REVISTA CUBANA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
http://www.rccb.uh.cu

COMUNICACIÓN BREVE

Fragmentos de hifas y esporas fúngicas en el aire de la zona recreativa del lago El Palmar, Artemisa, Cuba

Hyphae fragments and fungal spores in the air of the recreational area of Lake El Palmar, Artemisa, Cuba

Reynier Cruz Santana[1], Rocío del Valle Montero[1], Kenia C. Sánchez Espinosa[1]

1 Departamento de Microbiología, Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Cuba

*Autor para correspondencia: *ksanchez8909@gmail.com*

RESUMEN

La Comunidad de Las Terrazas es una de las áreas de la Reserva de la Biosfera de la Sierra del Rosario, con mayor actividad turística. En ella existen estudios sobre los hongos presentes en varios ecosistemas. Sin embargo, la exposición a biopartículas aerotransportadas de origen fúngico ha sido menos estudiada, a pesar de que pueden existir elevadas concentraciones y diversidad de estos bioaerosoles. Por ello, el objetivo de este trabajo fue identificar esporas fúngicas y fragmentos de hifas en el aire de la zona recreativa del lago El Palmar, Artemisa, Cuba. El muestreo del aire exterior se hizo el 6 de diciembre de 2019 en seis puntos aleatorios con un equipo volumétrico no viable Zefon Bio-Pump. Posterior a la identificación se determinó la concentración de esporas y fragmentos de hifas. Los valores de abundancia y frecuencia de las esporas se utilizaron para hacer la clasificación de especies ordenada por la prueba de Olmstead-Tukey. Las concentraciones de esporas estuvieron entre 2760 - 15880 esporas/m^3 y las de los fragmentos de hifas entre 106 - 427 hifas/m^3, los valores más elevados se detectaron en las zonas de vasta vegetación. Se identificaron 15 géneros y cinco tipos esporales, en su mayoría informados en la literatura como alergénicos. Además, pueden encontrarse como fitopatógenos o endófitos de plantas, por lo que se sugiere hacer la recolecta de hongos viables para determinar sus propiedades patogénicas *in vitro*.

Palabras clave: propágulos fúngicos, zona rural, alergias respiratorias, aeromicología

ABSTRACT

The Community of Las Terrazas ir one of the areas of the Sierra del Rosario Biosphere Reserve, with the greatest tourist activity. There are studies on the fungi present in various ecosystems. Exposure to airborne bioparticles of fungal origin has been less studied, despite the fact that there may be high concentrations and diversity of these bioaerosols. Therefore, the objective of this work was to identify fungal spores and hyphae fragments in the air of the recreational area of Lake El Palmar, Artemisa, Cuba. Outdoor air sampling was done on December 6th, 2019 at six random points with a non-viable Zefon Bio-Pump volumetric device. After identification, the concentration of spores and hyphal fragments was determined. Spore abundance and frequency values were used to classify species ordered by the Olmstead-Tukey test. The concentrations of spores were between 2760 - 15880 spores/m^3 and those of

Recibido: 2021-11-10

Aceptado: 2022-05 -22

hyphal fragments between 106 - 427 hyphae/m^3, the highest values were detected in areas of vast vegetation. Fifteen genera and five spore types were identified, most of them reported in the literature as allergenic. In addition, they can be found as phytopathogens or plant endophytes, so it is suggested to collect viable fungi to determine their pathogenic properties in vitro*.*

***Key words**: fungal propagules, rural area, respiratory allergies, aeromycology*

INTRODUCCIÓN

Los bioaerosoles pueden penetrar en el cuerpo humano principalmente a través de la nariz, la boca y los ojos (Rick *et al*., 2016). La inhalación de biopartículas de origen fúngico transportadas por el aire puede provocar alergias respiratorias (Li *et al*., 2016). Estos bioaerosoles fúngicos mayores de 10 µm se depositan en la nasofaringe, mientras que los de menor dimensión en las vías respiratorias inferiores y los pulmones (Secondo *et al*., 2021). *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium* son los hongos más frecuentes en ambientes exteriores que pueden causar reacciones de hipersensibilidad en individuos sensibilizados (Mang *et al*., 2020).

Del mismo modo, los ascomicetos y basidiomicetos, se encuentran entre los agentes causales dominantes de las enfermedades de las plantas (Enyiukwu *et al*., 2018; Sharma, 2021). Muchos de estos hongos fitopatógenos se propagan principalmente a través de la dispersión de sus esporas y cuando estas llegan a la planta se adhieren, germinan y pueden desarrollar una infección (Ikeda *et al*., 2019). En contraste, existen hongos endófitos, que forman parte de la microbiota de las plantas, colonizando el tejido vivo, y que no provocan ningún síntoma. Dada esta interacción, algunos hongos pueden producir sustancias antimicrobianas que inhiben el crecimiento de patógenos (Elazab, 2019).

La Sierra del Rosario es una de las Reservas de la Biosfera más importantes de Cuba, que contribuye al cuidado y conservación de la biodiversidad. En esta reserva se encuentran organismos endémicos y gran variedad de ecosistemas que condicionan su flora, fauna y microbiota. Dentro de la biodiversidad estudiada en esta región se registran más de 200 géneros fúngicos en el suelo (Figueroa *et al*., 2002; Mena-Portales y Delgado-Rodríguez, 2017). En la porción suroriental de esta sierra se fundó en 1971, como parte de una experiencia de desarrollo integral, la comunidad de Las Terrazas. Uno de los sitios recreativos que se encuentra en esta, es el lago El Palmar, donde se realizan actividades (acampadas, práctica de deportes, etc.) en contacto con la naturaleza. La calidad microbiológica y química de las aguas de este lago han sido objetos de estudio desde el 2006 por un grupo de investigación perteneciente a la Facultad de Biología y ha determinado una elevada diversidad microbiana (Larrea *et al*., 2009; Romeu *et al*., 2015). Sin embargo, no se había estudiado el ecosistema aéreo de este entorno, el cual debe presentar gran diversidad y elevadas concentraciones fúngicas, debido a su ubicación en una zona rural y la abundancia de sustratos donde pueden desarrollarse los hongos. Por ello el objetivo de este trabajo fue identificar esporas fúngicas y fragmentos de hifas en el aire de la zona recreativa del lago El Palmar, Artemisa, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio aeromicológico se desarrolló en el lago El Palmar, localizado en la zona rural recreativa de Las Terrazas, Artemisa, Cuba (22°51’11” N y 82°56’19” O). El muestreo del aire exterior se hizo el 6 de diciembre de 2019 en seis puntos aleatorios alrededor del lago, con 15 minutos de diferencia entre ellos. Para la recolecta de los propágulos fúngicos se utilizó un equipo volumétrico no viable y casetes colectores (Zefon Bio-Pump y Air-O-Cell cassettes, Zefon, Ocala, Florida, USA) durante 5 minutos a un índice de flujo de 15 L/min. Las muestras fueron procesadas según las recomendaciones de Zefon International (2009). La identificación de las esporas hasta género o tipo esporal (TE) se hicieron teniendo en cuenta lo descrito por Almaguer *et al*. (2015) y Almaguer *et al*. (2018). La concentración total de esporas (esporas/m^3) e hifas (hifas/m^3) en el aire fue calculada por las ecuaciones proporcionadas por Zefon International (2009).

La abundancia y frecuencia de las esporas se tomaron como valores relativos, derivados de porcentajes, con el fin de obtener una clasificación de especies ordenada mediante la prueba de Olmstead-Tukey. La densidad relativa (DR) se calculó utilizando los datos del recuento de esporas mediante la siguiente ecuación: DR= (cantidad de una espora determinada / cantidad de esporas totales identificadas) x 100. La frecuencia relativa (FR) se calculó de la siguiente manera: FR = (número de muestras en los que se detectó una espora determinada / muestras totales) x 100. El criterio usado para la densidad y frecuencia relativa fue de Dominante para los valores de DR y FR superiores a la media,

Constante para los valores de la DR inferiores a la media y valor de FR superiores de la media, Ocasional para los valores de la DR superiores de la media y valor de FR inferiores de la media y Raro para los valores de DR y FR inferiores la media.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de esporas estuvieron entre 2760 y 15880 esporas/m^3 (Fig. 1). Según Caillaud *et al*. (2018) los propágulos fúngicos son las principales partículas biológicas del aire exterior y provienen principalmente de la vegetación del área, que en este estudio está caracterizada por la presencia de palmas, árboles frutales y epífitas. La concentración de estos en ambientes rurales se ve influenciada por factores climáticos y antrópicos (actividad agrícola, de recreación y construcción) y puede llegar a superar las 100000 esporas/m^3. La mayor concentración en el punto cuatro pudiera explicarse por la presencia de una vasta vegetación cercana al lugar de muestreo, que podría actuar como una fuente potencial de esporas fúngicas (Karmakar *et al*., 2020).

Las concentraciones obtenidas de los fragmentos de hifas en las muestras oscilaron entre 106 y 427 hifas/m^3 (Fig. 2). Estos variaron en tamaño (7 - 100 µm) y se caracterizaron en términos de melanización, pero carecieron de suficientes características morfológicas para ser identificados taxonómicamente. Las hifas fúngicas también pueden aerotransportarse en grandes cantidades y se han detectado en ellas varias macromoléculas inmunoestimuladoras, incluidos antígenos, alérgenos, micotoxinas y (1,3)-β-D-glucanos (Samir *et al*., 2014). Se ha planteado que las concentraciones de fragmentos de hifas pueden oscilar de 1 - 10^{3}hifas/m^3 y una gran fracción puede ser germinativa (Després *et al*., 2012).

En varios estudios se registran fragmentos de hifas en el aire , pero no es usual la medición de estos, sin embargo, la enumeración e identificación de hifas y fragmentos de hongos en el aire por métodos no viables sigue siendo subjetiva e imprecisa (Samir *et al*., 2014). Por otra parte, en la atmósfera de la Habana, Almaguer *et al*. (2020) detectaron la mayor concentración diaria en los años

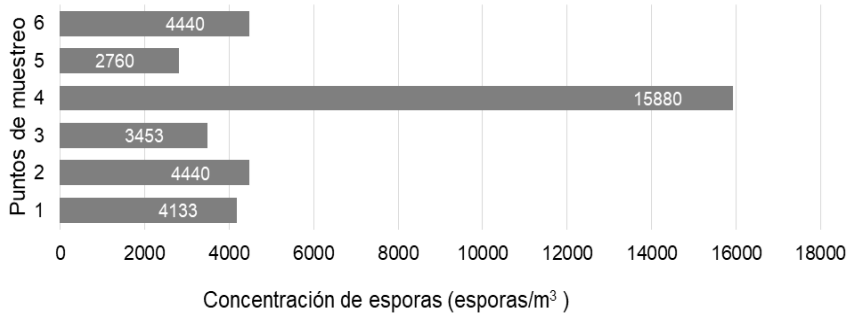

Figura 1. Concentración de esporas fúngicas en el aire de la zona recreativa del lago El Palmar, recolectadas por método no viable el 6 de diciembre de 2019.

Figure 1. *Concentration of fungal spores in the air of the El Palmar lake recreational area, collected by non-viable method on December 6th, 2019.*

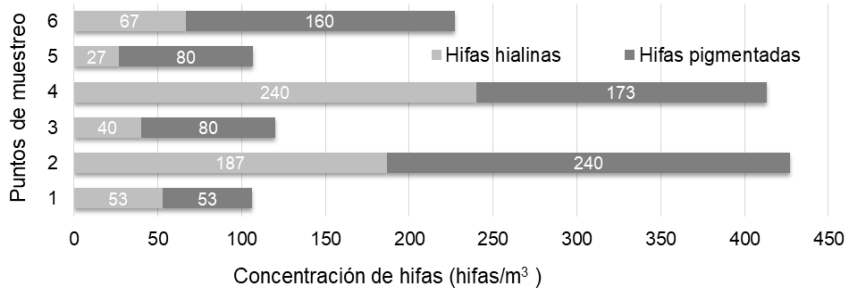

Figura 2. Concentración de fragmentos de hifas hialinas y pigmentadas el aire de la zona recreativa del lago El Palmar, recolectadas por método no viable el 6 de diciembre de 2019.

Figure 2. *Concentration of fragments of hyaline and pigmented hyphae in the air of the recreational area of lake El Palmar, collected by non-viable method on December 6th, 2019.*

2017 y 2018 con 197 hifas/m^3 y 72 hifas/m^3, respectivamente. En este estudio las concentraciones superaron las informadas por estos investigadores, lo cual puede deberse a que se realizó en una zona rural.

Se identificaron 15 géneros y cinco tipos esporales *Alternaria*, *Beltrania*, *Cercospora*, *Coprinus*, *Corynespora*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Ganoderma*, *Leptosphaerulina*, *Monodictys*, *Nigrospora*, *Pseudocercospora*, *Spegazzinia*, *Tetraploa*, *Venturia*, TE *Aspergillus/Penicillium*, TE *Bipolaris/Drechslera*, TE *Cladosporium*, TE *Periconia*, TE *Torula*. Estos hongos, según la frecuencia y abundancia, se agruparon en raros, constantes y dominantes (Fig. 3). Almaguer *et al*. (2015) y Almaguer *et al*. (2018) detectaron igualmente, a través de metodología no viable, estos representantes fúngicos en el aire exterior de La Habana. No obstante, su detección en el aire de una zona rural recreativa no se había realizado anteriormente en Cuba.

Además el TE *Cladosporium* y el TE *Aspergillus/ Penicillium* son los más frecuentes en estudios de ambientes exteriores en Cuba (Sánchez *et al*., 2019) y otros países, como India (Chakraborty *et al*., 2018) y España (Fuentes *et al*., 2019).

De estos géneros y TE no se registran como alergénicos *Beltrania*, *Monodyctis*, *Pseudocercospora* y *Venturia* (Burgue 1985; Chew *et al*., 2000; Green 2005; Simon-Nobbe *et al*., 2008; Karne 2013; Levetin *et al*., 2016). Los estudios sobre la sensibilización a hongos, evidencian que la prevalencia varía en todo el mundo, dependiendo en gran medida de las condiciones climáticas y del tipo de hongos (Fernández-Soto *et al*., 2018). Algunos estudios han asociado la rinosinusitis fúngica alérgica con *Bipolaris*, *Curvularia*, *Cladosporium*, *Alternaria* y *Aspergillus* (Williams *et al*., 2016; Bartemes y Kita 2018; Barnes, 2019).

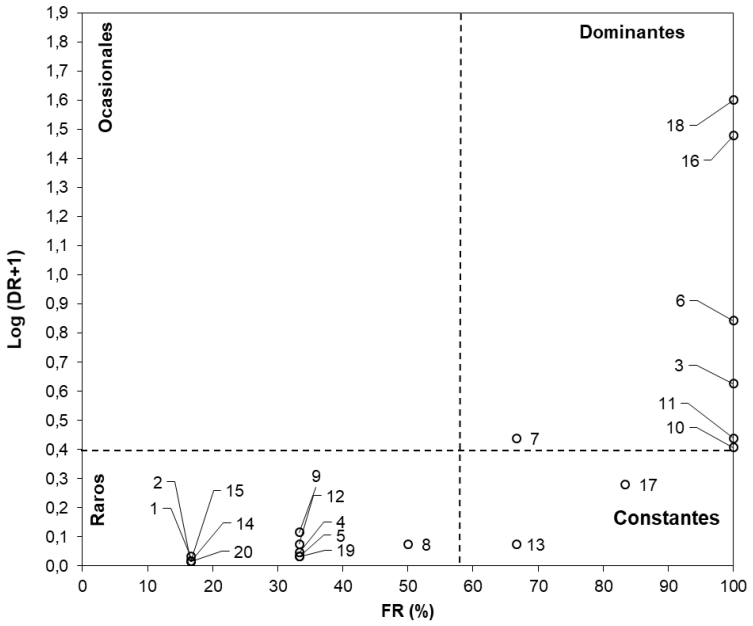

Figura 3. El diagrama de Olmstead-Tukey mostró la relación entre la frecuencia y abundancia de los hongos identificados. Las líneas discontinuas corresponden a la abundancia media (horizontal) y ocurrencia (vertical) y se utilizan para definir los hongos dominantes, constantes, ocasionales y raros. 1. *Alternaria* 2. *Beltrania* 3. *Cercospora* 4. *Coprinus* 5. *Corynespora* 6. *Curvularia* 7. *Fusarium* 8. *Ganoderma* 9. *Leptosphaerulina* 10. *Monodictys* 11. *Nigrospora* 12. *Pseudocercospora* 13. *Spegazzinia* 14. *Tetraploa* 15. *Venturia* 16. TE *Aspergillus/Penicillium* 17. TE *Bipolaris/Drechslera* 18. TE *Cladosporium* 19. TE *Periconia* 20.TE *Torula*.

Figure 3. *The Olmstead-Tukey diagram showed the relationship between the frequency and abundance of the identified fungi. Dashed lines correspond to mean abundance (horizontal) and occurrence (vertical) and are used to define dominant, constant, occasional, and rare fungi. 1.* Alternaria *2.* Beltrania *3.* Cercospora *4.* Coprinus *5.* Corynespora *6.* Curvularia *7.* Fusarium *8.* Ganoderma *9.* Leptosphaerulina *10.* Monodictys *11.* Nigrospora *12.* Pseudocercospora *13.* Spegazzinia *14.* Tetraploa *15.* Venturia *16. TE* Aspergillus/Penicillium *17. TE* Bipolaris/Drechslera *18. TE* Cladosporium *19. TE* Periconia *20.TE* Torula.

Las concentraciones fúngicas registradas fueron menores que las de otras regiones del occidente de Cuba, y varios propágulos clasificados como raros, también han sido identificados en zonas urbanas cercanas. Por tanto, se puede considerar que esta área se encuentra muy poco contaminada y por consiguiente, un destino turístico seguro para las personas alérgicas. Adicionalmente, esta información puede ser útil para la atención sanitaria integral de pobladores y visitantes, ya que permite la determinación de los orígenes de las afecciones y la recomendación de una terapia eficaz (Camacho et al., 2016).

Los géneros fúngicos identificados, pueden tener diferentes tipos de interacciones con las plantas presentes en esta área. Por ejemplo *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Fusarium* y *Cladosporium* son informados como hongos endófitos y productores de metabolitos secundarios con efecto antimicrobiano (Yehia *et al*., 2020; El-Hawary *et al*., 2020; Toghueo y Boyom, 2020). A pesar de que existen evidencias en la literatura que estos hongos endófitos pueden actuar como patógenos si ocurren cambios en el medio, debido a estrés nutricional o hídrico en las plantas (Pérez y Sánchez, 2019). Su gran variabilidad en modo, diferenciación y función de las estructuras de infección y estrategia nutricional, les permite ocasionar desde clorosis, hasta la muerte de la planta (Sharma y Gautam, 2019).

La identificación de 15 géneros, cinco tipos esporales y de fragmentos de hifas en el aire de el lago El Palmar, contribuye a completar la caracterización de la micobiota de esta región, reserva de la biosfera y área turística. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se sugiere profundizar en la dispersión de estos hongos y realizar la recolecta de propágulos fúngicos cultivables para determinar sus características fisiológicas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del trabajo de investigación que realiza el Grupo Científico Estudiantil de Ecología Microbiana “Nicho”.

LITERATURA CITADA

Almaguer, M., M.J. Aira, F.J. Rodríguez-Rajo, M. Fernández-González, *et al*. (2015). Thirty-four identifiable airborne fungal spores in Havana, Cuba. Ann. Agric. Environ. Med. 22(2): 215-220.

Almaguer-Chávez, M., M.J. Aira, T.I. Rojas, M. Fernández-González, *et al*. (2018). New findings of airborne fungal spores in the atmosphere of Havana, Cuba, using aerobiological non-viable methodology. Ann. Agric. Environ. Med. 25(2): 349-359.

Almaguer, M., L. Díaz, M. Fernández-González, y E. Valdéz (2020). Allergenic fungal spores and hyphal fragments in the aerosol of Havana, Cuba. Aerobiologia. 36(3): 441-448.

Barnes, C. (2019). Fungi and atopy. Clin. Rev. Allergy. Immunol. 57(3): 439-448.

Bartemes K.R. y H. Kita (2018). Innate and adaptive immune responses to fungi in the airway. J. Allergy Clin. Immunol. 142(2): 353-363.

Burgue, H.A. (1985). Fungus allergens. Clin. Rev.Allerg. 3(3): 319-329.

Camacho, I., A. Grinn-Gofrón, R. Camacho, P. Berenguer, et al. (2016).Madeira—a tourist destination for asthma sufferers. Int. J. Biometeorol.60(11): 1739-1751. .

Chakraborty, P., K. Ghosal, K.Sengupta, P.Karak, *et al*.(2018). Airborne fungal spores in a suburban area of eastern India with reference to their allergenic potential and effect on asthma-related hospitalization. J. Palynol.54: 57-76.

Chew, F.T., S.H. Lim, H.S. Shang, M.D. Siti Dahlia, *et al*. (2000). Evaluation of the allergenicity of tropical pollen and airborne spores in Singapore. Allergy. 55(4): 340-347.

Caillaud, D., M. Cheriaux, D. Charpin, N. Chaabane, *et al*. (2018). Moisissures extérieureset santé respiratoire. Rev. Mal. Respir. 35 (2): 188-196.

Després, V., J.A. Huffman, S.M. Burrows, C. Hoose, *et al*. (2012). Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review. Tellus B Chem. Phys. Meteorol. 64(1): 1-58.

Elazab, N.T. (2019). Diversity and Biological Activities of Endophytic Fungi at Al-Qassim Region. J. Mol. Biol. Res. 9(1): 160-171.

El-Hawary, S.S., A.S. Moawad, H.S. Bahr, U.R. Abdelmohsen, *et al.* (2020). Natural product diversity from the endophytic fungi of the genus *Aspergillus*. RSC Advances. 10(37): 22058-22079.

Enyiukwu, D.N., C.C Ononuju y J.O Maranzu (2018). Plant Pathogenic Fungi- Novel Agents of Human Diseases: Implications for public Health. GJEPH. 6(1): 1-19.

Fernández-Soto, R., E.M. Navarrete-Rodríguez, B.E. Del-Rio-Navarro, J.J.L. Sienra-Monge, *et al*. (2018). Fungal Allergy: Pattern of sensitization over the past 11 years. Allergol. Immunopathol. (Madr). 46(6): 557-564.

Figueroa, S.H., G.D. Rodríguez, H.I. Brito, J.L.O. Medina, *et al*. (2002). Hongos de las Reservas de la Biosfera de Cuba I: Listado de las especies reportadas en las Reservas Guanahacabibes y Sierra del Rosario. Revista Jard. Bot. Nac. 23(2): 223-241.

Fuentes, S., D. Rodríguez, J. Sánchez y E. Sánchez. (2019). Analysis of the airborne fungal spores present in the atmosphere of Salamanca (MW Spain): a preliminary survey. Aerobiologia. 35: 447-462.

Green B.J. (2005). Detection and diagnosis of fungal allergic sensitisation. Tesis de Doctorado, University of Sydney, Sydney.

Ikeda, K., P. Park y H. Nakayashiki (2019). Cell biology in phytopathogenic fungi during host infection: commonalities and differences. J. Gen. Plant. Pathol. 85: 163-173.

Karmakar, B., K. SenGupta, A. Kaur, A. Roy *et al*. (2020). Fungal bio-aerosol in multiple micro-environments from eastern India: source, distribution, and health hazards. SN Appl. Sci. 2(4): 1-14.

Karne, A.V. (2013). Aeromycological investigations in the ambient air over some crop fields in context to pathogenic and allergenic fungal bioaerosols. Nat. Environ. Pollut. Technol. 12(4): 695-698.

Larrea, J., M. Rojas, M. Heydrich, B. Romeu, *et al*. (2009). Evaluación de la calidad microbiológica de las aguas del Complejo Turístico "Las Terrazas", Pinar del Río (Cuba). Hig. Sanid. Ambient. 9: 492-504.

Levetin, E., W.E. Horner, J.A. Scott, C. Barnes, *et al*. (2016). Taxonomy of Allergenic Fungi. J. Allergy Clin. Immunol. Pract. 4(3): 375-385.

Li, D.W., E. Johanning y C.S. Yang (2016). Airborne fungi and mycotoxins. En: Yates M.V., C.H. Nakatsu, R.V. Miller y S.D. Pillai (Eds.): Manual of Environmental Microbiology.

Mang, S. M., M.G. Bonomo, I. Camele, C. Saturnino, *et al*. (2020). Preliminary investigation of allergenic fungi in indoor environment. Pharmacologyonline 2: 315-320.

Mena-Portales, J. y G. Delgado-Rodríguez (2017). Hifomicetes de la Reserva de la Biosfera "Sierra del Rosario", Cuba.Acta Bot. Cub. 216(2): 12-41.

Pérez, I. y K.C. Sánchez (2019). Aspectos fisiológicos del género *Cladosporium* desde la perspectiva de sus atributos patogénicos, fitopatogénicos y biodeteriorantes. Rev. Cub. Cien. Biol. 7(1): 1-10.

Rick, E.M., K. Woolnough, C.H. Pashleyy A.J. Wardlaw (2016). Allergic fungal airway disease. J.Investig.Allergol.Clin.Immunol.26(6): 344-354.

Romeu B., H. Quintero, J. Larrea, N. Rojas, *et al*. (2015). Calidad química y microbiológica de las aguas del río San Juan, Artemisa (Cuba). Hig. Sanid. Ambient. 15(4): 1367-1374.

Samir, H., W. Wagehy M.M.A.E. Emam (2014). Demonstration of aeroallergenicity of fungal hyphae and hyphal fragments among allergic rhinitis patients using a novel immunostaining technique. Egypt. J. Otolaryngol. 30(1): 17-22.

Sánchez, K.C., M. Almaguer, I. Pérez, T.I. Rojas, *et al*. (2019). Diversidad fúngica en la atmósfera de La Habana (Cuba) durante tres períodos poco lluviosos. Rev. Int. de Contam. Ambient. 35 (1):137-150.

Secondo, L.E., J.A. Sagona, L. Calderón, Z. Wang, *et al*. (2021). Estimating lung deposition of fungal spores using actual airborne spore concentrations and physiological data. Environ. Sci. Technol. 55(3): 1852-1863.

Sharma, I. (2021). Chapter 7 - Phytopathogenic fungi and their biocontrol applications. En: Sharma, V.K., M.P. Shah, S. Parmar y A. Kumar (Eds.): Fungi Bio-Prospects in Sustainable Agriculture, Environment and Nano-Technology. pp: 155-188 Academic Press.

Sharma, N., y A.K. Gautam (2019). Early pathogenicity events in plant pathogenic fungi: A comprehensive review. Biol. Forum. 11(1): 24-34.

Simon-Nobbe, B., U. Denk, V. Pöll, R. Rid, *et al*. (2008). The Spectrum of Fungal Allergy. Int. Arch. Allergy Immunol. 145(1): 58-86.

Toghueo, R.M.K. y F.F. Boyom (2020). Endophytic *Penicillium* species and their agricultural, biotechnological, and pharmaceutical applications. 3 Biotech. 10.

Williams, P.B., C.S. Barnes y J.M. Portnoy (2016). Innate and Adaptive Immune Response to Fungal Products and Allergens. J. Allergy Clin. Immunol. Pract. 4(3): 386-395.

Yehia, R.S., G.H. Osman, H. Assaggaf, R. Salem, *et al*. (2020). Isolation of potential antimicrobial metabolites from endophytic fungus *Cladosporium cladosporioides* from endemic plant *Zygophyllum mandavillei*. S. Afr. J. Bot. 134: 296-302.

Zefon International (2009). Air-O-Cell Bioaerosol Sampling Cassette. Laboratory & User Manual, Ocala, FL, USA.

● ● ●

Los resultados publicados en la Revista Cubana de Ciencias Biológicas se presentan bajo la Creative Commons Attribution License 4,0.
(CC BY 4.0 — https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)