

DISTRIBUCION ALTITUDINAL DE HONGOS QUERATINOFILOS, EPIFITOS Y ENDOFITOS EN SUELOS DESERTICOS DEL NORTE CHILENO (II REGION, 23°L.S Y 68°L.W)

(*Altitudinal distribution of keratinophilic, epiphytic and endophytic fungi from desertic soils in northern Chile (II Region 23°S.L. and 68°W L.)*)

*Eduardo Piontelli. L, *M.A.Toro, S.M. &, ** Gustavo Giusiano, ***Valia Vivar. M.

*Universidad de Valparaíso, Escuela de Medicina, Cátedra de Micología, Casilla 92 V.Valparaiso. Email< eduardo.piontelli@uv.cl>

** Universidad Nacional del Nordeste, Fac. de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Instituto de Medicina Regional,

Cátedra de Microbiología e Inmunología, Av. las Heras 772, 3500 Resistencia, Argentina

***Instituto Profesional DuocUC, Sede Valparaíso, Errazuriz 1680 Valparaíso, Chile

Palabras clave: Gradiente altitudinal, suelos desérticos, microhongos, queratinófilos, epífitos, endófitos, Chile.

Key words: Altitudinal distributions, desertic soils, microfungi, keratinophilic, epiphytic, endophytic, Chile.

RESUMEN

En una zona desértica del norte chileno entre los 2200 y 4500m de altura y en 2 periodos estacionales, se determinó la presencia y composición de las comunidades de microhongos queratinofílicos, epífitos y endófitos mediante el empleo de un anzuelo queratinico y vegetal. Las metodologías empleadas permitieron apreciar ciertos aspectos ecológicos de un grupo de hongos tolerantes al estrés y la persistencia en el tiempo de algunas de sus poblaciones en 3 gradientes altitudinales.

En 79 muestras de suelo y 67 de vegetales se obtuvieron 1111 aislamientos, repartidos en 78 géneros y 172 especies y los integrantes de los 18 géneros más frecuentes en ambos sustratos y en todas las altitudes reunieron el 80% del total de presencia fúngica.

Los *Zygomycetes* fueron representados por 4 géneros, los *Ascomycetes* por 11, los *Coelomycetes* por 8 y los *Hyphomycetes* por 70. En este último grupo los principales taxa en orden decreciente fueron: *Ulocladium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Acremonium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Bipolaris*, *Rhizopus*, *Aphanocladium* y *Verticillium*. Los integrantes del género *Ulocladium* *Aspergillus*, *Penicillium* y *Alternaria* obtuvieron las mayores frecuencias en el primer escalón altitudinal en las 3 metodologías, mientras en el escalón más alto fue *Penicillium*, *Ulocladium*, *Cladosporium* y *Acremonium*. Ocho especies

mantuvieron una alta presencia en la mayoría de los sustratos y altitudes: *Ulocladium atrum*, *U.chartarum*, *Alternaria alternata*, *Emericella nidulans*, *Cladosporium cladosporioides*, *U.botrytis*, *Aspergillus fumigatus* y *A.niger*, junto a una proporción mayoritaria de especies esporádicas o de baja frecuencia ("ruderal").

La mayoría de los *Onygenales* y anamorfos relacionados, se aislaron principalmente en verano entre los 2200 y los 4000m. Los más frecuentes fueron: *Auxarthron umbrinum*, *Chrysosporium tropicum*, *Malbranchea gypsea* y *Geomyces pannorum*. La presencia más alta del grupo (17,4%) en todos los escalones y la persistencia a través del tiempo correspondió a *G. pannorum*.

Entre los 2200-3000m, en todos los sustratos se observaron las mayores presencias fúngicas (47 géneros y 102 spp.; 32 géneros y 63 spp.; 21 géneros y 33 spp. respectivamente) y las principales especies de la comunidad fúngica, parecen exhibir condiciones de estabilidad en el tiempo. La mayor diversidad se observó en el anzuelo queratinico y la menor en los epífitos. No hay diferencia clara entre verano e invierno y los hongos queratinofílicos responden mejor al gradiente altitudinal, mostrando mayores diversidades a menores alturas.

ABSTRACT

In a northern desertic zone of Chile being 2.200 to 4.500 m high and in 2 seasonal periods, the presence and composition of keratinophilic, epiphytic and endophytic fungal communities was determined by means of a keratinic and vegetal bait. Methodologies used enabled to assess certain ecological aspects of a group of fungi that showed stress tolerance and persistence in time of some of their populations in 3 altitudinal gradients.

One thousand one hundred eleven (1111) isolations were collected out of 70 soil and 67 vegetal samples which were divided into 78 genera and 172 species, whereas those included in the 18 genera most frequent in both substrata and in all altitudes exhibited 80% of the total fungal presence.

Zygomycetes were represented by 4 genera, *Ascomycetes* by 11, *Coelomycetes* by 8 and *Hyphomycetes* by 70. Within this latter group the main taxa in decreasing order were: *Ulocladium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Acremonium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Bipolaris*, *Rhizopus*, *Aphanocladium* and *Verticillium*. Fungi belonging to the genera *Ulocladium*, *Aspergillus*, *Penicillium* and *Alternaria* reached the highest frequencies in the first altitudinal step in the three methodologies while *Penicillium*, *Ulocladium*, *Cladosporium* and *Acremonium* did the same in the highest step. Eight species kept a high presence in the majority of substrata and altitudes: *Ulocladium atrum*, *U.char-tarum*, *Alternaria alternata*, *Emericella nidulans*, *Cladosporium cladosporioides*, *U.botrytis*, *Aspergillus fumigatus* and *A. niger* together with a major proportion of sporadic or low frequency species ("ruderal").

Most of *Onygenales* and related anamorphs were isolated mainly in summer within 2200 and 4000m. The most frequent were: *Auxarthron umbrinum*, *Chrysosporium tropicum*, *Malbranchea gypsea* and *Geomyces pannorum*. The highest presence of the group (17,4%) in all the steps and the persistence in time was found in *G. pannorum*.

The highest fungal presences in all the substrata were observed within 2.200-3.000 (47 genera and 102 spp.; 32 genera and 63 spp.; 21 genera and 33 spp., respectively) and the main species of the fungal community seem to exhibit stability conditions in time.

The greatest diversity could be observed in the keratinic bait and the smallest in the epiphytic fungi have a better response to the altitudinal gradient by showing major diversities at lower altitudes.

INTRODUCCION

Las regiones tropicales entre los 20-40° de latitud N-S, incluyen amplias zonas desérticas donde la franja del anticiclón tropical genera sistemas de alta presión que reducen las precipitaciones en las zonas, situación que define un medio ambiente desértico considerado también como un ambiente extremo (Mc.Ginnies, 1979; Körner, 1999). Otras causas que favorecen la formación de estos ambientes, son las barreras orográficas y las corrientes oceánicas frías, condiciones propias de la zona norte de Chile-Perú, Namibia, baja California y las costas del Sahara.

Los hongos como organismos degradadores primarios, son responsables de la descomposición de la materia orgánica en los ecosistemas terrestres y su diversidad de especies está asociada a hábitat o regiones biogeográficas específicas (Kjoller & Struwe, 1992; Rossman et al., 1998). Se reconoce la capacidad de adaptación de las poblaciones fúngica a los ambientes xéricos, no obstante, considerando las condiciones abióticas, se ha subestimado su potencial diversidad, que en los ecosistemas desérticos pueden presentar más especies fúngicas de las predecibles (Wiklow, 1981).

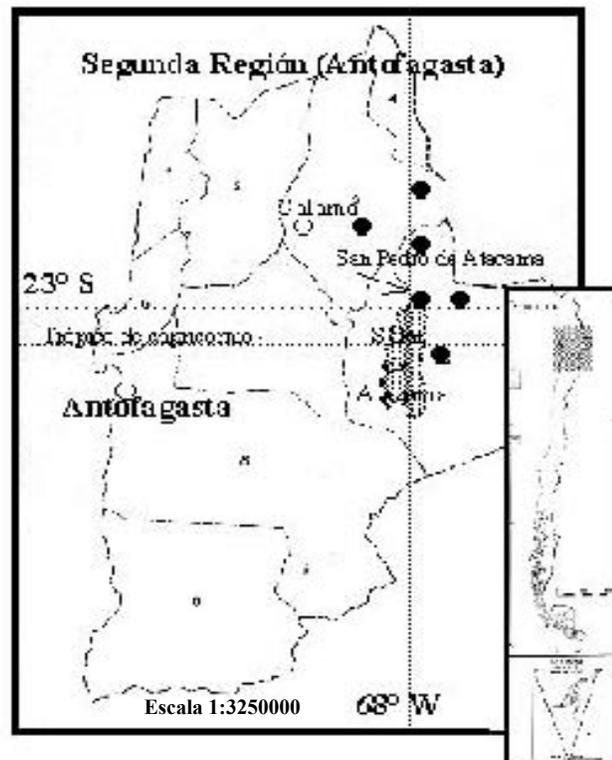


Figura 1.- Zonas de muestreo en círculos negros



Figuras 2,3,4.- 2. Vistas panorámicas en zonas de altura intermedia (<3000 m) cerca de Calama. 3.- Zona de altura intermedia (3600 m) cercana al volcán Licancabur. 4.- Bofedal de altura (4500 m), cercano al paso Jaima.

La queratina y los vegetales xerófilos (arbustos y hierbas) como sustratos orgánicos, son también responsables de la diversidad y distribución de ciertos hongos geofílicos y permiten la supervivencia de las comunidades autóctonas y alóctonas en el tiempo o en condiciones nutricionales adversas. La magnitud de la diversidad fúngica en los hongos saprofitos en hábitat o regiones particulares superiores a los 2000m de altitud, es esporádica en la literatura y la especificidad de hospedadores o de sustratos no puede establecerse claramente sin el aporte de mayores datos de la distribución de estos microhongos (Hyde *et al.*, 2002)

En Chile, algunos de los estudios de microhongos de suelos en gradientes altitudinales se han efectuado principalmente en la zona central y el extremo norte del país mediante un anzuelo queratinico (Piontelli & Carretta, 1974; Piontelli *et al.*, 1986), excluyendo la vegetación como sustrato y reservorio de la comunidad.

Por esta razón, hemos considerado analizar en 2 períodos estacionales (verano e invierno), mediante el empleo de anzuelos queratinicos y vegetales, la presencia de algunas microcomunidades fúngicas en un gradiente altitudinal en ambientes desérticos áridos y escasamente antropofizados, que abarcan el salar de Atacama y las zonas cordilleranas vecinas.

MATERIALES Y METODOS

1.- Aspectos biogeográficos y climáticos.

La II Región de Chile (Antofagasta), en las zonas muestreadas (Fig. 1, 2, 3, 4), representa un ecosistema xeromórfico en su parte menos elevada (2200 m s.n.m) y un andino propiamente tal sobre los 2500m. Son ambientes condicionados fundamentalmente por el factor de sequedad y las condiciones de aridez son más pronunciadas a medida que se aleja de la zona precordillerana del norte hacia los contrafuertes de la zona andina, alrededor de los 2500 m hacia arriba. La sequedad extrema del aire y la ausencia casi total de lluvias en el año, transforman a estas zonas en un desierto absoluto, con suelos rojos con hard pan salino, ricos en minerales y sales que sólo posee agua en los pequeños cursos de las quebradas, bofedales y en las napas freáticas superficiales de la planicie central (Quintanilla, 1983).

Presenta condiciones ecológicas extremas con un escalonamiento vertical de la temperatura. Las diurnas son a veces superiores a los 40°C y con notables diferencias con las nocturnas (0°C o menores), especialmente en la zona andina y en ciertos períodos anuales. Esta situación que caracteriza a un desierto, convierte al de Atacama en el más inhóspito de la tierra, superando a las zonas áridas del Sahara central, Nubia (Sudán) y Lut (Irán), entre otros. Sus precipitaciones son tan escasas que no alcanzan a un milímetro de agua caída en un año.

La alta evaporación y los vientos, permiten una vegetación

baja, achaparrada y en cojines con cactáceas xerófitas espinosas y gramíneas, entre las cuales se colectaron las siguientes:

Primer escalón altitudinal (2200-2990 m). *Ephedra breana*, *Fabiana imbricata*, *Tessaria absinthioides*, *Atriplex atacamensis*, *A. microphylla*, *A. deserticola*, *Lycium deserti*, *Tetraglochin* sp., *Cistanthe celocoides*, *Quinopodium frigidum*, *Trisetum* sp., *Stipa* sp., *Distichlis* sp., *Juncus* sp., *Luzula* sp., *Cortadeira* sp., *Hordeum* sp., *Adesmia hystrix*, *Shinus latifolius*.

Segundo escalón altitudinal (3000-4000 m). *Azorella trifurcata*, *Vulpia* sp., *Fabiana imbricata*, *F. chilensis*, *Chaetantera* sp., *Jaborosa caulescens*, *Stipa* sp., *Atriplex oreophila*, *Hordeum* sp., *A. microphylla*, *Ephedra breana* y especies de cactáceas/gramíneas sin determinar.

Tercer escalón altitudinal (> 4000 m). *Festuca* sp., *Hordeum* sp., *Stipa* sp., *Vulpia* sp., *Chaetantera* sp., *Fabiana imbricata*, *Atriplex deserticola* y gramíneas sin determinar.

La fauna también es escasa, con excepción de sectores con algún recurso hídrico, donde abundan ciertas aves insectos y esporádicamente se detecta la presencia de algunos roedores y camélidos (guanaco y vicuña).

2.-Area de estudio y recolección de material.

El área de estudio se ubica en la II Región de Chile (Antofagasta) en un rectángulo geográfico que abarca aproximadamente desde la ciudad de Calama, los alrededores de los pueblos de San Pedro de Atacama y Toconao y las zonas altas del Tatio y paso Jama (Fig. 1, 4). Las fechas de recolección en verano fueron en el mes de Diciembre (2000) y las de invierno en Julio (2001).

a) Las muestras de suelo superficial (3-5 cm de profundidad) se recolectaron en bolsas plásticas estériles, con una cuchara de metal que se limpiaba y desinfectaba con alcohol yodado. El contenido de la bolsa de unos 150-200 gramos de material, se obtenía con raspados del suelo arenoso en diferentes puntos (5-7) en un área aproximada de unos 20 m², constituyéndose en un solo pool de muestras del área en estudio.

b) Las muestras de vegetales se recolectaron en correspondencia a las mismas áreas de las de suelo, en todos aquellos que presentaban algún tipo de vegetación. El procedimiento se basó en la introducción directa de la bolsa plástica estéril abierta sobre un manojo pequeño de las hierbas presentes, procediéndose luego al corte del material no cubierto con un cuchillo (desinfectado superficialmente con la metodología antes descrita). Se recolectaron de preferencia los vegetales con estructuras florales presentes (para su posterior identificación); cuando esto no era posible, se incluían solo tallos y hojas. Luego se rotularon las bolsas con el mismo número correspondiente a las muestras de suelos.

Durante el transporte al laboratorio, el material colectado se mantuvo refrigerado (4-6°C) en cajas térmicas durante la mayor parte del tiempo. La misma metodología de recolección, mantenimiento y transporte se usó para el muestreo de invierno.

Los muestreos de invierno se realizaron en las mismas zonas (áreas marcadas) que los de verano para que la recolección de los vegetales fuera coincidente.

Los números de muestras de suelo y vegetales colectados en el muestreo de verano y de invierno en los diferentes transectos altitudinales fueron los siguientes:

	Suelos (n= 49)	Epífitos (n= 42)
Verano:		
2200-2990 m	31	24
3000-4000 m	12	12
> los 4000 m	6	6
Invierno:		
2200-2990 m	17	12
3000-4000 m	6	6
> los 4000 m	7	7

3.- Siembra del material, métodos de observación, cultivos y determinación fúngica.

Antes de su cultivo, todas las muestras se congelaron a -20°C por una semana para evitar el desarrollo de acaros. La presencia de los taxa fúngicos, en todas las metodologías empleadas, se contabilizó una sola vez en cada placa, no importando si éstos se presentaban varias veces en la misma o en el duplicado.

a) Queratinófilos. Empleando la técnica de Vanbreuseghem (1952) modificada, cada muestra de suelos se dispuso en duplicado en 2 placas de Petri estériles de 10cm de diámetro, tratando que su contenido no sobrepasara la mitad de su altura, luego estas se humedecieron agregando 10cc de agua destilada que contenía 0,25 g/l de cloramfenicol y 0,4g/l de actidiona. Trozos cortos de 1-2 cm de pelo humano estéril se dispersaron homogéneamente sobre la superficie, para luego incubar las placas a 25°C durante 2 semanas. Posteriormente se mantuvieron por un período de 2 a 3 semanas a la temperatura ambiente del laboratorio (20-24°C en verano y 15-18°C en invierno). Cuando era necesario controlar la humedad se agregaba nuevamente agua destilada.

El crecimiento fúngico sobre el pelo se observó mediante lupa estereoscópica después de las primeros 2 semanas de cultivo y cada 7 días posteriormente hasta completar 5 semanas. La identificación se efectuó mediante observaciones con lupa estereoscópica y preparaciones para microscopía en lactofenol con azul de algodón. Todos los hongos con mayor frecuencia de presencia, no pertenecientes a los **Onygenales** o géneros relacionados, se cultivaron en agar papa dextrosa, mientras estos últimos se cultivaron en agar harina de maíz.

Muchas de las determinaciones a nivel de género

y especie, cuando fue posible, se hicieron directamente del sustrato o apoyándonos en las características de cultivo, la morfometría microscópica de los aislamientos y utilizando las monografías correspondientes.

b) Epífitos.-Empleando la técnica de cámara húmeda, se dispusieron varios (5- 7) trozos (2-3 cm) de cada vegetal sobre la superficie de agar agua en placas de Petri de 10 cm, para luego incubarlas a temperatura ambiente durante 3 semanas. Las observaciones se realizaron entre el 7° y 21° días. Las determinaciones de los hongos se efectuaron mediante observación directa sobre el sustrato y preparaciones para microscopía; cuando era necesario, se hicieron subcultivos en agar papa dextrosa (PDA).

c) Endófitos.- Cada una de las muestras vegetales se cortó en trozos de 2-3 cm, para luego proceder a su esterilización superficial con una solución de alcohol etílico al 70% por 2 minutos, luego con Hipoclorito de Sodio al 5% por 5 minutos, seguido de tres lavados con agua destilada estéril. Posteriormente los trozos (5-7) esterilizados se dispusieron sobre placas de Petri con agar agua y se incubaron a temperatura ambiente durante 4 semanas. Las observaciones y determinaciones se realizaron empleando la misma metodología que para los epífitos.

4) Análisis de resultados.- Para el análisis de los resultados se empleó el número y porcentaje de aislamientos de géneros y especies, la relación entre altitudes y estaciones y el índice de diversidad de Shannon & Weaver.

RESULTADOS

A) Generalidades

En nuestra investigación, la frecuencia de ocurrencia fúngica detectada en todos los puntos de muestreo (n=79 suelos y n= 67 vegetales), según metodología, permitió reconocer ya sea directamente sobre el sustrato o en subcultivos la riqueza total de especies representada por 1111 aislamientos, repartidos en 78 géneros y 172 especies. El 80% del total de presencia fúngica correspondiente a los grupos de taxa más frecuentes en ambos sustratos y en todas las altitudes, se incluye en Tabla 1. Esta no incorpora los taxa esporádicos (50 géneros) cuya presencia se registró una o pocas veces. Los *Zygomycetes* fueron representados por 4 géneros (*Absidia*, *Mucor*, *Rhizopus* y *Syncephalastrum*), los *Ascomycetes* por 11 géneros (*Amauroascus*, *Aphanoascus*, *Auxarthron*, *Chaetomidium*, *Chaetomium*, *Emericella*, *Eurotium*, *Gymnascella*, *Gymnoascus*, *Melanospora* y *Microascus*), los *Coelomycetes* por 8 (*Ascochyta*, *Camarosporium*, *Camarosporium*, *Chaetodiplodia*, *Coniothyrium*, *Lasiodiplodia*, *Phoma*, *Stagonospora*), y los *Hyphomycetes* por 70 géneros (a veces asociados a sus teleomorfos). En este último grupo los principales taxa en orden decreciente

correspondieron a: *Ulocladium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Acremonium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Bipolaris*, *Rhizopus*, *Aphanocladium* y *Verticillium*. Ocho especies mantuvieron una alta presencia en la mayoría de los sustratos, técnicas de aislamiento y altitudes: *Ulocladium atrum*, *U. chartarum*, *Alternaria alternata*, *A. nidulans* (y su teleomorfo), *Cladosporium cladosporioides*, *U. botrytis*, *A. fumigatus* y *A. niger*.

Los integrantes de los géneros *Ulocladium*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Alternaria*, fueron en el primer escalón altitudinal los de mayor presencia en las 3 metodologías, especialmente en los sustratos con queratina y vegetales. En el segundo escalón, *Ulocladium*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Acremonium*, mientras en el tercero *Penicillium*, *Ulocladium*, *Cladosporium* y *Acremonium* (Tabla 1).

Los pH de los suelos en el primer escalón oscilaron entre un mínimo de 6,1 a 9,1, pero el 85% de las muestras mostró un pH alcalino entre 7,3 y 8,3. En el segundo escalón el pH se acercó a la neutralidad con un promedio de 7,2, mientras en el escalón más alto se observó una leve acidez, con un promedio de pH 6,85.

Las mayores frecuencias de presencia correspondieron al sustrato queratinico y a los epífitos en verano en el primer escalón, los otros escalones en especial el más alto, presentaron una menor presencia fúngica (Tabla 1). La mayor diversidad (Shannon-Weaver) se observa en el anzueto queratinico y la menor en los epífitos. No hay diferencia clara entre verano e invierno y los hongos queratinofilos responden mejor al gradiente altitudinal, mostrando mayores diversidades a menores alturas (Gráfico 1).

B) Onygenales queratinofilos/líticos y anamorfos relacionados.

Casi todos los taxa de *Onygenales* queratinofilos (9 de 10 géneros y 13 de 14 especies), se aislaron principalmente en verano entre los 2200 (n=22) y los 4000m (n=12), mientras en invierno solamente se aislaron 3 géneros y 3 especies bajo los 3000 m. Las especies dominantes fueron *Auxarthron umbrinum*, *Chrysosporium tropicum* y *Malbranchea gypsea*. Sobre los 4000m (n=9), los de mayor presencia fueron *Geomyces pannorum* y escasamente *Aphanoascus keratinophilus* y *Trichophyton terrestre* (ambos solo en invierno). La persistencia a través del espacio y el tiempo en todos los escalones correspondió a *G. pannorum* presentando sobre los 4000m la mayor presencia del grupo.

Tabla 1.- Grupos de taxa de hongos filamentosos con mayores frecuencias de presencia aislados en gradiente altitudinal en zonas del norte chileno.

Taxa fúngicos	ALTITUD															Parcibolso			
	2200-2500m						3000-4000m						≥ 4000m			n	%		
	Q		EP		EN		Q		EP		EN		Q	EP	EN				
V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I				
<i>Ascomenium bacilliforme</i>	1						1										2	0,222	
<i>Ascomenium brevis</i>	1		1							1							3	0,333	
<i>Ascomenium fusilloides</i>	1																1	0,111	
<i>Ascomenium lanatum</i>												2			1		3	0,27	
<i>Ascomenium longisporum</i>	1																1	0,111	
<i>Ascomenium roseolum</i>		1															1	0,111	
<i>Ascomenium spinescens</i>												1					1	0,111	
<i>Ascomenium</i> spp.	6	3	1				1	1	3	1	1	3	2	1	1		60	0,337	
<i>Ascomenium</i> sp. ind.		1	6	1				1	1				2	2	1		15	1,222	
<i>Ascomenium</i> sp. ind.	1	1															2	0,222	
<i>Asmaria diarmata complexa</i>	3	4	10	3	3	2	2		2		1	1		2			42	4,272	
<i>Asmaria diarmata spora</i>				1					1				1		1	2	6	0,667	
<i>Asmaria</i> spp.		3		1	1					1							6	0,667	
<i>Asmaria Arvalensis</i>	4				1	1											6	0,667	
<i>Asporocodium album</i>	2	2					2	3									12	1,222	
<i>Asporidium curvifolium</i>				1													1	0,111	
<i>Asporidium deustum</i>	1	1	4														6	0,667	
<i>Asporidium fumigatum</i>	3	2	1	1	2		1	1	1	2	1	1					27	3,000	
<i>Asporidium nigrum</i>	1		14		1			6	1								26	2,333	
<i>Asporidium ochraceum</i>	2	2	1														5	0,555	
<i>Asporidium</i> sp.			1														1	0,111	
<i>Asporidium</i> sp.	1			1													2	0,222	
<i>Asporidium cyclocladum</i>	1	3					1	1									6	0,667	
<i>Asporidium</i> sp.								1									1	0,111	
<i>Asporidium ussuriense</i>					2	3				1							16	1,444	
<i>Asporidium</i> sp. ind.	6	2	1	6	1		1						1				21	2,222	
<i>Epicalium australandense</i>			1														1	0,111	
<i>Epicalium cyclocladum</i>		1															1	0,111	
<i>Epicalium</i> sp.				1													1	0,111	
<i>Epicalium neogardii</i> (syn. sp.)	1	1	1	1				1				2					7	0,777	
<i>Epicalium</i> sp. ind.		1															1	0,111	
<i>Epicalium</i> sp.		2															2	0,222	
<i>Chaetomium globosum</i>					2					1			1		1		5	0,555	
<i>Chaetomium uncinatum</i>	4		2	2	1				1								10	1,112	
<i>Chaetomium</i> sp.		1		1													2	0,222	
<i>Chaetomium</i> sp.	1																1	0,111	
<i>Chaetomium</i> sp.	1																1	0,111	
<i>Chaetomium</i> spp.	3	1		1	1	1	2	1	1	1							14	1,337	
<i>Oidoporum diadopteroides</i>		2	3	6	2			4	1	1	1	3	1	2	3	1	3	66	3,671
<i>Oidoporum</i> sp.					2			1				1					4	0,444	
<i>Oidoporum</i> sp.														1			1	0,111	
<i>Oidoporum</i> sp. ind.			1	4	1	1								2			9	1,000	
<i>Ouradaria bracteata</i>												1					1	0,111	
<i>Ouradaria</i> sp.		1															1	0,111	
<i>Ouradaria</i> sp. ind.							1										1	0,111	
<i>Ouradaria</i> sp.		1															1	0,111	
<i>Ouradaria</i> sp.	2																2	0,222	

Q= Queratinófilos; EP=Epífitos; EN=Endófitos; V= Verano; I=Invierno

(Continuación Tabla 1)

	ALTITUD															Parcibato		
	2200-2900m						3000-4000m						> 4000m			n	K	
	Q		EP		EN		Q		EP		EN		Q	EP	EN			
V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I			
<i>Sirospora nitida</i> +	4	2	13		6		2		4	1	2						34	5,732
<i>Sirospora amabilis</i> +		1															1	0,111
<i>Sirospora herb-arborum</i>	1																1	0,111
<i>Sirospora + quere</i>	3	1					2										11	1,238
<i>Sirospora + zyg-orum</i>		1															1	0,111
<i>Sirospora + emitt-orum</i>							1										1	0,111
<i>Sirospora sp.</i>		3	1		1				4	1	2				1	1	14	1,557
<i>Sirospora variabilis</i> +	1																1	0,111
<i>Stictis atrifucillifera</i>		2		3	2	2			1	1					2	1	14	1,557
<i>Stictomyces farinosus</i>													1				1	0,111
<i>Stictomyces liliifera</i>	3	1					3	2			1						13	1,557
<i>Stictomyces marquandii</i>	3	1					4						1				9	1,001
<i>Stictisium brevisporium</i>														1			1	0,111
<i>Stictisium canaliculatum</i>			4					2					1				7	0,773
<i>Stictisium chrysogenum</i>			1		1		3							2			14	1,557
<i>Stictisium commune</i>						2						1					3	0,334
<i>Stictisium coriolophitum</i>												1					1	0,111
<i>Stictisium de-notatum</i>							1	1					1		1		4	0,442
<i>Stictisium + sparsum</i>												1					1	0,111
<i>Stictisium in-quere</i>			1					1	1						1		4	0,442
<i>Stictisium lundströmii</i>	2																2	0,222
<i>Stictisium lundströmii</i>			2														2	0,222
<i>Stictisium nobile</i> +			3	2			1	1	1	1		3	2	2	1	1	13	2,002
<i>Stictisium + exempli gratia</i>	3											1					4	0,442
<i>Stictisium spp.</i>	7	9	7	11	10	4	7	3	3	4	6	3	3	3	3	2	97	10,73
<i>Stictisium vulpinum</i>									1								1	0,111
<i>Stroma glomerata</i>	10	2		7	1	2	1		1			1		1			28	2,302
<i>Stroma herb-arborum</i>			1									1					2	0,222
<i>Stroma spp.</i>	4		1	2		1		2	1	1	1				1	2	18	1,73
<i>Stictisium nigricans</i>		1		1		1											3	0,334
<i>Stictisium + omnia</i>	3	2	3		1					1							12	1,333
<i>Stictisium basilarium</i>															1		1	0,111
<i>Stictisium longicostatum</i>			1		2					1							4	0,442
<i>Stictisium sp.</i>			3				1	1	2								7	0,773
<i>Stictisium vitale</i>		1					1	1					1	2	1		2	0,222
<i>Uredium arborum</i>	13	3	17	10	10	3	9	3	9	3	7	3	2	1	3	3	113	13,13
<i>Uredium b-olyte</i>	11	3		1			4	1			2		1	2	1	1	29	3,233
<i>Uredium chrysanthemum</i>	3	1	13	7	2	3	1		4	1	3		1		1		44	4,334
<i>Uredium concolor +</i>	2	1		3		1				1			2		1		11	1,233
<i>Uredium puberulum</i>	1		1	1								1					3	0,334
<i>Uredium + palidum</i>							4	3				1	3		1		12	1,333
Totales principales generos	443	35	127	37	34	35	77	23	44	30	33	44	23	27	13	13	399	34,34
Totales generales taxonomicos	200	110	139	93	54	30	90	30	75	28	33	18	37	33	20	44	1111	

El 54,3% de los taxa se aislaron bajo los 3000m, el 26,1% entre los 3000-4000m y el 19,6% sobre los 4000m (Gráfico 2, Tabla 2).

Ninguno de los **Onygenales** y anamorfos relacionados se detectaron como epífitos ni como endófitos.

C) Taxa queratinofílicos excluyendo los Onygenales

Este grupo fue el mayoritario en presencia fúngica, especialmente en el primer escalón con 47 géneros y 102 especies en ambos periodos estacionales (187 aislamientos en verano y 107 en invierno), representados por 38 géneros

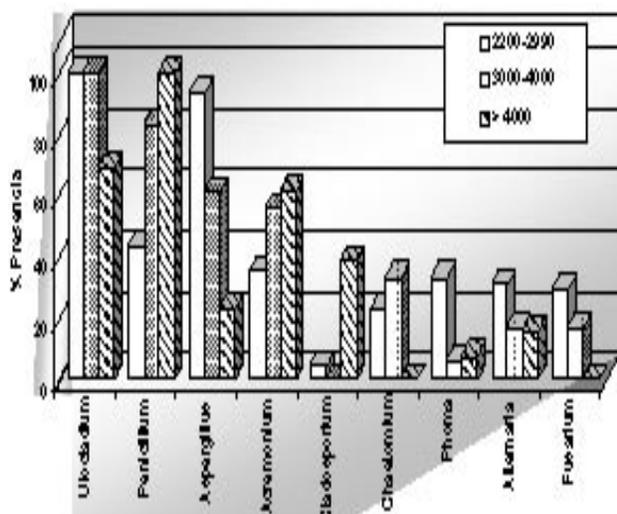


Gráfico 3: Aislamiento de los taxa fúngicos queratinófilos según altitud y número de muestras

dosporium aumentan su porcentaje de presencia hacia el escalón más alto, en especial *Penicillium*. *Chaetomium* y *Fusarium* no se presentaron en el último escalón (Gráfico 3, Tabla 1).

Dentro de los hongos esporádicos presentes al menos en 2 escalones, se destacan: *Aphanocladium album**, *Engyodontium parvispora*, *Fusariella bizozzeriana*, *Myrothecium carmichaelii*, *Oidiodes-drum griseum*, *Papulaspora* sp. y *Verticillium psalioiae** (*En Tabla 1).

Un 45% de las especies queratinófilas se detectaron también como epífitos.

B) Epífitos

Sobre los diversos sustratos vegetales entre los 2200-2990m, se obtuvieron 139 aislamientos en verano y 98 en invierno, detectándose en ambos períodos, 32 géneros y 63 especies fúngicas, representadas por 3 *Zygomycetes*, 7 *Ascomycetes*, 6 *Coelomycetes* y 47 *Hyphomycetes* (60% hialinos). Entre los 3000-4000m se obtuvieron 75 aislamientos en verano y 28 en invierno con un total de 24 géneros y 44 spp., representadas por 4 *Ascomycetes*, 5 *Coelomycetes* y 33 *Hyphomycetes* (55% hialinos). Sobre los 4000m se obtuvieron 20 aislamientos en verano y 44 en invierno, con un total de 22 géneros y 37 spp., representadas por 1 *Ascomycetes*, 6 *Coelomycetes* y 30 *Hyphomycetes* (56,7% hialinos) (Tabla. 1). Los 3 taxa vegetales dominantes en todas las altitudes fueron representados por especies de *Atriplex* (*A. microphylla* y *A. atacamensis*), *Ephedra* (*E. brians*) y *Fabiana* (*F. imbricata* y *F. chilensis*), las cuales en conjunto soportaron el 40% de la presencia fúngica. Entre los 2200 y 4000m, su representatividad fue similar, 45 y 46% respectivamente. Sobre los 4000m, estos vegetales se

presentaron en menor proporción y sólo *Fabiana* mostró diferencias en los 3 escalones altitudinales (2,1- 24,3 y 11% respectivamente). Los taxa fúngicos dominantes en ellas, correspondieron a los géneros *Ulocladium*, *Aspergillus* y *Penicillium*, que representaron el 64% del total de presencia, con las especies: *Ulocladium atrum*, *U. chartarum*, *Aspergillus niger*, *Emericella nidulans*, *Penicillium chrysogenum* y *Praciborskii*. Aún cuando *Atriplex* fue el vegetal más muestreado (n=16), *Ephedra* con la mitad de representatividad (n=8), obtuvo proporcionalmente la mayor presencia fúngica.

Especies de *Ulocladium*, *Alternaria*, *Acremonium*, *Penicillium*, *Cladosporium* y *Trichoderma* se detectaron en estos 3 sustratos vegetales en todas las altitudes analizadas (Gráfico 4), siendo *Aspergillus* el género con la mayor diversidad de especies en el primer escalón altitudinal y *Penicillium* en los otros. Las especies de *Ulocladium* obtuvieron las mayores frecuencias de presencia en el primer escalón. Otros géneros se presentaron sólo en algunos de estos escalones, pero siempre en forma mayoritaria entre los 2200-3000m (Gráfico 4, Tabla 1).

La estructura de los 6 géneros integrantes de la comunidad epifítica con mayor frecuencia de presencia en las muestras es bastante similar a la observada colonizando el anzuelo queratinico. *Penicillium* se mantiene con la máxima presencia en los tres escalones, mientras *Ulocladium*, *Aspergillus* (incluyendo un teleomorfo en *Emericella*), *Alternaria*, *Chaetomium* y *Trichoderma*, van disminuyendo hacia el tercer escalón; aumentan hacia el tercer escalón *Cladosporium* y *Acremonium*. *Aureobasidium* tiene un comportamiento diferente con una máxima presencia en el segundo escalón (Gráfico 4).

Dentro de los hongos esporádicos que se presentaron por lo menos en 2 escalones se destaca: *Ascochyta* sp. *Beauveria bassiana*, *Coniothyrium palmarum* y *Heteroconium chaetospira* (No incluidos en Tabla 1).

Un 62% de las especies epífitas se detectaron también como endófitos.

D) Endófitos.

Como colonizadores internos, se obtuvieron en ambos períodos estacionales en el primer escalón 21 géneros y 33 spp. (con una mayor presencia y diversidad en verano), representados principalmente por 19 taxa de *Hyphomycetes* (68,4% dematiáceos), 4 *Ascomycetes*, 4 *Coelomycetes* y 2 *Zygomycetes*. En el segundo escalón se obtuvieron en ambos períodos un total de 18 géneros y 27 spp. (mayor presencia y diversidad en verano), representadas también en su mayoría por 20 taxa de *Hyphomycetes* (55% hialinos), 4 *Coelomycetes*, 2 *Ascomycetes* y 1 *Zygomycetes*. En el escalón más alto un total de 17 géneros y 22 spp. (mayor presencia y diversidad en invierno), representados en su mayoría por 16 taxa de *Hyphomycetes*

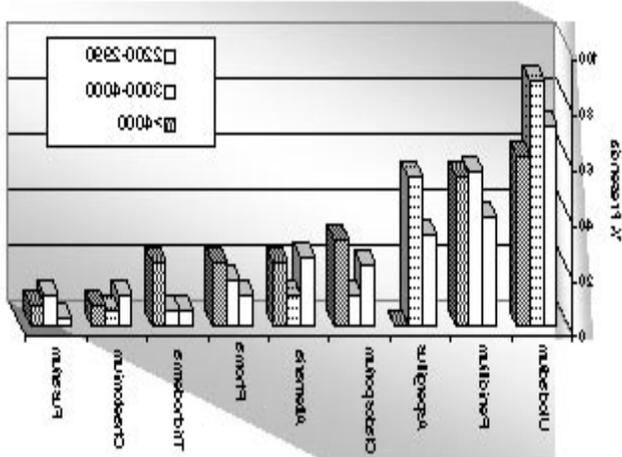


Gráfico 4: Principales géneros de hongos epífitos según altitud y número de muestras

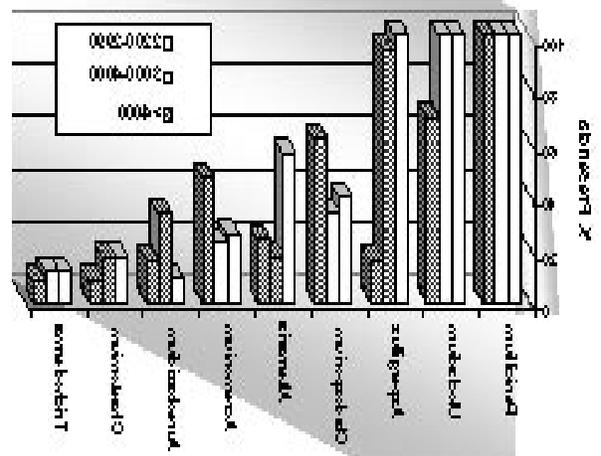


Gráfico 5: Principales géneros de hongos endófitos según altitud y número de muestras

(50% hialinos), 3 *Coelo-mycetes* y 1 *Ascomycetes*. Los principales géneros y sus representantes se muestran en Tabla 1 y Gráfico 5.

La estructura de los principales géneros integrantes de la comunidad endofítica con mayor frecuencia según número de muestras, presenta ciertos cambios en su composición si se comparan con los otros resultados, 5 de ellos se mantienen en todos los escalones y substratos vegetales, tales como *Ulocladium* (el más dominante en todos), *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alter-naria*, *Phoma*, *Trichoderma*, *Chaetomium* y *Fusarium*. *Aspergillus* no se presentó en el último escalón y su presencia máxima fue en el segundo (Gráfico 5).

Dentro de los hongos esporádicos que se presentaron por lo menos en 2 escalones se destaca: *Ascochyta* sp., *Rhizopus oryzae** y *Trichoderma longibrachiatum**. (*En Tabla 1).

DISCUSION

A) Generalidades

La biodiversidad en la naturaleza está directamente relacionada al estrés de los ecosistemas y en este sentido, las zonas desérticas y andinas pueden considerarse en los límites de los ambientes extremos, donde los patrones altitudinales de la cordillera de los Andes en esas latitudes muestran sustanciales variaciones en estacionalidad, pluviosidad, radiación solar y viento, que permiten solamente la sobrevivencia de microorganismos adaptados a estas cambiantes condiciones (Hoffman & Parson, 1991). Bisset & Parkinson (1979), consideran en la distribución de geohongos en suelos alpinos, que la temperatura, humedad, el potasio disponible y el pH, son los mayores determinantes en la estructura de la comunidad fúngica de altura. En nuestro estudio el pH de los suelos fué disminu-

yendo con la altura, situación que pudo haber influenciado la presencia mayoritaria de los *Onygenales* en el primer y segundo escalón. Llama la atención que *C.tropicum*, a pesar de considerarse un acidófilo, sólo se encontró en los suelos más alcalinos del primer escalón (Ulfig et al., 1997).

Debido a la variabilidad ambiental, la heterogeneidad espacio temporal en los ambientes desérticos afecta la composición y riqueza de especies de las comunidades (Polis, 1991), sin embargo, debido al empleo de metodologías diferentes, pudimos observar un alto número de especies en todas ellas, especialmente hasta los 3000m, donde la riqueza más que la composición de la comunidad, tiende a decrecer numéricamente en la cantidad de propágulos presentes en todos los substratos en forma directamente proporcional a la altitud (Ebner et al., 1989, 1992). Esta disminución de la comunidad andina puede asociarse a los severos factores climáticos, pero también en cierta medida a la menor cantidad de muestras colectadas en los escalones más altos si se comparan con las del primer escalón.

La población asociada con los diferentes substratos en las diversas altitudes y localidades geográficas, exhibieron un grupo de especies en común que presentaron sólo alteraciones en frecuencias o densidades, lo que sugiere que las condiciones ambientales aumentan la habilidad competitiva de algunos taxa propios del suelo que no se afectan por los cambios o la disminución en la cobertura vegetal.

B) *Onygenales* queratinofílicas/líticas y anamorfos asociados.

La presencia de hongos geofílicos capaces de utilizar diferentes substratos como la queratina u otros componentes del pelo, está condicionada por numerosos factores

que involucran principalmente la composición del suelo, la disponibilidad de los recursos, la flora y fauna presente y las condiciones climáticas reinantes (Arnold, 1997). Sin embargo, la mayoría de los datos referentes a su distribución geográfica se han obtenido en zonas bajas o inferiores a los 1500m, especialmente en suelos no desérticos donde el factor altura no actúa en la selección de las comunidades tolerante al estrés, con las limitantes similares de los ambientes extremos, influenciados además por la disminución de oxígeno, el empobrecimiento de los suelos y el gradiente térmico y solar cada vez más severo.

Los **Onygenales** y sus anamorfos relacionados, se presentan en diferentes tipos de suelos, desde los ricos en humus a los pobres en materia orgánica, sin embargo, su distribución guarda una relación más estrecha con los suelos asociados a las actividades humanas (Chmel et al., 1972; Soo-Hoo, 1991) o al tipo de queratina presente en ellos (De Vroey, 1968; Pugh & Evans, 1970; Kaul & Sumbali, 2000).

Nuestras expectativas, estimaron un mayor número de aislamientos de **Onygenales** y taxa relacionados en todas las escalones altitudinales, sin embargo, nuestros resultados demuestran que las condiciones climáticas invernales y la altura pueden afectar su prevalencia en los meses fríos. El aislamiento de especies de *Chryso sporium*, *Trichophyton*, *Malbranchea* y *Geomyces*, son frecuentemente reportadas por diferentes autores en muchos países y climas, incluyendo las zonas antárticas (Alteras & Evolceanu, 1969; Abdel-Fattah et al., 1982; Cano et al., 1985; Caretta et al., 1992; Mercantini et al., 1993). El clima antártico, considerado como un desierto frío, coincidentemente semeja en muchos aspectos al andino, que presenta bajas temperaturas, periodos cortos de crecimiento de los microorganismos, reducción de hábitat y escasa o nula pluviosidad en las latitudes estudiadas. Sin embargo, los integrantes del género *Auxarthron*, parecen tener una distribución más restringida, debido a que no son reportados con mucha frecuencia y aparentemente se han detectado mayoritariamente en el hemisferio norte, como en USA, Europa y Asia. (Domsch et al., 1980; Currah, 1985). La presencia de especies de *Auxarthron* fueron registradas con anterioridad en diversas latitudes de los Andes chilenos, *A.conjugatum* en zonas altas (18°Lat.S, a 4500), *A.umbrinum* (33°Lat.S a 3300m) y *A.californiense*, *A.conjugatum* y *A.umbrinum* en zonas xéricas y méxicas bajo los 1000m (26° a 30°Lat.S) (Piontelli et al., 1986, 1990; Piontelli & Caretta, 1974). Al parecer los integrantes del género al parecer desarrollan mejor sus capacidades adaptativas que las competitivas (debido a su lento crecimiento), reflejándose en los nuevos hallazgos de, *A.conjugatum*, *A.zuffianum* y *A.umbrinum* entre los 2200 y 4000m. El género *Auxarthron* y otros **Onygenales** tienen anamorfos en el género *Malbranchea* y 3 de sus

especies integrantes se aislaron al igual que *Auxarthron* en las mismas altitudes. Bowman et al. (1996), estudiando ciertos hongos patógenos humanos y sus relativos cercanos no patogénicos, demostraron mediante análisis molecular y con un fuerte soporte estadístico (100%), que *A.zuffianum* presenta estrechas relaciones evolutivas con *M.dendritica* (aislada 2 veces entre los 2200-3000m), considerada su anamorfo estrechamente relacionado, así como entre *Coccidioides immitis* y *Uncinocarpus reesii* (95%) que presentan ambos anamorfos similares en *Malbranchea* (opinión también confirmada por otros autores, entre ellos Sigler et al., 1998). Como comenta Bowman et al. (1996), dentro del pequeño grupo de los **Onygenales**, los hongos con o sin su estado sexual en sus ciclos de vida se encuentran entremezclados y se presume que *M.dendritica* y *Coccidioides immitis*, han perdido en forma independiente la habilidad de reproducirse sexualmente después de apartarse de sus relativos sexuales (*A.zuffianum* y *U.reesii*), una situación ya observada entre varios grupos relacionados de **Hypomycetes** (Lo Buglio et al., 1993).

Malbranchea anamorfo de *U.reesii*, se aisló sólo en el primer escalón altitudinal, fue también reportada mayoritariamente como un taxon dominante y constante entre los 18 y 26° Lat.S por Piontelli et al. (1990), en zonas costeras y pre-montañas chilenas, presentándose como holomorfo solo en ¼ de los aislamientos, sin embargo, su presencia parece disminuir en latitudes más lejanas 30-34° Lat.S. En trabajos nacionales anteriores no se aisló ni en zonas costeras ni en zonas altoandinas entre los 18-19 y 33° Lat.S (Piontelli & Caretta, 1974; Piontelli et al., 1986). En la literatura este hongo ha sido frecuentemente reportado en todos los continentes y por ende su distribución (en especial la de su anamorfo) es al parecer cosmopolita, sin embargo, con anterioridad al trabajo de Sigler & Carmichael (1976), la literatura relacionaba sus aislamientos como cepas desconocidas de *Malbranchea* o formas conidiales de **Gymnoascaceae** diversas, como lo indican las referencias de estos autores. Su presencia en muchos tipos de suelos, desde los ricos en materia orgánica a los desérticos y volcánicos, en el pelaje y plumaje de ciertos roedores y aves, así como su sobrevivencia a altitudes intermedias (<3000m), convierten a este taxon en uno de los saprotrofos con altas capacidades competitivas en los sustratos queratinicos (Caretta et al., 1977; Hubalek, 2000).

Entre los taxa más registrados *Geomyces panorum*, se aisló en todos los gradientes altitudinales. Esta especie y sus variedades fueron anteriormente reportadas en suelos chilenos en otras latitudes de la zona norte y central (Piontelli & Caretta, 1974; Piontelli et al., 1986; 1990), demostrando sus amplias capacidades adaptativas ya sea bajo los aspectos nutricionales, competitivos y climáticos, que le han permitido una vasta distribución biogeográfica cosmopolita, detectada con diversas técnicas de aisla-

miento en variados ambientes, desde los suelos fértiles a contaminados o desérticos, hasta los climas extremos como los antárticos. Cuando la temperatura decrece la comunidad de **Hyphomycetes** tiende a declinar y **Geomyces** aumenta su presencia, coincidiendo con los estudios efectuados en climas fríos. El estrés altitudinal no parece ser un impedimento para que integre la comunidad de los suelos como un organismo oligotrófico de comportamiento psicrotrófico y psicro-tolerante (Nordgren & Soderstrom, 1985; Del Frate & Caretta, 1990; Ebner et al., 1992; Mercantini et al., 1993; Bergero et al., 1999). Esta capacidad adaptativa se destaca aún más al detectarse su crecimiento en ciertos grupos de comunidades fúngicas bajo las extremas condiciones de contaminación radioactiva (More, 2001).

El género **Gymnascella**, **Trichophyton** y **Amuroascus**, tuvieron bajos registros en nuestra investigación. Se esperaba un predominio de especies de **Chrysosporium** junto con los integrantes del complejo **Arthroderma qua-drifidum** (**Trichophyton terrestre**), sin embargo, el primero sólo fue representado por **C.tropicum** en verano en el escalón más bajo, sin la presencia de un teleomorfo asociado. Esta especie cosmopolita, que se aísla frecuentemente en diversos tipos de suelos, desde los fértiles a los áridos y alcalinos, integrando la comunidad queratino-lítica con **T.terrestre** u otras especies de **Chrysosporium**, son consideradas como especies constantes y dominantes (euridominante) en toda la zona norte del país, desde la costa a las zonas precordilleranas (Piontelli et al., 1990) pero también con una menor presencia, en una zona cordillerana central sobre los 3000m. Ambos taxa, parecen no adaptarse a altitudes superiores a los 4000m, salvo bajo ciertas condiciones especiales como en los suelos enriquecidos por la presencia de abundantes flora y fauna (aves y roedores), en especial **T.terrestre**, que fue la especie dominante en una zona altoandina (alrededor del lago Chungará a 4500 m) (Piontelli et al., 1986). Domsch et al. (1980), comentan que **T. terrestre** parece tener preferencia por zonas subtropicales y templadas y prácticamente no se ha aislado en zonas antárticas.

C) Queratinófilos no relacionados con los Onygenales.

La abundante riqueza de especies de la comunidad queratinofílica, confirman que los ecosistemas desérticos tienen más especies de la que uno puede predecir para éstos hábitat cuyas condiciones abióticas seleccionan una comunidad tolerante al estrés (Wicklow, 1981). El empleo de la sencilla y poco laboriosa técnica del anzuelo queratínico, fue suficiente para determinar la alta versatilidad nutricional (diversidad funcional) de los organismos xéricos (Gochenaur, 1975), especialmente las capacidades celulolíticas de algunas especies al utilizar ya sea, los componentes del anzuelo queratínico o la celulosa en la

mayoría de las altitudes estudiadas, principalmente en algunos integrantes del género **Acremonium** y **Penicillium** (en especial **P. raciborskii**), **Alternaria alternata**, **Aspergillus fumigatus**, **Emericella nidulans**, **Cladosporium cladosporioides**, **Phoma glomerata**, **Ulocladium atrum** y **U.chartarum**. Estos taxa mayoritariamente saprotrofos, pueden considerarse bajo la categoría de verdaderos hongos autóctonos propios del suelo y del filoplano, adaptados a las condiciones de estrés que prevalecen en este ambiente andino (en especial **Penicillium** sobre los 4000m), siendo capaces de ocupar un amplio rango de hábitat, de actuar en situaciones ecológicas especiales, de adaptación a una vida libre, con pocas tendencias a la simbiosis e integrando grupos ecológicos bien definidos que exhiben en conjunto características de psicrotolerantes, termotolerantes, xerotolerantes y halotolerantes (Cooke & Rayner, 1984, Moubasher et al., 1990). Muchos de los géneros geofílicos de presencia esporádica parecen no establecer una población permanente en los suelos en los diferentes escalones altitudinales y sólo sobreviven en períodos climáticos cortos favorables en algunos hábitat protegidos, asociados a diversos substratos vegetales o a la dispersión de la queratina, especialmente aportada por las aves en las zonas más altas. (De Vroey, 1968; Piontelli et al., 1986; Moser, 2002).

Debemos destacar la importancia de 5 géneros que demostraron en orden decreciente una alta selectividad y la más alta prevalencia hacia este substrato tales como: **Ulocladium**, **Penicillium**, **Aspergillus**, **Acremonium** y **Cladosporium**.

Ulocladium, fue el taxa más dominante, en especial el grupo **U. atrum** y **U.chartarum**. Hay pocos reportes de la presencia de estas 2 especies y otros integrantes a diferentes altitudes, generalmente se detectan en climas tropicales y templados en varios tipos de suelos, incluso los salinos y desérticos (Moubasher et al; 1985, 1990; Abdel-Hafez, 1981), sobre el filoplano, la hojarasca senescente, la madera o los suelos áridos y semidesérticos, los cuales, generalmente presentan un buen número de especies de **Hyphomycetes** con dictioconidios dematiáceos (Simmons, 1981). Son 2 especies saprofíticas cosmopolitas y en especial **U.atrum** se reconoce en la literatura como un antagonista sapro-fítico de **Botrytis cinerea**, capaz de inhibir la esporulación de este importante fitopatógeno (Köhl et al., 1995; Kessel et al., 1999).

Todos los aislamientos que por las características macro y microscópicas en PDA correspondieron al grupo **U.atrum**, se clasificaron solamente en estado maduro a nivel de grupo. Debido al elevado número de cepas, estas se guardaron para un próximo estudio de la múltiple morfología de sus conidios en etapas tempranas de desarrollo, según el último tratamiento de Simmons (1998) y a un análisis genético comparativo con biología molecular

(PCR).

La composición de la comunidad fúngica hallada en el escalón más alto, se asemeja en estructura a la de la zona lacustre del norte chileno superior a los 4000m (Piontelli *et al.* 1986), donde los integrantes del género *Ulocladium*, *Penicillium*, *Acremonium*, *Alternaria* y *Aspergillus*, mantienen frecuencias de presencia similares. Las especies de *Aspergillus* y algunos de sus teleomorfos predominan en el escalón inferior, en especial *A.fumigatus*, *A.versicolor*, *A.ustus* y *Emericella nidulans*, disminuyen en el segundo, pero están prácticamente ausentes en el tercero salvo *A.fumigatus*. Puede observarse que el suelo desértico en los escalones más altos no ofrece las mejores condiciones como reservorio de los propágulos de dispersión de los integrantes de este género, a pesar de su conocida capacidad xerofílica y halofílica. Estas propiedades a la tolerancia a la falta de agua y las altas concentraciones salinas son comunes en las especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, pero también observadas en algunos de los aislamientos de *Ulocladium*, capaces de crecer en medios de hasta 10% de NaCl y 40% de Sucrosa, pero también a concentraciones de CuSo₄ (1g/l) y AsO₂ (0,225g/l) (datos no presentados).

Los integrantes del género *Penicillium*, *Alternaria* y *Cladosporium*, considerados como especies de gran amplitud por sus capacidades adaptativas, competitivas y antagónicas, que les permiten una alta presencia en los suelos y en la vegetación, también se han aislado desde la micota anemófila en ambientes alpinos mediante estudios gravimétricos y volumétricos junto a otros géneros tales como *Acremonium*, *Epicoccum*, *Phoma*, *Fusarium* y *Aureobasidium*, entre otros (Ebner *et al.*, 1992). Algunas de las especies de *Acremonium*, parecen mantener una frecuencia de presencia y constancia en todos los escalones altitudinales, sin embargo, los integrantes del género *Alternaria* (en especial *A.alternata*) parecen afectarse con la altitud. El comportamiento de *Cladosporium cladosporioides* sobre la queratina fue particular, debido a que su mayor presencia fue en las zonas más altas. Al parecer la capacidad de colonización del substrato queratínico estaría limitada por la complejidad de sus componentes o por la mayor presencia y competencia de otros hongos en zonas bajas, como lo demuestra su mayor preferencia, presencia y constancia por el substrato vegetal en los diferentes escalones. *Cladosporium* es un género muy bien adaptado a los hábitats rigurosos y por su condición de dematiáceo posee junto a *Alternaria alternata* y *Epicoccum nigrum* una gran tolerancia a la desecación (Hudson, 1986). El comportamiento de *Penicillium* en los diferentes escalones fue bastante similar, sin embargo, debido a la diversidad de especies aisladas, no fue posible determinar todos sus integrantes, situación que no permitió reconocer la posible dominancia de algunas especies en la época de mayor

presencia (verano).

Fusarium equiseti, *Phoma glomerata* y *Chaetomium* spp., presentaron un comportamiento similar en el escalón más bajo, pero a mayores altitudes, tienden a desaparecer. Estas taxa ubicuos y marcadamente celulolíticos, muestran también una tendencia a la queratinofilia, especialmente *Chaetomium*, donde su afinidad por este substrato puede considerarse como selectiva (Piontelli & Caretta, 1974; Kaul & Sumbali, 2000). *Phoma glomerata*, común en todo tipo de material vegetal y también en el suelo, presentó mayoritariamente dictioclamidosporas, en cadenas simples o ramificadas (Figura 5). La presencia de picnidios fue escasa y éstos sólo se observaron tardíamente en los subcultivos, demostrando su capacidad adaptativa ante el estrés ambiental.

D) Epífitos.

El ambiente del filoplano y las superficies de otras partes aéreas de los vegetales, como los tallos de pastos de gramíneas silvestres, soportan una micota, caracterizada por los cambios en su composición debido a la acción de factores climáticos y nutricionales estacionales, no representando un ambiente estable, sino un hábitat con alto estrés caracterizado por un disturbio periódico y constante en el tiempo (Cooke & Rayner, 1984). Una gran variedad de propágulos fúngicos originarios del suelo o de las superficies de los vegetales se depositan como epífitos debido a la acción del viento, conformando una comunidad transitoria o una residente adaptada a una larga sobrevivencia en las duras condiciones que prevalecen en la zona.

La observación directa de los hongos de la filósfera y otras partes aéreas mediante técnicas de aislamiento y cultivo, ha permitido describir poblaciones y comunidades fúngicas en la flora de muchas y diversas zonas geográficas (Lamb & Brown, 1970; Dickinson & o'Donnell, 1977; Cabral, 1985; Thomas & Shattock, 1986). La constante presencia y persistencia de algunas especies, principalmente: *Acremonium strictum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium raciborskii*, *Ulocladium atrum*, *U.botrytis* y *Alternaria alternata* complex, en todas las altitudes, que aumentaron su presencia en relación al número de muestras en el gradiente más alto, puede asociarse a su condición de residentes inespecíficos con activa participación en la degradación primaria del substrato al inicio de la senescencia. Por su producción constante de sus esclerocios, *Penicillium raciborskii*, permitió un fácil seguimiento en las placas con el substrato vegetal y sus aislamientos permitieron reconocer sus capacidades adaptativas y de dispersión en todos los escalones altitudinales. La mayor presencia fúngica detectada en invierno (>100%) en el gradiente más alto, debido a un aumento de las especies esporádicas, no alteró la dominancia en la estructura de la comunidad y puede considerarse como una respuesta estacional en la

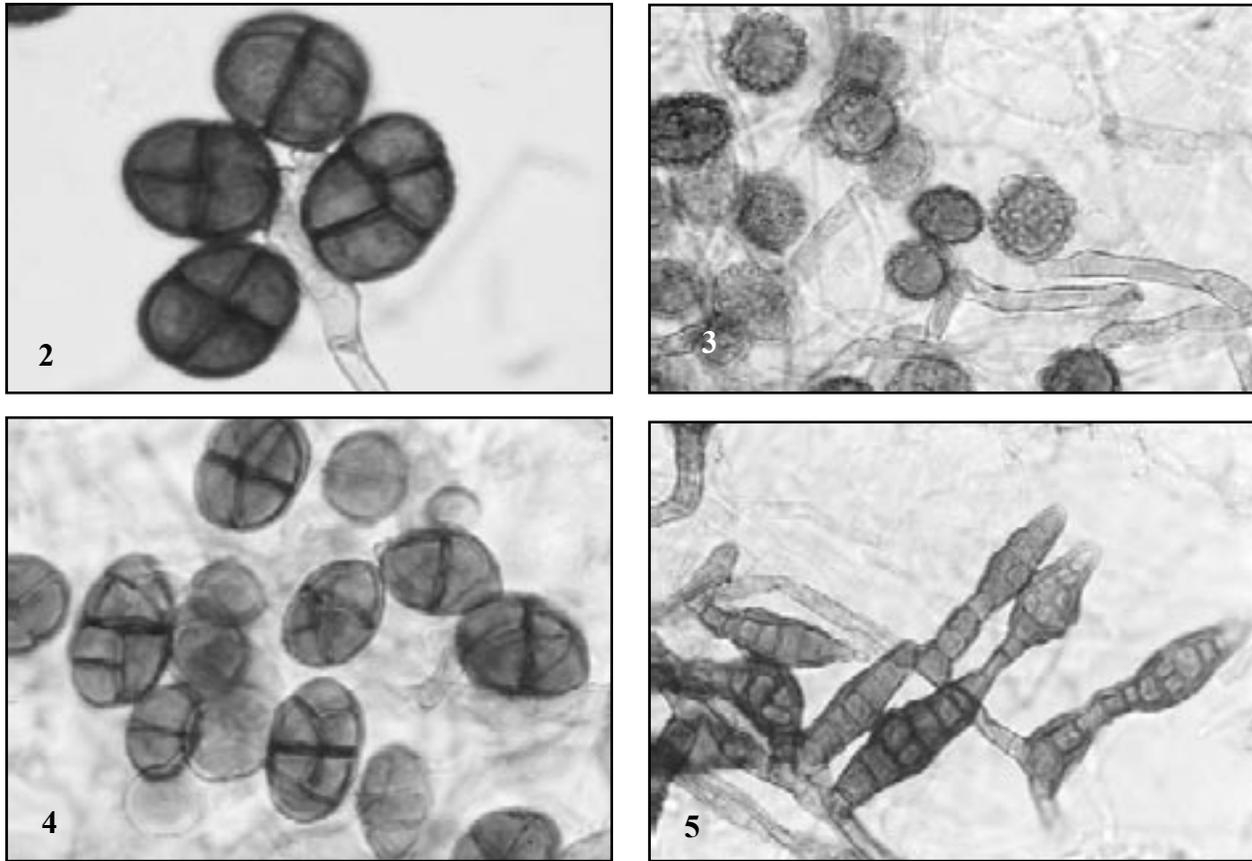


Fig.2,3,4,5. 2.- *Ulocladium atrum*, conidióforo y conidios x1000. 3.- *U.tuberculatum*, conidióforos y conidios 1000x. 4.- *U. consortiale* conidios 1000x. 5.- *Phoma glomerata* clamidosporas en el micelio 1000x.

distribución temporal de la abundancia frente a los variados factores ambientales que controlan la llegada de las esporas a las superficies de los vegetales, su esporulación y crecimiento (Breeze & Dix, 1981). En este sentido las especies de *Aspergillus*, *Aureo-basidium* y *Chaetomium* fueron las más afectadas (Gráfico 3). En zonas desérticas, la estructura de la comunidad epifítica parece guardar características similares a la del suelo, debido a que el substrato orgánico está representado mayoritariamente por los escasos restos de vegetales presentes.

Los hongos con altas frecuencia de presencia corresponden a especies mayoritariamente saprófitas y algunas parásitas que compiten por el mismo recurso común, principalmente sobre las especies vegetales de *Atriplex*, *Ephedra* y *Fabiana*, adaptando sus estrategias (estrés tolerantes o «ruderal») acorde a las condiciones ambientales del momento, no sólo actuando como epífitos sino también como endófitos en las etapas previas a la senescencia.

E) Endófitos.

Petrini (1991), amplía el concepto de endófito

incluyendo a todos los organismos que habitan los órganos de las plantas que en una etapa de su vida son capaces de colonizar sus tejidos internos sin causar una daño aparente en ellos. Los trabajos ecológicos sobre endófitos fúngicos de los tejidos y partes aéreas de las plantas, principalmente **Clavicipitales** en regiones templadas, se han efectuado básicamente sobre importantes gramíneas cultivadas y silvestres (Clay 1990), sin embargo, hay marcadas diferencias en la composición de especies en relación a la distribución geográfica y el clima.

La variación de la composición de la comunidad endofítica en relación a la altura es coincidente con los conceptos generales de sus cambios en dependencia de las localidades y condiciones ecológicas regionales y que la mayoría de los taxa encontrados corresponden a especies de epífitos comúnmente considerados como saprófitos primarios de muchas plantas, capaces de colonizar los tejidos del vegetal vivo mediante algún tipo de especificidad con su hospedero (Petrini 1987, 1991). Esta situación permite una mejor protección frente a las condiciones ecológicas adversas (irradiación, desecación) evitando las actividades antagónicas de otros organismos más competitivos pre-

sentes en la superficie. Varios taxa con altas frecuencias de presencia en los substratos queratinófilos y vegetal (epífitos) no se detectaron como endófitos, o sus presencias disminuyeron, en especial los que no poseen paredes melanizadas, más resistentes a los rayos UV, como: *Acremonium*, *Aspergillus* y *Emericella nidulans*.

Los dematiáceos como *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *C. herbarum* y *Epicoccum nigrum*, son epífitos conocidos por su capacidad de penetrar los tejidos vivos e inducir la senescencia. Estos saprófitos primarios comunes que se aíslan de las superficies de material vegetal esterilizado diverso, son frecuentes en zonas templadas y raros en las zonas tropicales, donde se observa una gran abundancia de saprofitos y patógenos compitiendo por el material vegetal muerto, considerado la mayor fuente de inóculo para los potenciales endófitos (Isaac et al., 1993). En nuestro estudio, se detectó la presencia constante de *C. cladosporioides* en todas las altitudes y el reemplazo de *A. alter-nata* en el escalón más alto por *A. chlamydospora*, pero también se observó la presencia de los integrantes del género *Ulocladium*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Penicillium* (en especial *P. raciborskii*) y *Phoma*, reconocidos como endófitos en plantas, arbustos y hierbas diversas (Dickinson, 1981; Petrini 1986; Ballero et al., 1999). El comportamiento de *Epicoccum nigrum*, escasamente presente sólo en el escalón más alto en las 3 metodologías, es poco explicable; se le considera un invasor secundario de tejidos vegetales dañados o senescentes y su presencia en una gramínea no determinada, podría reflejar algún grado de asociación.

Podemos afirmar que la composición de la comunidad endofítica encontrada es muy similar en las 3 altitudes, pero la adaptación de su microbiota al clima andino y su constitución principalmente integrada por **Hyphomycetes** comunes en diversos hospederos vegetales y aparentemente no especie-específicos, refleja la magnitud de los diversos tipos de estrategia econutricional de sus integrantes. En este sentido, las regiones desérticas resultan interesantes para el conocimiento, distribución y ecología de este grupo fúngico que debido a sus importantes roles biológicos pueden ser un factor favorable en los ciclos de vida de los vegetales presentes en estos hábitat.

CONCLUSIONES

La dispersión en todos los gradientes altitudinales se efectuó principalmente por mitosporas de **Hyphomycetes**, con una mayor presencia de géneros con propágulos dematiáceos en los substratos queratinófilos y hialinos sobre el substrato vegetal.

A pesar que el gradiente climático altitudinal en zonas desérticas actúa sobre la estructura de la comunidad fúngica, esta parece exhibir condiciones de estabilidad, donde un grupo de especies pertenecientes a los géneros

Ulocladium, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Acremonium* y *Alternaria* muestran con pequeñas oscilaciones, una constancia y sobrevivencia en el tiempo en todos los escalones. La dominancia de algunos de los integrantes de este reducido grupo de taxa en todos estos escalones, fue compartida en el tiempo con una proporción mayoritaria de especies esporádicas o de baja frecuencia ("ruderal") en estrecha relación con los escasos substratos presentes en el suelo o la litera vegetal senescente. Esto, que puede asociarse al concepto de un balance dinámico de la comunidad, parece corresponder a un patrón netamente regional más que local, confirmando que las regiones áridas y semiáridas son menos afectadas por los cambios globales climáticos y las actividades humanas que las áreas mésicas.

Los **Onygenales** y anamorfos relacionados se aislaron principalmente en verano y en los escalones más bajos, prevaleciendo las especies de *Auxarthron*, mientras *Geomyces pannorum* fué la especie de mayor presencia y persistencia en todos los escalones.

Nuestra investigación confirma que el anzuelo queratinófilo y el substrato vegetal autóctono, usados simultáneamente, permiten apreciar en buena medida la actividad ecológica y la capacidad de algunos hongos de subsistir en el ambiente ya sea como integrantes de la microbiota del suelo, como epífitos o como endófitos tolerantes al estrés y de comportamiento principalmente saprotrofo, capaces de utilizar substratos complejos en diferentes hábitat.

REFERENCIAS

- Abdel-Fattah, H.M.; Mobasher, A.H. & Maghazy, S.M. (1982). Keratinolytic fungi in Egyptian soils. *Mycopathologia* 79:49-53
- Abdel-Hadez, S.I.I. (1981). Halophilic fungi of desert soils in Saudi Arabia. *Mycopathologia* 61:75-80
- Alteras, I. & Evolceanu, R. (1969). A ten years survey of Romanian soil screening for keratinophilic fungi (1958-1968). *Mycopath. Mycol. Appl.* 38:151-160
- Arnold, E.J. (1997). Biogeography and conservation. In: Wicklow, D.T. & Soderstrom, B. (eds.) *The Mycota Vol. IV. Environmental and Microbial relationships*. Springer-Verlag, Berlin. Pp.115-131
- Ballero, M.; Sponga, F.; Ariu, A. & Madau, P. (1999). Distribuzione ed aspetti ecologici di funghi endofiti presenti in specie sclerofilliche mediterranee. I contributo. *Micologia Italiana* 3:5-9
- Bergero, R.; Girlanda, M.; Varese, G.C.; Intili, D.; Luppi, A.M. (1999). Psychrooigotrophic fungi from antarctic soils of Franz Joseph Land. *Polar Biology* 21:361-368
- Bissett, J. & Oarkinson, D. (1979). Functional relationships between soil fungi and environment in alpine tundra. *Can. J. Bot.* 57: 1642-1659
- Breeze, E.M. & Dix, N.J. (1981). Seasonal analysis of the fungal community on *Acer platanoides* leaves. *Trans. Br. mycol. Soc.* 77:321-328
- Cabral, D. (1985). Phyllosphere of *Eucalyptus viminalis*: Dynamics of

- fungal population. *Trans. Br. mycol. Soc.* 85:501-511
- Cano, J.; Punsola, L. & Guarro, J.** (1985). Distribución geográfica, según climas y tipos de suelo, del género *Chrysosporium* en catalunya. *Rev. Iber. Micol.* 2:91-108
- Caretta, G.; Del Frate, G.; Piontelli, E. & Todaro, F.** (1977). Distribuzione di funghi cherotinofili nel suolo del vulcano Etna (Sicilia). *Rivista di Parassitologia* 23:115-127
- Caretta, G.; Mangiarotti, A.M. & Piontelli, E.** (1992). Keratinophilic fungi isolated from soil of Italian parks in the province of Pavia. *Eur. J. Epidemiol.* 8:330-339
- Chmell, L.; Hasilikova, A.; Hrasko, J. & Vlacilikora, A.** (1979). The influence of some ecological factors on keratinophilic fungi in soil. *Sabouraudia* 10:26-36
- Clay, K.** (1990). Fungal endófitos of grasses. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 21: 275-297
- Cooke, R.C. & Rayner, A.D.** (1984). *Ecology of saprotrophic fungi.* Longman, London and N.York.
- Christensen, M.** (1981). Species diversity and dominance in fungal communities. In: Wicklo, D.T. & Carroll, G.C. (Eds.) *The fungal community, its organization and role in the ecosystem.* Marcel Dekker, Ink. N.York, pp.201-233
- Currah, R.S.** (1985). Taxonomy of the Onygenales: Arthrodermataceae, Gymnoasceae, Myxotrichaceae and Onygenaceae. *Mycotaxon* 24:1-216
- Del Frate, G. & Caretta, G.** (1990). Fungi isolated from antarctic material. *Polar Biology* 11:1-17
- Dickinson, C.H. & O'Donnell, J.** (1977). Behaviour of phylloplane fungi on *Phaseolus* leaves. *Trans. Br. mycol. Soc.* 68:193-199
- Dickinson, C.H.** (1981). Biology of *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides* and *C. herbarum* in respect of their activity on green plant. In: Blakeman, J.P. (Ed.), *Microbial ecology of the phylloplane.* Academic Press, London. pp 169-184
- Domsch, K.H.; Gams, W. & Traute-H, A.** (1980). *Compendium of soil fungi.* Vol 1. Academic Press. London.
- Ebner, M.R.; Haselwandter, K. & Frank, A.** (1992). Indoor and outdoor incidence of airborne fungal allergens at low and high-altitude alpine environment. *Mycol. Res.* 96:117-124
- Gochenaour, S.E.** (1975). Distribution patterns of mesophilous and thermophilous microfungi in two Bahamian soils. *Micopat. and Mycol. Appl.* 57:155-164
- Hoffman, A.A. & Parson, P.A.** (1991). *Evolutionary genetics and environmental stress.* Oxford University Press. N.York.
- Hubalek, Z.** (2000). Keratinophilic fungi associated with free-living mammals and birds. In: Kushwaha, R.K.S. & Guarro, J. (Eds.) *Biology of Dermatophytes and other keratinophilic fungi.* Revista Iberoamericana de Micología, Bilbao. pp. 93:103
- Hyde, K.D.; Cerous, P.W.; Lee, S.; Lumyong, G.; McKenzie, E.H.C. & Paulus, B.** (2002) Diversity of saprobic microfungi. *Sevent Inter. Mycol. Cong. Abstract n° 100.* Oslo. Norway.
- Isaac, S.; Frankland, J.C.; Watling, R. & Walley, A.J.S.** (Eds.) (1993). *Aspects of tropical mycology.* Cambridge University Press: Cambridge, U.K.
- Kaul, S. & Sumbali, G.** (2000). Keratinophilic fungi from feathers of Indian poultry birds. *Mycologist* 14:148-150
- Kessel, G.J.T.; de Haas, B.H.; Lombaers-van der Plas, C.H.; Meijer, E.M.J.; Dewey, F.M.; Goudrian, J.; van Der Werf, W.; Köhl, J.** (1999). Quantification of micelium of *Botrytis* spp. and the antagonist *Ulocladium atrum* in necrotic leaf tissue of *Cyclamen* and *Lily* by fluorescence microscopy and image analysis. *Phytopathology* 89:868-876
- Kjoller, A. & Struwe, S.** (1992). Functional groups of microfungi in decomposition. In: Carrol, G.C. & Wicklow, D.T. *The Fungal community: Its organizations and role in teh ecosystem.* II Ed. Marcel Dekker, N.Y. pp.619-630
- Körner, C.** (1999). *Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems.* Springer, Verlag.
- Köhl, J.; Molhoek, W.M.L.; van der Plas, C.H. & Fokkema, N.J.** (1995). Effect of *Ulocladium atrum* and other antagonists on sporulation of *Botrytis cinerea* on dead lily leaves exposed to field conditions. *Phytopathology* 85:393-341
- Lamb, R.J. & Brown, J.F.** (1970). Non parasitic microflora of leaf surfaces of *Paspalum dilatatum*, *Salix babylonica* and *Eucalyptus stellulata*. *Trans. Br. mycol. Soc.* 55:383-390
- LoBuglio, K.F.; Pitt, J.I. & Taylor, J.W.** (1993). Phylogenetic analysis of two ribosomal DNA regions indicates multiple independent losses of a sexual *Talaromyces* state among a sexual *Penicillium* species in subgenus *Biverticillium*. *Mycologia* 85:592-604
- McGinnies, W.G.** (1979). Arid -land ecosystems-common features throughout the world. In: Goodal, D.W.; Perry, R.A & Howes, W. (Eds.) *Arid-Land ecosystems: Structure, functioning and management, Vol. I,* Cambridge Univ. Press, U.K. pp.299-316
- Mercantini, R.; Marsella, R.; Moretto, D. & Finotti, E.** (1993). Keratinophilic fungi in the antarctic environment. *Mycopathologia* 122:169-175.
- More, R.T.** (2001). Hot fungi from Chernobil *The Mycologist* 15:63-64
- Moser, M.** (2002). Alpine fungi of tundra. *Seventh Intern. Mycological Congress, Abstracts.* August Oslo.
- Moubasher, A.H.; Abdel-Hafez, S.I.I. & El-Maghraby, O.M.O.** (1985). Studies on soil mycoflora of Wadi Bir-El-Ain, eastern desert, Egypt. *Cryptogamie Mycologie* 6:129-143
- Moubasher, A.H.; Abdel-Hafez, S.I.I.; Bagy, M.M.K. & Abdel-Star, M.A.** (1990). Halophilic and halotolerante fungi in cultivated desert and salt marsh soils from Egypt. *Acta Mycologica* 26:65-81
- Nordgre, A.E.B. & Soderstrom, B.** (1985) Soil microfungi in an area polluted by heavy metals. *Can. J. Bot.* 63:448-455
- Petrini, O.** (1986). Taxonomy of endophytic fungi of aerial plant tissues. In: Fokkema, N.J. & van den Heuvel, J. (Eds.) *Microbiology of the phyllosphere.* Cambridge University Press, UK. pp175-187
- Petrini, O.** (1987). Endophytic fungi of alpine Ericaceae. The endophytes of *Loiseleira procumbens*. In: Lauresen, G.A.; Amirati, J.F. & Redhead, S.A. (Eds.), *Arctic and alpine Mycology II.* Environmental science Research. Vol 34. Plenum Press. N.York and London. pp.71-77
- Petrini, O.** (1991). Fungal endophytes of tree leaves In: Andrews, J.H. & Hirano, S.S. (Eds.) *Microbial ecology of leaves.* Springer-Verlag, PP.179-197
- Piontelli, L.E. & Caretta, G.** (1974). Considerazioni ecologiche su alcuni

geomiceti isolati su substrati cheratinici in località montagnose delle Ande del Chile. Riv. Pat. Vegetale 10:261-314

Piontelli, L.E.; Toro, M.A. & Casanova, Z.D. (1986). Microcomunidades fúngicas en zona altiplánica chilena. Estudio sobre substratos queratinicos. I. Rev. Arg. Micología. 9:26-32

Piontelli, L.E.; Toro, M.A. & Casanova, Z.D. (1990). Latitudinal distribution of Onygenales and related Hyphomycetes in soils of northern Chile between 18°-34° south latitude. Boletín Micológico 5:79-106

Polis, G.A. (1991). The ecology of desert communities. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.

Pugh, G.J.F. & Evans, M.D. (1970). Keratinophilic fungi associated with birds I. Fungi isolated from feathers, nest and soils. Trans. Br. Mycol. Soc. 54:233-240

Quintanilla, V. (1983). Geografía de Chile. Tomo III. Biogeografía. Instituto Geográfico Militar. Santiago

Rossman, A.Y.; Tulloss, R.E.; O'Dell, T.E. & Thorn, R.G. (1998). Protocols for an all taxa biodiversity inventory of fungi a Costarican conservation area. Parkway Publishers, Boone, Nord Carolina.

Schlesinger, W.H.; Reynolds, J.F.; Cunningham, G.L.; Huenneke, L.F. Jarrel, W.M.; Virginia, R.A.; Whitford, W.G. (1990). Biological feedbacks in global desertification. Science 247:1043-1048

Shrader-Frechette, K.S. & McCoy, E.D. (1998). Method in Ecology: Strategies for consevations. Cambridge University Press.

Sigler, L. & Carmichael, J.W. (1976). Taxonomy of Malbranchea and some other Hyphomycetes with arthroconidia. Mycotaxon 4:349-488

Sigler, L.; Flis, A.L. & Carmichael, J.W. (1998). The genus Uncinocarpus (Onygenaceae) and its synonym Brunneospora: new concepts, combinations and connections to anamorphs in Chrysosporium, and further evidence of relationship with Coccidioides immitis. Can. J. Bot. 76:1624-1636

Simmons, E. (1981). Alternaria themes and variations. Mycotaxon 8:16-34

Soo-Hoo, T.S. (1991). Isolation of keratinophilic fungi from Malaysia. Mycopathologia 113:155-158

Thomas, M.R. & Shattock, R.C. (1986). Filamentous fungal associations in the phylloplane of *Lolium perenne*. Trans. Br. mycol. Soc. 87:1255-268

Ulfig, K.; Guarro, J.; Cano, J.; Gene, J.; Vidal, P.; Figueras, M.J. (1997). The occurrence of keratinolytic fungi in sediments of the river Tordera (Spain). FEMS Microbiology Ecology 22:111-117

Vanbreuseghem, R. (1952). Technique biologique pour l'isolement des dermatophytes du sol. Ann. Soc. Belge Méd. Trop. 32:173-178

Vroey, C.De. (1968). Ecologie de quelque gymnoascacées keratinophiles (I). Bull. De l'Acad. Royale de Belgique (Classe des Sciences) 54:1352-1368

Wicklow, D.T. (1981). Biogeography and conidial fungi. In: Cole, G.T. & Kendrick, B. (Ed.) Biology of Conidial fungi, Vol. I, Academic press N.Y. pp.417-447