hasta los de Argelia. Todos los aislados estudiados de ambos países pertenecen al mismo grupo de compatibilidad vegetativa (VCG), aunque los análisis con marcadores moleculares revelan una cierta variabilidad entre los diferentes oasis, lo cual sugiere una microevolución del patógeno.

Una especial atención, merece el caso de *F. oxysporum* f. sp. *melonis*, incitante de la Fusariosis vascular del melón. Micosis presente en España que ha merecido numerosos estudios, algunos de los cuales tienen un interés manifiesto para el propósito de esta introducción: España es un centro de diversificación del melón y quizás por ello ha sido posible encontrar genes de resistencia al

patógeno entre las variedades seleccionadas por los propios agricultores a partir de material vegetal autóctono (CRUZ-CHOQUE *et al.*, 1999; ÁLVAREZ y GONZÁLEZ-TORRES, 1996). Además durante años han sido introducidas varias razas del patógeno con las semillas comerciales (GÓMEZ VÁZQUEZ y TELLO MARQUINA, 2000). BACKHOUSE *et al.* (2001), explican lo sucedido en California (EEUU) con dicho patógeno: en EEUU el grupo de compatibilidad más común es el VCG 0131, que está presente en todo el país. Sin embargo, en ciertas zonas de California sólo se ha encontrado abundantemente el VCG 0130. Ambos grupos de compatibilidad pertenecen al mismo patotipo, la raza 2. Además, los análisis moleculares indican que ambos grupos están estrechamente relacionados entre sí y difieren, ambos, de cepas de *F. oxysporum* no patógenas aisladas de los suelos de California. A partir de aquí se ha sugerido que el VCG 0131 fue introducido en California desde el este del país y ha originado, por mutación y selección el VCG 0130, como una adaptación al ambiente local. No cabe duda de que la propuesta es atractiva pero no considera otras vías de entradas del patógeno anteriores; por ejemplo en las semillas procedentes del extranjero. Podrían admitirse otras especulaciones epidemiológicas sobre la llegada de cepas de *F. oxysporum*: viento, agua, sustratos, etc.

Si para *F. oxysporum* existen algunos ejemplos alentadores para conocer su centro de origen, su dispersión y su adaptación a nuevos entornos, no hay información suficiente para otras especies de *Fusarium*. Así *F. nurragi* y *F. aywerte* son citados por BACKHOUSE *et al.* (2001) como especies separadas de *F. avenaceum* encontradas en Australia en zonas geográficas diferentes y asociadas, cada una, con vegetación nativa distinta. Sin embargo, la primera especulación de que ambas especies podrían presentar líneas evolutivas asociadas a los ambientes del continente Australiano no han tenido confirmación con los análisis moleculares practicados, que sugieren que no difieren de *F. avenaceum*.

Unas de las limitaciones mayores para establecer los centros de origen es la actividad antrópica. Un ejemplo aparte del mencionado *F. oxysporum* f. sp. *melonis*, lo proporciona *F. subglutinans* f. sp. *pini* (*F. circinatum*, en la actualidad). El patógeno origina graves daños en pino y fue introducido, a decir de BACKHOUSE *et al.* (2001) en EEUU y Sudáfrica a finales de la década de los 90. Las investigaciones que se han realizado sobre los VCGs y las que han aplicado marcadores moleculares, sugieren que el patógeno pudo haberse originado en Méjico y desde allí introducido en ambos países. Estas especulaciones sin embargo deberían tener en cuenta otras vías de entrada que hubiesen permitido al patógeno instalarse, previamente, en el área considerada. En este punto cabría aportar alguna información sobre un suceso ocurrido en España. En torno al año 1990 fue encontrado el patógeno en semillas de *Pinus radiata* importadas de Nueva Zelanda, mostrando una estrecha patogenei-

idad sobre la parte aérea de plantitas de *Pinus radiata* y no ocasionando daños visibles, bajo las mismas condiciones, sobre *Pinus nigra* subsp. *hispanica* (Tello, datos no publicados). Para BACKHOUSE *et al.* (2001) el clima aparece como el mayor factor limitante para la distribución de algunas especies de *Fusarium*, especialmente a escala de grandes regiones del planeta o continentes. Elaboran los datos de que disponen, pese a reconocer que están sesgados hacia ciertos hábitats o regiones y proponen una relación de especies de Sudáfrica, Australia, Norte América y Europa que se recogen en el (Cuadro 1)

El resumen propuesto podrá ser susceptible de modificaciones conforme datos nuevos de otros ambientes sean publicados, pero su valor es indudable para la presentación de los resultados contenidos en este artículo.

Otro aspecto importante que se desprende de los estudios sobre biogeografía de *Fusarium* en suelos de distintos hábitats es la aparición de especies nuevas. Por ejemplo

Cuadro 1: Distribución de las especies más comunes de *Fusarium* en relación con el clima (tomado de BACKHOUSE *et al.*, 2001)

Especies	Distribución según el clima
<i>F. acuminatum</i> (sensu stricto)	F FT; SA M H
<i>F. avenaceum</i> (sensu stricto)	FT; M H
<i>F. beomiforme</i>	T; H
<i>F. chlamydosporum</i>	CT ST T; A SA M
<i>F. compactum</i>	CT ST T; A SA M H
<i>F. culmorum</i>	FT; M II
<i>F. equiseti</i>	Cosmopolita; raro en F
<i>F. lateritium</i> (sensu lato)	FT CT ST T; M II
<i>F. longipes</i>	ST T; M H
<i>F. merismoides</i>	Cosmopolita; raro en T
<i>F. nygamai</i>	CT ST; SA M
<i>F. oxysporum</i>	Cosmopolita
<i>F. sambucinum</i> (sensu lato)	F FT; M H
<i>F. scirpi</i>	CT ST; A SA M
<i>F. semitectum</i>	Cosmopolita
<i>F. solani</i> (sensu lato)	Cosmopolita; raro en F

A.- Media aproximada de temperaturas anuales:

F: frío (<5°C); FT: frío-templado (5-15°C); CT: cálido-templado (15-20°C); ST: subtropical (20-25°C); T: tropical (>25°C)

B.- Precipitación anual (aproximada):

A: árido (<250 mm); SA: semiárido (250-500 mm); M: moderadamente húmedo (500-1000 mm); H: húmedo (>1000 mm)

Cuadro 2: Muestras de arenas de playa y fondos marinos recogidos en el litoral de Almería

Código de análisis	Procedencia y localización de la muestra	Fecha de recogida
Muestras tomadas en Almería		
MAR 1	Fondo marino (27 m. de profundidad) Baierma	03/08/1994
MAR 2	Fondo marino (9 m. de profundidad), Punta del Sabinal	03/08/1994
MAR 3	Fondo marino (9 m. de profundidad), Punta del Sabinal	03/08/1994
MAR 4	Fondo marino (5.9 m. profundidad) Playa de San Miguel	03/08/1994
MAR 5	Fondo marino (9 m. profundidad) Playa de San Miguel	03/08/1994
MAR 6	Fondo marino (7,2 m. de profundidad) Playa de San Miguel	03/08/1994
MAR 7	Arenas de playa zona intermareal. Playa de San Miguel	03/08/1994
MAR 8	Agua y arena de la zona intermareal. Playa de San Miguel	03/08/1994
MAR 9	Algas del fondo marino. Playa de San Miguel	03/08/1994
MAR 10	Algas del fondo marino. Playa de San Miguel	03/08/1994
MAR 11	Algas del fondo marino. Playa de San Miguel	03/08/1994
MAR 12	Algas (Posidonia) del fondo marino. Playa de San Miguel	03/08/1994
MAR 25	Arena zona supramareal. Cabo de gata	29/09/1994
MAR 26	Zona intermareal. Cabo de Gata	29/09/1994

MARASAS *et al.* (1986) describieron *F. poliphalidicum* que fue encontrada posteriormente en los suelos de Australia por GOTT *et al.* (1994). Otras especies nuevas descritas como *F. napiforme* (MARASAS *et al.*, 1987) y *F. dlamini* (MARASAS *et al.*, 1985) son muy próximas, pero su mayor atractivo es que no pueden ser asignadas a ninguna de las sec-

ciones en las que actualmente se divide el género, puesto que comparten caracteres de las secciones Elegans y Liscola.

Exponentes ilustrativos de la escasa información generada por aspectos de la ecología del género *Fusarium* comentados pueden ser, el IXth International *Fusarium* Workshop, celebrado en Sydney (Australia)

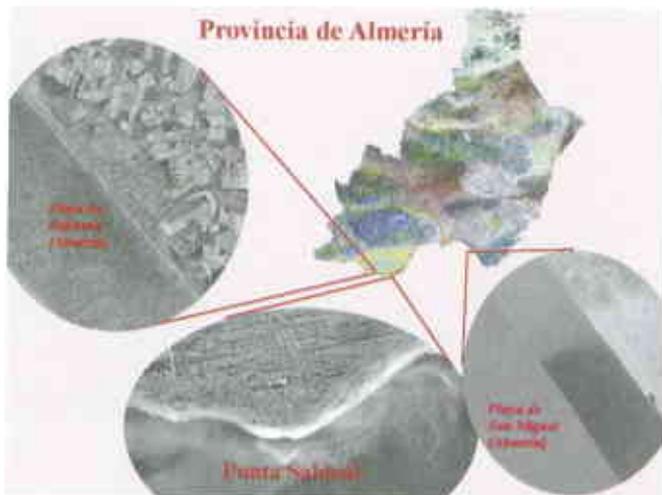


Fig. 1: Localización de las muestras tomadas en la provincia de Almería

Cuadro 3: Muestras de arenas de playa y fondos marinos del litoral de Gerona

Código de análisis	Procedencia y localización de la muestra	Fecha de recogida
Muestras tomadas en Gerona		
MAR 13	Arena de playa, zona supramareal. Puerto de Estartit	04/08/1994
MAR 14	Arena de playa, zona intermareal. Puerto de Estartit	04/08/1994
MAR 15	Fondo marino (1 m. de profundidad) Puerto de Selva	04/08/1994



Fig. 2: Localizaciones de los muestreos realizados en la provincia de Gerona

Cuadro 4: Muestras de arenas de playa y fondos marinos de las Islas Baleares (Menorca, Ibiza y Espalmador)

Código de análisis	Procedencia y localización de la muestra	Fecha de recogida
Muestras tomadas en la Isla de Menorca		
MAR 16	Arena de playa, Zona intermareal	22/08/1994
MAR 17	Fondo marino (10 m. de profundidad)	22/08/1994
Muestras tomadas en la Isla de Ibiza		
MAR 18	Arena de playa, zona intermareal. Playa Calasalada	22/08/1994
MAR 24	Fondo marino (8 m. de profundidad). Playa Calasalada	22/08/1994
Muestras tomadas en la Isla del Espalmador (playa sur)		
MAR 19	Fondo de la laguna salina de la isla, barros medicinales (15 cm de profundidad)	22/08/1994
MAR 20	Arena de playa, zona supramareal	22/08/1994
MAR 21	Arena de playa, zona supramareal	22/08/1994
MAR 22	Arena de playa, zona intermareal	22/08/1994
MAR 23	Fondo marino (5 m. de profundidad)	22/08/1994
MAR 24	Arena de playa (ensenada sur) zona supramareal	22/08/1994



Fig. 3: Localizaciones de los muestreos realizados en las Islas Baleares

Cuadro 5: Muestras de arenas de playa y fondos marinos del litoral de Alicante

Código de análisis	Procedencia y localización de la muestra	Fecha de recogida
Muestras tomadas en Alicante		
MAR 27	Arena de playa, zona supramareal. La Marina	29/09/1994
MAR 29	Arena de playa, zona intermareal.	29/09/1994

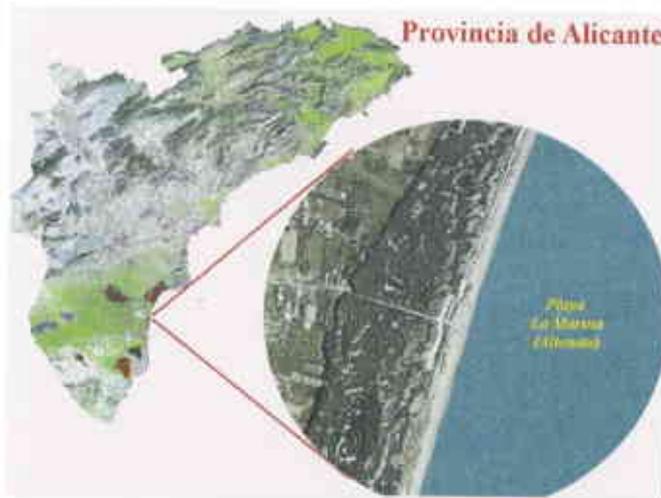


Fig. 4: Localizaciones de los muestreos realizados en la provincia de Alicante

en junio de 2003. O, el congreso de la Sociedad Americana de Fitopatología (APS) celebrado en julio-agosto de 2005 (Phytopathology, vol. 95 (6), junio 2005)

Desde hace varios años se han publicado resultados para España sobre la distribución de especies de *Fusarium* en diferentes suelos, aunque todos ellos no han permitido estable-

Cuadro 6: Especies de *Fusarium* del litoral de Almería. Se expresa en UFC*g⁻¹ de arena o fondo marino secos junto con la desviación típica

Código de muestra	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. roseum</i>
MAR 1	25,33 ± 4,71	-	17,48 ± 19,60
MAR 3	-	-	4,86 ± 8,42
MAR 6	39,04 ± 30,44	-	5,87 ± 10,16
MAR 10	35,38 ± 37,68	3,51 ± 6,08	7,53 ± 7,53
MAR 25	11,02 ± 11,04	-	5,75 ± 9,95

cer un modelo de distribución de las especies del género (TELLO MARQUINA y LACASA PLASENCIA, 1990; TELLO *et al.*, 1992; TELLO *et al.*, 1990; VÁZQUEZ, 1990; RODRÍGUEZ-MOLINA, 1996; RODRÍGUEZ-MOLINA *et al.*, 2001). Los suelos estudiados han sido mayoritariamente agrícolas, aunque hay una representación no pequeña de arenas de playa, suelos de dehesas y montes poblados de arbolado (pinares, fundamentalmente).

El trabajo que se presenta en este artículo corresponde a muestreos realizados durante los años 1994 y 1995 en las playas y fondos marinos de diferentes enclaves del litoral mediterráneo de España. Los resultados se unen con los obtenidos por TELLO *et al.* (1990, 1992) para las arenas de las playas del Atlántico y del Mediterráneo. El retraso en darlos a conocer se explica por la necesidad de contrastar con análisis repetidos en el tiempo la presencia de especies de *Fusarium* en los fondos marinos, aspecto sobre el cual no se ha encontrado bibliografía. A su vez este trabajo encabezará una serie de estudios sobre la biogeografía de *Fusarium* en España que se están realizando desde hace 5 años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se recogieron en agosto y noviembre de 1994 y en enero de 1995 en los litorales de Almería, Gerona, Menorca, Ibiza y Alicante. Estuvieron conformadas en unos casos por arenas de playa, tomada hasta unos 15 cm. de profundidad tanto en zonas intermareal como supramareal; en otros por fondos marinos que fueron tomados por buceo hasta la profundidad indicada en cada caso. Todas las muestras fueron recogidas en recipientes estériles y su detalle, se recoge en los Cuadros 2, 3, 4 y 5 y Figuras 1, 2, 3 y 4.

Las muestras fueron secadas al ambiente del laboratorio en una habitación limpia (temperaturas que oscilaron entre 20 y 30 °C) durante un tiempo variable, según la muestra, hasta que ésta adquiría un peso constante. Después fueron trituradas con mortero desinfectado y tamizadas por un tamiz de 200 µ de luz (TELLO *et al.*, 1991). El análisis se realizó utilizando las técnicas indicadas por TELLO *et al.* (1991) en un medio selectivo para *Fusarium* (KOMADA,

Cuadro 7: Identificación de especies del "grupo" *F. roseum* aisladas de arenas de playa y fondos marinos de Almería

Código de muestra	Nº de aislado estudiados	Asignación específica
MAR 1	3	2 <i>Fusarium equiseti</i> 1 <i>Fusarium acuminatum</i>
MAR 3	1	1 <i>Fusarium equiseti</i>
MAR 6	1	1 <i>Fusarium equiseti</i>
MAR 10	2	1 <i>Fusarium equiseti</i> 1 <i>Fusarium acuminatum</i>

1975) modificado por TELLO *et al.* (1991) para conteo y aislamiento de especies de *Fusarium* expresando el resultado en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por g de arena o fondo marino seco. La microbiota fúngica general fue analizada siguiendo el procedimiento indicado por TELLO *et al.* (1991).

La identificación de especies de *Fusarium* se atuvo a las especificaciones de NELSON *et al.* (1983), aunque se consultaron, adicionalmente, los trabajos de MESSIAEN y CASINI (1968), BOOTH (1971) y GERLACII y NIRENBERG (1982).

La identificación de géneros y/o especies de la microbiota fúngica no fusárica se realizó según los criterios de ELLIS (1971), ARX (1974), SUTTON (1980) y BARNET y HUNTER (1972).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para una mayor facilidad los resultados se presentarán y discutirán agrupados por provincias.

A.- Microbiota fusárica y no fusárica en las playas y fondos marinos de Almería.

En el Cuadro 6 se reflejan las especies de *Fusarium* encontradas, solamente se han representado aquellas muestras que proporcionaron la presencia de alguna especie.

Una primera aclaración referente al Cuadro 6, que es válida para todos los análisis presentados en este artículo, es la desviación típica de la media, mayor o igual en no pocos casos que la propia media. La razón no es otra que la falta de expresión uniforme de las colonias en las repeticiones analíticas realizadas. Podría ser, al tiempo, un indicador de una baja presencia de colonias de *Fusarium*.

La segunda precisión concierne a la columna asignada a *F. roseum*. El concepto utilizado aquí es el que propusieron MESSIAEN y CASINI (1968), como única manera de computar en un tiempo suficiente las colonias de las placas de análisis y permitir así una correcta lectura cuantitativa. Dada la complejidad de la "especie" *F. roseum*,

cada colonia así designada se purificó para su posterior identificación, aplicando para ello los criterios recomendados por NELSON *et al.* (1983). Este proceso permitió las asignaciones específicas ordenadas en el Cuadro 7.

Todos los aislados examinados (los 8 coinciden con la totalidad de las colonias purificadas y aparecidas en las placas de análisis) se encuadran dentro de la sección *Gibbosum*, que MESSIAEN y CASINI (1968) denominaron *F. roseum* var. *gibbosum*.

Una recapitulación de los resultados nos permite ciertas observaciones de interés. De las 14 muestras recogidas en Almería, sólo en 5 (35,71%) se hallaron algunas especies de *Fusarium*. De estas 5 muestras, 4 procedían de fondos marinos, tomados a profundidades no desdeñables. La muestra MAR1 se recogió a 27 m y la MAR 3 a 9 m de profundidad. Sólo una de las muestras con presencia de *Fusarium* procedía de arenas de dunas de la zona supramareal de una playa del Cabo de Gata. Este hecho ya fue observado con anterioridad para arenas de playa de la zona supramareal en Almería (TELLO *et al.*, 1992). *F. oxysporum* y *F. equiseti* fueron las especies más difundidas y *F. solani* (sensu lato) sólo tuvo una presencia testimonial en una muestra.

Como complemento a estos resultados se enumeran los géneros de hongos aislados en 14 muestras. Sólomente *Penicillium* estuvo presente en 13 de ellas. Los otros géneros encontrados fueron: *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Dreschlera*, *Gliocladium*, *Phialophora*, *Rhizopus* y *Stemphylium*. De nuevo se corroboran los resultados presentados por TELLO *et al.* (1992) para arenas de playa. Sin embargo, sorprende la presencia de algunos géneros en los fondos marinos. Se aislaron en 12 de las muestras.

B.- Microbiota fusárica y no fusárica en playas y fondos marinos de Gerona.

Las 3 muestras analizadas no presentaron ninguna especie de *Fusarium*. Tampoco se aisló ningún otro micromiceto esperable con las técnicas analíticas aplicadas.

Cuadro 8: Especies de *Fusarium* del litoral de las Islas Baleares (Menorca, Ibiza, Espalmador). Se expresa en UFC*g⁻¹ de arena o fondo marino secos junto con la desviación típica

Código de muestra	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. roseum</i>
MAR 17	632,06 ± 217,12	314,63 ± 105,46	179,94 ± 44,67
MAR 18	-	20,95 ± 29,57	59,56 ± 37,58
MAR 20	2444,75 ± 104,56	231,97 ± 44,28	59,56 ± 37,58

C.- Microbiota fusárica y no fusárica en playas y fondos marinos de Las Islas Baleares.

Se recogen en este apartado las muestras tomadas en los fondos marinos y playas de las islas de Ibiza y Menorca, además de las recolectadas en el islote Espalmador, situado entre Formentera e Ibiza. El Cuadro 8 resume los resultados para especies de *Fusarium* en aquellos enclaves donde se exteriorizaron en el análisis.

La identificación de la especie *F. roseum* (sensu MESSIAEN y CASINI), se recoge en el Cuadro 9.

Al igual que ocurrió en las playas y fondos del litoral en Almería las especies del "grupo" *F. roseum*, se encuadran en la sección *Gibbosum* (NELSON *et al.*, 1983) o en la especie *F. roseum* var *gibbosum* (MESSIAEN y CASINI, 1968). Un tercio del total de las muestras presentaron como mínimo tres especies de *Fusarium*, lo que confirma resultados obtenidos para otros entornos del litoral mediterráneo. Y, sobre todo, la muestra MAR 17 corrobora la presencia de 4 especies de *Fusarium* en el fondo marino a 10 m de profundidad. La muestra MAR 20 presenta una elevada proporción de colonias de *Fusarium* quizás por haber sido tomadas al pie de una sabina.

La microbiota fúngica no perteneciente al género *Fusarium* estuvo representada en

todas las muestras por el género *Penicillium*. Otros géneros presentes fueron: *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Dreschlera*, *Gliocladium*, *Humicola*, *Phialophora*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Trichocladium* y *Ulocladium*.

D.- Microbiota fusárica y no fusárica en las playas y fondos marinos de Alicante.

De las 2 muestras recogidas en una playa de La Marina, sólo la que se tomó en la zona supramareal presentó *F. oxysporum* (8,61 ± 8,62 UFC*g⁻¹ de arena seca). La microbiota no fusárica estuvo representada, tanto en la zona supramareal como en la intermareal por el género *Penicillium*. Otros hongos presentes fueron: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Humicola* y *Phialophora*.

Los resultados presentados muestran, exceptuando el litoral de Gerona, que *F. oxysporum*, *F. solani* (sensu lato), *F. equiseti* y *F. acuminatum* estuvieron presentes en las arenas de playa del litoral mediterráneo español. El hecho confirma los resultados presentados por TELLO *et al.* (1990, 1992) para las 4 especies, aunque en este muestreo no se han aislado otras citadas por los mencionados autores como *F. chlamydosporum* var. *fuscum*, *F. reticulatum* var. *majus*, *F. moniliforme* y *F. merismoides*. El género *Fusarium* está presente en todo el planeta. Así, KOMMEDAHL *et al.* (1988) encuentra 11 especies en la tundra del Círculo Polar

Cuadro 9: Identificación de especies del "grupo" *F. roseum* aisladas de arenas de playa y fondos marinos de las Islas Baleares (Menorca, Ibiza, Espalmador)

Código de muestra	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. roseum</i>
MAR 17	632,06 ± 217,12	314,63 ± 105,46	179,94 ± 44,67
MAR 18	-	20,95 ± 29,57	59,56 ± 37,58
MAR 20	2444,75 ± 104,56	231,97 ± 44,28	59,56 ± 37,58

Ártico (65° 50' - 68° 18' N). Entre ellas la más frecuente fue *F. oxysporum* que junto con *F. moniliforme* se mostraron toxicogénicas ocasionando la muerte de las ratas sobre las que se ensayaron. STONER (1981), por su parte, cita varias especies de *Fusarium* en playas y otros hábitats litorales (manglares y marismas) en diferentes islas del Pacífico (Phoenix, Hawai, Marshall) sobresaliendo entre ellas *F. oxysporum* y *F. solani*. JESCHKE *et al.* (1990) encuentran varias especies de *Fusarium* a 1400 m de altitud sobre el nivel del mar en la República de Sudáfrica, sobresaliendo marcadamente *F. oxysporum*, de igual manera que dicha especie junto con *F. solani* y *F. roseum* estuvieron presentes en Sierra Espuña (1585 m s.n.m.) y en la Sierra de Taibilla (2000 m s.n.m.) en la Comunidad Autónoma de Murcia (TELLO MARQUINA y LACASA PLASENCIA, 1990) con un régimen pluviométrico bien diferente. Los resultados presentados confirman el cosmopolitismo de especies como *F. oxysporum*, *F. solani* (sensu lato) y *F. equiseti* (Cuadro 1) y estudiado esta última con mayor detalle en Australia por BACKHOUSE y BURGESS (1995). Los ejemplos seleccionados relacionan la presencia de especies de *Fusarium* en los suelos con la vegetación existente y ello podría explicar el aislamiento en las muestras estudiadas en las zonas supramareales de las playas, donde existe normalmente vegetación, pero no serviría para interpretar lo ocurrido en zonas intermareales, donde la ausencia de vegetación es manifiesta. ¿Cómo han llegado, pues, las especies aisladas a las zonas intermareales de las playas? Una posibilidad sería aceptar la sugerencia de BURGESS *et al.* (1988) de considerar para *Fusarium* la categoría ecológica de "air-borne" (originado, o mejor, transportado por el viento) y no solamente la más común de "soil-borne" (originado en el suelo), suponiendo de esta manera que a la zona intermareal han podido llegar las especies transportadas por el viento, lo cual es más frecuente en nuestro país de lo que cabría suponer, como demostraron TELLO MARQUINA y LACASA PLASENCIA (1990). Y habría que suponer además con la

posibilidad de que dichas especies permaneciesen en las zonas intermareales sobre restos orgánicos a los que JESCHKE *et al.* (1990) atribuyen la fuente de la diversidad de las especies encontradas en suelos africanos.

Pero las zonas intermareales están sometidas durante varias horas al día a la acción de la salinidad del agua del mar. ¿Son las especies de *Fusarium* aisladas resistentes a dicha salinidad del agua que las cubre?. Este aspecto de la investigación llevada a cabo abre nuevos caminos para interpretar las "categorías ecológicas" del género *Fusarium*. Las muestras MAR 1, MAR 3 y MAR 6, recogidas en los fondos del litoral de Almería a 27, 9 y 7,2 metros de profundidad presentaron *F. oxysporum* y *F. equiseti* en todas las profundidades y además *F. acuminatum* a 27 m de profundidad (Cuadros 6 y 7). En Menorca (Islas Baleares), la muestra MAR 17 presentó abundante presencia de *F. oxysporum*, *F. solani* (sensu lato), *F. equiseti* y *F. acuminatum*. Este hábitat no es contemplado por BACKHOUSE *et al.* (2001) cuando establecen el cosmopolitismo de *F. oxysporum*, *F. solani* y *F. equiseti*.

Pocos son los estudios realizados por los especialistas del género *Fusarium* en los ambientes acuáticos, al menos en la bibliografía consultada. Es necesario retroceder hasta el estudio taxonómico de especies de *Fusarium* procedentes de regiones tropicales y templadas de todo el planeta, realizado por GORDON (1960), para encontrar alguna referencia al respecto. El autor, estudiando más de 1200 aislados, recoge una pequeña parte a partir de lo que denomina "hábitat misceláneos", entre ellos las aguas residuales y sus vapores, donde se cita la presencia de *Fusarium aqueductum*, *F. merismoides*, *F. dimerum*, *F. poae*, *F. semitectum*, *F. acuminatum*, *F. equiseti*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum* y *F. solani*. Ha sido necesario buscar algún rastro de *Fusarium* en ciertos hábitats acuáticos entre los especialistas en hifomicetos acuáticos. Así, en España ROLDÁN *et al.* (1989) utilizando como "trampas" bloques de madera esterilizados, en el cauce de la cabecera del río Vinalopó (entre las provin-

cias de Valencia y Alicante) aíslan *F. culmorum* al que consideran como colonizador primario de la trampa junto con *Cylindrocarpon ianthothele*. ROLDÁN y HONRUBIA (1990) analizando las espumas y restos vegetales que flotaban sobre las aguas del Vinalopó aíslan *F. aquaeductum* en los términos de Novelda y Elche (zonas muy industriales de Alicante) y *F. culmorum* en el nacimiento del río, y en los términos de Bañeres y Elche (Alicante). Años más tarde CASAS y DESCALS (1997), estudiando en Sierra Nevada (Granada) los hifomicetos acuáticos de los cauces de los ríos Genil y Vicario aíslan *Fusarium* al que consideran "supuestamente saprofito". Estos resultados podrían sugerir que los hongos del género *Fusarium* aislados en las playas y en los fondos marinos podrían ser arrastrados por los ríos hasta su desembocadura en el mar.

Los especialistas extranjeros en hifomicetos acuáticos asocian a estos hongos habitantes, de las aguas dulces, a la descomposición de hojas, ramas y ramillas de plantas de las riberas, cumpliendo así un papel esencial para limpiar dichos cauces. El trabajo de BÄRLOCHER y KENDRIX (1974) estudia el papel de los hongos en la descomposición de las hojas caídas en el cauce del río Speed cerca de Ontario (Canadá) y en él se demuestra como *Fusarium* está presente en todos los muestreos junto a otros hongos que él denomina como "terrestres": *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Botrytis*, *Centrospora*, *Epicoccum*, *Penicillium*, *Phoma* y *Trichoderma*, que evocan los hallados tanto en las arenas de playa como en los fondos marinos en este trabajo y los inventariados por TELLO *et al.* (1990 y 1992) para hábitat comparables. Análogo trabajo realizan RÉVAY y GÖNCZÖL (1990) en el cauce del río Morgó en Hungría, encontrando que *Fusarium* y *Cylindrocarpon* son muy significativos descomponedores de hojas y madera en los cursos de agua dulce coincidiendo en tal aseve-

ración con WILLOUGHBY y ARCHER (1973) y CHAMIER *et al.* (1984). Podría por tanto, aceptarse que una de las vías de llegada de las especies de *Fusarium* a las playas muestreadas fuesen los cauces de los ríos y ramblas de las zonas muestreadas, pero podría no ser la única, dada la irregularidad del régimen de lluvias y por lo tanto del agua en los cauces que desembocan en las playas y fondos muestreados. Dado que en la mayoría de ellas las avenidas de agua se producen después de copiosas lluvias, con arrastre de tierras de valles y barrancos, muchos de ellos con cultivos en sus márgenes, serían dichos arrastres los que aportarían las especies de *Fusarium* y otros hongos depositándolos en playas y fondos marinos. Pero la misma irregularidad del agua en los cauces nos permitiría plantear si los hongos del género *Fusarium* estarían capacitados para soportar su conservación en ese medio tan salino, o todavía más, si han podido desarrollar una vida saprofitica propia en el agua salada del Mediterráneo y si esta vida puede influir en su comportamiento incluyendo su capacidad para parasitar. La bibliografía consultada no nos ha provisto de mucha información al respecto pero datos obtenidos "in vitro" por BESRI (1993) y por nosotros nos indica que *F. oxysporum* puede vivir y multiplicarse a concentraciones muy elevadas de ClNa (212,5 g*L⁻¹) y de ClK (156,6 g*L⁻¹) (NÚÑEZ SIMARRO, 1997). Esta capacidad no parece exclusiva de las especies de *Fusarium*, dado que en los fondos marinos se encontraron otros géneros acompañando a *Penicillium* que fue el más abundante y frecuente.

AGRADECIMIENTOS

Muy especialmente a D. Javier del Rey Parrondo por la recogida de muestras en playas y fondos marinos de Almería. Al Dr. Pablo Bielza Lino por el resto de las muestras.

ABSTRACT

NÚÑEZ SIMARRO F. J., D. PALMERO LLAMAS, C. IGLESIAS GONZÁLEZ, M. DE CARA GARCÍA, J. SINOBAS ALONSO (†), J. C. TELLO MARQUINA. 2006. Biogeography of *Fusarium* species in Spanish Mediterranean coast. *Bol. San. Veg. Plagas*, 32: 137-149.

The presented work studies the presence of *Fusarium oxysporum*, *F. solani* (sensu lato), *F. equiseti* and *F. acuminatum* in points of the coast of Almería, Alicante, Gerona and Balearic Islands (Menorca, Ibiza, Espalmador). Beach sands (intermareal and supra-mareal zones) and marine bottoms located at 27, 9 and 7.2 meters depth were analyzed in Almería and at 10 m depth in the Balearic Islands. Excepting the coast of Gerona, in the rest of the locations several species of *Fusarium* were isolated from beach sand, thus confirming previous results. *Fusarium* species were found at different depths, too. In Almería *F. oxysporum* and *F. equiseti* were isolated at 27, 9 and 7.2 m depth. *F. acuminatum* was isolated from the sample gathered at 27 m depth. In the Balearic Islands, at 10 m depth, *F. oxysporum*, *F. solani* (sensu lato), *F. equiseti* and *F. acuminatum* were isolated. The human activity, air-borne behaviour of the fungi, or the flood waters from torrents could explain the presence of these species in this habitat. The permanence of these species in the habitat mentioned, specially in the intermareal beach zone and in marine bottoms, where they support high osmotic pressures due to the high salinity of the water of the Mediterranean Sea, will allow specific studies about the behaviour of the fungi in high salinity media. Other beach sand and marine bottoms isolated fungi were: *Acetomonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Dreschlera*, *Glilocladium*, *Hemicelia*, *Penicillium*, *Phialophora*, *Rhizopus*, *Stemphylium*, *Trichoderma*, *Trichocladium* and *Ulocladium*. Many of them were isolated from marine bottoms, attesting so these habitats are not exclusive of *Fusarium*.

Key words: Coast, beach sands, marine bottom, *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*.

REFERENCIAS

- ALVAREZ, J. M., GONZÁLEZ-TORRES, R. 1996. Resistance to physiological races of *Fusarium oxysporum* fsp *melonis* in Iberian melon genotypes. En: Proc. VIth Eucarpia meeting. Cucurbit Gen. breed. 217-222.
- ARX, J. A. von. 1974. The genera of fungi sporulating in pure culture. Ed. J. Cramer (2^a ed.). Vaduz. 315 pp.
- BACKHOUSE, D., BURGESS, L. W. 1995. Mycogeography of *Fusarium*: climatic analysis of the distribution within Australia of *Fusarium* species in section *Gibbosum*. *Mycol. Res.* 99: 1218-1224
- BACKHOUSE, D., BURGESS, L. W., SUMMERELL, B. A. 2001. Biogeography of *Fusarium*. En: *Fusarium*. Paul E. Nelson Memorial Symposium. Ed. B. A. Summerell, J. F. Leeslie, D. Backhouse, W. L. Bryden, L. W. Burgess. APS Press, 122-137
- BÄRLOCHER, F., KENDRIX, B. 1974. Dynamics of the fungal populations on leaves in a stream. *J. Ecol.*, 62: 761-791
- BARNETT, H. L., HUNTER, B. B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. Ed. Burgess publishing company. Mineapolis 241 pp.
- BESRI, M. 1993. Effects of salinity on plant diseases development. En: 'Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Ed. Kluwer Academic publishers. Netherland. 67-74 pp.
- BOOTH, C. 1971. The genus *Fusarium*. Ed. Commonwealth Mycol. Inst., Kew, England. 237 pp.
- BURGESS, L. W., NELSON, P. E., TOUSSOUN, T. A., FORBES, G. A. 1988. Distribution of *Fusarium* species in sections *Roseum*, *Arthrosporiella*, *Gibbosum* and *Discolor* recovered from grassland, pasture, and pine nursery soil of eastern Australia. *Mycologia*, 80: 815-824
- CASAS, J. J., DESCALS, E. 1997. Aquatic Hyphomycetes from mediterranean streams contrasting in chemistry and riparian canopy. *Limnetica*, 13: 45-55
- CHARMIER, A. C., DIXON, P. A., ARCHER, S. A. 1984. The spatial distribution of fungi on decomposing alder leaves in a freshwater stream. *Oecologia (Berl)*. 64: 92-103
- CRUZ-CHOQUE, D., BLANCO, R., TELLO, J. C. 1999. Screening of Iberian accessions for resistance to races 0, 1, 2, and 1-2 of *Fusarium oxysporum* fsp *melonis* (Fom), causal agent of Fusarium wilt. *Acta Hort.*, 492: 329-334
- ELLIS, M. B. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Ed. Commonwealth Mycol. Inst., Kew, England. 608 pp.
- GRIELACH, W. L., NIRENBERG, H. 1982. The genus *Fusarium*. A pictorial atlas. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. *Berlin-Dahlem*, 209: 1-406
- GÓMEZ VÁZQUEZ, J., TELLO MARQUINA, J. C. 2000. Las semillas de melón (*Cucumis melo* L.) portadoras de diversos patotipos de *Fusarium oxysporum* fsp *melonis*. *Bol. San. Veg. Plagas*. 26: 35-45
- GORDON, W. L. 1960. The taxonomy and habitats of *Fusarium* species from tropical and temperate regions. *Can. J. Botany*, 38: 643-658.

- GOTT, K. P., BURGESS, L. W., BALMAS, V., DUFF, J. 1994. Mycogeography of *Fusarium*: *Fusarium* species in soil from Palm Valley, central Australia. *Australasian Plant Pathology*, **23**: 112-117.
- JESCHKE, N., NELSON, P. E., MARASAS, W. F. O. 1990. *Fusarium* species isolated from soil samples collected at different altitudes in the Transkei, southern Africa. *Mycologia*, **82**: 727-733
- KOMADA, H. 1975. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil. *Rev. Plant Prot. Res.*, **8**: 114-125
- KOMMEDAHL, T., ABBAS, H. K., BURNES, P. M., MIROCHA, C. J. 1988. Prevalence and toxigenicity of *Fusarium* species from soils of Norway near the Arctic Circle. *Mycologia*, **80**:790-794.
- MARASAS, W. F. O., NELSON, P. E., TOUSSOUN, T. A. 1985. *Fusarium dlamini*, and new species from Southern Africa. *Mycologia*, **77**: 971-975
- MARASAS, W. F. O., NELSON, P.E., TOUSSOUN, T.A., WYK, P.S. 1986. *Fusarium polyphialidum*, a new species from South Africa. *Mycologia*, **78**: 678-682
- MARASAS, W. F. O., RARIE, C. J., LÜVVEN, A. 1987. *Fusarium napiforme*, a new species from millet and sorghum in Southern Africa. *Mycologia*, **79**: 910-914.
- MESSIAEN, C. M., CASINI, R. 1968. Recherches sur les fusarioses IV. La systématique des *Fusarium*. *Ann. Epiphyt.*, **19**: 387-454
- NELSON, P. E., TOUSSOUN, T. A., MARASAS, W. F. O. 1983. *Fusarium* species. A manual for identification. Ed. The Pennsylvania State University Press. 193 pp.
- NÚÑEZ SIMARRO, F. J. 1997. Estudios sobre la ecología marina de *Fusarium* en la costa y fondos mediterráneos de España. Resistencia "in vitro" a la sal de *Fusarium oxysporum*. Proyecto fin de carrera. EUI Técnicos Agrícolas. Universidad Politécnica de Madrid. 193 pp.
- RÉWAY, A., GONCZÓI, J. 1990. Longitudinal distribution and colonisation patterns of wood-inhabiting fungi in a mountain stream in Hungary. *Nova Hedwigia*, **51**: 505-520
- RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C. 1996. Ensayos de caracterización de suelos agrícolas y forestales de Extremadura tomando como indicadores a *Fusarium* Link y *Pythium* Pringsheim: la representatividad del muestreo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 209 pp.
- RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C., TORRES-VIIA, L. M., TELLO MARQUINA, J. C., BLANCO SANTOS, A., PALO NÚÑEZ, E. J. 2001. Caracterización de las poblaciones de *Fusarium* Link de suelos de dehesas de Badajoz. *Bol. San. Veg. Plagas*, **27**: 433-437
- ROLDÁN, A., PUIG, M. A., HONRUBIA, M. 1989. Comunidades fúngicas asociadas a sustratos leñosos en un río mediterráneo. *Anals. Limnol.*, **25**: 191-195
- ROLDÁN, A., HONRUBIA, M. 1990. Catalogo provisional de los deuteromicetos acuáticos de la provincia de Alicante. *Bol. Soc. Micol. Madrid.*, **14**: 21-42
- STONER, M. F. 1982. Ecology of *Fusarium* in non-cultivated soil. En: *Fusarium* disease, biology and taxonomy. Eds. Nelson P.E., Toussoun T.A.. The Pennsylvania State University Press. 276-286
- SUTTON, B. C. 1980. The Coelomycetes. Ed. Commonwealth Mycol. Inst., Kew, England. 696 pp.
- TELLO MARQUINA, J. C., LACASA PLASENCIA, A. 1990. *Fusarium oxysporum* en los cultivos intensivos del litoral mediterráneo de España. Fases parasitaria (*Fusariosis* vascular del tomate y del clavel) y no parasitaria. Boletín de Sanidad Vegetal, **19** (fuera de serie), 1-190
- TELLO, J. C., LACASA, A., RODRÍGUEZ, M. C. 1990. Presence of some *Fusarium* species on Spanish beaches. Proc. 8th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union. Agadir (Morocco), 137-138
- TELLO, J. C., VARÉS, F., LACASA, A. 1991. Análisis de muestras. En: Manual de laboratorio: Diagnóstico de hongos, bacterias y nematodos fitopatógenos. M.A.P.A. Madrid. 39-48
- TELLO, J. C., RODRÍGUEZ, M. C., LACASA, A. 1992. Importancia de *Fusarium* en las arenas de playas de España. *ITEA*, **88**: 77-94
- VÁZQUEZ, R. A. 1990. Estudio sobre hongos del suelo de Galicia (Comarca O Salnes, Pontevedra). Tesis doctoral. Universidad de Santiago. Santiago de Compostela, 250 pp
- WYLLOUGHBY, L.G., ARCHER, J. F. 1973. The fungal spora if a freshwater stream and its colonization pattern on wood. *Freshwat. Biol.*, **3**: 219-239

(Recepción: 4 octubre 2005)

(Aceptación: 15 noviembre 2005)

