

Variación estacional de los *Oomycetes* en un ambiente contaminado: Río Santiago y afluentes (Buenos Aires, Argentina)

Mónica Mirta Steciow

Instituto de Botánica Spegazzini, 53 N° 477, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina

Resumen

Los Oomycetes son mohos acuáticos filamentosos ubicuos. Se encuentran como organismos saprótrofos sobre trozos de sustratos de origen animal y vegetal, principalmente en cuerpos de agua dulce. Este trabajo es resultado de un estudio integral de la flora de Oomycetes del Río Santiago y de varios arroyos asociados (Buenos Aires, Argentina). Se hace referencia a este hábitat contaminado y a la distribución estacional de los hongos zoospóricos. Se mencionan las principales características físico-químicas de los ambientes acuáticos estudiados: temperatura, pH, oxígeno disuelto, concentración de nitratos, concentración de sulfatos, concentración de fosfatos y metales pesados.

Palabras clave

Oomycetes, Variación estacional, Contaminación, Argentina, Ecosistemas acuáticos

Seasonal fluctuation of the *Oomycetes* in a polluted environment: Santiago River and affluents (Buenos Aires, Argentina)

Summary

Oomycetes are ubiquitous filamentous water molds. They occur as saprotrophs on bits of substrata of both plant and animal origin, principally in fresh water. This paper results from an integral research on the Oomycetous flora of Santiago River and several associated shallow streams (Buenos Aires, Argentina). Information is provided concerning this polluted habitat and seasonal distribution of the zoosporic fungi. The principal physico-chemical characteristics of the aquatic environmental samples are described: temperature, pH, dissolved oxygen, nitrate concentration, sulphate concentration, phosphate concentration and heavy metals.

Key words

Oomycetes, Seasonal fluctuation, Pollution, Argentina, Aquatic ecosystems

Los ambientes acuáticos con una gran biomasa fotosintética formada por algas y otras plantas acuáticas proveen un sitio de colección favorable para el hallazgo de los mohos acuáticos pertenecientes a la Clase Oomycetes, Subdivisión Mastigomycotina [1-4].

Las aguas hediondas, que contienen en suspensión desperdicios orgánicos de cloacas y/o restos industriales pueden llegar a contener propágulos, aunque en menor proporción que otros ambientes no alterados por la acción del hombre [5-7]. Cooke [8], propuso una serie de términos para describir la tolerancia de los hongos a cuatro niveles de contaminación, reconocidos como saprobiontes, saprófilos, sapróxenos y saprófobos.

El objetivo del presente trabajo es conocer la variación estacional de los Oomycetes en el Río Santiago y afluentes, cuyos parámetros físico-químicos lo caracterizan como un ambiente muy contaminado. Este trabajo

forma parte de un estudio más amplio, en el que además se determinaron la abundancia y la frecuencia relativa de los hongos zoospóricos (Subdivisión *Mastigomycotina*) en un ambiente acuático que recibe los desechos de la industria petroquímica, de los astilleros y asentamientos humanos ubicados en sus márgenes [9].

MATERIALES Y METODOS

El área elegida corresponde al sistema Río Santiago y afluentes (Pdo. Ensenada, Buenos Aires, Argentina) en el que se eligieron los siguientes sitios de muestreo, indicados en el mapa (Figura 1):

1. **Isla Borsani.** El agua contiene material particulado en suspensión y carece de un manto superficial de petróleo.
2. **Destacamento.** Situada frente al Destacamento de la Prefectura Naval, en las proximidades del Río de la Plata.
3. **Canal Oeste.** Con elevado índice de contaminantes y en donde la superficie está cubierta permanentemente con petróleo y combustibles derivados.
4. **Arroyo El Zanjón.** Situado en las proximidades de Propulsora Siderúrgica.
5. **Boya 2740.** La zona circundante a esta boya, también resulta ser muy transitada por embarcaciones.

Dirección para correspondencia:

Dra. Mónica M. Steciow
Instituto de Botánica Spegazzini, 53 N° 477,
1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.
Fax: -54 021 530187
E-mail: msteciow@isis.unlp.edu.ar

Aceptado para publicación el 24 de marzo de 1997

6. **Cuatro Bocas.** Frente a Astilleros Río Santiago, con un depósito permanente de petróleo y derivados hidrocarbonados.

Los parámetros físico-químicos, figuran en la tabla 1, correspondientes a las zonas de Destacamento y Canal Oeste.

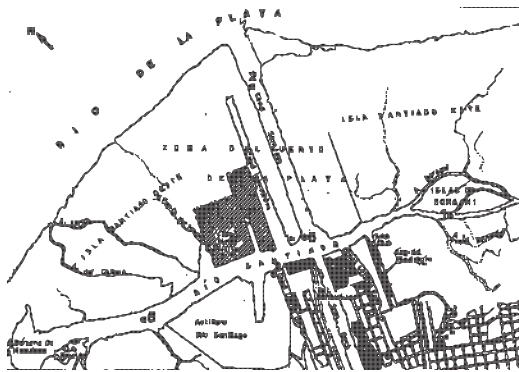


Figura 1. Sitios de muestreo en Río Santiago y afluentes:
1. Isla Borsani 2. Destacamento 3. Canal Oeste
4. El Zanjón 5. Boya 2740 6. Cuatro Bocas

Tabla 1. Datos físico-químicos del agua de Destacamento y Canal Oeste.

Fecha	Temperatura	Oxígeno disuelto (mg/l)	pH	Concentración sulfatos (mg/l)	Concentración nitratos (mg/l)	Concentración fosfatos (mg/l)
11/86	23,0-25,0	4,8-0	7,2-7,0	31-50	2,5-3,5	0,08-0,10
12/86	24,0-26,0	5,3-0,3	7,2-7,0	34-62	2,4-3,1	0,06-0,14
2/87	24,0-26,0	4,7-0	7,1-7,2	30-58	2,5-2,0	0,05-0,12
3/87	21,0-22,0	5,0-0	7,1-7,1	50-100	2,3-2,5	0,04-0,15
4/87	20,0-20,0	2,9-0	7,1-7,1	55-230	2,4-2,5	0,04-0,10
5/87	15,0-15,0	9,0-0,6	7,1-7,2	41-156	2,1-2,0	0,05-0,12
6/87	8,5- 8,5	4,5-0	7,1-7,2	52-80	2,0-2,0	0,05-0,15
7/87	8,2-10	5,5-0,2	7,2-7,1	50-91	2,2-2,0	0,07-0,12
8/87	12,0-12,0	6,7-0,8	7,2-7,2	45-85	2,3-2,1	0,05-0,07
9/87	14,9-16,0	10,2-4,6	7,6-7,3	41-50	2,0-2,0	0,06-0,20
10/87	16,2-18,0	9,5-1,8	7,4-7,1	38-93	2,3-2,4	0,07-0,10
11/87	18,0-18,7	7,5-0,3	7,3-7,2	40-84	2,5-1,6	0,05-0,15
12/87	20,0-20,0	4,1-0	7,2-7,3	42-75	2,5-0,8	0,05-0,07
2/88	23,8-25,1	3,9-0	7,3-7,5	56-73	1,1-1,0	7,83-7,44
3/88	22,4-22,3	3,2-0,5	7,2-7,3	18-65	2,5-1,8	3,32-3,60
4/88	19,0-20,0	5,0-0,6	7,1-7,4	20-52	2,0-1,0	2,29-2,24
5/88	12,4-14,0	7,8-1,7	7,4-7,2	17-49	1,1- <1,0	0,12-0,15

Fecha	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cd (mg/l)	Co (mg/l)	Pb (mg/l)
3/87	0,22-0,17	0,22-0,048	0,0048-0,012	<0,001-<0,001	<0,001-<0,001	<0,005-<0,005	0,0041-0,0019
4/87	0,95-1,30	0,95-0,023	0,029-0,076	0,082-0,099	0,0027-0,0047	0,0045-0,018	0,0045-0,003
5/87	<0,001-0,0092	<0,001-0,0033	0,0023-0,0027	<0,001-0,013	<0,001-0,0013	0,0005-0,0057	<0,001-<0,001
8/87	0,057-0,14	0,009-0,016	0,027-0,061	0,041-0,08	<0,001-<0,001	<0,0005-0,0085	-
2/88	2,67-2,43	0,02-0,02	0,05-0,04	0,1-0,15	0,001-0,001	-	-

Las especies se obtuvieron por extracción mensual de muestras de agua, y de materia orgánica flotante, las que fueron cebadas con semillas de *Brassica* sp. Se analizaron estacionalmente un total de 60 cajas con un total de 300 semillas de *Brassica* sp en cada zona de muestreo. Las semillas se dejaron por el término de 24 h en contacto con el agua, para luego ser analizadas separadamente en cajas de Petri con agua destilada estéril, observándose la aparición del micelio.

Se estimó la variación estacional (VE) de los hongos zoospóricos a lo largo del año, de acuerdo a:

$$VE = \frac{N^{\circ} \text{ de apariciones de todas las spp en 1 estación del año}}{N^{\circ} \text{ de apariciones de todas las spp a lo largo del año}} \times 100$$

RESULTADOS

Durante el estudio llevado a cabo en Río Santiago y afluentes se encontraron las siguientes especies, contabilizándose el número de apariciones de las mismas sobre las semillas usadas como sustrato: *Achlya americana*, *Achlya apiculata*, *Achlya cambrica*, *Achlya oblongata* var. *oblongata*, *Achlya oligacantha*, *Achlya polyandra*, *Achlya prolifera*, *Achlya proliferoides*, *Achlya radiosa*, *Achlya* sp1, *Achlya* sp2, *Aphanomyces helicoides*, *Brevilegnia longicaulis*, *Calyptrolegnia achlyoides*, *Dictyuchus monosporus*, *Pythium marsipium*, *Pythium pulchrum*, *Pythium* sp1, *Pythium* sp2, *Saprolegnia australis*, *Saprolegnia diclina*, *Saprolegnia parasitica* y *Saprolegnia* sp1. El número de especies en las áreas de estudio y en cada estación del año, se especifica en la tabla 2. La variación estacional de los Oomycetes, en las distintas zonas de muestreo del Río Santiago y afluentes, puede observarse en la figura 2.

Comparando las zonas estudiadas, la estacionalidad de estos hongos se manifestó en cinco de las seis zonas estudiadas, donde las mayores frecuencias de Oomycetes se obtuvieron en primavera y en otoño, con valores intermedios en verano y mínimos en invierno. La zona de Isla Borsani alcanzó las mayores frecuencias en primavera (38,2%) y otoño (28,6%), siguiéndole en orden decreciente, las zonas de Destacamento, Boya 2740, arroyo El Zanjón y Cuatro Bocas.

En cambio, en la zona de Canal Oeste la presencia de hongos acuáticos no experimentó cambios estacionales, estando reducida a esporádicos hallazgos de *Pythium* spp, con una frecuencia relativa de 37,5% en verano y 62,5% en otoño (valores más altos de porcentajes, ya que en el cálculo de la VE, el número de apariciones de las especies fue muy bajo en este lugar y sólo aparecen en dos estaciones del año). No se registró la presencia de Saprolegniales en esta área de estudio.

El contenido de oxígeno disuelto, en Cuatro Bocas, Boya 2740 e Isla Borsani fue escaso (2 y 5 mg/l), mientras que en el Canal Oeste hay meses con ausencia total de oxígeno disuelto (tabla 1). En la zona de Destacamento el contenido de oxígeno fue mayor que en las

zonas anteriormente citadas (2,9-10,2 mg/l), mostrando también un descenso estival y un contenido de oxígeno más elevado desde fines de invierno y primavera. También en el mes de mayo se registró un contenido de oxígeno elevado (7,8-9 mg/l) que coincidió con un aumento de la frecuencia de Oomycetes en el otoño. Los valores superiores de oxígeno disuelto se debieron a su proximidad con el Río de la Plata y el movimiento más intenso de las aguas.

Otro factor ambiental analizado fue el pH. Las zonas estudiadas en Río Santiago tienen un pH que va desde 6,8 hasta un pH superior a 7,6 (Tabla 1).

Las concentraciones de sulfatos en Isla Borsani, Boya 2740, Cuatro Bocas y Destacamento (Tabla 1) estu-

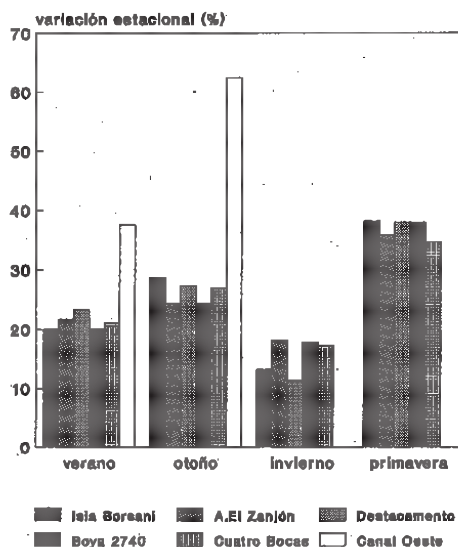


Figura 2. Variación estacional de los Oomycetes.

Tabla 2. Número de especies obtenidas.

Muestras	Sitios				A° El Zanjón				Destacamento				Boya 2740				Cuatro Bocas				Canal Oeste							
	Is. Borsani				P		V		O		I		P		V		O		I		P		V		O		I	
Agua	14	8	11	6	7	6	6	4	5	3	5	2	5	3	3	4	3	3	3	2	0	2	4	0	0	2	4	0
Mat. Orgánica	10	6	12	4	8	7	8	4	4	0	2	0	5	3	4	5	1	0	1	0	0	1	3	0	0	1	3	0

P: primavera, V: verano, O: otoño, I: invierno

vieron comprendidas entre los 40 mg/l y 60 mg/l. En el Zanjón y Canal Oeste las concentraciones fueron superiores (60-90 mg/l), para muestreos que se correspondieron con la disminución o ausencia de hongos zoospóricos, pudiendo ser un factor limitante o inhibidor del crecimiento, estando ligada la variación en su concentración a los vuelcos de las industrias.

Las concentraciones de nitratos estuvieron comprendidas desde 1 hasta 3,5 mg/l (Tabla 1), no habiendo marcadas diferencias entre las distintas zonas.

Las concentraciones de fosfatos, estuvieron comprendidas entre 0,05-0,12 mg/l, pero en febrero y marzo de 1988 se registraron "picos" muy superiores a los valores promedio en Destacamento, El Zanjón y Canal Oeste, que alcanzaron valores de 7,4-7,8 mg/l, para los cuales la frecuencia decreció notablemente (Tabla 1).

Las concentraciones de metales pesados (Cu, Hg y Pb) llegan a máximos de 65, 5 y 5 µg/l, cuando las máximas sugeridas para la protección de la vida acuática son de 2, 0,1 y 1 µg/l respectivamente. El agua del Canal Oeste y del Zanjón tienen una concentración de estos metales de 20 a 50 veces superior al máximo sugerido, con máximas de hasta 50 µg/l que se encuentran en los sedimentos. En nuestro estudio las elevadas concentraciones de estos metales no inhibieron la presencia de estos hongos.

DISCUSIÓN

Ciertos géneros requieren una suficiente cantidad de oxígeno, tales como miembros de la familia *Saprolegniaceae* y muchas especies de *Pythium* [1]. A pesar de ello, la disponibilidad de oxígeno, no representa un factor limitante para algunos de estos hongos. La anaerobiosis facultativa constituye un importante factor de éxito, en Chytridiomycetes y Oomycetes encontrados en

aguas contaminadas [7]. En el área de Río Santiago, la materia orgánica ha provisto de una parte considerable de la flora fúngica allí encontrada, la que se encuentra en la interfase aire-agua. No todas las especies están afectadas del mismo modo por la disminución o la falta transitoria de oxígeno. Sin embargo la ausencia de una micoflora permanente en Canal Oeste, estaría dada por la falta de oxígeno disuelto, ligada a la presencia de otros factores físico-químicos extremos.

Se ha visto que algunas especies son comunes a varios rangos de pH, mientras que otras están restringidas a un angosto intervalo [1,3,10]. Dayal y Tandon [4] encontraron que el pH es un significativo factor en la periodicidad de los hongos y observaron un máximo número de hongos en aguas de pH 6,9-7.

Los sulfatos y los nitratos tienen una influencia indirecta en el crecimiento de los hongos zoospóricos [11-15]. En relación a los sulfatos son capaces de asimilarlos una vez que han sido reducidos por otros microorganismos, a formas tales como sulfuros [11]. Los únicos organismos capaces de utilizar sulfatos, y nitratos son los pertenecientes al orden Chytridiales y Peronosporales,

capaces a su vez de residir en ambientes con ácido sulfúrico [16]. Las Saprolegniales son capaces de emplear sales de amonio o ácidos orgánicos que contienen nitrógeno. Khulbe y Bhargava [17], encontraron una relación inversa entre

las concentraciones de sulfatos y nitratos con las frecuencias de los hongos zoospóricos. Las mayores concentraciones fueron halladas en verano lo que favorecía la degradación por los microorganismos, en formas más simples como ácido sulfhídrico, etc., posteriormente utilizados por los hongos con subsecuente incremento en su frecuencia.

Existen concentraciones mínimas de fosfatos que favorecen el crecimiento de estos hongos pero cada especie tiene su umbral de tolerancia, superado el mismo, la concentración de fosfatos resulta tóxica para la especie [11,18]. Khulbe y Bhargava [17], establecieron una relación directa en el incremento de la abundancia y distribución de los hongos, en valores comprendidos desde 0,05 hasta 0,15 ppm. Probablemente la interacción de otros factores físico-químicos enmascaren el verdadero efecto que producen los fosfatos arrojados. La elevada concentración de fosfatos en Río Santiago no inhibió la presencia de estos hongos.

Dayal y Tandon [4], observaron la existencia de metales como hierro, cobre, cinc en un lago de India, no encontrando una correlación periódica. Sin embargo pruebas de laboratorio realizadas con 11 especies de Saprolegniáceas, demostraron que ciertos metales resultan ser necesarios para el crecimiento, sumados al aporte de materia orgánica, amonio y una fuente de sulfuros [13].

Los cambios fenológicos en la densidad poblacional están más relacionados con la actividad biológica en general del hábitat, que a un factor climático en particular, por ser organismos degradadores [19,20].

Se ha hecho mención de una biota de hongos acuáticos que indicadora de distintos grados de contaminación, en ambientes con desechos cloacales y/o industriales [5,6,21-23]. Entre las especies citadas por Cooke [29] y encontradas en Río Santiago, figuran *A. americana*,

A. oblongata, *A. prolifera*, *Aphanomyces* sp y *D. monosporus*. Según la clasificación propuesta por Cooke [23] podemos establecer que la mayoría de las especies encontradas en Río Santiago [9], pueden ser consideradas como saprófilas, ya que también han sido citadas para ambientes no contaminados.

CONCLUSIONES

En el ambiente estudiado, parámetros tales como temperatura, pH, oxígeno disuelto, concentración de sulfatos, nitratos y fosfatos, no mostraron una correlación directa en la distribución total a lo largo del año, por lo que se estima que un solo factor no puede demostrar las fluctuaciones observadas, sobre todo en un ambiente donde las condiciones naturales se ven alteradas constantemente por los desechos vertidos directamente en el agua.

A pesar que la mayoría de los registros en otros países, hacen mención de la presencia de estos hongos en ambientes lénticos y lóticos cuyos parámetros naturales no están modificados (no contaminados), el hallazgo de los mismos en nuestra zona de estudio (con alta contaminación), demuestra que no sólo son tolerantes y que están adaptados a las condiciones de ambientes perturbados por distintos contaminantes, sino que también pueden vivir a expensas de ellos. Por esta razón estos hongos desempeñan un importante papel junto a otros microorganismos en la biorremediación de las aguas en el área estudiada.

Agradezco a la Dra. Angélica M. Arambarri y a la Dra. Marta N. Cabello, por los consejos y la lectura crítica de este trabajo.

Bibliografía

- Lund A. Studies on Danish freshwater Phycomycetes and notes on their occurrence particularly relative to the hydrogen ion concentration of the water. Mem Acad Roy Sci Danemark, Sect Sci 1934; 6:1-97
- Wolf FT, Wolf FA. Aquatic Phycomycetes from the Everglades region of Florida. Lloydia 1941; 4:270-275.
- Roberts RE. A study of the distribution of certain members of the Saprolegniales. Trans Brit Mycol Soc 1963; 46:213-224.
- Dayal R, Tandon RN. Ecological studies of some aquatic Phycomycetes II. Fungi in relation to chemical factors of the water. Hydrobiol 1963; 22:324-330.
- Harvey JV. Relationship of aquatic fungi to water pollution. Sewage Ind. Wastes 1952; 24:1159-1164.
- Suzuki S. Distribution of aquatic Phycomycetes in a river polluted by municipal wastes. J Waterw Sewer Assoc (Tokyo) 1960; 35:51-54.
- Emerson R, Natvig DO. Adaptation of fungi to stagnant waters. En: Wicklow DT, Carroll GC. The fungal community: its organization and role in the ecosystem. Marcel Dekker, New York. 1981:109-128.
- Cooke WB. Fungal populations in relation to pollution of The Bear River, Idaho-Utah. Utah Academy Proceedings 1967; 44:298-315.
- Steciow MM. Abundancia y frecuencia relativa de los Oomycetes en Río Santiago y afluentes (Buenos Aires, Argentina). Rev Gayana Bot 1997; 54:39-52.
- Khulbe RD. Distribution of aquatic fungi in relation to some ecological factors. Geobios 1981; 8:214-216.
- Bhargava KS. Physiological studies on some members of the family Saprolegniaceae. II. Sulphur and phosphorous requirements. Proc Indian Acad Sci 1945; 21 B:344-349.
- Bhargava KS. Physiological studies on some members of the family Saprolegniaceae. III. Nitrogen requirements. J Indian Bot Soc 1945; 24:67-72.
- Reischer HS. Growth of Saprolegniaceae in synthetic media. III. Nitrogen requirements and the role of Krebs cycle acids. Mycologia 1951; 43:319-328.
- Dayal R. Nitrogen requirements of some members of the family Saprolegniaceae. Proc Nat Acad Sci India 1961; 31 B:332-336.
- Dayal R. Sulphur requirements of some members of the family Saprolegniaceae. Proc Nat Acad Sci India 1961; 31 B:399-401.
- Hughes GC. Seasonal periodicity of the Saprolegniaceae in the South-Eastern United States. Trans Brit Mycol Soc 1962; 45:519-531.
- Khulbe RD, Bhargava KS. Frequency of water molds in relation to nitrate, sulphate and phosphate in some lakes of Nainital, India. Trop Ecol 1983; 24:180-187.
- Whiffen AJ. Nutritional studies of representatives of five genera in the Saprolegniaceae. J Elisha Mitchell Sci Soc 1945; 61:114-123.
- Hallett IC, Dick MW. Seasonal and diurnal fluctuations of Oomycete propagule numbers in the free water of a freshwater lake. J Ecol 1981; 69:671-692.
- Dick MW. Patterns of phenology in populations of zoosporic fungi. En: Carroll GC, Wicklow DT. The fungal community. Its organization and role in the ecosystems. 2nd ed. Mycology Series, vol. 9. Marcel Dekker, Inc. New York. 1992:355-382.
- Willoughby LG, Collins VG. A study of the distribution of fungal spores and bacteria in Blelham Tarn and its associated streams. Nova Hedwigia 1966; 12:150-171.
- Cooke WB. Fungi in and near streams carrying acid mine drainage. Ohio J Sci 1976; 76:231-240.
- Cooke WB. Aquatic fungi in some Ohio streams. Ohio J Sci 1960; 60:144-149.