

## Especies de *Fusarium* aisladas de aguas de cauces fluviales y fondos marinos del litoral del sureste de España

D. PALMERO, M. DE CARA, C. IGLESIAS, M. SANTOS, T. LOMAS, J. C. TELLO

Este trabajo es continuación de una serie de estudios sobre la biogeografía de *Fusarium* que se están realizando desde hace 5 años en España (NUÑEZ et al, 2006). En él se presentan los resultados analíticos para el género *Fusarium* de muestras de aguas del cauce del río Andarax y de fondos del mar Mediterráneo en las provincias de Granada y Almería (Sureste de España).

Se analizaron un total de 18 muestras de agua del río Andarax. De ellas se aislaron 10 especies de *Fusarium*: *F. anthophilum*, *F. acuminatum*, *F. chlamydosporum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. verticillioides*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani* y *F. sambucinum*. De las 23 muestras del mar Mediterráneo se aislaron 5 especies: *F. equiseti*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum* y *F. solani*. Sobre el total de muestras analizadas, un 27,45% de las muestras de aguas del río y un 29,41% de muestras de procedencia marina presentaron como mínimo una especie de *Fusarium* a lo largo de casi 12 meses de muestreo. Considerando las muestras según sus orígenes se encuentra que en las de origen aguas del río un 77,77% presentaron alguna especie de *Fusarium*; en el caso de los fondos marinos un 45,45% de las muestras presentó alguna especie de *Fusarium*. La mayor presencia de especies en las aguas del río puede ser debida a los contenidos en el agua de partículas de suelo y materia orgánica, después de los arrastres producidos en las orillas por las lluvias. La presencia de especies encontradas en el mar puede ser consecuencia de las aguas de los cauces que desembocan en éste. Sin embargo, no pueden excluirse otras vías.

D. PALMERO, C. IGLESIAS. Universidad Politécnica de Madrid. EUIT Agrícola. Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid. Spain. daniel.palmero@upm.es

M. DE CARA, M. SANTOS, T. LOMAS, J. C. TELLO. Universidad de Almería. Dpto. Producción Vegetal. Cañada de San Urbano s/n. 04120 Almería. Spain.

**Palabras clave:** Hábitat marino, hábitat fluvial, biogeografía.

### INTRODUCCIÓN

Son poco frecuentes los estudios que se dedican al género *Fusarium* en los hábitat acuáticos, quizás debido a que se le ha considerado como un hongo habitante del suelo (soil-borne). BACKHOUSE et al. (2001) publicaron un amplio trabajo sobre biogeografía de *Fusarium* en Australia, donde no se incluye el medio acuático. Tampoco son frecuentes trabajos que estén dedicados al estudio de *Fusarium* en suelos no cultivados (KOMME-

DAHL et al., 1988; JESCHKE et al., 1990; TELLO et al., 1990; BACKHOUSE y BURGÉS, 1995; BACKHOUSE et al., 2001). Por el contrario son muy numerosos los que centran sus observaciones en suelos cultivados, donde algunas especies producen graves micosis en los cultivos.

Se ha referido la presencia de 10 especies de *Fusarium* en aguas pantanosas (GORDON, 1960). *Fusarium merismoides* ha sido citado por BOOTH (1971) en aguas sucias estancadas y en lodos. Los artículos revisados sobre

hongos de aguas fluviales y lacustres citan la presencia de *Fusarium* como descomponedor de hojas y ramas de árboles caídas en el cauce (WYLLUGHBY y ARCHER, 1973; BÄRLOCHER y KENDRIX, 1974; CHAMIER *et al.*, 1984; REVAY y GÖZCÖL, 1990). En los ríos del Sureste de España se han aislado esporádicamente *F. culmorum* y *F. aquaeductum* (ROLDÁN *et al.*, 1989; ROLDÁN y HONRUBIA, 1990) y *Fusarium* sp (CASAS y DESCALS, 1997), considerándolos como saprofitos.

En el medio acuático marino, trabajos específicos dedicados al estudio de hongos Hyphomycetes, Pyrenomycetes y Fungi Imperfecti, no citan la presencia de *Fusarium* (GARETH JONES, 1962; PETERSEN, 1963; ANASTASIOU, 1968). STONER (1981) aísla *F. oxysporum* y *F. solani* en manglares y marismas de islas del Océano Pacífico. REBELL (1981) cita que se aíslan grandes cantidades de *F. solani* a partir de arenas de playas calcáreas mezcladas con vegetación marina descompuesta y otros restos vegetales en Florida y en las Islas del Caribe. La aparición de *F. solani* es común en heridas de tortugas marinas (*Caretta caretta*). Más recientemente, varias especies de *Fusarium* han sido descritas como causantes de enfermedades en animales marinos. *F. solani* se ha citado como causante de micosis en ballenas grises (*Halichoerus grypus*), en el león marino de California (*Zalophus californianus*) (MIGAKI y JONES, 1983), en el cachalote pigmeo (*Logia breviceps*), y en el delfín atlántico (*Lagenorhynchus acutus*) (FRASCA *et al.*, 1996), en el elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) y en la foca común (*Phoca vitulina*) (LESLIE y GULLAND, 2001). También *F. solani* causa diversas infecciones en crustáceos como gambas (*Penaemus monodon*) y cigalas (*Penaemus semisulcatus*) (KHOA *et al.*, 2004; COROLINI, 1989) y en tortugas marinas (CABANES *et al.*, 1997). Otras especies también se han citado como productoras de micosis, *F. moniliforme* se ha asociado con el langostino (*Penaeus japonicus*) (RHOOBUNJONGDE *et al.*, 1991) y *F. oxysporum* causa enfermedad en el besugo rojo (*Pagellus* sp.) (HATAI *et al.*, 1986).



Figura 1. Localización de las muestras de agua de los ríos Andarax e Isfalada y de las aguas marinas del litoral en la provincia de Almería.

TELLO *et al.* (1990; 1992) estudiaron las especies de *Fusarium* aisladas en las arenas de las playas de España. Estos autores encontraron *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*, *F. chlamydosporum* var. *fuscum*, *F. reticulatum* var. *majus*, *F. moniliforme* y *F. merismoides*. Recientemente, NÚÑEZ *et al.* (2006) corroboraron los resultados obtenidos por TELLO *et al.* (1992) sobre la presencia de especies de *Fusarium* en las arenas de playa del litoral mediterráneo, en el trabajo se cita la presencia de *F. oxysporum* y *F. equiseti* a 27, 9 y 7,2 m de profundidad y *F. acuminatum* en fondos marinos a 27 m de profundidad en la bahía de Almería.

El trabajo que se presenta estudia la presencia de especies de *Fusarium* en el cauce fluvial del río Andarax (Almería), así como su distribución en los fondos marinos a diferentes profundidades del litoral del mar Mediterráneo en el Sureste de la península Ibérica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las provincias de Almería y Granada tienen una amplia zona costera en el mar Mediterráneo y están situadas en el Sureste de la península Ibérica. En las zonas costeras se practica una agricultura muy intensiva de hortalizas bajo invernadero y de cultivos subtropicales (aguacate, chirimoyo, caña de

azúcar). En el interior de ambas provincias los cultivos de olivo, almendro y cereales son predominantes. En el trabajo que se presenta en este apartado, se muestrearon fondos marinos del litoral de ambas provincias y aguas del curso del río Andarax en Almería y uno de sus afluentes, el río Isfalada, parte de cuyo cauce recorre la zona montañosa de la provincia de Granada.

Muestreo en la cuenca del río Andarax

El río Andarax tiene un curso irregular. Desde su nacimiento, el agua es aprovechada en su totalidad para el riego agrícola, con lo cual la mayor parte de su cauce está seco a lo largo del año. Cuando se producen lluvias abundantes el cauce lleva agua hasta su desembocadura en el mar Mediterráneo. Este hecho es poco frecuente, dado que la pluvio-

metría media en Almería es de 250 mm al año. En la cuenca del río se hace una agricultura de regadío representada principalmente por el cultivo de cítricos y olivos, aunque en la cabecera se hacen cultivos de cereales y hortalizas para autoconsumo.

Los muestreos abarcaron las aguas de uno de sus afluentes (río Isfalada) (HUE) y otra muestra se tomó en el nacimiento del río Andarax (NAC) (Figura 1). Se pretendía de esta manera saber si las aguas del río contenían especies de *Fusarium* desde su cabecera. En el resto del cauce, los muestreos de las aguas se hicieron después de abundantes lluvias, cuando el cauce arrastró agua hasta el mar, hecho que ocurrió en diciembre de 2003, marzo, junio y octubre de 2004. Para comprobar si las especies de *Fusarium* permanecían en el lecho arenoso del río en su desemboca-

Cuadro 1. Fecha, código y localización de muestras de aguas del río Andarax

Muestras procedentes de cauces fluviales				
Fecha de muestreo	Código de análisis	Coordenadas (X,Y)		Localización
03/07/2004	NAC	510115	4097286	Nacimiento Río Andarax (Laujar)
03/07/2004	HUE	504864	4114756	Río Isfalada, afluente del Andarax
09/10/2004	ANXs	551059	4074998	Carretera N-340
	ANX1	551047	4074797	
	ANX2	551041	4074596	
	ANX3	551024	4074396	
22/12/2003	mar-01	550876	4074383	Agua encharcada en la desembocadura del río Andarax 10cm de profundidad
	mar-02	550927	4074371	
	RÍO1	545687	4090006	
25/03/2004	RÍO2	545098	4090435	Gador
	RÍO3	545284	4090359	
22/06/2004	RÍO4	545472	4090282	
	RÍO5	545661	4090201	
	RÍO6	545849	4090122	
	RÍO7	549372	4086274	
22/06/2004	RÍO8	549437	4085880	Pechina
	RÍO9	574058	4090020	Rambla de Tabernas
	RÍO10	546940	4089634	
05/09/2004	D1	550876	4077383	Suelos del cauce en la desembocadura del río Andarax
	D2	550927	4074371	
	D3	550981	4074359	
	D4	551039	4074345	
	D5	551092	4074334	

Cuadro 2. Localización y fechas de muestreo de las aguas marinas del litoral de Almería y Granada

Muestras procedentes de fondos marinos					
Fecha de muestreo	Código de análisis	Localización			
		Coordenadas (X,Y)		Profundidad de la muestra	
03/07/2004	NAC	510115	4097286	Nacimiento Río Andarax (Laujar)	
03/07/2004	HUE	504864	4114756	Río Isfalada, afluente del Andarax	
08/09/2004	M0A	550856	4074317	Orilla del mar 0.10 m de profundidad	
	M0B	550908	4074291		
	M0C	550961	4074271		
	M0D	551025	4074264		
	M0E	551079	4074239		
	M2A	550815	4074176		Fondo marino a 2 m de profundidad
	M2B	550868	4074145		
	M2C	550925	4074126		
	M2D	550987	4074116		
	M2E	551047	4074088		
	M4A	550771	4074032	Fondo marino a 4 m de profundidad	
	M4B	550826	4074000		
	M4C	550886	4073982		
	M4D	550951	4073965		
	M4E	551012	4073937		Fondo marino a 6 m de profundidad
M6A	550729	4073888			
M6B	550786	4073856			
M6C	550844	4073833			
M6D	550913	4073823			
M6E	550976	4073798			
11/07/2004	Fm1	551169	4074231	Desembocadura rambla río Andarax P = 0,1m	
	Fm2	551238	4074229	Desembocadura rambla río Andarax P = 1,5m	
	Fm3	551310	4074247	Desembocadura rambla río Andarax P = 4m	
	Fm4	485881	4066493	Desembocadura rambla río Albuñol p= 4,5m	
11/07/2004	Fm5	485772	4066598	Desembocadura rambla río Albuñol p= 1,5m	
	Fm6	485663	4066703	Desembocadura rambla río Albuñol p= 0,5m	
17/11/2004	Pu1	577695	4065379	Bajo el faro de Cabo de Gata	
	Pu2	578141	4065526		
	Pu3	578619	4065573		
	Ra1	572024	4064268		Cabo de gata
	Ra2	572322	4064225		
	Ra3	572643	4064257		
	Ra4	573207	4064287		

dura, se hizo un muestreo del suelo en septiembre de 2004, cuando habían transcurrido 75 días después de la última fecha en que el cauce bajó agua hasta el mar (D1, D2, D3, D4, D5). Las muestras mar01 y mar02 se

tomaron en la misma localización que los suelos D1 y D2. El agua estancada de la que se tomaron las muestras podría proceder de la última avenida del río. Sin embargo, también podrían ser aguas del mar lanzadas por el ole-

aje. Las muestras recogidas y analizadas se recogen en el Cuadro 1 y en la Figura 1, donde existe una intensa actividad agrícola que se desarrolla en las orillas del río. Un total de 18 muestras de agua y 5 del suelo del cauce seco del río fueron analizadas.

#### Muestreo del litoral de las provincias de Almería y Granada.

En Almería se tomaron un total de 20 muestras en el fondo litoral del delta del río Andarax (Cuadro 2, Figura 1), distribuidas desde la misma playa (códigos M0) hasta unos 100 m de distancia de la línea de playa (código M6) y a profundidades que oscilaron entre 0 m y 6 m. Este ensayo fue establecido después de realizar un muestreo previo hasta 4 m de profundidad (Fm1, Fm2, Fm3). En el Cabo de Gata, donde no hay desembocadura de cauces fluviales ni actividad agrícola por ser un parque natural, se tomaron 7 muestras a profundidades del orden de 4,5 m (Cuadro 2, Figura 1), tres de las muestras (Pu1, Pu2, Pu3) separadas entre sí, 150 m y a su vez separadas de las otras cuatro (Ra1, Ra2, Ra3, Ra4) unos 1500 m (Cuadro 2, Figura 1).

En el litoral de Granada se tomaron 3 muestras del fondo marino en la desemboca-

dura del río Albuñol. En la zona hay una intensa actividad agrícola bajo invernaderos que llegan a situarse muy próximos a la playa. Las muestras se tomaron a distancias de 50, 150 y 300 m a partir de la línea de la playa, a profundidades comprendidas entre 0,1 y 4,5 m (Cuadro 2 y Figura 2)

#### **Recogida y análisis de muestras. Identificación de especies de *Fusarium*.**

Las muestras de agua fueron recogidas en botes de plástico estériles (Eurotubo Delta-lab®), que se abrieron y cerraron por el operario en el lugar y profundidad de muestreo. Posteriormente se trasladaron al laboratorio donde fueron analizadas en un plazo de 24 a 48 h después de su llegada.

Las muestras de suelo siguieron el proceso descrito por TELLO *et al.* (1991), consistente en dejar secar el suelo en condiciones asépticas a temperatura ambiente, posterior triturado y tamizado por un cedazo de 200  $\mu$  de luz.

Para todas las muestras se utilizó un medio selectivo para *Fusarium* descrito por KOMADA (1975) y modificado por TELLO *et al.* (1991). En el caso del análisis de aguas se utilizaron 32 placas de Petri por muestra divididas en 4



Figura 2. Localización de muestras de aguas marinas del litoral de la provincia de Granada.

Cuadro 3. Presencia de especies de *Fusarium* en las aguas del río Andarax. Se expresan en número de unidades formadoras de colonias por ml (UFC·ml<sup>-1</sup>) seguidas de la desviación estándar de la media.

Código de la muestra	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. roseum</i>	<i>F.moniliforme</i>
NAC	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
HUE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
RÍO1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1
RÍO2	14 ± 8	2 ± 1	16 ± 4	2 ± 2
RÍO3	64 ± 8	3 ± 1	66 ± 10	8 ± 3
RÍO4	66 ± 23	6 ± 6	17 ± 10	5 ± 5
RÍO5	42 ± 18	1 ± 2	13 ± 5	1 ± 1
RÍO6	37 ± 8	2 ± 2	13 ± 5	2 ± 2
RÍO7	2 ± 2	0 ± 0	2 ± 2	0 ± 0
RÍO8	0 ± 1	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0
RÍO9	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 1	0 ± 0
RÍO10	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 1	0 ± 0
ANXs	8 ± 4	2 ± 1	68 ± 15	2 ± 1
ANX1	48 ± 12	81 ± 16	65 ± 14	0 ± 0
ANX2	37 ± 16	105 ± 22	66 ± 24	1 ± 2
ANX3	35 ± 15	91 ± 26	54 ± 13	1 ± 1

subrepeticiones de 8 placas cada una. En cada placa de 9 cm Ø se añadieron, según la muestra, 0,5 ml ó 1 ml por placa en 10 ml del medio selectivo fundido y enfriado hasta 35°C. La incubación se realizó durante 10 días a la temperatura del laboratorio y bajo luz fluorescente continua. Para las muestras del suelo se siguió el procedimiento indicado por TELLO *et al.* (1991), donde la muestra tamizada se añadió al mismo medio selectivo para *Fusarium* fundido a 35 °C.

Para la identificación de especies de *Fusarium* se siguió el procedimiento indica-

do por NELSON *et al.* (1983) y LESLIE y SUMMERELL (2006), así como sus criterios taxonómicos. Para dilucidar algunas especies se utilizaron, también, los criterios de MESSIAEN y CASINI (1968), BOOTH (1971) y GERLACH y NIRENBERG (1982).

## RESULTADOS

### Análisis de muestras de agua del río Andarax

Se analizaron 18 muestras de agua de río Andarax y 5 del suelo seco del lecho. Los

Cuadro 4. Presencia de especies de *Fusarium* en agua estancada en la desembocadura del río Andarax y en el suelo del cauce después de más de 75 días de sequía. Se expresa en UFC·ml<sup>-1</sup> para mar01 y mar02 y en UFC·g<sup>-1</sup> suelo seco para el resto. Cada cifra es la media, seguida de su desviación estándar.

Código de la muestra	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. roseum</i>	<i>F.moniliforme</i>
D1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
D2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
D3	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
D4	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
D5	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
mar01	1 ± 1	0 ± 0	2 ± 1	1 ± 1
mar02	1 ± 1	0 ± 0	2 ± 1	1 ± 1

Cuadro 5. Especies de *Fusarium* aisladas de agua del mar a 50 m de la orilla de la desembocadura del río Andarax y a 0, 1,5 y 4 m de profundidad. Los valores medios se expresan en UFC·ml<sup>-1</sup>, acompañados de la desviación estándar.

Código de la muestra	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. roseum</i>	<i>F. moniliforme</i>
Fm1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Fm2	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0
Fm3	2 ± 3	15 ± 4	1 ± 2	1 ± 2

resultados se expresan en el Cuadro 3. En dicho Cuadro se utilizan las especies *F. roseum* y *F. moniliforme* en el sentido de MESSIAEN y CASINI (1968), pues esta es la única manera para poder abordar la cuantificación efectiva de los análisis en el medio selectivo. Posteriormente se realizó la identificación de aislados agrupados en ambas "especies" utilizando la metodología de NELSON *et al.* (1983). De esa manera, los resultados de 27 aislados asignados en las lecturas sobre medio selectivos como *F. moniliforme* resultaron ser en un 70,4% *F. verticillioides* 22,2% *F. proliferatum* y 7,4% *F. anthophilum*, todos dentro de la Sección Liseola (sensu NELSON *et al.*, 1983; GERLACH y NIRENBERG, 1982). En la identificación de los 144 aislados agrupados como *F. roseum*, 59,7% se asignaron a *F. equiseti* y 4,2% como *F. acuminatum* (sección Gibbosum); 13,9% *F. chlamydosporum* (sección Sporotrichiella); 20,1% *F. culmorum* y 2,1% *F. sambucinum* (sección Discolor).

En el Cuadro 3 se pone en evidencia como en el agua del río recogida en la cabecera de la cuenca durante una época seca, no se aisló ninguna especie de *Fusarium* (NAC, HUE). En el resto de las muestras se podría explicar la presencia de especies de *Fusarium* al ser recogidas después de la lluvia, cuando las aguas bajan con partículas de suelo y de materia orgánica arrastradas desde los márgenes que están dedicadas al cultivo.

Los resultados correspondientes a las muestras codificadas como mar1 y mar2, que fueron tomadas en unas zonas muy próximas a la línea que separa el mar del cauce del río, y que podrían ser tanto aguas arrastradas por el río como procedentes de las olas del mar, se han agrupado con las muestras del suelo del

lecho del río, aunque probablemente eran aguas del mar ya que fueron recogidas después de 75 días de sequía durante los cuales el cauce se mantuvo seco (Cuadro 4). La asignación específica para los 4 aislados agrupados como *F. roseum* fue para todos ellos de *F. equiseti* y para el aislado seleccionado provisionalmente como *F. moniliforme*, *F. verticillioides*. Lo más destacable es la ausencia analítica de especies de *Fusarium* en el suelo del lecho del río cuando entra en el mar, lo que permitiría apoyar el argumento anterior de que no son las especies situadas en el lecho del cauce seco lo que arrastran las aguas, si no la de las aguas de escorrentía de las orillas cultivadas.

#### **Análisis de muestras del fondo marino del mar Mediterráneo tomadas de la desembocadura del río Andarax y del litoral del Cabo de Gata (Almería)**

Los resultados de un muestreo previo realizado en las aguas del mar a unos 50 m de la orilla del delta del río Andarax, una vez transcurridos 19 días después de la última avenida de agua, se recogen en el Cuadro 5. La presencia de *F. oxysporum* y *F. solani* en la muestra tomada a mayor profundidad está acompañada de *F. equiseti* (un aislado agrupado como *F. roseum* resultó pertenecer a dicha especie) y *F. moniliforme* (un aislado agrupado en la cuantificación inicial como *F. moniliforme* se identificó como *F. verticillioides* y dos se identificaron como *F. proliferatum*).

Un muestreo más amplio se hizo 78 días después de la última avenida de agua desde el río hasta el mar. Los resultados se resumen en el Cuadro 6, donde se han eliminado aquellas muestras que no presentaron *Fusarium* en el análisis. La identificación de 17

Cuadro 6. Presencia de especies de *Fusarium* en aguas del mar Mediterráneo en la desembocadura del río Andarax a diferentes profundidades (0, 2, 4 y 6 m) y a diferentes distancias de la línea de costa. Los valores medios se expresan en UFC·ml<sup>-1</sup>, seguidas de la desviación estándar de la media

Código de la muestra	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. roseum</i>
M0A	0 ± 0	1 ± 1	1 ± 1
MOE	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0
M2A	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1
M2E	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1
M4A	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2
M4B	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1
M4E	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
M6A	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0
M6B	0 ± 0	1 ± 1	2 ± 2
M6C	0 ± 0	1 ± 1	2 ± 1
M6D	0 ± 0	1 ± 1	1 ± 1
M6E	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2

aislados agrupados durante las lecturas analíticas como *F. roseum*, fueron todas asignadas a la especie *F. equiseti*. Los resultados muestran la ausencia de *F. oxysporum* y mantienen a *F. solani* y *F. equiseti* en 6 y 9 muestras, respectivamente, de un total de 20 muestras analizadas. Es cierto que las poblaciones medidas son pequeñas si se comparan con las que son habituales en los suelos agrícolas de la zona, pero podrían ser comparables a las halladas en suelos de pinar (TELLO y LACASA, 1990) y las encontradas en las arenas de algunas playas (TELLO *et al.*, 1992; NÚÑEZ *et al.*, 2006). Comparando las densidades de colonias con las encontradas previamente en la misma zona (Cuadro 5) no hay diferencia apreciable, excepto para las especies, que en el primer muestreo aparecen *F. oxysporum* y *F. moniliforme* (*F. verticillioides*). Suponiendo que estas especies procedían solamente del agua arrastrada por el

río hasta el mar, el primer muestreo se hizo 19 días después de la última avenida, mientras que el segundo se hizo 78 días después. El hecho de que el río pueda ser la fuente de especies de *Fusarium* en el agua del mar puede ser apoyado con la ausencia de *Fusarium* en 7 muestras de agua del mar tomadas en el Cabo de Gata, situado en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, donde no hay desembocadura de cauces ni actividad agrícola. En dichas muestras no se aisló ninguna especie de *Fusarium*.

#### Análisis de muestras de agua del mar Mediterráneo tomadas de la desembocadura del río Albuñol (Granada)

Los resultados se recogen en el Cuadro 7. La identificación de 2 colonias agrupadas como *F. roseum* en la lectura analítica, se asignaron a *F. equiseti* y 7 aislados agrupados como *F. moniliforme* en la lectura analítica.

Cuadro 7. Presencia de especies de *Fusarium* en aguas del mar Mediterráneo en la desembocadura del río Albuñol (Granada). Los valores medios se expresan en UFC·ml<sup>-1</sup>, seguidas de la desviación estándar de la media

Código de la muestra	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. roseum</i>	<i>F. moniliforme</i>
Fm4	1 ± 3	1 ± 3	0 ± 0	9 ± 17
Fm5	3 ± 3	3 ± 6	1 ± 3	0 ± 0
Fm6	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0

tica se identificaron 5 como *F. verticillioides* y 2 como *F. proliferatum*.

En otro lugar alejado de la desembocadura del río Andarax, pero también en otra desembocadura, vuelve a aislarse *F. oxysporum*, *F. solani* y *F. verticillioides* a 4,5 m de profundidad y *F. oxysporum*, *F. solani* y *F. equiseti* a 1,5 m.

## DISCUSIÓN

Tiene interés ajustar la taxonomía de especies de *Fusarium* aisladas de las aguas, dado que se han empleado dos sistemas taxonómicos diferentes. Uno para la cuantificación y lectura de los análisis en medio selectivo y otra para establecer las especies. Para el primer caso se ha utilizado la propuesta de MESSIAEN y CASINI (1968) y para identificar las especies más acorde con los sistemas taxonómicos al uso se han utilizado los criterios de NELSON *et al.* (1983) y GERLACH y NIRENBERG (1982) y LESLIE y SUMMERELL (2006).

La identificación de aislados obtenidos del agua del río Andarax se estableció para las especies contenidas en la denominación *F. roseum* (sensu MESSIAEN y CASINI, 1968), y se realizó sobre 144 aislados. Dicha identificación puso de manifiesto aplicando los criterios taxonómicos de NELSON *et al.* (1983) y GERLACH y NIRENBERG (1982) y LESLIE y SUMMERELL (2006), que el 59,70 % fueron *F. equiseti*, equivalente a *F. roseum* var *gibbosum* de MESSIAEN y CASINI (1968). El 4,20% se identificaron como *F. acuminatum*, encuadrada por MESSIAEN y CASINI (1968) en *F. roseum* var *gibbosum* y NELSON *et al.* (1983) agrupan en la sección *Gibbosum*. El 20,10% se identificaron como *F. culmorum*, encuadrada por MESSIAEN y CASINI (1968) como *F. roseum* var *culmorum* y NELSON *et al.* (1983) y GERLACH y NIRENBERG (1982) agrupan como *F. culmorum* en la sección *Discolor*. El 2,10% de los aislados estudiados se identificaron como *F. sambucinum* según los criterios de NELSON *et al.* (1983) y GERLACH y NIRENBERG (1982) y que para MESSIAEN y CASINI (1968) hubiesen sido

asignados como *F. roseum* var *sambucinum*. Finalmente, como *F. chlamydosporum* se identificaron el 13,9% de los aislados, que NELSON *et al.* (1983) y GERLACH y NIRENBERG (1982) incluyen en la sección *Sporotrichiella* y que podría presentar semejanza con lo que MESSIAEN y CASINI (1968) denominaron *F. roseum* var *arthrosporioides*. Estos resultados ponen en evidencia que la lectura y conteo de colonias en el medio selectivo utilizado, no se aparta mucho de la taxonomía actual y es posible una juste sin excesivos errores.

En la identificación de 27 aislados obtenidos de agua del río Andarax y agrupados como *F. moniliforme* en el conteo de análisis en medio selectivo siguiendo los criterios de MESSIAEN y CASINI (1968), se aplicaron los criterios que NELSON *et al.* (1983), GERLACH y NIRENBERG (1982) establecen para la sección *Liseola*. Así el 70,40% de los aislados fueron *F. verticillioides* (en el sentido de LESLIE y SUMMERELL, 2006), 22,22% fueron *F. proliferatum* y 7,40% fueron *F. anthophilum*. Lo cual evidencia, de nuevo, lo ajustado de la cuantificación en el medio selectivo. De esta forma, 10 especies de *Fusarium* fueron aisladas en las muestras de aguas del río Andarax: *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. anthophilum*, *F. sambucinum*, *F. culmorum*, *F. chlamydosporum*, *F. acuminatum* y *F. equiseti*.

Aplicando los mismos criterios para las identificaciones de los aislados designados como *F. roseum* obtenidos del agua del mar, un total de 19 aislados resultaron poder ser asignados como *F. equiseti*. De 8 aislados agrupados como *F. moniliforme* (sensu MESSIAEN y CASINI, 1968), 6 fueron identificados como *F. verticillioides* (sensu LESLIE y SUMMERELL, 2006) y 2 se asignaron a *F. proliferatum* tal y como lo describen NELSON *et al.* (1983) y LESLIE y SUMMERELL (2006). En las aguas del litoral del Mar Mediterráneo se aislaron 5 especies: *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. verticillioides* y *F. equiseti*. Estos resultados coinciden en parte con los encontrados por TELLO *et al.* (1992) en arenas de playas del litoral de España, difi-

Cuadro 8. Frecuencia de especies de *Fusarium* en muestras de agua del mar Mediterráneo y del río Andarax.

Origen de la muestra	Nº muestras	Presencia de <i>Fusarium</i> (%)			
		<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. roseum</i>	<i>F. moniliforme</i>
Agua de río	18	72,22	50,00	72,22	50,00
Agua de mar	33	15,15	36,36	33,33	9,09

riendo en que dichos autores encuentran *F. merismoides* y *F. reticulatum* var *majus* que no han estado presentes en los análisis de este trabajo y sin embargo no encuentran *F. culmorun*, *F. sambucinum*, y *F. proliferatum*. Y coinciden en parte de las especies encontradas por NÚÑEZ *et al.* (2006) en aguas del litoral a 27,9 y 7,2 m de profundidad: *F. oxysporum*, *F. equiseti* y *F. acuminatum*.

Sobre un total de 51 muestras de agua marina y de río, un 27,45 % de agua del río, un 29,41 % del agua marina y un 3,92 % del agua estancada en la desembocadura del río Andarax (muestras mar1 y mar2) presentaron alguna especie de *Fusarium*. Computando las muestras dentro de sus orígenes, se encuentran que en el agua del río, un 77,77 % de las muestras presentaron alguna especie de *Fusarium*. En el caso de las aguas marinas un 45,45 % de las muestras presentó alguna especie de *Fusarium*. Si atendemos a la presencia de especies en cada muestra el Cuadro 8 resume los resultados.

El Cuadro 8 permite afirmar que la presencia de especies de *Fusarium* fue mayor en el agua del río que en la del mar; esto puede ser debido a que el régimen irregular del cauce del río que arrastra suelo y materia orgánica en suspensión, que procede de las

orillas, permite una mayor presencia de especies de *Fusarium*. En el agua del mar se han encontrado *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. roseum* (sensu MESSIAEN y CASINI, 1968) y *F. verticillioides* (sensu LESLIE y SUMMERELL, 2006), a 0 m de profundidad en el delta del río Andarax, quince días después de producirse la última avenida del río (muestras Fm1, Fm2, Fm3). Esto podría indicar, suponiendo que la única afluencia de *Fusarium* fuese el agua del río, que estas especies procederían de los arrastres del río y que las especies habrían sido capaces de sobrevivir en el agua salina durante ese periodo.

El segundo muestreo (M0, M2, M3, M4 y M6) se realizó 78 días después de la última avenida de agua y se encontró *F. solani* en la muestra de superficie (M0E), *F. roseum* (sensu MESSIAEN y CASINI, 1968) a 2 m y a 4 m de profundidad (M2A, M2E, M4A, M4B) y *F. solani* y *F. roseum* (sensu MESSIAEN y CASINI, 1968) a 6 m de profundidad (M6B, M6C, M6D). De las especies aisladas en el agua recogida transcurridos 15 días desde la última avenida, se repiten a los 78 días *F. solani* y *F. roseum*. ¿Cómo explicar esta situación?; ¿podría admitirse que dichas especies han permanecido en el medio acuático salino durante todo ese tiempo?.

Cuadro 9. Salinidad del agua del mar en la desembocadura del río Andarax. Medida con una sonda entre 0,5 y 1m de profundidad durante 3min aprox. (com. pers. de Jorroto Zaguirre, 2005).

Fecha y hora	Conductividad eléctrica (mS·cm <sup>-1</sup> )	Salinidad NaCl (gr·l <sup>-1</sup> )	Temperatura del agua (°C)
22/10/03, 12:00	54,40	40,80	22,0
20/08/03, 12:00	51,30	38,48	21,0
24/08/04, 12:00	50,60	37,95	22,5
14/09/04, 11:00	50,70	38,03	22,1
24/09/04, 12:00	51,30	38,48	23,6
04/10/04, 17:00	50,00	37,50	23,9

En las muestras tomadas en la desembocadura del río Albuñol se aislaron *F. oxysporum* y *F. solani* a 4,5 y 1,5 m de profundidad, *F. verticillioides* y *F. proliferatum* a 4,5 m de profundidad y *F. equiseti* a 1,5 m de profundidad.

Ambas situaciones de muestreo están próximas a zonas antrópicas con gran e intensa actividad agrícola, donde los vientos marinos son frecuentes y fuertes. Estos vientos marinos arrastran partículas de polvo que, pueden caer sobre la superficie del mar y ello podría explicar, también, la presencia de especies de *Fusarium* en el mar. De hecho, TELLO y LACASA (1990) mostraron que sobre una superficie de 8,75 m<sup>2</sup> expuesta al viento en el sur de las Islas Canarias (España), se contabilizaron 12.598 UFC de *F. solani* y 8.712 UFC de *F. moniliforme*. En este senti-

do. BURGESS (1981) escribe que a pesar de que las categorías ecológicas tradicionales, "soil-borne" y "air-borne", pueden aplicarse a la mayoría de los *Fusaria*, hay evidencias de que ciertas poblaciones pueden colonizar sustratos fuera de sus hábitats reconocidos. Podría admitirse en base a los resultados presentados que los medios acuáticos estudiados albergan de manera consistente diferentes especies de *Fusarium*.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la ayuda prestada por Isaac Francés Herrera y Sara Jorreto Zaguirre (Dpto. de Hidrogeología de la Universidad de Almería) en la localización exacta de los puntos de muestreo en coordenadas UTM.

## ABSTRACT

PALMERO, D., M. DE CARA, C. IGLESIAS, M. SANTOS, T. LOMAS, J. C. TELLO. 2008. *Fusarium* Species Isolated from Water from Fluvial Channels and Sea Beds of the South-eastern Coast of Spain. *Bol. San. Veg. Plagas*, **34**: 449-460.

This research presents analytical results for the presence of the *Fusarium* genus in coastal water samples of the Mediterranean Sea and water from the Andarax Riverbed in the provinces of Granada and Almeria in southeastern Spain. A total of 18 water samples were analyzed from the Andarax River, from which ten species of *Fusarium* were isolated: *F. anthophilum*, *F. acuminatum*, *F. chlamyosporum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. verticillioides*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani* and *F. sambucinum*. Five species were isolated from 33 water samples from the Mediterranean Sea: *F. equiseti*, *F. verticillioides*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum* and *F. solani*. Of the total samples analyzed, 27.45% of the river water samples and 29.41% of the marine water samples presented a minimum of one *Fusarium* species over a period of almost 12 months of sampling. Considering the samples according to their origins, 77.77% of river water samples and 45.45% of marine water samples presented some *Fusarium* species. The greater presence of *Fusarium* in river water could be due to soil particles and organic matter content from run-off of the river banks after rainfall events. The presence of species found in the sea could be the consequence of river water flowing into the sea. Nevertheless, other explanations cannot be excluded.

**Key words:** Marine habitat, fluvial habitat, biogeography.

## REFERENCIAS

- ANASTASIOU, C. J., CHURCHLAND, L. M. 1968. Fungi on decaying leaves in marine habitats. *Can. J. Bot.* **47**: 251-257.
- BACKHOUSE, D., BURGESS, L. W. 1995. Mycogeography of *Fusarium*: clitic analysis of 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*. In: *Fusarium*. Paul E. NELSON Memorial symposium. Eds. SUMMERELL, B. A., LESLIE, J. F., BACKHOUSE, D., BRYOEN, W. L., BURGESS, L. *APS Press*. 122-137.
- BARLOCHER, F., KENDRIX, B. 1974. Dynamics of the fungal populations on leaves in a stream. *J. Ecol.* **62**: 761-791.
- BOOTH, C. 1971. The genus *Fusarium*. Ed. Commonwealth Mycol. Inst., Kew, England. 237 pp.
- CABANES, F. J., ALONSO, J. M., CASTELLA G., ALEGRE, F., DOMINGO, M., PONT, S. 1997. Cutaneous Hyalo-

- hyphomycosis caused by *Fusarium solani* in a loggerhead sea turtle (*Caretta caretta* L.). *Journal of Clinical Microbiology* **35** (12): 3343-3345
- 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* **64**: 92-103
- COROLINI, A. 1989 Fusariosis in the shrimp *Penaeus semisulcatus* cultured in Israel. *Mycopathologia* **108** (2): 145-147.
- FRASCA J. DUNA, J. L., BACK, J. D. 1996. Mycotic dermatitis in an Atlantic white-sided dolphin, a pygmy sperm whale, and two harbour seals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **2008**: 727-729.
- GARET JONES, E. B. 1962. Marine fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **45**: 93-114.
- GERLACH, W. L., NIRENBERG, H. 1982. The genus *Fusarium*. A pictorial atlas. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem.* **209**, 1-406.
- GORDON, W. L. 1960. The taxonomy and habitats of *Fusarium* species from tropical and temperate regions. *Can. J. Botany* **38**: 643-658.
- HATAI, K., KUBOTA, S. S., KINDA, N., UDAGAMA, S. 1986. *Fusarium oxysporum* in red sea bream (*Pragus* sp.) *J. Wildlife. Dis.* **22**: 570-571.
- 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.
- KHOA, L. V., HATAI, K., AOKI, T. 2004. *Fusarium incarnatum* insolated from black tiger shrimp, *Penaemus monodon* Fabricius, with black gill disease cultured in Vietnam. *Journal of Fish Disease* **27** (9): 507.
- 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.
- LESLIE JF, SUMMERELL BA. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing. Ames, Iowa, USA pp 388.
- LESLIE A. D., GULLAND, F. M. D. 2001. Marine Mammal Medicine. 2nd ed. CRC press.
- MIGAKI G., JONES S. R. 1983. Mycotic diseases in marine mammals. In: *Pathobiology of marine mammal diseases*, Vol. II: 1-25
- 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. An manual for identification. Ed. The Pennsylvania State University Press. 193 pp.
- NÚÑEZ SIMARRO F. J., PALMERO LLAMAS, D., IGLESIAS GONZÁLEZ, C., DE CARA GARCÍA, M., SINOBAS ALONSO, J., TELLO MARQUINA, J. C. 2006. Biogeografía de especies de *Fusarium* en el litoral mediterráneo de España. *Bol. San. Veg. Plagas*, **32**: 137-149.
- PETERSEN R. H. 1963. Aquatic hyphomycetes from North America. III. Phialosporae and miscellaneous species. *Mycologia* **55**: 570-581.
- REBELL, G. 1981. *Fusarium* infections in human and veterinary medicine. In: *Fusarium* disease, biology and taxonomy. Eds. NELSON P.E., TOUSSOUN T.A. The Pennsylvania State University Press. 210-220.
- RÉVAY, A., GÖNCZÖL, J. 1990. Longitudinal distribution and colonisation patterns of wood-inhabiting fungi in a mountain stream in Hungary. *Nova Hedwigia* **51**: 505-520.
- RHOOBUNJONGDE, W., HATAY, K., WADA, S., KUBOTA, S. S. 1991. *Fusarium moniliforme* (Seldon) isolated from gills of kuruna prawn *Penaeus japonicus* (bate) with black gill disease. *Nipón Suisan Gakkaishi* **57** (4): 629-635.
- ROLDAN, A., HONRUBIA, M. 1990. Catalogo provisional de los deuteromicetos acuáticos de la provincia de Alicante. *Bol. Soc. Micol. Madrid.* **14**: 21-42.
- ROLDAN, A., PUIG, M. A., HONRUBIA, M. 1989. Comunidades fúngicas asociadas a sustratos leñosos en un río mediterráneo. *Anns. Limnol.* **25**: 191-195.
- STONER, M. F. 1981. Ecology of *Fusarium* in non-cultivated soil. In: *Fusarium* disease, biology and taxonomy. Eds. NELSON P. E., TOUSSOUN T. A.. The Pennsylvania State University Press. 276-286.
- TELLO, J. C., LACASA, A. 1990. *Fusarium oxysporum* en los cultivos intensivos del litoral mediterráneo de España. Fases parasitaria (*Fusariosis* vasculares del tomate y del clavel) y no parasitaria. *Boletín de Sanidad Vegetal* **19**. 190 pp.
- TELLO, J. C., LACASA, A., RODRIGUEZ, 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., RODRIGUEZ, M. C., LACASA, A. 1992. Importancia de *Fusarium* en las arenas de playas de España. *ITEA* **88**: 77-94.
- 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.
- 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: 15 febrero 2008)

(Aceptación: 2 junio 2008)