

Aerobiología de *Ganoderma* en la atmósfera de La Habana, Cuba, durante cuatro años de estudio

Ganoderma aerobiology in the atmosphere of Havana, Cuba: a four-year study

Michel Almaguer Chávez,^I Teresa I. Rojas,^I Daylenis Pérez,^{II} Kenia C. Sánchez Espinosa^I

^I Departamento de Microbiología y Virología. Facultad de Biología. Universidad de La Habana. Cuba.

^{II} Laboratorios AICA. La Habana, Cuba.

RESUMEN

Introducción: el género *Ganoderma* está ampliamente distribuido en La Habana y produce gran cantidad de basidiosporas que se liberan al aire. Estas esporas tienen capacidad alergénica y se relacionan con problemas respiratorios, por lo que la determinación de su dinámica temporal resulta útil para la alergología.

Objetivo: determinar la variación temporal de basidiosporas de *Ganoderma* en la atmósfera de La Habana durante cuatro años.

Métodos: se realizó un muestreo aeromicológico sistemático en La Habana, desde enero/2013 hasta diciembre/2016, mediante un captador Lanzoni VPPS 2000. Para la identificación y recuento de las esporas se observaron al microscopio óptico de campo claro dos barridos longitudinales en cada preparación diaria. Se calculó la frecuencia relativa y densidad relativa de estas basidiosporas, así como la variación temporal de su concentración y la correlación con las variables meteorológicas.

Resultados: la presencia de *Ganoderma* fue mayor durante los años 2013 y 2015. Los máximos valores de concentración diaria evidenciaron una estacionalidad hacia los meses lluviosos y con mayores porcentajes intradiarios de esporas durante la madrugada. La concentración se correlacionó positivamente con la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones.

Conclusiones: el contenido atmosférico de *Ganoderma* varía entre los años estudiados, sin embargo, los máximos valores diarios se localizan durante la estación lluviosa y predominan durante la madrugada. La correlación entre la concentración y las variables meteorológicas indican que las condiciones tropicales de La Habana inciden en su estacionalidad.

Palabras clave: aeromicrología; aire; concentración; meteorología; variación temporal; alergias.

ABSTRACT

Introduction: the genus *Ganoderma* is widely distributed in Havana and produces a large number of basidiospores that are released into the air. These spores are allergenic and have been related to respiratory problems; therefore, determination of their temporal dynamics is useful for allergology.

Objective: determine the temporal variation of *Ganoderma* basidiospores in the atmosphere of Havana in a four-year period.

Methods: systematic aeromycological sampling was conducted in Havana from January 2013 to December 2016 using a Lanzoni VPPS 2000 sampler. For identification and counting of the spores, two longitudinal transects were observed in each daily preparation under bright-field microscopy. Estimation was made of the relative frequency and relative density of the basidiospores, as well as of the temporal variation of their concentration and correlation with meteorological variables.

Results: the presence of *Ganoderma* was greater during the years 2013 and 2015. Maximum daily concentration values showed seasonality toward the rainy season, with higher intraday percentages of spores during the night. Concentration correlated positively with temperature, relative humidity and precipitation.

Conclusions: atmospheric content of *Ganoderma* varied between the study years; however, maximum daily values occurred during the rainy season and prevailed during the night. The correlation between concentration and meteorological variables suggests that the tropical conditions of Havana have an impact on its seasonality.

Keywords: aeromycology; air; concentration; meteorology; temporal variation; allergies.

INTRODUCCIÓN

Las esporas de los hongos de la división *Basidiomycota* son comúnmente identificadas a partir de muestras de aire. Este grupo incluye géneros que producen esporas sexuales que nacen en los basidios y constituyen los macrohongos más conspicuos. *Ganoderma*, un género de basidiomicetos que está ampliamente representado en Cuba y en La Habana, se ha informado la presencia de ocho de sus especies.¹

Ganoderma comprende especies parásitas o descomponedoras de la madera, que producen basidiosporas que se liberan a la atmósfera activamente.² En los basidiocarpos se producen gran cantidad de estas esporas, con una media de liberación al aire elevada.³ Especies como *Ganoderma applanatum* pueden formar hasta $5,5 \times 10^{12}$ esporas en un solo basidiocarpo en períodos de hasta 6 meses, con una descarga diaria de hasta 3×10^{10} esporas.⁴

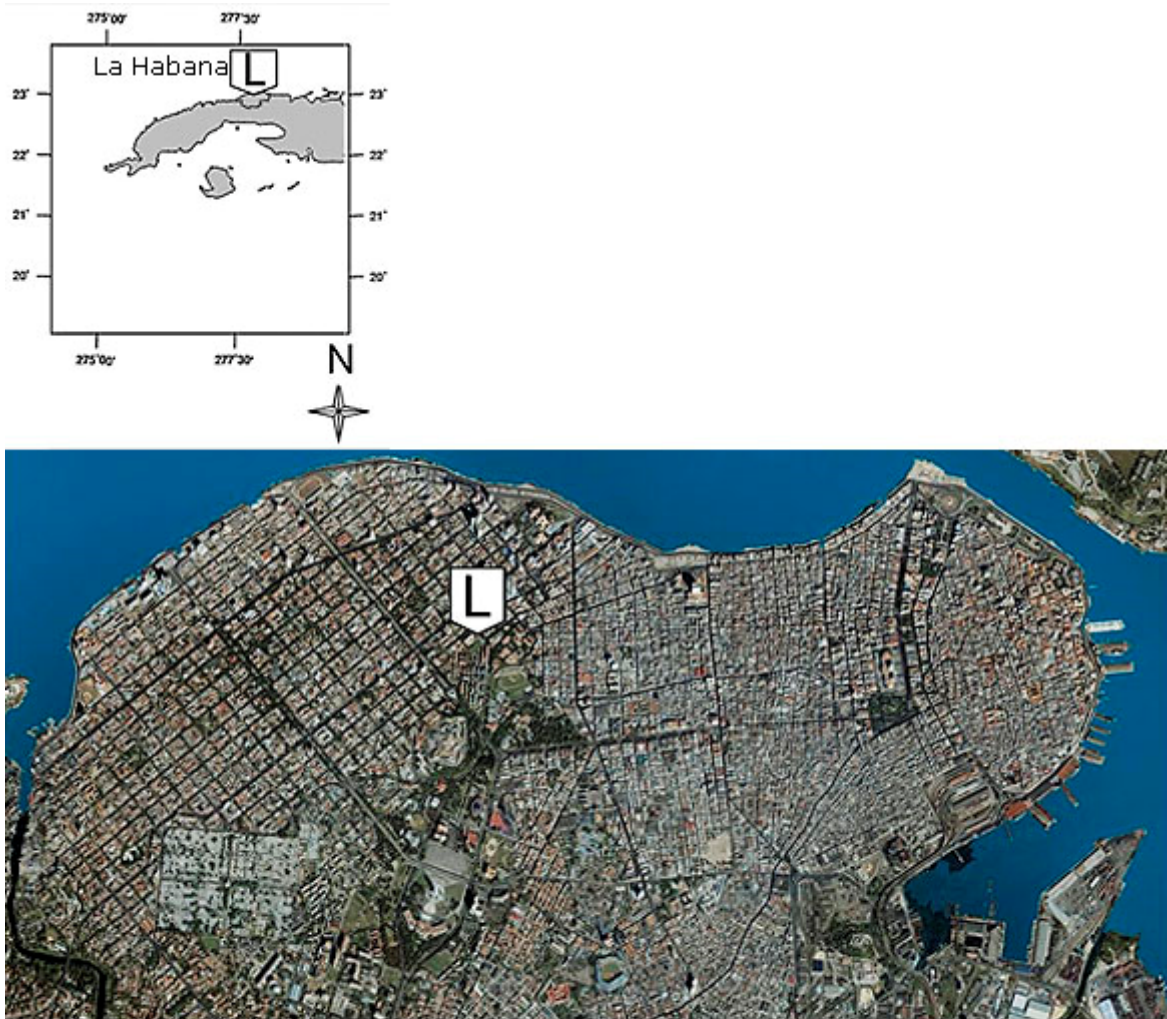
Varios autores informan la capacidad alergénica de *Ganoderma* y lo relacionan con el desarrollo de problemas respiratorios.^{2,3,5} El aumento de los casos de sensibilización alérgica de tipo ambiental registrado en los últimos años ha promovido un creciente interés por conocer las esporas que causan dichas afecciones respiratorias y cuál es su dinámica aerobiológica.² En algunos estudios, las pruebas intradérmicas demuestran que entre 10 % y el 48 % de las personas manifiestan sensibilización a esporas de *Ganoderma*.² En el Caribe se detectó una mayor sensibilización a las basidiosporas que a los conidios en Puerto Rico.⁶ Sin embargo, en este mismo país se destacó la necesidad de evaluar más a fondo el papel de basidiomicetos en las alergias.⁷

En los últimos años, se han realizado un número creciente de estudios sobre la abundancia atmosférica de esporas de *Ganoderma* en Europa y América del Norte. La mayoría de esos estudios se centraron principalmente en la influencia de los parámetros meteorológicos en la variación diaria y estacional de las esporas, la determinación del origen geográfico, la elaboración de modelos de pronóstico o su relación con los síntomas de alergias.² En el Caribe estas basidiosporas se han detectado en la atmósfera de México,^{8,9} Puerto Rico^{7,10} y Colombia.¹¹ En un estudio previo en la atmósfera de La Habana, *Almaguer* y otros¹² analizaron un período de dos años (noviembre/2010-octubre/2012), y constataron su prevalencia como el noveno género detectado, entre los diez predominantes. El trabajo anteriormente mencionado sentó las bases para la identificación y recuento de esta basidiospora. Sin embargo, la información sobre la dinámica de liberación de esporas en Cuba y en la región del Caribe es limitada en comparación con el resto del mundo, lo que avala la extensión de período de monitoreo aeromicrobiológico. Por ello el objetivo de la presente investigación fue determinar la variación temporal de basidiosporas de *Ganoderma* en la atmósfera de La Habana durante cuatro años.

MÉTODOS

Se realizó un muestreo aeromicrobiológico durante cuatro años, desde enero/2013 hasta diciembre/2016, mediante un captador volumétrico tipo Hirst (Lanzoni VPPS 2000, Lanzoni s.r.l., Italia). Este equipo contiene un tambor de cambio semanal, con autonomía de funcionamiento y un flujo de aire aspirado de 10 L/min. Sobre este tambor se fijó una cinta de Melinex impregnada con una solución de silicona en tetracloruro de carbono. Para el recambio semanal, montaje de las muestras y procesamiento se siguió la metodología propuesta por la Red Española de Aerobiología.¹³ El estudio se realizó en La Habana, ubicada en el occidente de Cuba. El captador se ubicó en la azotea de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana (Fig. 1), 23° 08' 12,0623" Latitud Norte y 82° 23' 3,4630" Longitud Oeste, a una altura de 35 m sobre el nivel del suelo en el Vedado (municipio Plaza de la Revolución).

La identificación y recuento de las esporas de *Ganoderma* se realizó mediante un microscopio óptico de campo claro. Se utilizó un lente objetivo de 40x y se observaron dos barridos longitudinales por preparación.



La L indica el lugar de ubicación del Lanzoni VPPS 2000. Facultad de Biología. Modificados de Ginkgomaps y Google-maps.^{14,15}

Fig. 1. Localización del área de estudio y sitio de muestreo en La Habana (occidente de Cuba).

Se calculó la densidad relativa (DR) y la frecuencia relativa (FR), mediante las siguientes ecuaciones: $DR = (\text{concentración de } Ganoderma / \text{concentración de las esporas totales identificadas en un período determinado}) * 100$; $FR = (\text{días en los que se detecta } Ganoderma / \text{días de un período determinado}) * 100$. Además, se calcularon la concentración promedio, concentración máxima y promedio por día.¹³

El periodo de esporulación principal (PEP) se definió en cada año como el período en el cual se alcanza el 90 % de la cantidad total de esporas.¹⁶ Para determinar el modelo de distribución intradiario, se tuvieron en cuenta los días sin lluvia y de concentración media diaria igual o superior a la media anual. Se graficó en el eje de abscisas las horas del día y en el eje de las ordenadas el porcentaje que representan las esporas recogidas en 2 h sobre el total diario.¹³

Se realizó un análisis de correlación por rangos de Spearman entre la concentración diaria de las esporas de *Ganoderma* y las variables meteorológicas del propio día de muestreo y hasta tres días previos. Los análisis estadísticos se hicieron con el programa Statistica Version 9.0.¹⁷ Los datos meteorológicos de temperatura máxima, media, mínima; humedad relativa máxima, media, mínima y

precipitaciones proceden del INSMET (estación meteorológica de Casablanca). Los valores promedios anuales se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Resumen meteorológico de los años de estudio. Datos correspondientes a la estación meteorológica de Casablanca (INSMET)

Año	Tmin (°C)	Tmed (°C)	Tmax (°C)	HRmin (%)	HRmed (%)	HRmax (%)	VV (km/h)	Precipitaciones			
								Acum (mm)	Días lluviosos	Promedio (mm)	Días > Prom
2013	22,4	25,3	29,4	61,1	77,4	90,1	47,3	2046,1	125,0	5,6	69,0
2014	21,3	25,0	29,5	57,3	77,5	91,6	45,6	1177,6	107,0	3,2	65,0
2015	21,0	25,3	30,7	51,8	78,4	94,3	35,9	1126,7	125,0	3,1	62,0
2016	22,3	25,6	29,5	55,0	75,5	89,7	13,9	1435,9	121,0	3,9	59,0

T: temperatura; HR: humedad relativa; min: mínima; med: media; max: máxima; VV: velocidad del viento; Acum: acumulado.

RESULTADOS

En atmósfera de La Habana se identificaron basidiosporas de *Ganoderma* a través de la observación de los caracteres morfológicos distintivos. Todas las basidiosporas contadas fueron elipsoidales, de paredes gruesas, exosporio con pilares interparietales y cavidades hialinas irregulares. Presentaron un ápice elongado y truncado, tamaño de 6-9 x 4-6 μm así como ornamentación foveolada (Fig. 2).

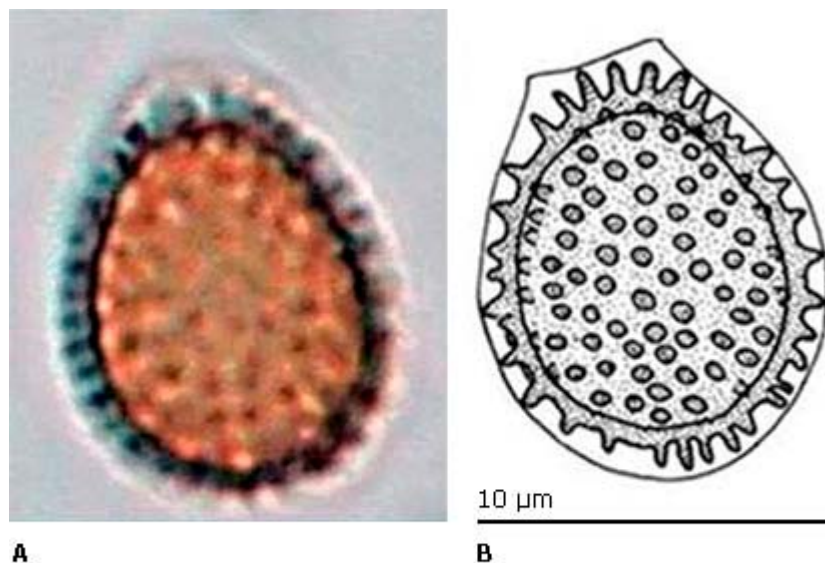


Fig. 2. Basidiosporas de *Ganoderma*. (A) Fotomicrografía de una espora recolectada en La Habana durante 2013, amplificado 1000X. (B) Micrografía tomada de Webster y Weber.⁴

Se contabilizaron 4 772 esporas en los cuatro años de estudio, con una frecuencia relativa que osciló entre 44-68 % y una densidad relativa entre 0,5-0,8 % (tabla 2). La cantidad de esporas contadas en cada año fue variable (945-1 430 esporas), con mayores valores en el 2013 y el 2015. Durante estos dos años también los PEP también fueron más cortos, correspondientes a 243 y 257 días, respectivamente. El promedio diario osciló entre 3-4 esporas/ m^3 , destacándose los tres primeros años con una mayor cantidad de días con concentraciones mayores al promedio.

Tabla 2. Resumen de los datos aerobiológicos de *Ganoderma* por años durante el período de 2013 a 2016 en La Habana

Año	FR	DR	Esporas contadas		Concentración promedio (esporas/m ³)	Días > promedio	PEP		Máxima concentración	
	%	%	Cantidad	%			Inicio → fin	Días	(esporas/m ³)	Fecha
2013	46	0,5	1430	30	4	119	18 abr → 16 dic	243	32	7 jun.
2014	56	0,8	954	20	3	118	18 ene → 11 dic	328	28	1 sep.
2015	68	0,7	1422	30	4	122	19 mar → 30 nov	257	37	14 jul.
2016	44	0,5	966	20	3	57	3 ene → 14 oct	286	83	7 oct.

FR: frecuencia relativa; DR: densidad relativa; PEP: período de esporulación principal.

En todos los años el valor máximo de concentración se detectó en meses de la estación lluviosa (mayo-octubre). Estos valores máximos estuvieron acompañados de otros máximos diarios secundarios localizados de mayo a octubre, en la misma estación (Fig. 3).

Al analizar la variación intradiaria se constató el predominio de *Ganoderma* durante la noche (Fig. 4). En el análisis independiente de cada año se constató una prevalencia durante las 5-6 de la madrugada en el 2013, 2015 y 2016, con valores de 20 %, 26 % y 23 %, respectivamente. Solamente en el año 2014 el contenido de basidiosporas fue más elevado entre las 3-4 h (20 %).

Los valores de concentraciones diarias de *Ganoderma* de todo el período de estudio (2013-2016) se correlacionaron positivamente con la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones (tabla 3). El factor meteorológico más correlacionado fue la temperatura (rs 0,208*-0,292*), seguido por la humedad relativa (rs 0,054*-0,223*) y las precipitaciones (rs 0,057*-0,096*).

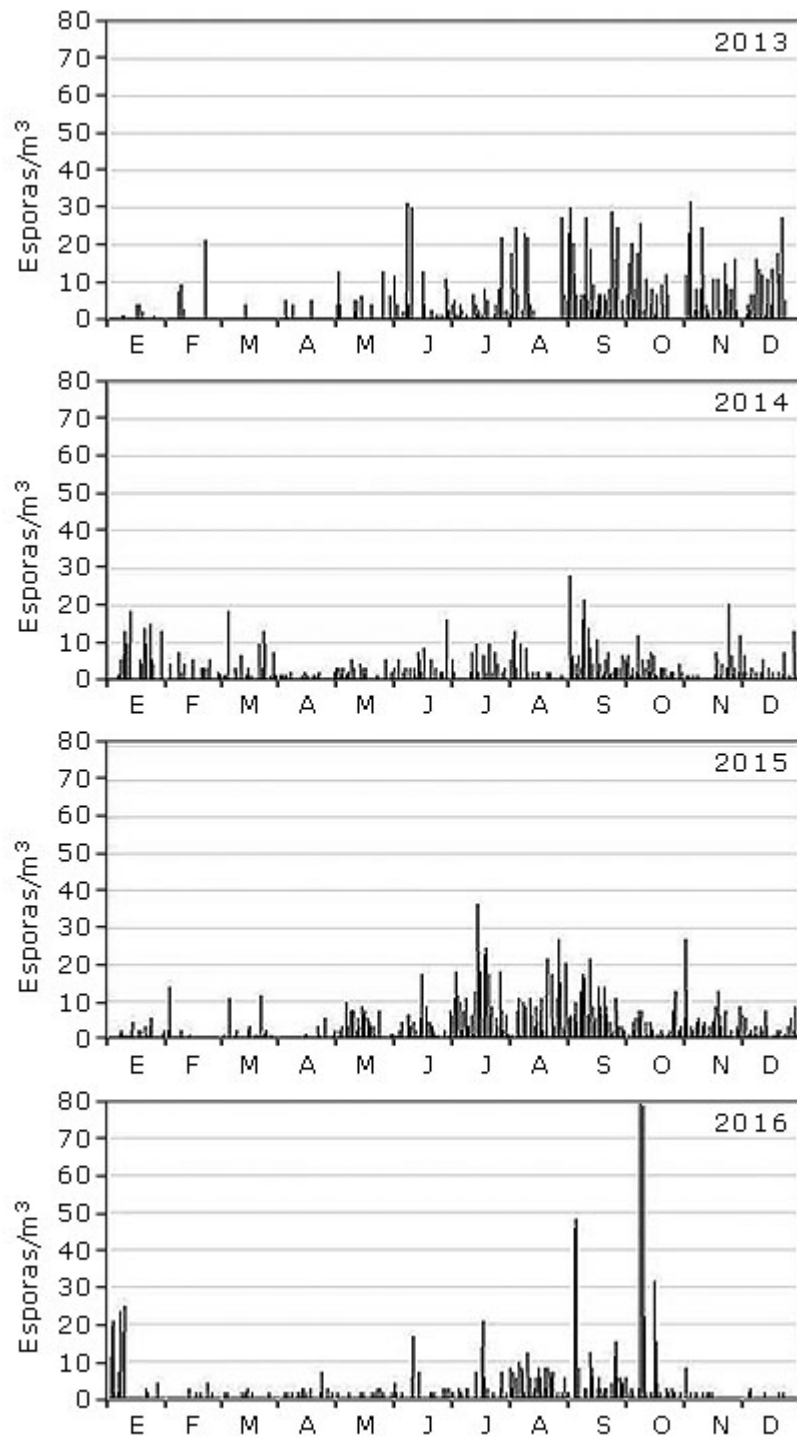
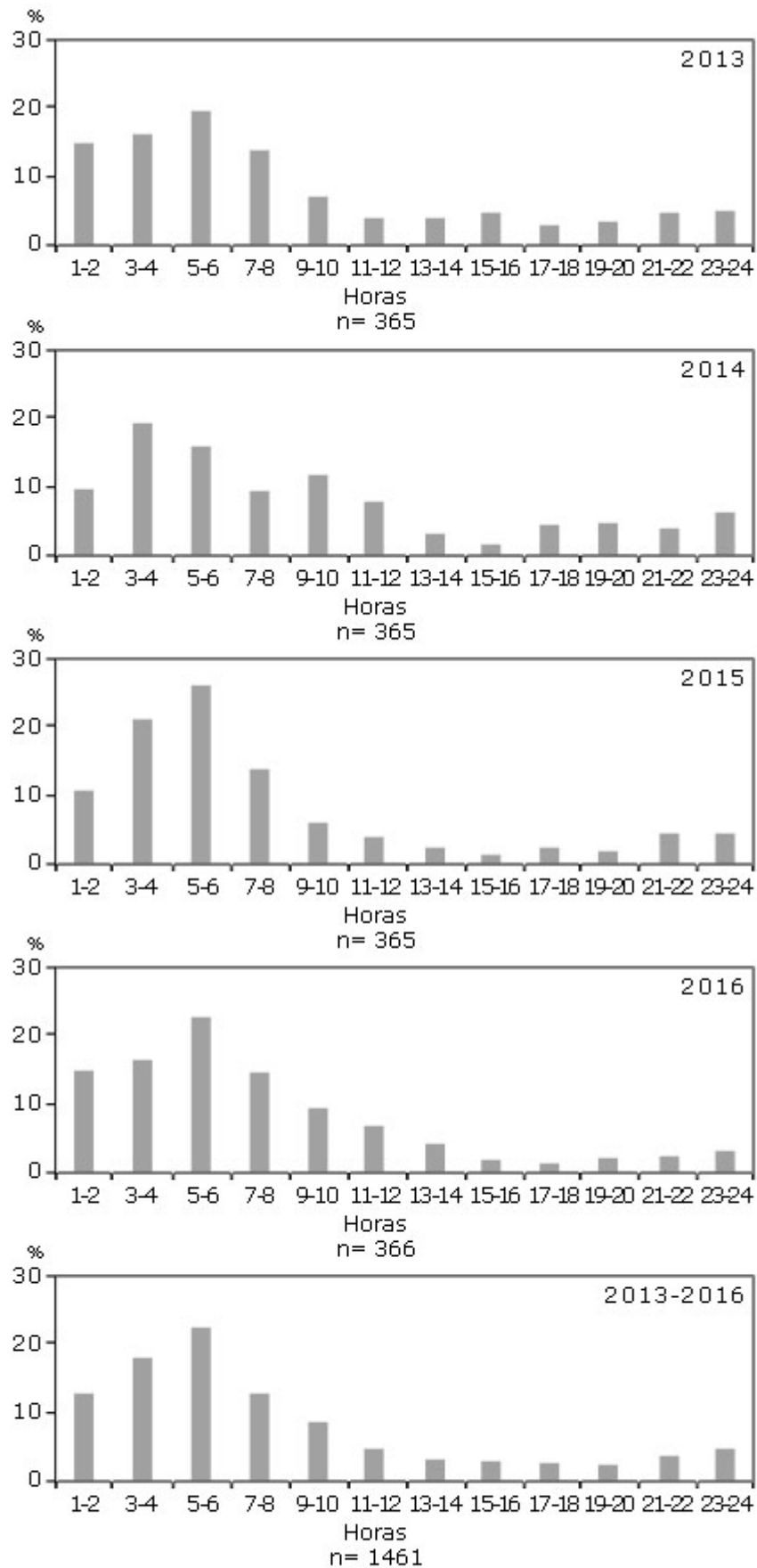


Fig. 3. Variación diaria de las esporas de *Ganoderma* en los cuatro años de estudio.



La n indica el número de días con datos correspondientes a cada hora del día.

Fig. 4. Variación intradiaria de las esporas de *Ganoderma* (%) en los cuatro años de estudio (2013, 2014, 2015 y 2016) y la tendencia durante todo el periodo (2013-2016).

Tabla 3. Correlaciones estadísticas entre la concentración de *Ganoderma* y las variables meteorológicas del mismo día de muestreo (0), y hasta tres días anteriores (-1 a -3)

Variables meteorológicas		0	- 1	- 2	- 3
Temperatura mínima	(°C)	0,264*	0,262*	0,259*	0,267*
Temperatura media	(°C)	0,288*	0,276*	0,267*	0,266*
Temperatura máxima	(°C)	0,292*	0,247*	0,227*	0,208*
Humedad relativa mínima	(%)	0,110*	0,122*	0,111*	0,085*
Humedad relativa media	(%)	0,223*	0,202*	0,171*	0,145*
Humedad relativa máxima	(%)	0,137*	0,136*	0,097*	0,054*
Precipitaciones	(mm)	0,057*	0,061*	0,076*	0,096*

*diferencias significativas para $p < 0,05$ según correlación por rangos de Spearman (rs). n= 1461.

DISCUSIÓN

En esta investigación se informa la presencia de basidiosporas de *Ganoderma* en el bioaerosol de La Habana desde enero de 2013 hasta diciembre de 2016. Estas esporas son fácilmente reconocibles por su pared interior anaranjada y sus espinas que penetran en una pared exterior incolora; además por las conexiones entre paredes y un poro germinativo prominente con ápice truncado.⁴ Estas características morfológicas distintivas permiten identificarlas a través de microscopía óptica de campo claro.

En los cuatro años estudiados se constató la presencia de *Ganoderma*, caracterizada por valores de FR cercanos al 50 %, una DR menor que un 1 % y una estacionalidad definida hacia los meses lluviosos. La variación entre las esporas contadas en cada año se debe a que la atmósfera es altamente dinámica y sobre la dispersión de los propágulos fúngicos pueden actuar diversos factores abióticos y bióticos. Ello posibilita que para un mismo tipo de espora existan fluctuaciones de un año a otro. En el estudio previo al presente trabajo se analizó un período de los años 2010 y 2012 en La Habana, y se constató la presencia de *Ganoderma* durante 360 y 136 días, respectivamente. Además, se encontró más del doble de esporas durante 2011 con respecto al 2012.¹²

Las concentraciones observadas en este estudio son menores a los registros anteriores de otros géneros como *Cladosporium*, *Leptosphaeria*, *Aspergillus* o *Penicillium*.¹⁸ Sin embargo, de acuerdo con los resultados de Sánchez y otros⁵ podrían suponer un riesgo potencial para los pacientes alérgicos. A pesar de ello no se ha podido establecer la importancia alérgica de este hongo desde el punto de vista clínico en el Caribe, ya que la realización de estudios epidemiológicos se encuentra limitada por la falta de extractos comerciales adecuadamente estandarizados y disponibles.⁷

En esta investigación se detectó el predominio de esporas hacia los meses lluviosos durante todos los años estudiados, resultado anteriormente referido por Almaguer y otros¹² en esta misma ciudad. Esta estacionalidad se ha referido en países del neotrópico como México⁸ y Puerto Rico,¹⁰ o en otras latitudes como Portugal,¹⁹ Australia²⁰ y Estados Unidos.²¹ En esta estación del año las abundantes

precipitaciones, favorecen el desarrollo de los basidiocarpos de *Ganoderma* y la posterior liberación de las basidiosporas al aire, debido a la alta humedad resultante y la disponibilidad del agua.

La relación entre estos factores abióticos y la biología de estos hongos también puede influir en la dinámica intradiaria. En este sentido, en los cuatro años analizados las esporas predominaron durante la madrugada. Varios autores han planteado que *Ganoderma* presenta un patrón de dispersión nocturno, relacionado con el mecanismo de liberación de basidiosporas y la influencia de la humedad relativa.^{5,21,22} La correlación entre las variables analizadas y las concentraciones evidenciaron una relación positiva con la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones. Ello indica que las condiciones tropicales de La Habana inciden en la concentración de esporas de *Ganoderma* en la atmósfera.

La temperatura influye en la supervivencia y el crecimiento de los hongos. Una relación positiva entre las esporas de *Ganoderma* y la temperatura del aire se encontró en Estados Unidos²¹ y en Portugal.¹⁹ Varios autores refirieron una estacionalidad de *Ganoderma* relacionado con meses con temperaturas elevadas, características del verano.^{19,20,23}

La sensibilización a las esporas de este género en Cuba, desde el punto de vista clínico, aún no está completamente estudiada. Sin embargo, existen trabajos epidemiológicos en otras regiones con extractos comerciales adecuadamente estandarizados. Tarlo y otros²⁴ indicaron que *Ganoderma* debería recibir una consideración adicional como aeroalergeno de verano, con estudios sobre la sensibilización humana a sus antígenos. Otros autores plantearon que la exposición persistente a *Ganoderma* podría estimular un nivel básico de respuesta alérgica en pacientes susceptibles.^{23,25} En EE. UU. se informó sensibilización a *G. applanatum* en pacientes alérgicos²⁶⁻²⁸ y se detectaron disminuciones significativas específicas en las tasas máximas de flujo expiratorio matutino en niños, relacionado con concentraciones crecientes de esporas de *Ganoderma*.²⁹ En un país tropical como la India se registró sensibilización de alrededor del 20 % a *Ganoderma lucidum* en población atópica.³⁰

Varios estudios refieren la alergenicidad e importancia clínica de *Ganoderma* e indican que sus extractos contienen una serie de alérgenos (tabla 4). Varias de estas investigaciones plantearon que las reacciones alérgicas pueden depender de la concentración de las basidiosporas en el aire y también de la potencia alergénica de las esporas individuales, así como de la susceptibilidad de cada individuo. Sería interesante determinar la asociación de las concentraciones de esporas encontradas en este estudio con la sensibilidad real a *Ganoderma* en la población atópica habanera.

Tabla 4. Principales resultados de estudios realizados en varias latitudes sobre la alergenicidad de *Ganoderma* spp.

País	Principal resultado
Estados Unidos	Sensibilización a <i>G. lucidum</i> ^{31,32}
	Dos pacientes expuestos a <i>G. lucidum</i> reaccionaron positivamente en un estudio de broncoprovocación ³¹
	Caracterización bioquímica de varios alérgenos en <i>Ganoderma meredithae</i> ³³
Estados Unidos y Europa	Sensibilización a <i>G. lucidum</i> y <i>G. meredithae</i> ³⁴
Canadá	Estudio con extractos detectaron altas tasas de reactividad de la prueba cutánea ²⁴
	Detección de 14 antígenos en esporas de <i>G. applanatum</i> ³⁵
Puerto Rico	Las esporas de <i>G. applanatum</i> tienen componentes alérgicos reconocidos por individuos puertorriqueños, que eventualmente podrían ser considerados como marcadores en casos de alergia a hongos y pueden ser incluidos en paneles de alérgenos diagnósticos en regiones tropicales ³⁶
India	Sensibilización a <i>G. lucidum</i> ²⁹
Nueva Zelanda	Relación entre <i>G. applanatum</i> y el asma (colección, cuantificación e inmunogenicidad de las esporas). Se desarrolla una teoría que propone cómo <i>Ganoderma</i> podría contribuir a la hiperreactividad alérgica en pacientes susceptibles ²³
	Los extractos de esporas de <i>G. applanatum</i> fueron reactivos en la prueba cutánea, y los recuentos de esporas se correlacionaron con los síntomas ^{33,37}

En algunos de estudios anteriormente citados se plantea que esta basidiospora puede representar un riesgo potencial para pacientes sensibles en ambientes urbanos, aun en bajas concentraciones, debido a su variabilidad en la atmósfera. Por lo tanto, es necesario realizar más estudios sobre la atmósfera de La Habana para contar con modelos predictivos y amplias bases de datos que permitan la integración con estudios epidemiológicos.

La identificación de esporas de hongos alérgicos típicos de una región y la determinación de sus variaciones estacionales, así como su relación con las variables meteorológicas constituye un principio fundamental para iniciar medidas preventivas y minimizar su impacto.³⁸ Por ello el conocimiento de las dinámicas temporales y la exposición a estos aeroalérgenos contribuye en el manejo de enfermedades alérgicas. La distribución intradiaria resulta importante para la estrategia de ventilación de locales interiores. Teniendo en cuenta la abundancia de estas basidiosporas en el ambiente extradomiciliario durante el presente trabajo, no sería recomendable la ventilación natural nocturna de las habitaciones de personas sensibilizadas a *Ganoderma*.

CONCLUSIONES

El contenido atmosférico de *Ganoderma* puede variar de un año a otro, al igual que la extensión de su período de esporulación principal, sin embargo, los máximos valores diarios se localizan durante la estación lluviosa. Los mayores porcentajes de esporas se detectan durante la madrugada principalmente entre las 5-6 h. La concentración de esporas de *Ganoderma* se correlaciona positivamente con la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones, lo que indica que las condiciones tropicales de La Habana inciden en su variación temporal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Osvaldo Cuesta y al Lic. Javier Bolufé del Instituto de Meteorología (INSMET) por facilitar el acceso a los datos meteorológicos, como parte del Proyecto Nacional P211LH007-017 "Caracterización aeromicológica de la atmósfera de La Habana: su impacto en la salud y la agricultura". También agradecemos a la Dra. María Jesús Aira de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) por la colaboración para el trabajo con el LANZONI VPPS 2000.

CONFLICTO DE INTERESES

No se declara conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cabarroi M, Maldonado S, Del Castillo L. Hongos del Jardín Botánico Nacional de Cuba. I. *Basidiomycota*. Revista Jard Bot Nac Univ Habana. 2008 [citado 4 ene 2018];29:161-9. Disponible en: <http://www.rjbn.uh.cu/index.php/RJBN/article/view/265/259>
2. Jedryczka M, Strzelczak A, Grinn-Gofron A, Nowak M, Wolski T, Siwulski M, et al. Advanced statistical models commonly applied in aerobiology cannot accurately predict the exposure of people to *Ganoderma* spore-related allergies. Agric. For. Meteorol. 2015 [cited 2018 Jan 4];201:209-17. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.11.015>
3. Sady S, Skjøth C, Kennedy R. Back-trajectories show export of airborne fungal spores (*Ganoderma* sp.) from forests to agricultural and urban areas in England. Atmos Environ. 2014 [cited 2018 Jan 4];84:88-9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.11.015>
4. Webster J, Weber R. Introduction to Fungi. Cambridge: Univ. Press, UK; 2007.
5. Sánchez Reyes E, Rodríguez de la Cruz D, Sánchez J. Contenido atmosférico de esporas de *Ganoderma* p. Karst. en la atmósfera de Valladolid. Polen. 2009 [citado 4 ene 2018];17:39-49. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14201/pol.v17i0.7391>
6. Rivera-Mariani FE, Nazario-Jiménez S, López-Malpica F, Bolaños-Rosero B. Sensitization to airborne ascospores, basidiospores, and fungal fragments in allergic

rhinitis and asthmatic subjects in San Juan, Puerto Rico. *Int Arch Allergy Immunol*. 2011 [cited 2018 Jan 4];155(4):322-34. Available from: <https://doi.org/10.1159/000321610>

7. Rivera-Mariani FE, Bolaños-Rosero B. Allergenicity of airborne basidiospores and ascospores: need for further studies. *Aerobiologia*. 2012 [cited 2018 Jan 4];28(2):83-97. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10453-011-9234-y>

8. Calderón C, Lacey J, McCartney HA, Rosas I. Seasonal and diurnal variation of airborne basidiomycete spore concentrations in Mexico City. *Grana*. 1995 [cited 2018 Jan 4];34:260-8. Available from: <https://doi.org/10.1080/00173139509429055>

9. Martínez MAC, Velázquez KG, Gil JER. Variación de las esporas de *Ganoderma* sp. en la atmósfera de Villa Hermosa, Tabasco. *Nerea SA*. 2016 [citado 4 ene 2018];22(42):8-15. Disponible en: <http://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/1732>

10. Quintero E, Rivera-Mariani F, Bolaños-Rosero B. Analysis of environmental factors and their effects on fungal spores in the atmosphere of a tropical urban area (San Juan, Puerto Rico). *Aerobiologia*. 2010 [cited 2018 Jan 4];26(2):113-24. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10453-009-9148-0>

11. Alzate F, Quijano MA, Alvarez A, Fonnegra R. Polen atmosférico y esporas contenidas en el área urbana de la ciudad de Medellín (Colombia). *Hoehnea*. 2015 [citado 4 ene 2018];42(1): 5-26. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-52/2013>

12. Almaguer M, Rojas TI, Rodríguez-Rajo FJ, Aira MJ. Airborne basidiospores of *Coprinus* and *Ganoderma* in a Caribbean region. *Aerobiologia*. 2014 [cited 2018 Jan 4];30(2):197-204. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10453-013-9318-y>

13. Galán C, Cariñanos P, Alcázar P, Domínguez E. Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología. Córdoba, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba; 2007 [citado 4 ene 2018]. Disponible en: https://www.aerobiologia.com/app/download/5783625283/manual_cast.pdf

14. GinkgoMaps-Mapas digitales gratuitos [Internet]. GinkgoMaps, 2000 [citado 4 ene 2018]. Disponible en: <http://www.ginkgomaps.com>

15. Google-maps.pro [Internet]. Royal Roads University: Google, 2014 [citado 4 ene 2018]. Disponible en: <http://google-maps.pro/satellite>

16. Nilsson S, Persson S. Tree pollen spectra in the Stockholm region (Sweden), 1973-1980. *Grana*. 1981 [cited 2018 Jan 4];20(3):179-82. Available from: <https://doi.org/10.1080/00173138109427661>

17. StatSoft Inc., STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 9.0. [Internet] 2009 [cited 2018 Jan 4]. Available from: <http://www.statsoft.com>

18. Almaguer M, Aira MJ, Rodríguez-Rajo FJ, Rojas TI. Study of airborne fungus spores by viable and non-viable methods in Havana, Cuba. *Grana*. 2013 [cited 2018 Jan 4];52(4):289-98. Available from: <https://doi.org/10.1080/00173134.2013.829869>

19. Oliveira M, Ribeiro H, Abreu I. Annual variation of fungal spores in atmosphere of Porto: 2003. *Ann Agric Environ Med*. 2005 [cited 2018 Jan 4];12(2):309-15. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16457491>
20. Mitakakis TZ, Guest DI. A fungal spore calendar for the atmosphere of Melbourne, Australia, for the year 1993. *Aerobiologia*. 2001 [cited 2018 Jan 4];17(2):171-6. Available from: <https://doi.org/10.1023/A:1011028412526>
21. Craig RL, Levetin E. Multi-year study of *Ganoderma* aerobiology. *Aerobiologia*. 2000 [cited 2018 Jan 4];16(1):75-81. Available from: <https://doi.org/10.1023/A:1007682600175>
22. Kasprzyk I, Grinn-Gofron A, Strzelczak A, Wolski T. Hourly predictive artificial neural network and multivariate regression trees models of *Ganoderma* spore concentrations in Rzeszów and Szczecin (Poland). *Sci Total Environ*. 2011 [cited 2018 Jan 4];409:949-56. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.12.002>
23. Cutten AEC, Hasnain SM, Bai TR, McKay EJ. The basidiomycete *Ganoderma* and asthma: collection, quantitation and immunogenicity of the spores. *NZ Med J*. 1988 [cited 2018 Jan 4];101:361-3. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3412693>
24. Tarlo SM, Bell B, Srinivasan J, Dolovich J, Hargreave FE. Human sensitization to *Ganoderma* antigen. *J Allergy Clin Immunol*. 1979;64(1):43-9. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/0091-6749\(79\)90082-4](http://dx.doi.org/10.1016/0091-6749(79)90082-4)
25. Hasnain SM, Wilson JD, Newhook FJ. Allergy to basidiospores: immunologic studies. *NZ Med J*. 1985 [cited 2018 Jan 4];98:393-6. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3857522>
26. Herxheimer H, Hyde HA, Williams DA. Allergic asthma caused by basidiospores. *Lancet*. 1969 [cited 2018 Jan 4];11:131.3. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(69\)92441-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(69)92441-6)
27. Lehrer SB, Lopez M, Butcher BT, Olsen J, Reed M, Salvaggio JE. Basidiomycete mycelia and spore allergen extracts: skin reactivity in adults with symptoms of respiratory allergy. *J Allergy Clin Immunol*. 1986 [cited 2018 Jan 4];78:478-85. Available from: [https://doi.org/10.1016/0091-6749\(86\)90036-9](https://doi.org/10.1016/0091-6749(86)90036-9)
28. Sprenger JD, Altman LC, O'Neil CE, Lehrer SB, Ayars GH. Skin test reactivity to basidiospores in adults in Seattle with respiratory allergy. *J Allergy Clin Immunol*. 1988;77:1-200.
29. Neas LM, Dockery DW, Burge H, Koutrakis P, Speizer FE. Fungus spores, air pollutants, and other determinants of peak expiratory flow rate in children. *Am J Epidemiol*. 1996 [cited 2018 Jan 4];143(8):797-807. Available from: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a008818>
30. Singh AB, Gupta SK, Pereira BM, Prakash D. Sensitization to *Ganoderma lucidum* in patients with respiratory allergy in India. *Clin Exp Allergy*. 1995 [cited 2018 Jan 4];25:440-7. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.1995.tb01075.x>

31. Lopez M, Voigtlander JR. Bronchoprovocation studies in basidiospore-sensitive allergic subjects with asthma. *J Allergy Clin Immunol.* 1989 [cited 2018 Jan 4];84(2):242-6. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/0091-6749\(89\)90331-X](http://dx.doi.org/10.1016/0091-6749(89)90331-X)
32. Butcher BT, O'Neil, CE, Reed M, Altman L, Lopez M, Lehrer S. Basidiomycete allergy: Measurement of spore-specific IgE antibodies. *J Allergy Clin Immunol.* 1987 [cited 2018 Jan 4];80(6):803-9. DOI: Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0091-6749\(87\)80269-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0091-6749(87)80269-5)
33. Horner WE, Helbling A, Lehrer SB. Basidiomycete allergens: comparison of three *Ganoderma* species. *Allergy.* 1993 [cited 2018 Jan 4];48:110-6. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.1993.tb00695.x>
34. Lehrer SB, Hughes JM, Altman LC, Bousquet J, Davies RJ, Gell L, et al. Prevalence of basidiomycete allergy in the USA and Europe and its relationship to allergic respiratory symptoms. *Allergy.* 1994 [cited 2018 Jan 4];49(6):123-34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1398-9995.1994.tb00840.x>
35. Vijay HM, Comtois P, Sharma R, Lemieux R. Allergenic components of *Ganoderma applanatum*. *Grana* 1991 [cited 2018 Jan 4];30:167-70. Available from: <https://doi.org/10.1080/00173139109427793>
36. Vilá-Héreter F, Rivera-Mariani FE, Bolaños-Rosero B. Serological reactivity and identification of immunoglobulin e-binding polypeptides of *Ganoderma applanatum* crude spore cytoplasmic extract in Puerto Rican subjects. *Int Arch Allergy Immunol.* 2017 [cited 2018 Jan 4];172(3):139-49. Available from: <https://doi.org/10.1159/000455254>
37. Helbling A, Brander KA, Horner WE, Lehrer SB. Allergy to basidiomycetes. En: Breitenbach M, Cramer R, Lehrer SB, editors. *Fungal Allergy and Pathogenicity.* *Chem Immunol.* 2002 [cited 2018 Jan 4];81:28-47. Available from: <https://doi.org/10.1159/000058861>
38. Grinn-Gofroń A, Strzelczak A. The effects of meteorological factors on the occurrence of *Ganoderma* sp. spores in the air. *Int J Biometeorol.* 2011 [cited 2018 Jan 4];55:235-41. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10453-014-9347-1>

Recibido: 30 de enero de 2018.

Aprobado: 13 de abril de 2018.

Michel Almaguer Chávez. Departamento de Microbiología y Virología. Facultad de Biología. Universidad de La Habana. Cuba.
Correo electrónico: michelalm@fbio.uh.cu