

Artículo original

Influencia del campo magnético sobre la distribución de los hongos en el aire de un local cerrado

Matilde Anaya^a, Miguel Castro^b, Sofía Flavia Borrego^{c,*}, Hilda Caridad Cobo^a

^aInstituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria (IIIA). ^bCentro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, CUJAE. ^cLaboratorio de Conservación Preventiva, Archivo Nacional de la República de Cuba. Habana, Cuba.

Recibido 9 de octubre de 2014; aceptado 30 de enero de 2015

Resumen: Los campos eléctricos y magnéticos pueden atraer microorganismos, por lo tanto el objetivo de este estudio fue analizar la influencia del campo magnético sobre la distribución de los hongos en el aire de un local cerrado. Se colocaron placas de Petri con agar Extracto de Malta en un local cerrado aplicándose un campo magnético de 10 mT generado por una bobina de 60 Hz/220 V. Se realizó un diseño multifactorial D-óptimo de tres factores (tiempo de exposición al aire, distancia al centro de la bobina y tiempo de tratamiento con campo magnético) y se determinó el recuento de hongos filamentosos en unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire, según el método de sedimentación propuesto por Omeliansky. Se obtuvo un modelo cuadrático en los rangos evaluados, que indicó que el tratamiento aplicado tuvo influencia significativa sobre la distribución de las esporas debido al aumento del recuento de los hongos, cuyo crecimiento resultó estimulado con respecto a los controles. El mayor efecto estimulante se observó a 1 m de distancia de la bobina (0,4 mT) y a 2 h de exposición, alcanzándose concentraciones fúngicas que pudieran ser peligrosas para la salud humana según la Organización Mundial de la Salud.

Palabras clave: radiaciones no ionizantes, aeromicota de ambientes interiores, método de sedimentación, hongos filamentosos.

Influence of magnetic field on fungi distribution in the air of a closed local

Abstract: Electric and magnetic fields can attract microorganisms; based on those premises the aim of this study was to analyze the influence of a magnetic field on the fungi distribution in the air of a closed environment. Uncovered Petri dishes with Malt Extract Agar were placed in a closed area where a magnetic field of 10 mT generated by a coil of 60 Hz / 220 V was applied. A multifactorial D-optimum design considering three elements (air exposure time, distance to the center of the coil and time of magnetic field application) to determine the amount of filamentous fungi, expressed as the number of colony forming units by cubic meter of air, according to the sedimentation method proposed by Omeliansky. A quadratic model of the evaluated ranges was obtained, which indicated that the treatment applied showed significant influence on fungal spore distribution demonstrated by the increased fungal count which growth was stimulated by the treatment applied when compared to the controls. The largest stimulant effect was observed at 1 m of distance from the coil (0.4 mT) and after 2 h of exposure, conditions that permitted the growth of fungal concentrations that could be dangerous for human health according to the World Health Organization.

Keywords: non-ionizing radiations, airborne fungal of indoor environment, method of sedimentation, filamentous fungi.

* Correspondencia:
E-mail: sofia@arnac.cu

Introducción

Durante años, la comunidad científica ha buscado respuesta al tema de las posibles influencias de los campos eléctricos y magnéticos a partir de corriente de baja frecuencia (CM-FEB) (inferiores a 300 Hz) sobre diferentes sistemas biológicos, incluyendo el ser humano. En la actualidad no existen elementos que puedan apoyar la

tesis de que dichos campos produzcan efectos primarios o secundarios negativos sobre el ser humano; sin embargo, se han realizado pocos estudios a nivel microbiológico [1-3].

En ese sentido, se desconoce cuál es la influencia de las ondas electromagnéticas sobre la microbiota del aire. En este medio se encuentran gran cantidad y variedad de especies fúngicas, que son los responsables de numerosas enfermedades alérgicas en la población de todas las edades

y causan pérdidas por biodeterioro de la materia orgánica que forma parte del patrimonio documental [4,5].

Leach en 1980, estudió la trayectoria de las esporas del hongo *Drechslera turcica* y demostró que poseen carga eléctrica, ya que fueron atraídas hacia el electrodo por el que circulaba corriente alterna de 115 V/50 Hz [6]. No obstante, estudios más recientes se centran en las posibles aplicaciones de esta propiedad de las esporas fúngicas, pero bajo la acción de un campo electrostático entre 0,5 y 5 kV [7-9].

Según Jamieson, los campos eléctricos y magnéticos generados por los equipos pueden atraer a las bacterias patógenas en el interior de locales como oficinas y hospitales, aumentando el riesgo de contaminación por esta vía [10]. Giertz plantea que las bacterias pueden absorber la energía contenida en el aire y ser detectadas en el interior del organismo humano por resonancia en las frecuencias de 3,79 y 5,71 Hz, constituyendo un método exacto de localización del área infectada [11].

Por otra parte, se ha observado que los hongos filamentosos *in vitro* resultan estimulados (aumento del tamaño del micelio y de producción de ácidos, celulosa y ergosterol) o mostraron resultados variables (sin efecto, estimulación o inhibición de su crecimiento) ante la exposición directa al campo magnético de 0,1 a 10 mT de 50 Hz [12-14]. Recientemente, se informó sobre el aumento de la velocidad de crecimiento y de producción de melanina de *Cladosporium sphaerospermum* al exponerlo a valores de radiación beta del radioisótopo ^{137}Ce [15,16], 500 veces superiores a los que se detectaron en las paredes y en el terreno circundante de la accidentada Central Termonuclear de Chernóbil [17]. Por lo tanto, si las radiaciones ionizantes pueden provocar sobre los hongos filamentosos estos efectos estimulantes, muy diferentes a los aceptados actualmente por la comunidad científica, entonces el campo magnético no solo pudiera atraer las esporas fúngicas, sino también provocar efectos similares sobre las colonias crecidas sobre un sustrato.

Por todo lo antes expuesto, el objetivo de este estudio fue analizar la influencia del campo magnético sobre la distribución de los hongos en el aire de un local cerrado, como un paso inicial para realizar futuras investigaciones en esta área.

Materiales y métodos

Caracterización del lugar de muestreo: Los muestreos del aire se realizaron durante dos días diferentes en abril de 2011 (periodo de lluvia) en un local de 8 m de largo x 5 m de ancho x 2,5 m de altura, con puertas y ventanas cerradas para impedir la contaminación del local por el intercambio con la microbiota externa debido a la circulación natural del aire. Se monitorearon las variables temperatura y humedad relativa de los locales con un termohigrómetro digital (Hygro-Thermometer DHT-1, China) con escala de temperatura de 5 a 50 °C (precisión 0,1 °C), y humedad relativa de 10 a 100% (precisión 1%).

Diseño del experimento: Para los experimentos se utilizó un diseño multifactorial D-óptimo según el programa estadístico *Design Expert* ver. 6.0.1.0 (*Stat-Ease*, Minneapolis), con los factores: tiempo de tratamiento con CM-FEB, distancia de la pared de la bobina y tiempo de exposición de la placa Petri al aire (Tabla 1). Se realizaron 17 experimentos aleatorios. Se aplicó el CM-FEB de 10 mT seleccionado de acuerdo con el valor informado en la literatura [12]. El mismo fue generado por una bobina tipo solenoide, con núcleo de aire por el paso de una corriente de 60 Hz/220 V a través de un alambre de cobre de 2 mm de diámetro, enrollado en un cartón de 30 cm de diámetro y 29 cm de altura, y resistencia de 6,1 Ω . Dicha bobina está caracterizada por el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) de Santiago de Cuba, Cuba, determinándose valores de campo magnético homogéneo entre 1 y 20 mT.

Tabla 1. Niveles de los factores del diseño experimental para evaluar la influencia de los campos magnéticos a partir de corriente de baja frecuencia (CM-FEB).

Niveles	Factores		
	Tiempo de exposición al CM-FEB (h)	Distancia a la bobina (m)	Tiempo de las placas Petri abiertas al aire (min)
1	0 (bajo)	0 (bajo)	10
2	2 (alto)	1 (alto)	30

La bobina descrita se ubicó en el centro del local y se comprobó el campo magnético que generó con un gaussímetro (EnerTech, Emdex II, USA) de escala 1 a 3000 mG y 0,1 mG de precisión (1 mG = 0,1 μT). Para la ubicación de las placas, dentro y alrededor de dicha bobina, se tuvo en cuenta un diseño diagonal de 5 puntos respecto al centro de la misma (Figura 1). Todas las placas se expusieron abiertas al aire durante 10 y 30 min, luego se taparon y se dejaron

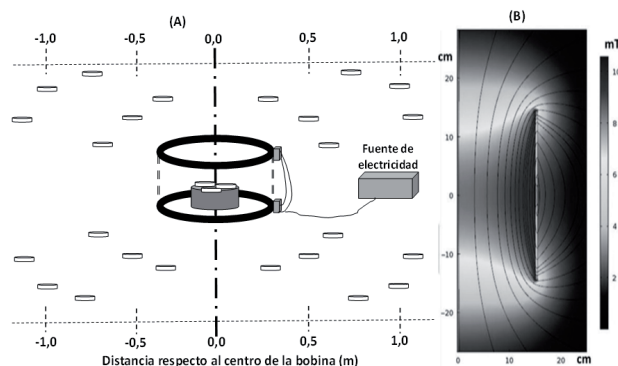


Figura 1. (A) Esquema representativo de la ubicación de las placas de Petri dentro y alrededor de la bobina en el centro del local cerrado (8 m de largo x 5 m de ancho x 2,5 m de altura) para evaluar la influencia del campo magnético a partir de corriente de baja frecuencia sobre la distribución de las esporas fúngicas en el aire. (B) Simulación de la distribución de las ondas electromagnéticas de dicha bobina, dada en mili teslas (mT).

en su posición hasta completar el tiempo restante según el diseño del experimento. En el caso de los experimentos controles se procedió de igual forma, pero las placas de Petri no recibieron CM-FEB (apagada y desconectada la fuente de electricidad de la bobina descrita).

Recuento de hongos filamentosos: La variable de respuesta a evaluar fue el recuento de hongos filamentosos incubados a una temperatura de 28 °C por 5 días, en placas de Petri de 90 mm de diámetro que contenían agar Extracto de Malta suplementado con cloruro de sodio al 7,5% para evitar el crecimiento de la mayoría de las especies bacterianas [14]. Para la determinación de las unidades formadoras de colonias de hongos filamentosos por metro cúbico de aire (UFC.m⁻³) se aplicó el método de sedimentación propuesto por Omeliansky empleado por otros autores en estudios similares [5,18,19]. Se identificaron las colonias fúngicas de interés atendiendo a sus características morfológicas y cultivables, según la clave micológica de Barnett y Hunter [20].

Análisis estadístico: Las placas se colocaron por triplicado en cada punto de muestreo, por lo que los resultados de la variable para correr el diseño multifactorial D-óptimo fueron los valores promedio de n=15. Además, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el método de rangos múltiples por la diferencia mínima cuadrada (LSD en inglés) empleando el programa estadístico *Statgraphics Centurion XV*.

Resultados y discusión

Durante este estudio se alcanzó una temperatura de 31,4 °C y una humedad relativa de 64% dentro del local, con un promedio de 31,8 °C y 66% en el interior de la bobina. La variación de la temperatura dentro de la bobina fue $\pm 1,2$ °C en 2 h y no excedió la diferencia de 6 °C (entre 28 y 34 °C) en 6 h, lo cual no produjo diferencias en la deposición de las esporas fúngicas, al igual que se ha informado en otros estudios [21]. Se conoce que las esporas para sedimentar fácilmente requieren valores de humedad relativa cercanas a 80% [18] y el promedio alcanzado en este estudio osciló entre 63 a 66%. Por lo tanto, la deposición de las esporas fúngicas sobre las placas de Petri pudo haberse favorecido por la influencia del CM-FEB aplicado.

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el estudio, los cuales tuvieron una distribución normal ($p \leq 0,05$). Los valores del recuento de hongos en las placas controles se mantuvo entre 80 y 400 UFC.m⁻³ de aire. Existen diferentes criterios sobre el valor límite de concentración microbiana considerado como peligroso para la salud del hombre: en EEUU y algunos países de la Comunidad Europea establecen entre 150 y 300 UFC.m⁻³ de aire, respectivamente, mientras en Japón, Holanda y Brasil oscilan entre 500 y 1000 UFC.m⁻³ de aire [22]; en España aceptan hasta 800 UFC.m⁻³ de aire [4]. El valor más aceptado como peligroso para la salud es superior 500 UFC.m⁻³, tanto para hongos como para

Tabla 2. Resultados obtenidos en la matriz del diseño multifactorial D-óptimo para evaluar la influencia del campo magnético a partir de corriente de baja frecuencia (CM-FEB).

Corrida	A: Tiempo de CM-FEB (h)	B: Distancia a la bobina (m)	C: Tiempo exposición de placa de Petri (min)	Concentración de hongos (UFC.m ⁻³ de aire)
1	1	0,5	30	1204
2	0	0,5	10	162
3	2	1	10	721
4	2	0	10	80
5	2	1	30	956
6	0	0	10	80
7	0	1	30	243
8	0	1	10	77
9	2	1	10	716
10	2	1	30	963
11	0	0,5	30	399
12	0	0	30	155
13	1	0	10	240
14	1,5	0,5	10	933
15	2	0	30	160
16	0	1	10	80
17	2	0	30	160

Nota: Las placas de Petri controles no recibieron CM-FEB (tiempo de CM-FEB = 0 horas).

bacterias [22], por lo que el local analizado en este estudio puede considerarse limpio. Sin embargo, en las placas sometidas a CM-FEB se obtuvieron valores entre 160 y 1.200 UFC.m⁻³, o sea, de dos a tres veces más concentradas que los controles, lo que indica que las esporas fúngicas fueron atraídas por el CM-FEB aplicado.

Los valores de concentración fúngica obtenidos superiores a 500 UFC.m⁻³ de aire constituyen un riesgo para la salud humana, aunque debe tenerse en cuenta que el valor de densidad de CM-FEB aplicado en este estudio (10 mT y 0,4 mT en el centro y a 1 m de la bobina, respectivamente) es entre 40 y 100 veces mayor que el inducido por los equipos electrodomésticos a una distancia de 30 cm, los cuales generan valores de CM-FEB menores a los establecidos como máximo permisible para la salud humana (0,1 mT a 50 Hz o 0,8 mT a 60 Hz) [23,24]. Aunque 10 mT es una situación extrema, algunos trabajadores se exponen a ese valor de CM-FEB durante 8 horas o más de jornada laboral (límites recomendados: 5 mT por 2 h y 0,5 mT por 8 h de trabajo profesional y 0,1 mT por 24 h para el público en general) [24].

El procesamiento estadístico de los resultados del recuento de hongos filamentosos en UFC.m⁻³, mostró un efecto significativo del CM-FEB al que fueron sometidas

las placas. Se obtuvo un modelo cuadrático que explica en más del 96% ($R^2 = 0,96$) el comportamiento observado, para un 95% de confianza ($p \leq 0,05$). A partir de los resultados se obtuvo el siguiente modelo matemático:

$$CF = X_0 + X_1 A + X_2 B + X_3 C - X_4 A^2 - X_5 B^2 + X_6 AB + X_7 AC + X_8 BC$$

Donde CF: concentración fúngica ($UFC.m^{-3}$); X_0 : constante del modelo; $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$ y X_8 : coeficientes de regresión; A: tiempo de tratamiento magnético; B: distancia a la pared de la bobina; C: tiempo de exposición de la placa de Petri al aire.

La tabla 3 muestra que la variación del recuento de los hongos fue significativa ($p \leq 0,05$) en relación con los factores tiempo de exposición al CM-FEB (A) y la distancia desde la pared de la bobina (B), y no significativo ($p \geq 0,05$) en cuanto al tiempo en que las placas permanecieron abiertas y expuestas al aire para facilitar la deposición de las esporas (C). Los signos positivos de los coeficientes A y B indican que se alcanzaron mayores valores de concentración fúngica a los niveles más altos de dichos factores. No obstante, los mismos aparecen en términos cuadráticos con signo negativo y de mayor módulo, indicando que ambos provocan un efecto neto de disminución cuando aumentan sus magnitudes. Sin embargo, al analizar el efecto combinado de los factores (AC y BC), el signo positivo del coeficiente AB demostró, definitivamente, que el CM-FEB influyó en la atracción de las esporas fúngicas hacia las placas de Petri y/o en el tiempo en que recibieron esta radiación, ya que estimuló la germinación de las esporas, por lo tanto se obtuvieron mayores recuentos en esas placas que en los controles.

En la figura 2a se aprecia que no hubo diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) de la concentración fúngica para 10 y 30 min de exposición al aire (antes de tapar las placas y continuar aplicando CM-FEB), con resultados

Tabla 3. Resultados obtenidos del diseño multifactorial D-óptimo empleado a partir de las diferencias de los recuentos en las placas de Petri tratadas con respecto a los controles.

Factor	Coefficiente estimado	Desviación estándar	p
Intercepto	991,4	73,4	-
A (tiempo de CM-FEB) (h)	187,9	30,8	0,0003
B (distancia a la pared de la bobina) (m)	215,2	31,4	0,0001
C (tiempo exposición placa Petri) (min)	97,0	26,9	0,0700
A ²	-427,7	89,9	0,0014
B ²	-277,3	73,1	0,0053
AB	164,9	32,9	0,0010
AC	2,7	29,4	0,9303
BC	9,8	31,5	0,7647

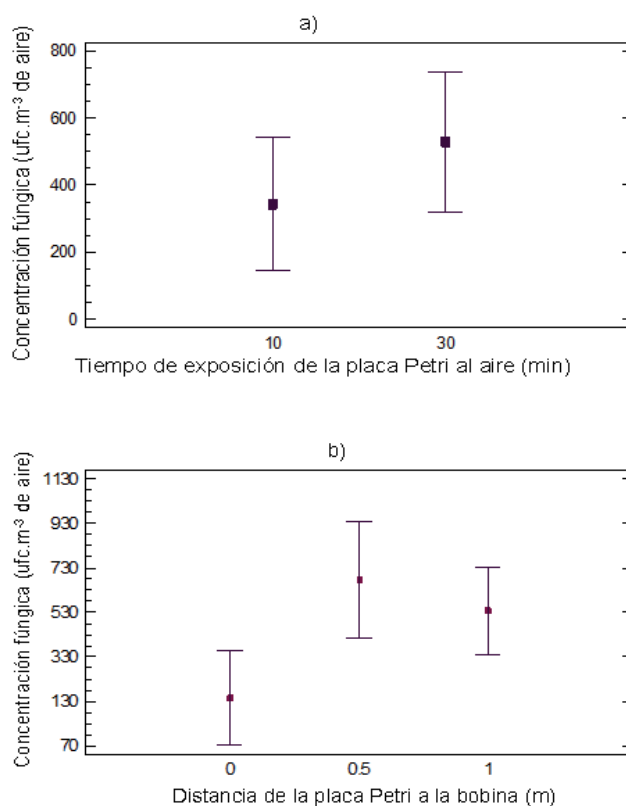


Figura 2. Análisis de varianza de la concentración fúngica en unidades formadoras de colonia por metro cúbico de aire ($ufc.m^{-3}$ de aire) obtenidas del muestreo del aire interior de un local cerrado (8 m de largo x 5 m de ancho x 2,5 m de altura). Las placas de Petri con agar Extracto de Malta y 7,5% de NaCl se mantuvieron abiertas por 10 y 30 min para capturar las esporas fúngicas (a), aunque estuvieron expuestas hasta completar 2 h ubicadas a diferentes distancias (b) de una bobina que produjo campo magnético (10 mT a 0 m y 0,4 mT a 1 m) de frecuencia extremadamente baja (60 Hz/220V).

similares en los perfiles de los gráficos que se obtuvieron a partir de los modelos cuadráticos predictivos, lo cual evidencia que el factor tiempo de exposición al aire sólo influyó en la sensibilidad de la técnica de muestreo empleada [25]. Hubo diferencias estadísticamente significativas para las concentraciones fúngicas entre 0 m con 0,5 y 1 m, pero no entre estas dos últimas (Figura 2b) lo que indica que esa es la zona donde se acumulan y sedimentan las esporas por la influencia del CM-FEB aplicado. En el centro de la bobina están los valores más altos de CM-FEB que pudieran crear zonas de turbulencia que constituyan una barrera para las esporas, lo que provoca un fenómeno similar al observado sobre *Penicillium digitatum* por influencia del campo electrostático con electrodos de cargas opuestas aplicando 1,2 kV de voltaje [7].

Además de la alta concentración fúngica, se observó un incremento del crecimiento de las colonias en las placas de Petri a 1 m de distancia (0,4 mT) y a las 2 h de tratamiento. Este efecto del tiempo de tratamiento concuerda con resultados obtenidos en estudios similares [12,13]. En los mismos se observaron efectos estimulantes en 12 cepas de hongos cuando fueron expuestas desde 4 horas hasta 10 días [13,14] a valores de densidad de CM-FEB de 50 Hz, que se

incluyen en el rango emitido por equipos electrodomésticos que se emplean de 3 a 30 cm de distancia por tiempos prolongados [24].

En los experimentos controles predominó una colonia que cubrió todas las placas de Petri correspondiente al género *Neurospora*, independientemente de la distancia en que se ubicaron, mientras que también crecieron otras colonias en las placas que estuvieron abiertas 10 min y recibieron tratamiento por 1 h en las mismas posiciones. Sin embargo, para el caso de las placas tratadas en idénticas condiciones pero abiertas por 30 min no crecieron colonias del género *Neurospora* y aumentó la concentración fúngica de otros géneros. También se evidenció un aumento del tamaño y la pigmentación de las colonias de cepas de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Cladosporium*; para este último la estimulación de su pigmentación coincidió con lo reportado para exposición a radiaciones ionizantes [15,16]. Esto evidenció que el CM-FEB puede ejercer atracción sobre las esporas de diferentes géneros fúngicos. No obstante, en la medida que las placas de Petri se colocaron más lejos del centro de la bobina (disminuye la densidad del CM-FEB) y aumentó el tiempo de tratamiento, se observó un incremento en cuanto a variedad, tamaño y número de las colonias. Esto permitió inferir que existe un valor óptimo de densidad del CM-FEB suficiente para atraer las esporas de diferentes géneros fúngicos y además estimular el metabolismo de las colonias.

Investigaciones futuras con valores menores a 10 mT permitirán comprobar esta hipótesis, aunque los porcentajes de recuento y estimulación disminuyan con respecto a los obtenidos en este trabajo, en el cual el local permaneció cerrado. Para ello deberá tenerse en cuenta que en la sedimentación natural influyen variables como tamaño y diámetro aerodinámico de las esporas, la humedad relativa del aire, así como la dirección y velocidad del viento.

Conclusiones

El campo magnético de 10 mT, a partir de una corriente de 60 Hz generada por una bobina, provocó un incremento de dos a tres veces la concentración fúngica en el aire del interior de un local cerrado, valores superiores al aceptado (500 UFC.m⁻³) por la Organización Mundial de la Salud, por considerarse como riesgoso para el ser humano. La mayor estimulación del tamaño de las colonias de los hongos filamentosos en las placas de Petri se alcanzó a 1 m de distancia de la bobina (0,4 mT) y 2 h de exposición.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al financiamiento parcial que proporcionaron los proyectos 134/2010 y 064/2012 del Programa de Ayuda para los Archivos de Iberoamérica (ADAI), España.

Declaración de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

- Balmori A. Posibles efectos de las ondas electromagnéticas utilizadas en la telefonía inalámbrica sobre los seres vivos. *Ardeola*. 2004; 51:477-90.
- Stephen G, Christopher TL. Electromagnetic hypersensitivity: Fact or fiction? *Sci Total Environ*. 2011; 30:1-10.
- Castro M, Perera R de la C, Pedrouzo J, Escobar A. Medición de campos electromagnéticos en redes de distribución: experiencias en Cuba. *Ingeniería Energética*. 2006; 27:40-5.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Hojas Informativas Ambisalud: Microbiología del aire (HIA-06). Madrid: AENOR; 2010.
- Borrego SF, Guíamet P, Gómez de Saravia S, Batistini P, Garcia M, Lavin P, et al. The quality of air at archives and the biodeterioration of photographs. *Int Biodeter Biodegr*. 2010; 64:139-45.
- Leach CM. Evidence for an electrostatic mechanism in spore discharge by *Drechslera turcica*. *Phytopathology*. 1980; 70:206-13.
- Takikawa Y, Matsuda Y, Nonomura T, Kakutani K, Kimbara J, Osamura K, et al. Electrostatic guarding of bookshelves for mould-free preservation of valuable library books. *Aerobiologia*. 2014; 30:435-44.
- Kakutani K, Matsuda Y, Kimbara J, Osamura K, Kusakari S. Practical application of an electric field screen to an exclusion of flying insect pests and airborne fungal conidia from greenhouses with a good air penetration. *J Agricult Sci*. 2012; 4:51-60.
- Shimizu K, Matsuda Y, Nonomura T, Ikeda H, Tamura N, Kusakari S, et al. Dual protection of hydroponic tomatoes from rhizosphere pathogens *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicislycopersici* and airborne conidia of *Oidium neolycopersici* with an ozone-generative electrostatic spore precipitator. *Plant Pathol*. 2007; 56: 987-97.
- Jamieson KS, Jamieson SS. Electromagnetic phenomena, microbial infection, charged oxygen and environmental air quality. In: Proceedings of VALDOR (Values in decisions on risk). Stockholm; Congress Sweden AB/Informationsbolaget Nyberg & Co., Sweden; 2006. p. 281-3.
- Giertz HW. Extremely low frequency electromagnetic energy in the air. *J Atmos Sol-Terr Phys*. 2010; 72:767-73.
- Berg A, Berg H. Influence of ELF sinusoidal electromagnetic fields on proliferation and metabolite yield of fungi. *Electromagn Biol Med*. 2006; 25:71-7.
- Ružič R, Gogala N, Jerman I. Sinusoidal magnetic fields: effects on the growth and ergosterol content

- in mycorrhizal fungi. *Electromagn Biol Med.* 1997; 16:129-42.
14. Gao M, Zhang J, Feng H. Extremely low frequency magnetic field effects on metabolite of *Aspergillus niger*. *Bioelectromagnetics.* 2011; 32:73-8.
 15. Dadachova E, Bryan RA, Huang X, Moadel T, Schweitzer AD. Ionizing radiation changes the electronic properties of melanin and enhances the growth of melanized fungi. *PLoS ONE.* 2007; 2:457. Disponible en: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0000457>. Acceso 6 de abril de 2014.
 16. Dadachova E, Casadevall A. Ionizing radiation: how fungi cope, adapt, and exploit with the help of melanin. *Curr Opin Microbiol.* 2008; 11:525-31.
 17. Zhdanova N, Tugay T, Dighton J, Zheltonozhsky V, Medermott P. Ionizing radiation attracts soil fungi. *Mycol Res.* 2004; 8:1089-96.
 18. Bogomolova EV, Kirtsideli I. Airborne fungi in four stations of the St. Petesburg underground railway system. *Int Biodeter Biodegr.* 2009; 63:156-60.
 19. Awad AH, Mawla HA. Sedimentation with the Omeliansky formula as an accepted technique for quantifying airborne fungi. *Pol J Environ Stud.* 2012; 21:1539-41.
 20. Barnett HL, Hunter BB. Illustrated genera of imperfect fungi. 4th ed. St Paul, Minnesota: APS Press; 2003.
 21. Gos P, Eicher B, Kohli J, Heyer WD. Extremely high frequency electromagnetic fields at low power density do not affect the division of exponential phase *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Bioelectromagnetics.* 1997; 18:142-55.
 22. Nevalainen A, Morawaska L, editors. Biological agents in indoor environments assessment of health risks. Queensland: Queensland University of Technology; 2009. Disponible en: http://www.ilaqh.qut.edu.au/Misc/BIOLOGICAL_AGENTS_2009.pdf. Acceso: 6 de abril de 2014.
 23. Moss H, Cabral LA. Possíveis efeitos de campos elétricos e magnéticos de baixa frequência (ELFs): fatos e versões. En: Libro de Ponencias: Seminario Internacional Campos Electromagnéticos y la Salud. Asunción, Paraguay; 2004. p 19–21.
 24. World Health Organization. Static fields. Environmental health criteria. Ginebra: WHO; 2006. Serie de Informes Técnicos: 232.
 25. Rojas TI, Martínez E, Aira MJ, Almaguer M. Aeromicota de ambientes internos: comparación de métodos de muestreo. *Boletín Micológico.* 2008; 23:67-73.