

HONGOS AISLADOS DESDE SUELOS DE BOSQUES DE *ARAUCARIA-NOTHOFAGUS* DESPUES DE UN INCENDIO EN EL PARQUE NACIONAL TOLHUACA

(*Fungi isolated from Araucaria-Nothofagus forests soils after a fire in National Park Tolhuaca*)

Oscar Martínez¹ V., Eduardo Valenzuela¹ F. & Roberto Godoy² B.

¹Instituto de Microbiología, ²Instituto de Botánica, Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Casilla 167, Valdivia.

Palabras claves: Hongos, suelo, fuego, bosque *Araucaria-Nothofagus*.

Key words: Fungi, soil, fire, *Araucaria-Nothofagus* forest.

RESUMEN

Se determinó después de dos años el efecto de un incendio natural sobre la población fúngica en un bosque *Araucaria-Nothofagus*, localizado en el Parque Nacional Tolhuaca. Las poblaciones fúngicas fueron aisladas desde el suelo de tres parcelas (una de control) y de dos profundidades por el método de las diluciones en agar extracto de malta y la identificación se hizo por el método de la taxonomía tradicional. Los hongos de las taxa *Penicillium*, *Mortierella* y *Trichoderma* fueron predominantes (79 % en promedio) a la profundidad 0-20 cm, independiente de la época de muestreo y sin mayores diferencias taxonómicas en las 3 parcelas, después de los 2 años del incendio, siendo también dominantes (68.6 % en promedio) en la profundidad 20-40 cm. Además, se observó un mayor número de taxa en la profundidad 0-20 cm (37 taxa) en comparación a los 20-40 cm (18 taxa).

INTRODUCCION

La actividad de los hongos en el suelo de bosques templados es importante en el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos, particularmente en el ciclo del carbono. Esta actividad es modificada por los incendios forestales, los que provocan una reducción de la biomasa y diversidad de las poblaciones fúngicas (Neary *et al.*, 1999). Los hongos son sensibles a las altas temperatura, en algunos casos han demorado hasta tres años en alcanzar los niveles

ABSTRACT

After two years, the effect of a natural fire on the fungal population of an *Araucaria-Nothofagus* forest, located in Nacional Park Tolhuaca was assessed. Fungal populations were isolated from the soil of three plots and at two depths by the dilution in malt extract agar method. The identification was made by the traditional taxonomy method. Fungi of taxa *Penicillium*, *Mortierella* and *Trichoderma* are predominant (79% average) at 0-20cm depth, regardless of the sampling time, and without major taxonomic differences in the three plots after the 2 years of fire and they are also dominant (68.6% average) at 20-40cm depth. Besides, a greater number of taxa at 0-20cm depth (37 taxa) was observed as compared to the 20-40cm (18 taxa) depth.

poblacionales iniciales (Vázquez *et al.*, 1993; Pietikäinen, 1999). Por otro lado, se ha reportado que las ectomicorrizas han demorado hasta 15 años en recuperar sus niveles poblacionales previos al incendio, en bosques boreales (Treseder *et al.*, 2004). En cuanto a los hongos que colonizan primariamente las áreas quemadas, Sharma (1981), señala que los taxa *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. y *Trichoderma* sp. fueron los primeros hongos en colonizar después del incendio en bosques de pino. Por su parte, Azaz y Pekel (2002), encontraron que después del fuego en bosques de *Pinus brutia* Ten. y *Quercus* L. sp., en Turquía, predominaron los integrantes de los

géneros cosmopolitas de *Aspergillus*, *Penicillium* y *Alternaria*.

En Chile, las investigaciones respecto del efecto del fuego sobre la microbiota del suelo son escasas, en particular en los ecosistemas forestales después de haber sido afectados por un incendio. Este trabajo reporta los hongos aislados en suelos de bosques del tipo forestal *Araucaria-Nothofagus*. En el año 2002 en el Parque Nacional Tolhuaca, ocurrió un incendio que afectó al tipo forestal *Araucaria-Nothofagus* (A-N), ecosistema de características únicas en el mundo, tanto desde el punto de vista de las especies que lo componen, como de su estado prístino. Esta catástrofe ha propiciado la oportunidad para estudiar como se afectaron las poblaciones fúngicas. El objetivo de este trabajo fue conocer y comparar los hongos aislados desde áreas quemadas y no quemadas en bosques de *Araucaria-Nothofagus*.

MATERIALES Y METODOS

a).- Área de estudio. El área de estudio esta localizada en la Cordillera de Los Andes, Parque Nacional Tolhuaca (38°10' a 38°15' y 71°40' a 71°50'), IX Región, afectados por un incendio forestal en febrero del 2002. En el bosque de *Araucaria-Nothofagus*, se establecieron 3 parcelas, dos afectadas por el fuego parcela 1 (P1) y parcela 2 (P2) y una parcela control (PC). PC esta localizada a 1440 m.s.n.m., y tiene una pendiente de <5%, P1 localizada a una altitud de 1160 m.s.n.m., con una pendiente de 30 % y P2 localizada a 1240 m.s.n.m. con una pendiente de 48 %. El suelo del lugar es de origen volcánico, derivados de cenizas, escoria y lava provenientes de los volcanes Tolhuaca y Lonquimay. El clima es templado frío, la temperatura promedio anual es de 8,6 °C, la temperatura media máxima del mes más frío es de 6,7 °C y la media mínima del mes más frío es de -2,6 °C. El clima también se caracteriza por un período estival seco, correspondiente al mes de enero, cuya temperatura promedio es de 15,1 °C. Las precipitaciones tienen un rango de 2500-3500 mm anuales concentrándose en los meses de invierno.

b).- Muestreo del suelo y aislamiento de los hongos. Se muestrearon los suelos de las parcelas establecidas (P1, P2 y PC) en cada época (verano, otoño, invierno y primavera) del año 2004. De cada una de las parcelas se extrajeron 3 muestras de suelo de las profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm. Las muestras fueron tamizadas a 2 mm, homogenizadas y mantenidas en bolsas de nylon en un recipiente térmico. Posteriormente se hizo una muestra compuesta mezclando las 3 submuestras de cada profundidad y respectiva parcela.

c).- Aislamiento de los hongos. Las muestras fueron procesadas por el método de las diluciones y sembradas en agar extracto malta (AEM) al 2%. Para aislar los hongos se depositó en una placa Petri 1 mL de la dilución respectiva, se le adicionaron 0,2 mL de una mezcla de antibióticos (50 µg/mL de Penicilina y 25 µg/mL de Estreptomycin) y 10 mL de AEM al 2% enfriado a 45 °C, las placas sembradas se incubaron a 23 ± 2 °C por 5 a 7 días, tiempo en el que se aislaron los hongos.

Las cepas en estudio se sembraron en AEM al 2 % y los hongos pertenecientes al género *Penicillium* se sembraron en agar Czapek incubándose a 23 ± 2 °C en oscuridad hasta por 30 días.

Las cepas aisladas se identificaron por taxonomía clásica y para la identificación de los hongos, se siguió las claves de textos especializados, entre ellos von Arx (1981), Domsch *et al.* (1980) y Ramírez (1982).

Se calculó el índice de densidad relativa (DR), de cada taxon, como el número de aislados de un taxon por 100/total del número de aislados (Bettucci & Alonso, 1995). Para medir la similitud entre los taxa aislados desde las tres parcelas y en las distintas épocas del año, se utilizó el Índice de Similitud de Sørenson (IS), $IS = (2C/(A+B)) \times 100$, donde A = número de taxa en la comunidad A, B = número de taxa en la comunidad B, y C = número de taxa comunes para A y B (Brower & Zar, 1977).

RESULTADOS Y DISCUSION

El objetivo de este estudio fue conocer y comparar los hongos presentes en el suelo de bosque de A-N quemado y no quemado de las mismas características.

En las Tabla 1 y 2, se observa que los hongos pertenecientes a los géneros *Penicillium*, *Mortierella* y *Trichoderma* fueron encontradas en casi todos los muestreos independiente de la parcela, época de muestreo y profundidad. Se determinó que los integrantes de los géneros *Penicillium*, *Mortierella* y *Trichoderma*, fueron los más abundantes, sumando en promedio un 79 y 68.6 % desde las profundidades 0-20 y 20-40 cm respectivamente, en las 3 parcelas en estudio. Estos resultados concuerdan con Sharma (1981), quien encontró que en suelos de bosques quemados predominaban *Penicillium* spp., y *Trichoderma* spp., mientras que en suelos no quemados dominaron especies de *Absidia*, *Trichoderma*, *Fusarium* y *Penicillium*. Por otro lado, Lucarotti (1981), reportó que en suelos de bosques quemados en Canadá obtuvo con mayor frecuencia especies pertenecientes a los géneros *Trichoderma*, *Penicillium*, *Mucor* y *Mortierella*. Lumbey *et al.* (2001), reportaron que las especies más comunes aisladas desde el suelo después del fuego, desde bosques de *Populus* y *Picea*, pertenecían a los géneros *Trichoderma*, *Rhizoglyphus*, *Penicillium* y *Mortierella*.

Por su parte, Soderstrom & Baath (1978), quienes investigaron los hongos presentes en suelos de bosques de *Picea* sp., en el sur de Suecia, encontraron que el 71 % del total de los aislados pertenecían a especies de los géneros *Penicillium*, *Mortierella* y *Trichoderma*. La

tendencia es el dominio de los mismos taxa en los suelos de las parcelas (PC, P1 y P2) del bosque de A-N, esto parece indicar una rápida recolonización de las zonas quemadas por hongos mitosporicos y **Mucorales**, que se caracterizan por una gran capacidad de diseminación

Tabla 1. Densidad relativa de los taxa fúngicos aislados desde la parcela control (PC), P1 y P2 en la profundidad 0-20 cm en verano (V), otoño (O), invierno (I) y primavera (P).

Taxa	PC				P1				P2			
	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P
<i>Absidia</i> sp.	-	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acremonium</i> aff. <i>kiliensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2
<i>Acremonium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	1,9	-	-	-	-
<i>Aspergillus niger</i> Tiegh.	-	-	2,4	-	-	-	1,9	-	-	-	2,2	-
<i>Aspergillus</i> sp.	-	-	-	-	18,4	-	-	13,2	-	-	-	-
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.-Criv.) Vuill.	-	-	-	-	2,0	1,9	-	-	2,2	-	-	-
<i>Eupenicillium</i> sección <i>Javanica</i>	14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eupenicillium</i> sp.	-	-	-	-	-	5,7	-	-	-	-	-	-
<i>Geotrichum candidum</i> Link	-	-	-	-	-	3,8	-	-	-	2,1	-	-
<i>Mortierella isabellina</i> Oudem.	2,0	2,0	-	11,8	14,3	1,9	-	28,3	35,6	38,3	30,4	33,3
<i>Mortierella ramanniana</i> var. <i>angulispora</i> (Naumov) Linnem.	36,0	28,0	33,3	-	6,1	17,0	26,4	18,9	-	-	-	-
<i>Mortierella vinacea</i> Dixon-Stew.	-	-	-	19,6	-	-	-	7,5	-	-	-	2,2
<i>Mortierella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1,9	-	-	-	-	2,2
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	8,5	2,2	-
<i>Penicillium decumbens</i> Thom	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4	-	-	-
<i>Penicillium expansum</i> Link	2,0	-	-	-	-	1,9	-	-	2,2	-	-	2,2
<i>Penicillium implicatum</i> Biourge	24,0	14,0	33,3	25,5	38,8	1,9	13,2	22,6	22,2	8,5	15,2	13,3
<i>Penicillium janthinellum</i> Biourge	2,0	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium jensenii</i> Zalessky	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium restrictum</i> Gilman & Abbott	-	-	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium simplicissimum</i> (Oudem.) Thom	-	-	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> serie <i>Brevicompaetum</i>	-	-	-	-	-	5,7	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> serie <i>Decumbens</i>	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	4,4
<i>Penicillium</i> serie <i>Implicatum</i>	-	2,0	-	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> serie <i>Frequentans</i>	-	2,0	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> serie <i>Implicatum</i>	-	-	-	-	-	-	1,9	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> serie <i>Janthinellum</i>	-	-	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> serie <i>Ramigena</i>	4,0	-	-	-	-	9,4	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> sp.	4,0	4,0	4,8	3,9	2,0	3,8	3,8	1,9	15,6	4,3	4,3	-
<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.) Vuill.	-	-	-	-	14,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	4,0	-	2,4	-	-	-	-	-	-	6,4	-	-
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	-	2,0	-	5,9	-	11,3	-	-	-	-	-	17,8
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> Rifai	-	-	-	2,0	-	5,7	24,5	5,7	8,9	-	37,0	6,7
<i>Trichoderma polysporum</i> (Link) Rifai	-	18,0	-	3,9	-	17,0	-	-	6,7	-	-	8,9
<i>Trichoderma</i> sp.	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	2,1	6,5	-
Micelio estéril	2,0	2,0	2,4	-	-	-	1,9	-	-	-	2,2	2,2
Micelio estéril Basidiomycetes	-	-	-	-	-	5,7	-	-	-	6,4	-	-
No identificados	4,0	14,0	11,9	19,6	-	7,5	24,5	-	-	8,5	-	4,4
Total DR	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 2. Densidad relativa de los taxa fúngicos aislados desde la parcela control (PC), P1 y P2 en la profundidad 20-40 cm.

Taxa	PC				P1				P2			
	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P
<i>Acromonium</i> sp.	-	-	8,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus niger</i> Tiegh.	46,7	-	2,1	-	56,7	-	-	-	59,3	2,9	10,7	-
<i>Aspergillus</i> sp.	-	-	6,3	-	3,3	-	2,0	-	-	-	-	-
<i>Mortierella isabellina</i> Oudem.	-	-	4,2	-	-	-	-	18,4	-	22,9	25,0	10,3
<i>Mortierella rammaniana</i> var. <i>angulispora</i> (Naumov) Linnem.	10,0	30,6	18,8	29,2	-	35,4	8,0	34,2	-	-	-	-
<i>Mortierella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	4,0	-	-	-	-	-
<i>Penicillium canescens</i> Sopp	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,9	-	-
<i>Penicillium implicatum</i> Biourge	26,7	28,6	22,9	47,9	6,7	8,3	20,0	7,9	-	5,7	10,7	33,3
<i>Penicillium purpurogenum</i> Stoll	-	-	-	-	-	2,1	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium simplicissimum</i> (Oudem.) Thom	-	-	-	-	-	2,1	-	-	-	2,9	-	-
<i>Penicillium</i> serie <i>Decumbens</i>	-	4,1	-	-	-	-	-	-	-	2,9	-	-
<i>Penicillium</i> serie <i>Frequentans</i>	-	-	-	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> sp.	3,3	-	10,4	4,2	-	18,8	8,0	-	7,4	8,6	-	-
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	-	-	-	-	-	-	-	23,7	-	14,3	21,4	23,1
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> Rifai	-	-	-	-	-	20,8	46,0	-	-	17,1	25,0	23,1
<i>Trichoderma polysporum</i> (Link) Rifai	-	4,1	10,4	10,4	-	-	6,0	7,9	-	-	7,1	10,3
<i>Trichoderma</i> sp.	-	-	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No identificados	13,3	32,7	14,6	6,3	33,3	12,5	4,0	7,9	33,3	20,0	-	-
Total DR	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(Jorgensen & Hodges, 1970). En la profundidad 0-20 cm los integrantes del género *Penicillium*, fueron en promedio en PC de un 36 % y en P1- P2 de 27 % respectivamente. Mientras que los taxa pertenecientes a *Mortierella* fueron en promedio un 33 % de los aislados en todas las épocas del año en la parcela PC, 31 % para P1 y 36 % para P2. Por su parte, los integrantes de *Trichoderma* presentes en PC fueron en promedio de 7.9 %, en P, 17 % y en P2, 24 %. Con respecto a *Mortierella rammaniana* var. *angulispora*, Wright & Bollen (1961), observaron que estaba presente tanto en suelos de bosques quemados como no quemados, siendo el más rápido recolonizador de las áreas quemadas.

La Tabla 2 muestra lo que sucedió en la profundidad 20-40 cm, donde predominaron *Aspergillus niger*, *Mortierella* spp., *Penicillium* spp. y *Trichoderma* spp. Los integrantes del género *Aspergillus* se aislaron en PC en verano e invierno, con 28 % como promedio, mientras que en P1 y P2 en verano e invierno con 31 % y 24 % como promedio respectivamente. Las especies de *Penicillium* constituyeron el 38 % en promedio del total de los aislados en PC y un 19 % para P1- P2. Las especies de *Mortierella* fueron en promedio 23 % para PC, 33% para P1 y 19 % para

P2; en estas dos últimas parcelas no se aislaron hongos en la época de verano. Por su parte las especies de *Trichoderma* fueron aisladas en otoño, invierno y primavera, cuyos promedios fueron 9 % en PC, 35 % en P1 y 47 % en P2.

En las tres parcelas se aislaron más taxa desde la profundidad de 0-20 cm (37 taxa) que de la profundidad 20-40 cm (18 taxa). Alexander (1980), observó que las poblaciones fúngicas usualmente se desarrollan en los primeros 20 cm de suelo a causa de la concentración de nutrientes y oxígeno y por las condiciones de humedad y temperatura, rangos necesarios para el crecimiento de estos microorganismos. Por su parte, Valenzuela *et al.* (2002), reportaron una disminución del número de taxa al aumentar la profundidad en suelos Hapludand de la serie Pelchuquin, de origen volcánico.

En la Tabla 3, se observan los IS al comparar PC con P1, PC con P2 y P1 con P2, en cada una de las épocas de muestreo. El IS, indica que al menos la mitad de los taxa están presentes en las tres parcelas durante todo el período en estudio. Esto se explica dado que el mayor porcentaje de los hongos aislados se concentró en tres géneros, que fueron comunes para las tres parcelas en estudio.

Tabla 3. Índice de similitud entre los taxa presentes en las tres parcelas en la profundidad 0-20 cm.

	PC-P1	PC-P2	P1-P2
	%	%	%
Verano	50	40	44
Otoño	50	30	62.5
Invierno	58.8	47	55.5
Primavera	44	57	42
Promedio	50.7	43.5	51
Desviación estándar	6	11.38	9.7

Finalmente, se puede concluir que tras dos años desde el incendio, no habría diferencias taxonómicas entre los géneros fúngicos que predominan en las tres parcelas en estudio.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Bilateral de Cooperación Científica y Tecnológica entre la Universidad Austral de Chile y la Universidad de Gent, Comunidad Flamenca de Bélgica, cuyo título es: «Effect of Fire Damage on Regeneration and N Loss from *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch Forest in Southern Chile».

REFERENCIAS

- Alexander, M.** (1980). Microbiología de los suelos. SKF Editor S.A. Madrid, España.
- Azaz, A. & Pekel, O.** (2002). Comparison of Soil Fungi Flora in Burnt and Unburnt Forest Soils in the Vicinity of Kargıcak (Alanya, Turkey). *Turkish Journal of Botany* 26:409-416
- Bettucci, L. & Alonso, R.** (1995). The effect of wildfire on the opportunistic decomposer fungal community of a Uruguayan *Eucalyptus* spp. forest. *Pedobiología* 39:470-480
- Brower, J. & Zar, J.** (1977). Field and laboratory methods for general ecology. W.M.C: Brown Company Publishers. Dubuque. Iowa.
- Domsch, K.; Gams, W. & Anderson, T.** (1980). Compendium of soil fungi. Vol. I. Academic Press. London.
- Jorgensen, J. & Hodges, C.** (1970). Microbial characteristics of a forest soil after twenty years of prescribed burning. *Mycologia* 62:721-726
- Lucarotti, C.** (1981). The effects of fire and forest regeneration on mesofauna population and microfungal species in lichens. McGill Subarctic Research Paper 32:7-26
- Lumley, T.; Dennis Gignac, L. & Currah, R.** (2001). Microfungus communities of white spruce and trembling aspen logs at different stages of decay in disturbed and undisturbed sites in the boreal mixedwood region of Alberta. *Can. J. Bot.* 79:76-92
- Neary, D.; Klopatek, C.; DeBano, L. & Ffolliott, P.** (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management* 122:51-71
- Pietikäinen, J.** (1999). Soil microbes in boreal forest humus after fire. Academic Dissertation in Forest Soil Science. Finnish Forest Research Institute. Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki.
- Ramírez, C.** (1982). Manual and atlas of the Penicillia. Elsevier Biomedical Press. Amsterdam.
- Sharma, G.** (1981). Effect of fire on soil microorganisms in a Meghalaya pine forest. *Folia Microbiologica (Praha)* 26:321-327
- Soderstrom, B. & Baath, E.** (1978). Soil microfungi in three Swedish coniferous forest. *Holarctic Ecology* 1:62-72
- Treseder, K.; Mack, M. & Cross, A.** (2004). Relationships among fires, fungi, and soil dynamics in alaskan boreal forests. *Ecological Applications* 14:1826-1838
- Valenzuela, E.; Pinochet, D. & Carias, P.** (2002). Mycological characterization of an hapludand soil series under three management practices. *Mycotaxon* 81:357-366
- Vázquez, F.; Acea, M. & Carballas, T.** (1993). Soil microbial populations after wildfire. *FEMS Microbiology Ecology* 13:93-104
- von Arx, J.** (1981). The genera of fungi sporulating in pure culture. J. Cramer. Vaduz
- Wright, E. & Bollen, W.** (1961). Microflora of Douglas-fir forest soil. *Ecology* 42:825-828