

Trabajo completo

Diversidad fungica en ambientes de industrias alimentarias

RECIBIDO: 17/04/2012

ACEPTADO: 16/08/2012

Frisón LN.* • Colomba PS • Aringoli EE. • Basílico JC.

Cátedra de Microbiología, Dpto. Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829. (3000) Santa Fe, Argentina.

*Correspondencia: Laura Frisón - Teléfono. (0342) 4571164 (Int. 2541). E-mail: lfrison@fiq.unl.edu.ar

RESUMEN: Se tomaron y procesaron un total de 54 muestras de aire de los ambientes exterior (EX), interior de las salas de producción con actividad de los operarios (CA) e interior de las salas de producción sin actividad (SA) luego de las operaciones de limpieza y desinfección de una industria quesera, una panaderil y una elaboradora de dulce de leche, de las ciudades de San Carlos y San Jerónimo Norte departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe, Argentina. Se utilizó un equipo multipocillo de impacto aire/agar, el tiempo para la toma de muestra fue de 30 segundos, las muestras se incubaron 7 días a 28 °C. Se realizó el recuento total expresando el resultado como Media Geométrica (MG) y Desviación Estándar Geométrica (SDG) y se procedió a la identificación de los géneros y/o especies encontradas mediante la observación macroscópica y microscópica de las colonias desarrolladas en medios y condiciones específicas de cultivo. Los resultados mostraron que hay 3 géneros predominantes: *Cladosporium*, *Alternaria* y *Epicoccum* con porcentajes de abundancia superiores a

otros géneros. Klanova (2000) estableció que concentraciones por encima de 2.000 ufc/m³ son riesgosas; los ambientes interiores de la industria panaderil y la industria quesera tienen una MG total cercana a ese valor por lo que sería aconsejable que estas industrias disminuyan las concentraciones de mohos en sus ambientes interiores. **PALABRAS CLAVE:** mohos ambientales, ambiente interior, hongos ambientales, bioaerosoles.

SUMMARY: *Fungal diversity in food industries environments.*

A total of 54 samples from indoor and outdoor air from the production rooms of a cheesemaking, bakery and "dulce de leche" industries in the cities of San Carlos and San Jerónimo Norte (Santa Fe province-Argentina) were taken, processed and analyzed both with (WA) and without activity (WOA) of the workers, after cleaning and disinfection operations. Sampling was performed with a RCS centrifugal air sampler based on air/agar impact principle, which collect the air for 30 seconds. Samples were incubated at 28 °C for 7 days. After total counts, genera and/or species

were identified by macroscopic and microscopic observation of colonies developed on specific media and culture conditions and results were expressed as Geometric Mean (GM) and Geometric Standard Deviation (GSD). Three genera -*Cladosporium*, *Alternaria* and *Epicoccum* - were the predominant ones, with percentages higher than other genera. According to Klanova (2000),

concentrations above 2000 cfu/m³ are risky. Since indoor environments cheesemaking and bakery industries under study showed total GM near that value, it would be advisable that these industries reduce mold concentrations in indoor environments. **KEYWORDS:** environmental fungi, indoor environment, airborne fungi, bioaerosols.

1. Introducción

La mayoría de los hongos presentes en los ambientes interiores son saprófitos obteniendo lo que necesitan para su metabolismo de materiales muertos, materia orgánica o sustratos como madera, papel, pintura, suelo, polvo, piel y alimentos (1). Su presencia junto con partículas sólidas y volátiles y fragmentos celulares constituyen los bioaerosoles (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8). En los últimos años, han surgido nuevas actividades industriales por lo que la exposición a los bioaerosoles puede ser abundante, por ejemplo industrias de compost y reciclado de basura, industrias con procesos biotecnológicos, etc., y la exposición a estos bioaerosoles está asociada con procesos alérgicos (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 5). Las diferencias en la concentración y variedades de especies fúngicas encontradas en los ambientes, se debe a diversos factores como la variedad climática en las diferentes regiones geográficas y ambientes estudiados, las condiciones de análisis, equipamiento para la realización de la toma de muestra y medio de cultivo utilizado. Las concentraciones fúngicas citadas en la bibliografía difieren de un lugar a otro por las actividades humanas y las condiciones medioambientales por lo que cada lugar de trabajo debe ser considerado como un

caso separado y único. En las zonas rurales se encuentra mayor concentración y diversidad fúngica debido a las actividades agrícolas y ganaderas (17). Las diferencias medioambientales entre las áreas urbanas y rurales se deben a factores ecológicos. En las áreas urbanas hay mayores niveles de emisión de contaminantes (18). Las diferencias en cuanto a condiciones meteorológicas y geográficas registradas en la literatura aeromicológica dificultan la comparación de los resultados (19).

Los valores de concentraciones de mohos encontrados en ambientes interiores y exteriores dependen, fundamentalmente, del sistema de ventilación disponible. Esta relación es prácticamente idéntica cuando el edificio está ventilado de forma natural, mientras que, en edificios ventilados de forma mecánica mediante extractores o inyectores de aire, la concentración de mohos encontrados en el interior es inferior a la del exterior. (20). Klanova (21) determinó que la concentración de mohos en ambientes interiores por encima de 2000 ufc/m³ debe ser considerada como un factor de riesgo serio para la salud de los ocupantes, ya que muchas esporas fúngicas tienen la capacidad de producir respuestas alérgicas en individuos susceptibles. Para

reducir el nivel de bioaerosoles en ambientes interiores pueden tomarse ciertas medidas de control tales como mantenimiento de equipos, control de humedad, ventilación natural, uso de filtros en ventilación del aire y el uso de desinfectantes y biocidas. Los materiales de construcción y equipamiento pueden ser considerados lugares adecuados para la colonización ya que proveen nutrientes, temperatura, alcalinidad, porosidad y disponibilidad de agua para el crecimiento de mohos (22, 23, 24, 25). Los mohos utilizan diversas estrategias para colonizar los sustratos, presentan estructuras de fructificación exógena y aprovechan las corrientes de aire para la liberación y transporte de sus conidios. Por lo que las células fúngicas inocuas, infecciosas o alérgicas se encuentran en variedades y concentraciones que dependen de la localización geográfica, las condiciones climáticas, el sustrato orgánico, la estación del año, la hora del día y el grado de urbanización entre otras variables (26).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la diversidad fúngica del ambiente exterior y del ambiente interior de las salas de producción con actividad de los operarios y sin actividad luego de las operaciones de limpieza y desinfección de una industria quesera, una panaderil y una elaboradora de dulce de leche, de las ciudades de San Carlos Centro y San Jerónimo Norte, departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe, Argentina y evaluar el ambiente interior de las salas de maduración de queso duro y queso azul de la industria quesera. Se propuso identificar las especies fúngicas potencialmente alérgicas.

Materiales y Métodos

Toma de muestras

Se tomaron y procesaron un total de 54 muestras de aire, 18 por cada uno de los ambientes: exterior (EX), interior de las salas de producción con actividad de los operarios (CA) e interior de las salas de producción sin actividad (SA) luego de una hora de transcurridas las operaciones de limpieza y desinfección de una industria quesera, una panaderil y una elaboradora de dulce de leche. El muestreo se realizó durante 3 meses en 3 días diferentes tomando muestras por duplicado en cada lugar e industria, utilizando para tal fin un equipo de muestreo de aire centrífugo Standard RCS (Biotech Diagnostics Corporation, Denville, New Jersey, USA), el cual opera bajo el principio de impacto de un volumen de aire de 40 L/min sobre tiras multipocillo con medio Agar Extracto de Malta (MEA) con agregado de Cloranfenicol 100 mg/L para inhibir el crecimiento bacteriano. El tiempo utilizado para la toma de cada muestra fue de 30 segundos, en los días de toma de muestra la temperatura y la humedad relativa (HR %) promedio fueron de 18 °C y de 75 % respectivamente. El muestreador fue decontaminado con alcohol isopropílico al 70 % (v/v) antes de cada muestreo. Las tiras multipocillos se incubaron 7 días a una temperatura de 28 °C. Teniendo en cuenta que los operarios no se mudaban de ropas ni calzado al trasladarse de la sala de maduración de queso azul a la de maduración de queso duro, se tomaron 18 muestras del aire interior de cada una de las salas para evaluar si este modo de operar tenía alguna influencia en la carga fúngica de estas salas.

Recuento, aislamiento e identificación

Se realizó el recuento de las colonias desarrolladas en las tiras multipocillos, expresando los resultados como: unidades formadoras de colonias/metro cúbico de aire muestreado (ufc/m³), considerando como factores de corrección el tiempo de muestreo (30 segundos) y el factor propio del equipo (12,5). Las colonias desarrolladas fueron sometidas a una observación macroscópica y microscópica preliminar a fin de determinar características distintivas de cada género. Posteriormente recultivadas en MEA hasta la obtención de colonias puras. Para la identificación de las especies de los géneros encontrados se siguieron las claves taxonómicas de acuerdo a Pitt y Hocking, Samson, Nelson, Carmichael y Gams, teniendo en cuenta caracteres macroscópicos tales como: diámetro, color y textura de las colonias y caracteres microscópicos como: estructuras de reproducción, conidióforos, tipos de conidios, cuerpos de fructificación, etc. (8, 27, 28, 29, 30).

Tratamiento de los datos experimentales

Las concentraciones fúngicas se expresaron como Media Geométrica (MG) y Rango ($R=MG \pm 1SDG$), siendo SDG: Desviación Estándar Geométrica. Se determinó la Abundancia (Ab) de los géneros fúngicos identificados que se expresaron como Abundancia (Ab) = $(n^{\circ} \text{ ufc Género} / n^{\circ} \text{ ufc Totales}) \times 100$. Mediante un ANOVA del log decimal de las ufc/m³ se evaluaron las diferencias de los recuentos fúngicos en los ambientes CA, SA y EX de cada industria. Se utilizaron como soportes informáticos Microsoft Office Excel 2003 y Statgraphics versión 3.0.

Resultados y Discusión

La concentración fúngica (resultado de la sumatoria de las MG de cada lugar) fue de 4356 ufc/m³ en la industria quesera, de 3876 ufc/m³ en la panaderil y de 4439 ufc/m³ en la elaboradora de dulce de leche representadas por 13 géneros de mohos: *Cladosporium*, *Alternaria*, *Epicoccum*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Chrysosporium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Curvularia*, *Rhizopus*, *Eurotium*, *Ulocladium* y *Paecilomyces* y Levaduras totales y por mohos que no esporularon y no se pudieron identificar. Las especies encontradas fueron *Cladosporium cladosporioides* y *C. phaeospermum*, *Alternaria alternata*, *Epicoccum nigrum*, *Penicillium roqueforti*, *Fusarium proliferatum* y *F. verticillioides*, *Chrysosporium pannorum*, *Aspergillus niger*, *Trichoderma harzianum*, *Curvularia lunata*, *Rhizopus oryzae*, *Eurotium amstelodami*, *Ulocladium chartarum* y *Paecilomyces variotii*. Diferentes autores, han encontrado una marcada variación tanto en la concentración total de mohos como en los géneros que podría estar relacionada con diferentes condiciones meteorológicas. Las características geográficas y climáticas influyen en la frecuencia y la concentración de un gran número de esporas fúngicas en el aire que se asocian a síntomas de alergia respiratoria (31, 32, 33, 18).

En la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3, se presentan los valores de los recuentos totales y de cada género fúngico encontrado en el interior CA, SA y EX de las industrias evaluadas expresados como Media Geométrica (MG) y Rango (R).

Tabla 1. Medias geométricas (MG) y Rango (R) (ufc/m³) de los Recuentos Totales y de los géneros fúngicos aislados.

Industria Elaboradora de Dulce de leche

| | | CA | SA | EX |
|---------------------|----|----------------|----------------|----------------|
| Recuentos Totales | MG | 743,8 | 1094,2 | 2600,9 |
| | R | (504,6-1096,3) | (619,2-1933,5) | (1215,8-563,7) |
| Géneros aislados | | | | |
| <i>Cladosporium</i> | MG | 277,4 | 690,9 | 1976,6 |
| | R | (91,5-840,8) | (311,0-1535,1) | (996,4-3920,7) |
| <i>Alternaria</i> | MG | 183 | 220,5 | 459,4 |
| | R | (57,4-583,8) | (63,3-767,9) | (250,3-843) |
| <i>Epicoccum</i> | MG | 32 | 19,7 | 69,3 |
| | R | (8,2-128,4) | (4,94-78,5) | (12,7-377,1) |
| <i>Levaduras</i> | MG | 16,7 | 11,4 | 27 |
| | R | (6,2-44,7) | (6,6-19,6) | (7,3-100,4) |
| <i>Penicillium</i> | MG | 11,4 | 11,4 | 10,4 |
| | R | (6,6-19,6) | (6,5-20,1) | (8,8-12,2) |
| <i>Fusarium</i> | MG | 10,4 | 10,2 | 10,3 |
| | R | (8,8-12,2) | (9,3-11,3) | (8,9-11,9) |
| Otros* | MG | 16,2 | 13,4 | 29,2 |
| | R | (5,2-50,1) | (1,1-160,1) | (7,1-119,4) |

CA: Ambiente Interior, con actividad de los operarios.

SA: Ambiente Interior, sin actividad de los operarios.

EX: Ambiente Exterior.

Otros*: Corresponde a géneros de aparición esporádica: *Chrysosporium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Curvularia*, *Rhizopus*, *Eurotium*, *Ulocladium* y *Paecilomyces*.

Tabla 2. Medias geométricas (MG) y Rango (R) (ufc/m³) de los Recuentos Totales y de los géneros fúngicos aislados
Industria Panaderil

| | | CA | SA | EX |
|---------------------|----|----------------|----------------|----------------|
| Recuentos Totales | MG | 1140,3 | 1544,9 | 1192,3 |
| | R | (743,9-1747,9) | (1061,2-249,4) | (724,8-1961,3) |
| Géneros aislados | | | | |
| <i>Cladosporium</i> | MG | 238,1 | 462,5 | 145 |
| | R | (62,8-903,5) | (227,3-941,3) | (22,9-918,5) |
| <i>Alternaria</i> | MG | 148,5 | 199,7 | 339,4 |
| | R | (54,3-405,9) | (89-448,1) | (204,2-563,9) |
| <i>Epicoccum</i> | MG | 52,9 | 55,2 | 97,3 |
| | R | (11,5-244,2) | (14,6-208,1) | (29,2-324,7) |
| <i>Levaduras</i> | MG | 153,6 | 40,5 | 31,8 |
| | R | (39,3-600,6) | (5,1-322,1) | (5,7-176,3) |
| <i>Penicillium</i> | MG | 59,9 | 55,2 | 97,3 |
| | R | (11,5-244,2) | (14,7-208,1) | (29,2-324,7) |
| <i>Fusarium</i> | MG | 37,6 | 30,2 | 48,7 |
| | R | (9,2-153,6) | (7-207,5) | (11,4-208,3) |
| Otros* | MG | 44,5 | 119,7 | 72,6 |
| | R | (11,4-173,2) | (26,1-549,8) | (14,9-352,7) |

CA: Ambiente Interior, con actividad de los operarios.

SA: Ambiente Interior, sin actividad de los operarios.

EX: Ambiente Exterior.

Otros*: Corresponde a géneros de aparición esporádica: *Chrysosporium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Curvularia*, *Rhizopus*, *Eurotium*, *Ulocladium* y *Paecilomyces*.

Tabla 3. Medias geométricas (MG) y Rango (R) (ufc/m³) de los Recuentos Totales y de los géneros fúngicos aislados
Industria Quesera

| | | CA | SA | EX |
|---------------------|----|----------------|----------------|----------------|
| Recuentos Totales | MG | 1172,9 | 1487,4 | 1695,6 |
| | R | (470,6-2923,4) | (904,7-2445,2) | (1091,1-2635) |
| Géneros aislados | | | | |
| <i>Cladosporium</i> | MG | 152,7 | 738,7 | 501,3 |
| | R | (11,9-1960,8) | (427,5-276,7) | (126,3-1990,5) |
| <i>Alternaria</i> | MG | 202,8 | 153,6 | 227,9 |
| | R | (60,9-675,4) | (40,1-589,4) | (65,3-795,4) |
| <i>Epicoccum</i> | MG | 67,9 | 66,9 | 216,1 |
| | R | (15,2-302,4) | (14,9-299,6) | (60,9-766,1) |
| <i>Levaduras</i> | MG | 23,6 | 12,8 | 12,1 |
| | R | (6,4-86,7) | (5,4-30,5) | (6,2-23,6) |
| <i>Penicillium</i> | MG | 30,3 | 88,3 | 19,9 |
| | R | (5,6-165) | (20,9-373,3) | (5,6-70,5) |
| <i>Fusarium</i> | MG | 19,5 | 33,5 | 38,9 |
| | R | (5,7-67,1) | (9,3-120,2) | (9,1-166,6) |
| Otros* | MG | 28,9 | 69,6 | 54,2 |
| | R | (5,5-152,7) | (12,2-395,6) | (9,2-319,1) |

CA: Ambiente Interior, con actividad de los operarios.

SA: Ambiente Interior, sin actividad de los operarios.

EX: Ambiente Exterior.

Otros*: Corresponde a géneros de aparición esporádica: *Chrysosporium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Curvularia*, *Rhizopus*, *Eurotium*, *Ulocladium* y *Paecilomyces*.

La concentración fúngica encontrada en los ambientes interiores y exteriores del presente trabajo, corresponden a concentraciones similares a las encontradas por Basílico et al. (17) quienes estudiaron ambientes interiores y exteriores de casas de familia de zonas urbanas y suburbanas de la misma provincia (Santa Fe, Argentina). Esto podría deberse a que se trata de la misma región geográfica con temperaturas y humedad relativa porcentual (HR %) promedio similares. Debe remarcar que es el primero estudio que se realiza en ambientes de industrias de la región santafesina.

Debido a que en la industria elaboradora de dulce de leche, se observa una MG mucho mayor en el ambiente EX que en el ambiente interior CA y SA, se podría inferir que esta industria posee un sistema de barrera eficiente proporcionada por cortinas de aire en puertas de entrada que dificulta el ingreso del aire exterior. De acuerdo a los valores obtenidos de MG en las salas de producción de las industrias estudiadas CA y SA, podemos observar que, cuando se

realiza la limpieza del lugar, las esporas fúngicas permanecerían viables en el ambiente, lo que refleja que no sería eficiente el sistema de limpieza utilizado por ellas.

Se pudo observar además que los géneros encontrados en el ambiente exterior son los mismos que se encuentran en el interior, lo que mostraría la influencia del ambiente exterior sobre el interior. Estos datos son coincidentes con los reportados por Capello et al. (26) que demostraron que la flora fúngica presente en el interior de las industrias es la representativa de la atmósfera exterior ya que las esporas penetran a través de puertas y ventanas. Además las condiciones ambientales tales como HR %, la temperatura, precipitación pluvial, niebla y actividades humanas influyen en el desarrollo y propagación de las esporas hacia los ambientes interiores (34).

Se realizó un ANOVA para evaluar la relación entre el factor ambiente CA, SA y EX y los recuentos de los géneros fúngicos encontrados en cada una de las industrias. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. ANOVA de los géneros fúngicos con respecto al factor ambiente

| Géneros | Ind. Elaboradora | Ind. Panaderil | Ind. Quesera |
|-------------------------|-------------------|----------------|---------------|
| | de Dulce de Leche | | |
| | Valor p | Valor p | Valor p |
| log Totales | 0,0000 | 0,1992 | 0,3841 |
| log <i>Cladosporium</i> | 0,0000 | 0,1189 | 0,0762 |
| log <i>Alternaria</i> | 0,0684 | 0,0840 | 0,7378 |
| log <i>Epicoccum</i> | 0,0507 | 0,0840 | 0,0835 |
| log <i>Penicillium</i> | 0,3750 | 0,0647 | 0,0521 |
| log <i>Fusarium</i> | - | 0,8416 | 0,4154 |
| log Levaduras | 0,0465 | 0,0413 | 0,1847 |
| log Otros* | 0,1126 | 0,4371 | 0,0904 |

p<0,05 * Otros: Corresponde a géneros de aparición esporádica: *Chrysosporium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Curvularia*, *Rhizopus*, *Eurotium*, *Ulocladium* y *Paecilomyces*.

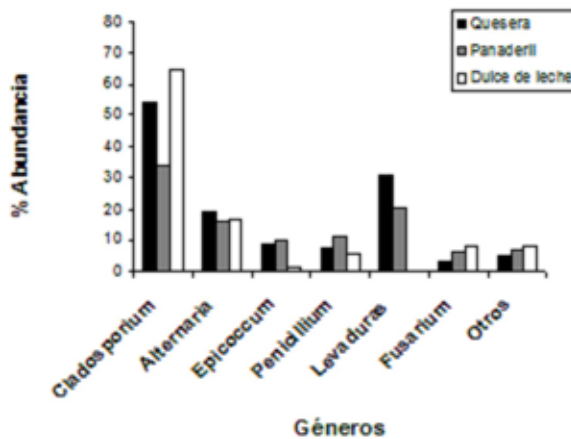
Los recuentos totales y del género *Cladosporium* para la industria elaboradora de dulce de leche muestran diferencias significativas ($p < 0,05$). Para evaluar las diferencias entre los 3 ambientes se realizó el Test de Rangos Múltiples (Método LSD al 95 %). Este mostró, para los recuentos totales, que el ambiente exterior eran significativamente diferentes del ambiente interior CA y SA, mientras que para el género *Cladosporium* los 3 ambientes fueron diferentes. Para el género *Epicoccum* existen diferencias sig-

nificativas para el ambiente interior SA y el ambiente exterior.

En la industria quesera, el género *Penicillium* mostró un $p = 0,0521$. Aplicando el Test de Rangos Múltiples se observó que sólo existen diferencias significativas entre el ambiente exterior y el ambiente interior SA.

En las Figuras 1, 2 y 3 se muestran los porcentajes de abundancia (% Ab) de los géneros encontrados en los ambientes interiores CA, SA y en EX de las tres industrias.

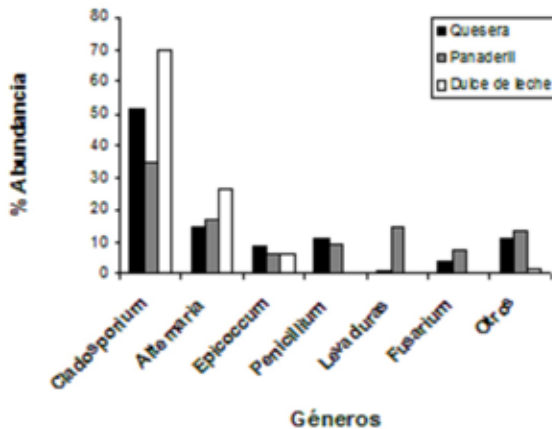
Figura 1. % de Abundancia de aislados fúngicos del ambiente interior con actividad de los operarios.



Abundancia (Ab) = $(n^{\circ} \text{ ufc Género} / n^{\circ} \text{ ufc Totales}) \times 100$

Otros: Corresponde a géneros de aparición esporádica: *Chrysosporium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Curvularia*, *Rhizopus*, *Eurotium*, *Ulocladium* y *Paecilomyces*.

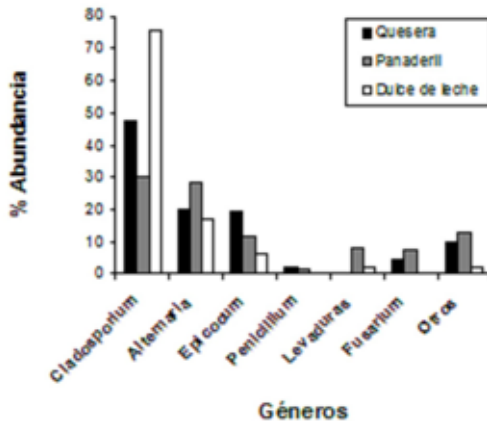
Figura 2. % de Abundancia de aislados fúngicos del ambiente interior sin actividad de los operarios.



Abundancia (Ab) = (nº ufc Género/ nº ufc Totales) x 100

Otros: Corresponde a géneros de aparición esporádica: *Chrysosporium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Curvularia*, *Rhizopus*, *Eurotium*, *Ulocladium* y *Paecilomyces*.

Figura 3. % de Abundancia de aislados fúngicos en el ambiente exterior



Abundancia (Ab) = (nº ufc Género/ nº ufc Totales) x 100

Otros: Corresponde a géneros de aparición esporádica: *Chrysosporium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Curvularia*, *Rhizopus*, *Eurotium*, *Ulocladium* y *Paecilomyces*.

El género *Cladosporium* fue el género más abundante en todas las industrias y presentó los mayores porcentajes para la industria elaboradora de dulce de leche tanto en EX 75,7 % como para el ambiente interior 69,7 % SA y 64,4 % CA respectivamente. La especie más representativa de este género fue *C. cladosporioides*, seguido por *C. phaoespermum*. En segundo lugar, de acuerdo a la abundancia fue el género *Alternaria* para todas las industrias y presentó los porcentajes más altos para el EX en la industria panaderil 28 %, seguido por el ambiente interior SA de la industria elaboradora de dulce de leche 26,3 % y el EX de la industria quesera 20%, siendo *A. alternata* la única especie identificada. En las Figuras 1 y 2 se observa que la abundancia del género *Cladosporium* es similar tanto CA como SA en las tres industrias, mientras que la abundancia del género *Alternaria* es similar CA y SA sólo en la industria quesera y panaderil. En tercer lugar se encuentra *Epicoccum* con porcentajes de abundancia de 19,6 % para el EX de la industria quesera y 11,8 % para el EX en la panaderil y 9,5 % para el ambiente interior CA de la misma industria, siendo *E. nigrum* la única especie identificada. Otros géneros en orden decreciente de abundancia fueron: *Penicillium* (*Penicillium roqueforti*) y *Fusarium*, representado por *F. proliferatum* y *F. verticillioides*. Los géneros remanentes encontrados esporádicamente en los ambientes interiores CA y SA de las 3 industrias con una abundancia menor a 6,5% fueron *Chrysosporium* (*C. pannorum*) con 6,5%, *Aspergillus* (*A. niger*) y *Trichoderma* (*T. harzianum*) con 2,63%, *Curvularia* (*C. lunata*), *Rhizopus* (*R. oryzae*), *Eurotium* (*E. amstelodami*), *Ulocladium* (*U. chartarum*) y *Paecilomyces* (*P. variotii*) con 1,31%. Los géneros

de aparición esporádica para los ambientes EX de las 3 industrias con una abundancia menor a 5,45% fueron *Chrysosporium* (*C. pannorum*) y *Trichoderma* (*T. harzianum*) con 5,45 %, *Eurotium* (*E. amstelodami*), *Aspergillus* (*A. niger*) y *Ulocladium* (*U. chartarum*) con 1,81%. Dentro del grupo de Levaduras, el género *Rhodotorula* fue el más aislado.

Los resultados mostraron que hay 3 géneros predominantes: *Cladosporium*, *Alternaria* y *Epicoccum* y con porcentajes de abundancia superiores a otros géneros. *Cladosporium* fue el que presentó mayor abundancia y en segundo y tercer lugar los géneros *Alternaria* y *Epicoccum*. Estos datos son coincidentes con los reportados por Basílico et al. (17) quienes aislaron con mayor frecuencia *Cladosporium*, *Alternaria* y *Epicoccum* en ambientes interiores y exteriores de casas de familia y por Bonetto et al. (35) quienes aislaron los mismos géneros en ambientes exteriores en zonas de acopio de granos durante el proceso de descarga de los mismos, estos estudios fueron realizados en Santa Fe, Argentina; son coincidentes con Pei-Chih et al. (36) en casas de zonas urbanas y suburbanas de Taiwan, China, región geográfica con temperaturas promedios similares y con HR % ligeramente inferiores a las correspondientes a nuestra zona; con Chew et al. (37) en casas y departamentos en Boston, USA con humedades relativa porcentuales semejantes; con Rappold (38) en Youngstown, New York en edificios con temperaturas similares pero con HR % menores (49 % en el interior de los edificios y 60 % en los ambientes exteriores); con Gomez de Ana et al. (39) en Barcelona, España en casas de familia con personas con problemas respiratorios con temperatura de 23 °C y sin especificar

HR %; con Zielinska-Jankiewicz et al. (40) en archivos y bibliotecas en Polonia en las cuales los ocupantes presentaban síntomas alérgicos y con Olivera et al. (18) en zonas rural y urbana y en diferentes estaciones del año en Portugal, encontrando mayor concentración en verano que en invierno, observando una mayor dependencia con la temperatura del aire que con HR %. Estos géneros se consideran alergénicos según la bibliografía produciendo diferentes patologías en el ser humano. *C. cladosporioides* y *A. alternata* son las especies alergénicas más comúnmente encontradas en ambientes interiores (41, 7).

Los valores de recuento fúngico total para las salas de maduración en la industria quesera fueron: sala de maduración de queso duro $5,6 \cdot 10^4$ ufc/m³ donde se aisló *Penicillium roqueforti*, *Epicoccum nigrum*, *Alternaria alternata*, *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces variotii*; en la sala de maduración de queso azul $4,3 \cdot 10^3$ ufc/m³ y se aisló solamente *Penicillium roqueforti*.

Debido a que en la sala de maduración de queso duro la especie con mayor abundancia fue *Penicillium roqueforti*, y en la sala de maduración de queso azul solamente se aisló *Penicillium roqueforti*, si bien las concentraciones no fueron altas, se podría decir que sus conidios se encuentran instalados dentro de estas salas de maduración lo que podría ocasionar contaminación en quesos de pasta dura y afectar el sabor, aroma, aspecto, entre otras cualidades del producto, provocando así pérdidas económicas. Kure et al. (42, 43) estudiaron los ambientes interiores de industrias elaboradora de quesos semiduros (llamados Novergia y Jalsberg) de Noruega y encontraron que *Penicillium roqueforti* era el mayor

contaminante en los bloques de queso y la especie más frecuentemente aislada de muestras de ambientes internos como de equipos de aire. Hay ciertas especies de mohos que son capaces de causar daños en quesos ya que se adaptan muy bien a altos niveles de grasas y a bajos valores de pH del producto produciendo sabores desagradables por lo que los trabajadores de estas industrias no deberían entrar en los ambientes de producción sin cambiarse sus ropas y zapatos para mantener el nivel de esporas lo más bajo posible y además seguir rutinas de higiene con el fin de reducir la presencia de mohos en los ambientes interiores de las salas de producción debido a que el aire era la mayor fuente de contaminación de los quesos (43).

Conclusiones

Se pudo observar que los géneros fúngicos encontrados en el ambiente exterior de las industrias evaluadas son los mismos que se encuentran en el interior de las mismas, lo que mostraría la influencia del ambiente exterior sobre el interior debido a que las esporas penetran a través de puertas y ventanas.

De acuerdo a los valores obtenidos de MG en las salas de producción de las industrias estudiadas CA y SA, podemos observar que, cuando se realiza la limpieza del lugar, las esporas fúngicas permanecerían viables en el ambiente, lo que refleja que no sería eficiente el sistema de limpieza utilizado por ellas.

Teniendo en cuenta lo establecido por Klanova, (21), se observó que los ambientes interiores de la industria panaderil y la industria quesera tienen una MG total cercana a 2000 ufc/m³ y que los géneros aislados con

mayor abundancia fueron *Cladosporium*, *Alternaria* y *Epicoccum*, considerados alérgicos, por lo que estas industrias deberían disminuir las concentraciones de mohos en sus ambientes interiores.

Para evaluar el riesgo para la salud de los operarios de estas industrias no sólo es importante considerar las concentraciones de los diferentes géneros de mohos sino también identificar las especies presentes.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina, a través de CAI + D 2009-2012 PI 15-92 como también a la Dra. María de la Luz Zapata de Basílico, Directora del proyecto: *Bioaerosoles fúngicos en la cadena de industrialización del trigo*.

Referencias Bibliográficas

- Albright, D. 2001. Human health effects of airborne mycotoxins exposure in fungi-contaminated indoor environmental. *Professional Safety*. **46**: 26-28.
- Husman, T. 2000. Health effects of microbes. *Proceedings of Healthy Buildings*. Finland. **3**: 13-24.
- Albinas, L.; Arunas, K.; Laima, S. 2004. Airborne fungi in industrial environments- potencial agents of respiratory diseases. Department of Biodeterioration Research, Institute of Botany, Vilnius, Lithuania. *An Agric Environ Med*. **11**:19-25.
- Van Loo, J.; Robbins, C.; Swenson, L. y Kellman, B. 2004. Growth of mold in fiberglass insulation building materials. *As Review of the Literature*. *J O E H*. **1**: 349-354.
- Green, B., Sercombe, J. y Tovey, E. 2005. Fungal fragments and undocumented conidia function as new aeroallergen sources. *J Allergy Clin Immunol*. **115**:5: 1043-8.
- Stetzenbock L. 2005. Airborne bacteria. Chapter 7 In: Topley and Wilson's "Microbiology and Microbial Infections: Bacteriology"-1-10th ed. Borriello P., Murray P.R., Funk G., Eds./ASM Press, Washington D.C. 185-194.
- Saenz-Lain, C. y Montserrat Gutiérrez Bustillo, M. 2006. Esporas atmosféricas en la comunidad de Madrid. *Documentos Técnicos de Salud Pública*. Instituto de Salud Pública. Madrid. **83**: 1-51.
- Pitt, J. Y Hocking, A. 2009. "Fungi and food spoilage". Third Edition. Springer Science + Business Media LLC. New York, USA. 519 p.
- Antico, A. 2000. Environmental factors and allergic airways diseases. *Aerobiologia* **165**:321-329.
- Kendrick B. 2000. "The Fifth kingdom". *Mycology Publications*. (Sydney) Canada. p. 126-141.
- Górny, R.; Reponen, T.; Willeke, K.; Schmechel, D.; Robine, E.; Boissier, M. y Grinshpun, S. 2002. Fungal fragments as indoor air biocontaminants. *Appl Environ Microbiol*. **68**:7: 3522-3531.
- Castañeda, E.; Rivera, J. y Lechuga, K. 2003. Determinación de la calidad microbiológica del aire en una industria textil. *Rev Latinam Salud Trab*. Consejo Mexicano de la Medicina del Trabajo. **3**:1:21-24.
- Douwes, J.; Thorne, P.; Perce, N. y Heederik, D. 2003. Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects. *Ann Occup Hyg*. **47**: 3: 187-200.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 2003. <http://www.osha.gov>.
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOH). 2004. *Indoor Air Quality Health and Safety Guide 2da*. [http:// www.ccohs.ca](http://www.ccohs.ca).
- Rodríguez, L. y Alonzo, J. 2004. Efecto de los factores ambientales, laborales y psicosociales, en el síndrome de edificio enfermo. *Ingeniería Revista Académica*. Universidad Autónoma de Yucatán. México. **8**: 2: 1-8.
- Basílico, M.; Chiericatti, C.; Aringoli, E.;

- Althaus, R. y Basílico, J. C. 2007. Influence of environmental factors on airborne fungi in houses of Santa Fe, city, Argentina. *Sci Total Environ.* **376**: 143-150.
- 18.** Oliveira, M.; Ribeiro, H.; Delgado, L.; Fonseca, J.; Castel-Branco, M. y Abreu, I. 2010. Outdoor Allergenic fungal spores: comparison between on urban and a rural area in Northern Portugal. *J Investig Allergol and Clin Immunol.* **20**:2: 117-128.
- 19.** Esquivel, P.; Mangiaterra, M.; Giusiano, G. y Sosa, M. 2003. Microhongos anemófilos en ambientes abiertos de dos ciudades del nordeste argentino. *Boletín Micológico. Universidad del Nordeste. Resistencia, Chaco, Argentina.* **18**: 21-28.
- 20.** Burg, H.; Pierson, D.; Groves, T.; Strawn, K. y Mishra, S. 2000. Dinamic of airborne population in a large office building. *Current Microbiology.* **40**: 10-16.
- 21.** Klanova, K. 2000. The concentrations of mixed populations of fungi in indoor air: rooms with and without mould problems, rooms whit and without health complaints. *Cent Eur J Public Health.* **8**: 1: 59-61.
- 22.** Guardino-Solá, X. 2003. Calidad del aire interior. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. (Madrid). España.* <http://www.oit.or.cr/mdtsanjo/sst/enciclopedia/tomo2/44>.
- 23.** Negro Alvarez, J. 2004. Alergia y síndrome del edificio enfermo (SEE). Sección de Alergología. Virgen de la Arrixaca. España. 1-7. <http://www.alergomurcia.com>.
- 24.** Sivasubramani, S.; Niemeier, R.; Reponen, T. y Grinshpun, S. 2004. Assesment of the aerosolization potential for fungal spores in moldy homes. *Indoor Air* **14**: 405-412.
- 25.** Srikanth, P.; Sudharsanam, S. y Steinberg, R. 2008. Bio-Aerosols in indoor environment: composition, health effects and analysis. *Indian J Med Microbiol.* **26**:4: 302-12.
- 26.** Cappello, R.; Donovarros, C. y Giono, S. 2003. La diversidad microbiana en México. [http:// www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx).
- 27.** Samson, R.; Hoekstra, E.; Frisvad, J. y Filtenborg, O. 1995. "Introduction to food-borne fungi". 4th Ed. Baarn. The Netherlands: Centraalbureau voor Schimmelcultures. 322p.
- 28.** Nelson, P.; Toussoum, T. y Marasas, W. 1983. "Fusarium species". An illustrated manual for identification. Pennsylvania State, University Press. 193p.
- 29.** Carmichael, J.; Kendrick, W.; Connors, I. y Sigler, L. 1980. "Genera of Hyphomycetes". University of Alberta Press. (Alberta). Canada. 386 p.
- 30.** Domsch, K.; Gams, W. y Anderson, T. 1980. "Compendium of Soil Fungi". Academic Press (London), UK. 1264 p.
- 31.** Liao Ch, M. y Luo Ch. W. 2005. Use of temporal/seasonal-and size-dependent bio aerosol data to characterize the contribution of outdoor fungi to residential exposures. *Sci Total Environ.* **347**:1-3: 78-97.
- 32.** Shelton, B.; Kirkland, K.; Flanders, W. y Morris, G. 2002. Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in United States. *Appl Environ Microbiol.* **68**:2: 1743-53.
- 33.** Cascales-Monreal, M. 2009. Determinación del Síndrome del edificio enfermo. *Revista Digital de Seguridad y Salud en el trabajo. Biblioteca universidad de Huelva. España.* **3**: 1-17.
- 34.** Alonso-Guerrero, T.; Ruiz-Sanchez, D.; Martínez-Chacón, J.; García- áñez, Y.; Alvarez-Chacón, R.; Wong-Chio, M.; Vertiz-Chavez, E. y Tay-Zavala, J. 2003. Aislamiento de hongos en instalaciones deportivas de la UNAM. *Revista Facmed. Universidad Nacional Autónoma de México* **46**:3: 93-96.
- 35.** Bonetto, S.; Delaferrara, C.; Bordón, G.; Aríngoli, E.; Chiericatti, C. y Basílico, M. 2006. Bioaerosoles fúngicos en centros de acopio durante la cosecha del trigo. Tercer Congreso Argentino de Microbiología de Alimentos, Buenos Aires, Argentina.
- 36.** Pei-Chih, W.; Huey-Jen, S. y Chia-Yin, L. 2000.

Characteristics of indoor and outdoor airborne fungi at suburban and urban homes in two seasons. *Sci Total Environ.* **253**: 111-118.

37. Chew, G.; Rogers, C.; Burge, H.; Muilenberg, M. y Gold, D. 2003. Dustborne and airborne fungal propagules represent a different spectrum of fungi with differing relations to home characteristics. *Allergy* **58**: 13-20.

38. Rappold, D. 2005. Annual indoor air quality assessment Lewiston-Porter School District –Primary School. Building Science Investigations, Inc. New York. 1-47.

39. Gomez de Ana, S.; Torres-Rodriguez, J., Alvarado-Ramirez, E.; Mogol-García, S. y Belmonte-Soler, J. 2006. Seasonal Distribution of *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* and *Penicillium* species isolated in houses of Fungal allergic patients. *J Invest Allergol Clin Immunol.* **16**:6: 357-363.

40. Zielinska-Jankiewicz, K.; Kozajda, A.; Piotrowska, M. y Szadkowska-Stanczyk, I. 2008. Microbiological contamination with moulds in work environment in libraries and Archive storage facilities. *Ann Agric Environ Med.* **15**:71-78.

41. Hyvärinen, A.; Vahteristo, M.; Meklin, T.; Jantunen, M.; Nevalainen, A. y Moschandreas, D. 2001. Temporal and spatial variation of fungal concentrations in indoor air. *Aeros Sci T.* **35**:2: 688-695.

42. Kure, C. ; Wasteson, Y. ; Brendehaug, J. y Skaar, I. 2001. Mould contaminants on Jarlsberg and Norvegia cheeses from four factories. Oslo, Norway. *Int J F Mic.* **70**: 21-27.

43. Kure, C. ; Skaar, I. y Brendehang, J. 2004. Mould contamination in production of semi-hard cheese. Oslo, Norway. *Int J F Mic.* **93**:41-49.