

## COMUNICACIÓN BREVE / SHORT COMMUNICATION

### CUANTIFICACIÓN DE LAS ESPORAS DE *Ganoderma* DEL AIRE EXTERIOR EN LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO, MÉXICO

(Quantification of *Ganoderma* spores in outdoor air of Villahermosa city, Tabasco, Mexico)

Marcela Alejandra CID-MARTÍNEZ\*, Karina GALLARDO-VELÁZQUEZ, José Edmundo ROSIQUE-GIL, Verónica Isidra DOMÍNGUEZ-RODRÍGUEZ y Reyna Lourdes FOCIL-MONTEERRUBIO

División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km 0.5 carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya, Villahermosa, 86039 Centro, Tabasco, México

\*Autora para correspondencia: marcela.cid@ujat.mx

(Recibido marzo 2017; aceptado junio 2018)

Palabras clave: aeromicrología, afecciones respiratorias, Basidiomycota, clima tropical

#### RESUMEN

Los propágulos fúngicos son las partículas biológicas más abundantes en la atmósfera. La cantidad de éstos depende de muchos factores, entre ellos la hora del día, la estación del año, la actividad humana, y la velocidad y dirección del viento, entre otros. El hongo del género *Ganoderma* tiene importancia como fitopatógeno y degradador de lignocelulosa, así como por sus propiedades medicinales. Además, cuando sus basidiosporas se inhalan pueden causar alergias en personas susceptibles. Por este motivo su comportamiento en la atmósfera ha sido estudiado en diferentes partes del mundo, aunque en México no se ha estudiado. Para determinar la presencia cuantitativa de esporas de *Ganoderma* en la atmósfera exterior de la ciudad, se empleó una trampa tipo Burkard que se colocó a una altura de aproximadamente 10 m en dos sitios, uno urbano y otro suburbano. Se cuantificaron las esporas y se determinó la concentración promedio horaria y diaria. Durante el periodo de muestreo (agosto 2014-enero 2015) se recolectó en los sitios urbano y suburbano un total de 3230 esporas en la atmósfera. En el sitio urbano se cuantificó un total de 1187 esporas, mientras que en el sitio suburbano se obtuvo un total de 2043. La mayor concentración de esporas se registró en agosto y la menor en noviembre. En cuanto a la variación horaria, a la 01:00, 03:00 y 05:00 h se registraron las máximas concentraciones de *Ganoderma* sp. Éste es el primer estudio sobre la concentración de esporas de *Ganoderma* que se realiza en el sureste de México.

Keywords: aeromicrology, respiratory diseases, Basidiomycota, tropical climate

#### ABSTRACT

Fungal propagules are the more abundant bio-particles in the atmosphere. Their amount depends on several factors, including time of day, season of the year, human activity, speed and direction of the wind, among others. The *Ganoderma* genus has been studied as a phytopathogen, as a lignocellulose degrading and for its medicinal properties. Moreover, when its basidiospores are inhaled, they can cause allergies in susceptible people. Therefore, its behavior in the atmosphere has been under study in different parts of the world, though in Mexico it has not been studied yet. To determine the quantitative presence of *Ganoderma* spores in the outer atmosphere of the city, a Burkard type

trap was used, which was placed at a height of approximately 10 m at two sites located in an urban and a suburban area. Spores were quantified, and the average hourly and daily concentration was determined. During the sampling period (August 2014-January 2015) a total of 3230 spores were collected from the atmosphere in both sites. In the urban site a total of 1187 spores were quantified, while in the suburban site 2043 spores were obtained. The highest concentration of spores was recorded in August and the lowest in November. Regarding the time variation, the highest concentrations of *Ganoderma* were recorded at 01:00, 03:00 and 05:00 h. This is the first study on the concentration of *Ganoderma* spores in southeastern Mexico.

## INTRODUCCIÓN

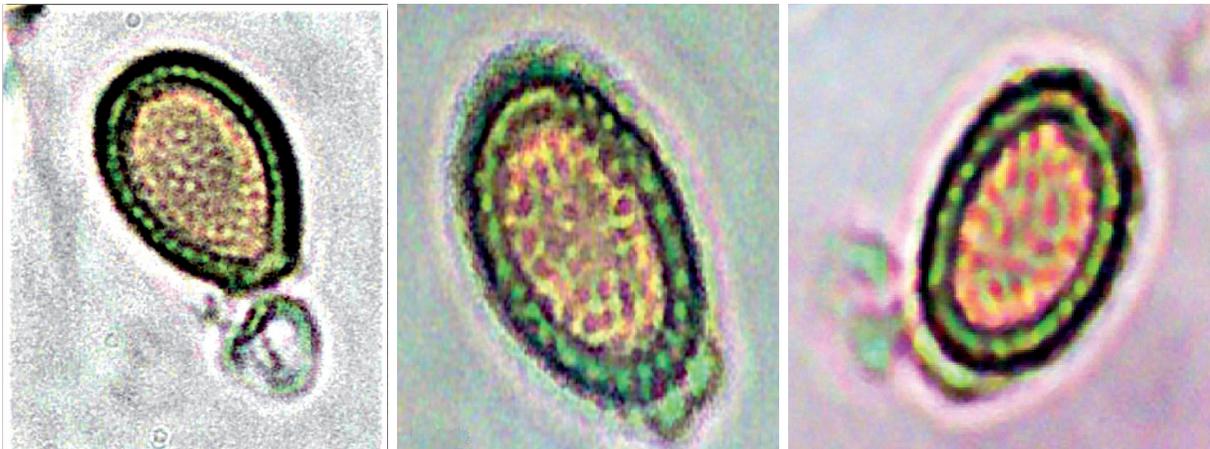
El género *Ganoderma* pertenece al filo Basidiomycota, es cosmopolita e incluye 50 especies lignícolas, algunas de ellas parásitos importantes de árboles forestales y ornamentales (Zakira et al. 2005, Paterson 2007). Cuando están maduros, estos hongos forman cuerpos fructíferos persistentes de color marrón rojizo en forma de repisa, que pueden alcanzar 50 cm de diámetro o más y se desarrollan sobre troncos y ramas (**Fig. 1**). Debido a que sus cuerpos fructíferos tienen consistencia leñosa pueden perdurar varios meses o años liberando miles de millones de esporas en un día (Caretta 1992, Sáenz y Gutiérrez 2003, Morales et al. 2006). La producción, liberación y permanencia de las esporas en el aire depende de los parámetros meteorológicos de la zona de estudio. Caretta (1992) estimó la concentración media diaria de 10 000 a 20 000 m<sup>3</sup> de aire porque cuantificó la concentración de esporas por volumen de aire. Sus basidiosporas son asimétricas, ovasdas o elípticas, truncadas en el ápice, de color marrón y tamaño de 8-14 × 5-8 µm con pared doble y superficie



**Fig. 1.** Cuerpo fructífero de *Ganoderma* inmaduro en un tronco de árbol en el parque urbano La Pólvora en Villahermosa, Tabasco

foveolada; una capa externa hialina rodea a una interna de color marrón (Smith 1984, Suárez et al. 2012) (**Fig. 2**).

Aunque las basidiosporas de *Ganoderma* no son las esporas más abundantes en el aire, pueden distinguirse rápida y fácilmente en las muestras fijas



**Fig. 2.** Esporas de *Ganoderma* aisladas de la atmósfera de la ciudad de Villahermosa, Tabasco

(Hasnain et al. 2005). Comúnmente se ingieren en forma de infusión, por sus múltiples propiedades medicinales, para la prevención o tratamiento de hepatitis, bronquitis crónica, gastritis, crecimientos tumorales y trastornos inmunológicos (Wasser et al. 2000, Sliva et al. 2003, Ríos 2008, Trigos y Suárez, 2011). Sin embargo, debido a su tamaño, una espora puede penetrar hasta vías respiratorias profundas y desencadenar una reacción alérgica en personas sensibles (Lehrer y Horner 1990, Vijay et al. 1991, Cutten et al. 1998 en Hasnain et al. 2004, Peterson 2006). En ambientes tropicales como Tabasco, las personas alérgicas tienden a ser más sensibles a basidiosporas que a mitosporas (Rivera-Mariani et al. 2011). Entre 15 y 30 % de los pacientes con síntomas de alergia respiratoria muestran pruebas cutáneas positivas a *Ganoderma* (Singh et al. 1995). Además, pueden agudizar las enfermedades respiratorias (Rivera-Mariani y Bolaños-Rosero 2012). Asimismo, se ha sugerido que la exposición prolongada y continua a las esporas de *Ganoderma* podría estimular la respuesta alérgica en pacientes con sensibilidad atópica (Hasnain et al. 2004). Esta exposición puede ocurrir debido a que este hongo es lignícola y es común en lugares con vegetación leñosa como parques urbanos. Lo anterior, aunado a una alta humedad relativa en el estado, permite que la producción de esporas sea casi constante. Ramos y Cappello (2009) recolectaron e identificaron en Tabasco los cuerpos fructíferos de *G. applanatum*, *G. lucidum*, *G. colosum*, *G. lobatum*, *G. resinaceum* y *G. curtisii*.

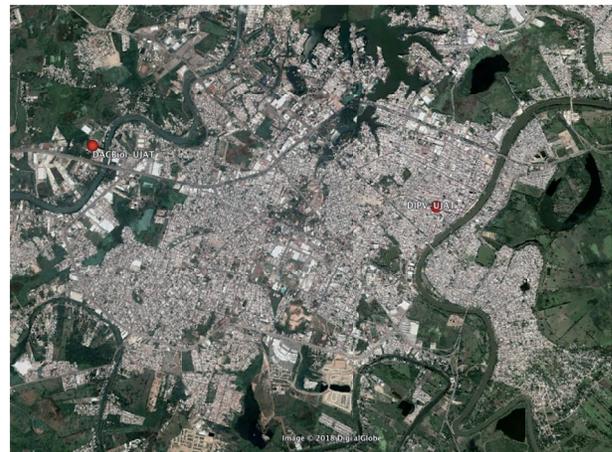
A pesar de lo anterior, no se han hecho estudios sobre la presencia de esporas de *Ganoderma* en el aire en regiones tropicales de México. Por ello se considera que éste es un estudio preliminar cuyo objetivo fue determinar la concentración de esporas de *Ganoderma* en dos sitios de la ciudad Villahermosa, Tabasco, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos sitios de muestreo en las áreas con mayor y menor grado de urbanización ubicados en el centro (urbano) y en la periferia (suburbano) de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. El sitio urbano se caracteriza por estar rodeado de casas, oficinas, hoteles y comercios; presenta constante tráfico vehicular tanto público como privado y pocas áreas verdes, principalmente plantas en jardines, balcones y patios caseros, así como árboles en las avenidas. El sitio suburbano

se caracteriza por estar rodeado de vegetación y se localiza cerca de la carretera 180 costera del Golfo de México (Fig. 3). Para recolectar las esporas, se emplearon dos muestreadores tipo Burkard colocados a 10 m de altura (Burkard 1990, BAF 1995). El periodo de muestreo abarcó de agosto de 2014 a enero de 2015. Se observaron en microscopio con una magnificación de 40 y 100X un total de 162 laminillas siguiendo la técnica de Kämpylä y Penntinän (1981). Una vez cuantificadas las esporas de *Ganoderma* se obtuvieron las concentraciones por m<sup>3</sup> de aire a partir de la siguiente fórmula: concentración horaria (m<sup>3</sup> de aire) = número de esporas contabilizadas en un transecto de una hora multiplicado por la longitud del celofán correspondiente a una hora (2 mm/ancho del campo observado [0.50 mm]) multiplicado por el volumen de aire succionado en una hora.

Se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA)



Sitio suburbano, División Académica de Ciencias Biológicas-

UJAT 17°59'23" N 92°58'25" W

Sitio urbano, Secretaría de Investigación, Posgrado y Vinculación-

UJAT 17°59'18" N 92°55'15" W

**Fig. 3.** Ubicación de los sitios de estudios. Sitio urbano: edificio de la Secretaría de Investigación, Posgrado y Vinculación de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Sitio suburbano: División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol), UJAT

para comparar la variación horaria de las concentraciones de esporas, para lo cual se dividieron las 24 horas del día en cuatro segmentos: segmento 1 madrugada (01:00, 03:00 y 05:00 h), segmento 2 mañana (07:00, 09:00 y 11:00 h), segmento 3 tarde (13:00, 15:00 y 17:00 h) y segmento 4 noche (19:00, 21:00 y 23:00 h).

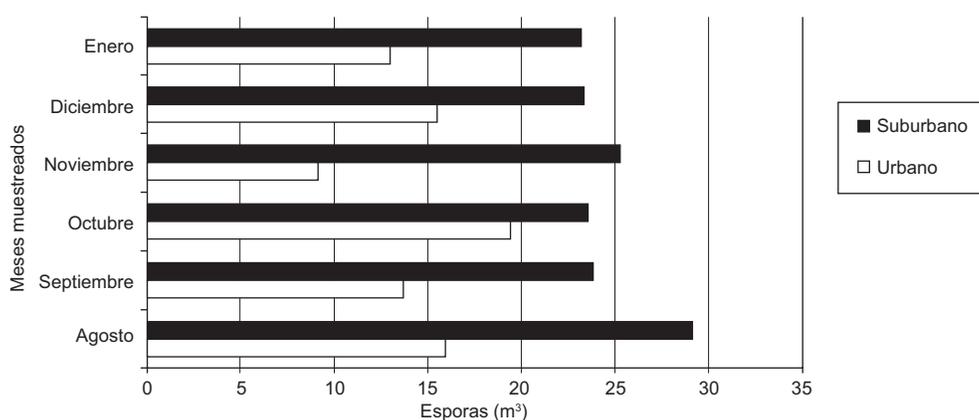
## RESULTADOS

Se recolectó un total de 3230 esporas de la atmósfera en los dos sitios durante el periodo de muestreo. El promedio mensual de esporas más alto se registró en agosto (**Fig. 4**) en el sitio suburbano, lo que concuerda con los resultados de Levetin (1990), Calderón et al. (1995), Singh et al. (1995), Craig y Levetin (2000) y Almaguer et al. (2014). Estos datos coinciden con la época de lluvias, que estuvieron presentes previamente y a lo largo de todo el periodo de muestreo, lo que estimula la esporulación. En el sitio urbano se cuantificó un total de 1187 esporas, mientras que en el sitio suburbano se colectó un total de 2043 esporas. En otros estudios, se ha encontrado que las áreas suburbanas tienen una mayor concentración de esporas (Kasprzyk y Worek 2006, Sánchez et al. 2009), lo que puede deberse a que el sitio tiene una mayor vegetación. La vegetación genera una humedad relativa alta, además de ser usada como sustrato permanente para el crecimiento y esporulación de *Ganoderma*, lo que hace que esté presente la mayor parte del año (Calderón et al. 1995, Craig y Levetin 2000, Morales et al. 2006). Sin embargo, el exceso de ésta también determina la concentración ya que las partículas fúngicas pueden depositarse más rápidamente debido a que las esporas pueden actuar como núcleos de condensación para la formación de nubes y la posterior precipitación (Edmonds 1979).

El promedio horario de esporas aéreas en el sitio urbano fue variable, se registró un pico a las 23:00 h con un patrón nocturno de liberación (Hasnain et al. 2005 y Almaguer et al. 2014). En el sitio suburbano, las concentraciones más altas se registraron a la 01:00

y 05:00 h, estos resultados coinciden con Sánchez et al. (2009) y Almaguer et al. (2014) en el horario de las 05:00 (**Fig. 5**). Estas concentraciones pueden deberse a que la temperatura desciende pero la densidad del aire y la humedad relativa se incrementan haciendo que las partículas fúngicas se acumulen en la primera capa de la atmósfera (Ayllón 2003, Rosas et al. 2004). En otros estudios, el pico se presentó a las 04:00 h (Craig y Levetin 2000). En regiones tropicales, con una gran cantidad de vegetación cercana a las ciudades, el monitoreo de basidiosporas en general y de *Ganoderma* en particular, es de importancia clínica. Existen registros de una mayor sensibilidad a este tipo de esporas que a las mitosporas (Rivera et al. 2011), ya que entre el 10 y el 48 % de pacientes que muestran pruebas positivas (test cutáneos y test intradérmicos) a basidiomicetes, lo son a *Ganoderma* (Singh et al. 1995). Los resultados presentados, muestran datos interesantes del comportamiento de las esporas de *Ganoderma* en una ciudad localizada en la región tropical de México y que se encuentra rodeada por una gran cantidad de vegetación. Además, sirven de base para establecer un monitoreo constante de dichas esporas y su relación con parámetros meteorológicos de tal forma que se puedan generar calendarios y medidas de prevención para pacientes sensibles a este tipo de esporas.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico para comparar el número de esporas en los promedios horarios, muestran una diferencia en el mes de agosto entre el número de esporas en la mañana y en la tarde en el sitio urbano, mientras que el resto de los meses no hubo diferencias significativas (**Fig. 6-D**). Sánchez et al. (2009) registraron que la concentración máxima de esporas de *Ganoderma* se obtuvo entre las 05:00



**Fig. 4.** Promedio mensual de esporas de *Ganoderma* en los seis meses de estudio en dos sitios de la Ciudad Villahermosa, Tabasco

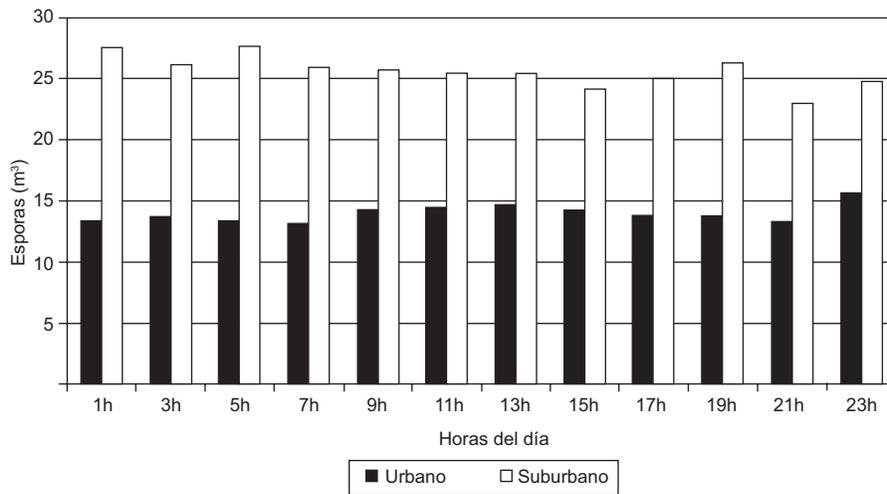


Fig. 5. Promedio horario de esporas de *Ganoderma* en los seis meses de estudio en dos sitios de la Ciudad Villahermosa, Tabasco

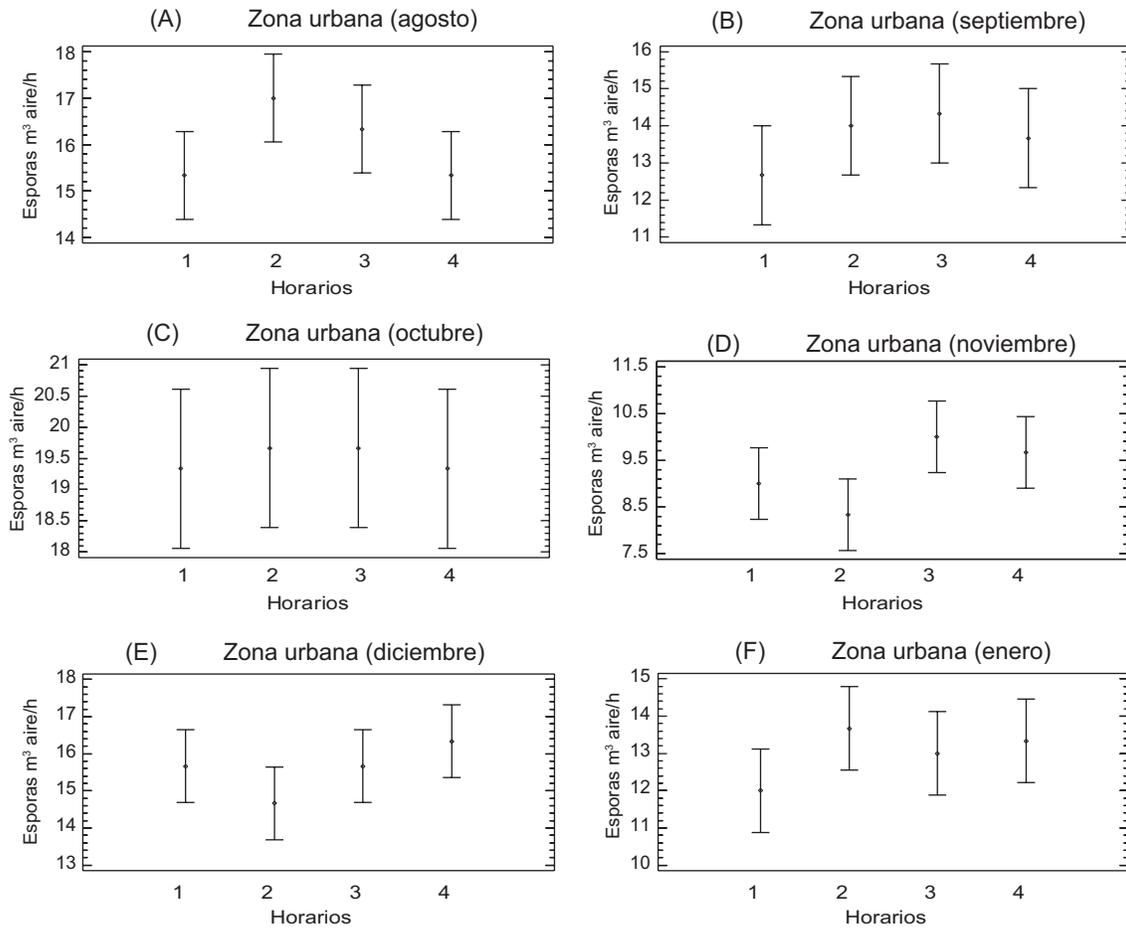


Fig. 6. Comparación entre el número de esporas *Ganoderma* y las horas del día en el sitio urbano. Segmento 1 madrugada (01:00, 03:00 y 05:00 h), segmento 2 mañana (07:00, 09:00 y 11:00 h), segmento 3 tarde (13:00, 15:00 y 17:00 h) y segmento 4 noche (19:00, 21:00 y 23:00 h)

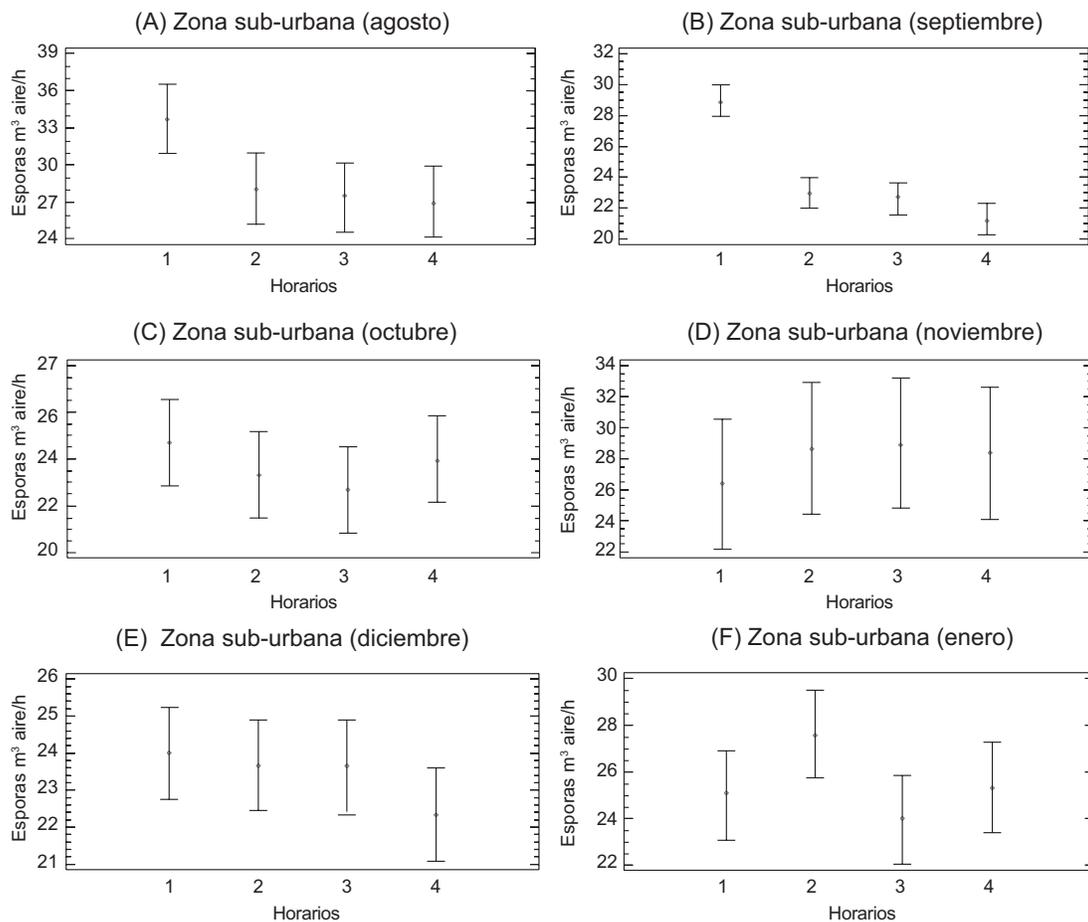
–07:00 h, después fue descendiendo y se observaron correlaciones significativas pero negativas con la precipitación, la humedad relativa, la velocidad del viento. Probablemente esto se debe a las condiciones de la madrugada y de la mañana no hayan sido las mismas, porque la radiación solar incrementó la capa límite laminar, permitiendo que las partículas alcancen estratos más altos en la atmósfera, por lo que las partículas frente al captador se diluyen. Por la tarde, la capa límite laminar se amplía y la densidad del aire y la humedad relativa disminuyen, esto genera que la temperatura se incremente, por lo tanto, las partículas disminuyen (Ayllón 2003). En el sitio suburbano en los meses de agosto y septiembre hay una diferencia en el número de esporas entre el horario de la madrugada y el resto de los horarios, además se puede observar que las mayores concentraciones promedio (**Fig.7 A y B**). Esto coincide con Ayllón

(2003), en donde menciona que en la madrugada la capa de la troposfera se encuentra reducida debido a que hay una baja temperatura y densidad muy alta. A diferencia de la tarde, en donde esta capa se extiende por la radiación solar y por lo tanto disminuyen todas las partículas que se encontraban.

## CONCLUSIONES

El mes de agosto fue el que registró el mayor valor acumulado con 1 036 esporas de *Ganoderma*. Por lo que se pueden recomendar medidas de prevención para pacientes sensibles a este tipo de esporas.

El promedio horario indica que las 01:00, 03:00 y 05:00 h fueron las horas donde se registraron las mayores concentraciones de esporas de *Ganoderma* en el sitio suburbano, mientras que el sitio urbano



**Fig. 7.** Comparación entre el número de esporas *Ganoderma* y las horas del día en el sitio suburbano. Segmento 1 madrugada (01:00, 03:00 y 05:00 h), segmento 2 mañana (07:00, 09:00 y 11:00 h), segmento 3 tarde (13:00, 15:00 y 17:00 h) y segmento 4 noche (19:00, 21:00 y 23:00 h)

presentó un patrón nocturno siendo las 23:00 h donde se registró la máxima concentración; en ambos sitios de estudios hay poca actividad humana en esos horarios.

El promedio mensual determinó que el sitio suburbano registró una mayor concentración de esporas con una diferencia de 61 esporas de *Ganoderma*. Probablemente la población que habita en la zona suburbana de la ciudad es más susceptible a desarrollar alergia a las esporas de este hongo.

## REFERENCIAS

- Almaguer M., Rojas F.T., Rodríguez R.F. y Aíra M.J. (2014). Airborne basidiospores of *Coprinus* and *Ganoderma* in a Caribbean region. *Aerobiologia* 30 (2), 197-204.  
DOI: 10.1007/s10453-013-9318-y
- Ayllón T. (2003). Elementos de meteorología y climatología. Trillas, D.F., México, 210 pp.
- Burkard M.C.L. (1990). Burkard Seven Day Recording Spore Trap. Operating Instructions. Burkard Manufacturing Co. Ltd., Londres, Inglaterra, 6 pp.
- Calderón C., Lacey J., McCartney H.A. y Rosas I. (1995). Seasonal and diurnal variation of airborne basidiomycete spore concentrations in Mexico City. *Grana* 34 (4), 260-268. DOI: 10.1080/00173139509429055
- Caretta G. (1992). Epidemiology of allergic disease: the fungi. *Aerobiología* 8 (3), 439-445.  
DOI: 10.1007/BF02272913
- Craig R.L. y Levetin E. (2000). Multi-year study of *Ganoderma* aerobiology. *Aerobiología* 16 (1), 75-81.  
DOI: 10.1023/A:1007682600175
- Edmonds R. (1979). *Aerobiology. The ecological systems approach.* Dowden, Hutchinson and Ross, Pennsylvania, EUA, 386 pp.
- Hasnain S.M., Al-Frayh A., Khatija F. y Al-Sedairy S. (2004). Airborne *Ganoderma* basidiospores in a country with desert environment. *Grana* 43 (2), 111-115.  
DOI: 10.1080/00173130410019613
- Hasnain S.M., Khatija F., Al-Frayh A. y Al-Sedayri S.T. (2005). Prevalence of airborne basidiospore in three coastal cities of Saudi Arabia. *Aerobiología* 21 (2), 139-145.  
DOI: 10.1007/s10453-005-4184x
- Käpälä M. y Penttinen A. (1981). An evaluation of microscopical counting methods of the trap Hirst-Burkard pollen and spore trap. *Grana* 20 (2), 131-141.  
DOI: 10.1080/00173138109427653
- Kasprzyk I. y Worek M. (2006). Airborne fungal spores in urban and rural environments in Poland. *Aerobiología* 22 (3), 169-176. DOI: 10.1007/s10453-006-9029-8
- Lehrer S.B. y Horner W.E. (1990). Allergic reactions of basidiospores: identifications of allergens. *Aerobiología* 6 (2), 181-186. DOI: 10.1007/BF02539112
- Levetin E. (1990). Studies on airborne basidiospores. *Aerobiología* 6 (2), 177-180. DOI: 10.1007/BF02539111
- Morales G.J., Candau F.R., González M.F., Cuadri D.M., García B.L. y Sousa M.A. (2006). Influencia de los parámetros meteorológicos en la concentración de basidiosporas en la atmósfera de Sevilla. *Memorias. V Congreso de la Asociación Española de Climatología.* Zaragoza, España. 18 al 21 de septiembre, 2006, 11 pp. [en línea] [http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0059\\_PU-SA-V-2006-J\\_MORALES.pdf](http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0059_PU-SA-V-2006-J_MORALES.pdf) 01/08/2016
- Paterson R.R.M. (2006). *Ganoderma* – A therapeutic fungal biofactory. *Phytochemistry* 67 (18), 1985-2001.  
DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.07.004
- Paterson R.R.M. (2007). *Ganoderma* disease of oil palm – A white rot perspective necessary for integrated control. *Cro. Prot.* 26 (9), 1369-1376.  
DOI: 10.1016/j.cropro.2006.11.009
- Ramos S.D. y Cappello G.S. (2009). Revisión del género *Ganoderma* (Basidiomycota) para el estado de Tabasco. *Kuxulkab'* 16 (29), 69-75.  
DOI: 10.19136/kuxulkab.a16n29.431
- Ríos C.J.L. (2008). *Ganoderma lucidum* un hongo con propiedades inmunoestimulantes. *Fitoterapia* 8 (2), 135-146.
- Rivera M.F., Nazario J.S., López M.F. y Bolaños R.B. (2011). Sensitization to airborne ascospores, basidiospores, and fungal fragments by allergic rhinitis and asthmatic subjects in San Juan, Puerto Rico. *Int. Arch. Allergy. Imm.* 155 (4), 322-334.  
DOI: 10.1159/000321610
- Rivera M.F. y Bolaños R.B. (2012). Allergenicity of airborne basidiospores and ascospores: need for further studies. *Aerobiología* 12 (28), 83-97.  
DOI: 10.1007/s10453-011-9234-y
- Rosas I., Cravioto A. y Ezcurra E. (2004). *Microbiología ambiental.* Instituto Nacional de Ecología, D.F., México, 134 pp.
- Sáenz C. y Gutiérrez M. (2003). Esporas atmosféricas en la comunidad Madrid. *Documentos Técnicos de Salud Pública No. 83.* La Comunidad de Madrid, Madrid, España, 49 pp.
- Sánchez R.E., Rodríguez de la Cruz D. y Sánchez S.J. (2009). Contenido atmosférico de esporas de *Ganoderma* P. Karst en la atmósfera de Valladolid. *Polen* 17 (1), 29-39. DOI: 10.14201/pol.v17i0.7391
- Singh A.B., Gupta S.K., Pereira B.M.J. y Prakash D. (1995). Sensitization to *Ganoderma lucidum* in patients with respiratory allergy in India. *Clin. Exp. Allergy* 25 (5), 440-447.  
DOI: 10.1111/j.1365-2222.1995.tb01075.x

- Sliva D., Sedlak M., Slivova V., Valachovicova T., Lloyd F.P. y Ho N.W.Y. (2003). Biologic activity of spores and dried powder from *Ganoderma lucidum* for the inhibition of highly invasive human breast and prostate cancer cells. *J. Altern. Complement Med.* 9 (4), 491-497. DOI: 10.1089/107555303322284776.
- Smith E.G. (1984). Sampling and identifying allergenic pollen and molds. An illustrated manual for physicians and Lab technicians. Blewstone Press, Texas, EUA, 92 pp.
- Suárez M.J., Luna R.M., Mendoza G., Salinas A., Suárez Q.M. y Trigos A. (2012). Caracterización morfológica y molecular de una cepa silvestre mexicana perteneciente al género *Ganoderma*. *Rev. Mex. Mic.* 36 (1), 33-39.
- BAF (1995). Airborne pollens and spores, a guide to trapping and counting. British Aerobiology Federation. Manual. Londres, Inglaterra, 60 pp.
- Trigos A. y Suárez M.J. (2011). Biologically active metabolites of the genus *Ganoderma*: three decades of myco-chemistry research. *Rev. Mex. Mic.* 34 (2), 63-83.
- Vijay H., Comtois P., Sharma R. y Lemieux R. (1991). Allergenic components of *Ganoderma applanatum*. *Grana* 30 (1), 167-170. DOI: 10.1080/00173139109427793
- Wasser S.P., Nevo E., Sokolov D., Reshetnikov S. y Timor T.M. (2000). Dietary supplements from medicinal mushrooms: Diversity of types and variety of regulations. *Int. J. Med. Mushrooms* 2 (1), 1-19. DOI: 10.1615/IntJMedMushr.v2.i1.10
- Zakaria L., Kulaveraasingham H., Guan T.S., Abdullah F. y Wan O.H. (2005). Random amplified polymorphic DNA (RAPD) and random amplified microsatellite (RAMS) of *Ganoderma* from infected oil palm and coconut stumps in Malaysia. *Asia Pac. J. Mol. Biol. Biotechnol.* 13 (1), 23-34.