



ARTÍCULO DE REVISIÓN

El género *Cladosporium* en la atmósfera del Occidente de Cuba: pasado, presente y futuro

The genus Cladosporium in the western atmosphere of Cuba: past, present and future

Michel Almaguer Chávez, Kenia C. Sánchez Espinosa, Teresa Irene Rojas Flores

Departamento de Microbiología y
Virología. Facultad de Biología.
Universidad de La Habana

* Autor para correspondencia:
michelalm@fbio.uh.cu

INTRODUCCIÓN

Cladosporium Link es el más cosmopolita y común de los géneros fúngicos y comprende un gran número de especies que pueden ser aisladas a partir de una gran variedad de sustratos a partir de los cuales se pueden liberar sus esporas y dispersarse por el aire (Crous *et al.*, 2007; Schubert *et al.*, 2007; Bensch *et al.*, 2010; Aira *et al.*, 2012).

La presencia de las esporas de *Cladosporium* en la atmósfera ha sido investigada en varias regiones bioclimáticas y la mayoría de estos estudios las han señalado como predominantes (Aira *et al.*, 2012). Su identificación y cuantificación en la atmósfera tiene gran interés debido, a la potencialidad patogénica de algunas (Huyan *et al.*, 2012), a su capacidad para causar enfermedades respiratorias y/o procesos alérgicos, y a su casi permanente presencia en el aire interior y exterior (Tang, 2009). Esto ha promovido estudios aeromicológicos en todo el mundo destinados a determinar la incidencia, las variaciones temporales y espaciales de las concentraciones de estos propágulos, así como las especies del género presentes en el aire (Recio *et al.*, 2011).

Además, debido al potencial fitopatogénico de algunas especies del género, se han efectuado algunos trabajos aerobiológicos con un enfoque agronómico en regiones rurales o que practican agricultura urbana (Aira *et al.*, 2012). También se ha planteado que las elevadas concentraciones de estos propágulos pueden propiciar biodeterioro de objetos de valor patrimonial si existen condiciones ambientales que lo faciliten (Borrego, 2012).

En estudios realizados en el interior de diferentes locales de Cuba se ha informado que éste es uno de los géneros predominantes (Rojas y Aira, 2012; Borrego, 2012). En la atmósfera exterior también se ha registrado su

Recibido: 2014-12-02

Aceptado: 2014-12-22

presencia. Sin embargo, el número de trabajos en exteriores es menor, se encuentran dispersos en el tiempo, se han hecho fundamentalmente en la zona occidental y se han realizado mediante diferentes metodologías, al compararlos con los realizados en interiores (Herrera *et al.*, 2003; Rojas *et al.*, 2007; Almaguer *et al.*, 2013a).

Este trabajo tiene como objetivo ofrecer una panorámica actualizada sobre las investigaciones aeromicológicas realizadas en el Occidente de Cuba relacionada con la presencia del género *Cladosporium* en la atmósfera de esta región.

El género *Cladosporium* Link

El género *Cladosporium* Link está ampliamente distribuido y es uno de los más heterogéneos de los hifomicetos, ya que comprende más de 772 especies que pueden ser endofíticas, fungícolas, patógenas a humanos, fitopatógenas y saprobias (Crous *et al.*, 2007). Varios estudios taxonómicos recientes definieron diferentes entidades filogenéticas y morfológicas dentro del género a través de un enfoque polifásico (Schubert *et al.*, 2009), entre las que se encuentran los complejos de especies *C. herbarum* (Schubert *et al.*, 2007), *C. sphaerospermum* (Zalar *et al.*, 2007, Dugan *et al.*, 2008) y *C. cladosporioides* (Bensch *et al.*, 2010). En Cuba se han registrado, fundamentalmente a partir de sustratos vegetales, alrededor de 30 de sus especies entre las que destacan *Cladosporium oxysporum* Berk. y M.A. Curtis, *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries y *Cladosporium colocasiae* Sawada (Camino *et al.*, 2006).

La descripción del género está basada en la morfología de la especie tipo *Cladosporium herbarum* (Pers.: Fr.) Link. La mayoría de las colonias *in vitro* son de textura velvética o flocosa y de colores pardo-oliváceos a pardo-negro debido a que sus hifas vegetativas, conidióforos y conidios son pigmentados. Morfológicamente se pueden distinguir conidióforos más o menos diferenciados de las hifas vegetativas, erectos o flexuosos, en ocasiones ramificados (Fig. 1). Además puede denotarse la presencia de blastoconidios de una o dos células, variables en forma y tamaño, de ovoide a cilíndricos e irregulares, algunos en forma de limón. Forma numerosas cadenas acrópetas de conidios formadas de múltiples *loci* sincrónicamente o en sucesión, a partir de un ramoconidio, a veces mayor y septado (Piontelli, 2012).

Las esporas que forman las especies de este género pueden medir de 4 a 20 μm de longitud, son fácilmente

te aerotransportadas a través de grandes distancias, suspendidas en el aire o junto con las partículas de polvo (Borrego, 2012; Aira *et al.*, 2012). Varias de sus especies poseen una amplia actividad enzimática y sus esporas contienen melanina, lo cual los hace resistentes ante condiciones ambientales adversas (Rojas, 2010). Teniendo en cuenta su amplia distribución, conjuntamente con su crecimiento, producción y liberación de esporas en un amplio rango de temperaturas, se ha citado como uno de los hongos más abundantes en la atmósfera de ambientes interiores y exteriores (Rojas y Aira., 2012; Almaguer *et al.*, 2013 a; Borrego y Molina, 2014).

Principales aspectos aerobiológicos

La abundancia de propágulos de *Cladosporium* en el aire se ha señalado en diferentes latitudes (Zoppas *et al.*, 2011; Aira *et al.*, 2012; Rocha *et al.*, 2013). En la

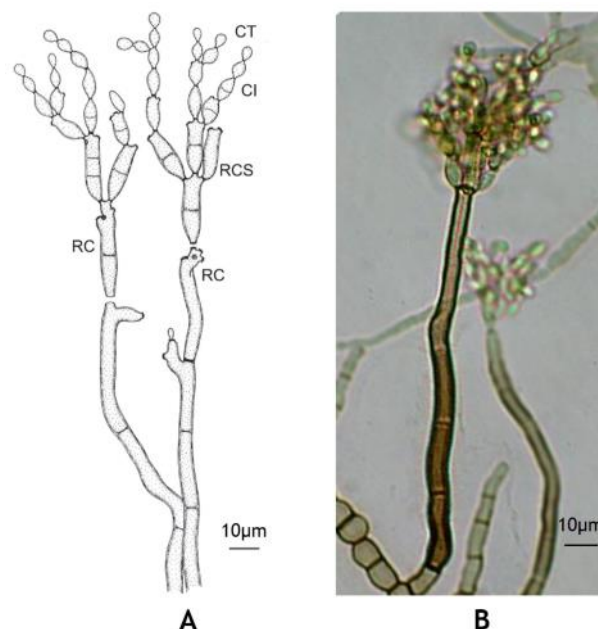


Figura 1: A: Esquema del conidióforo de *Cladosporium* planteado por Schubert *et al.* (2012) donde se observan: ramoconidios (RC), ramoconidios secundarios (RCS), conidios intercalares (CI), y pequeños conidios terminales (CT). B: Fotomicrografía de una preparación en fresco con lactofenol de *Cladosporium* sp. (HVK-124) aislado del aire de La Habana durante el año 2013 (400X).

Figura 1: A: *Cladosporium* conidiophore drawn by Schubert *et al.* (2012): ramoconidia (RC), secondary ramoconidia (RCS), intercalary conidia (CI), and small terminal conidia (CT). B: Photomicrography of a fresh preparation mounted with lactophenol of *Cladosporium* sp. (HVK-124) isolated from the air of La Havana during 2013 (400X).

Península Ibérica su concentración mostró una variabilidad espacio-temporal considerable, debido a factores geográficos, biológicos, meteorológicos y atmosféricos. La diversidad de especie del género se planteó también como otra posible explicación a esta variación, así como el predominio de diferentes especies en ubicaciones biogeográficas desiguales (Aira *et al.*, 2012).

Varios factores meteorológicos influyen sobre las concentraciones en el aire de este género, tales como la temperatura, la humedad relativa, y la velocidad y dirección del viento (Rocha *et al.*, 2013). Algunas especies de *Cladosporium* no requieren niveles elevados de humedad relativa para la liberación de sus esporas, demostrado por la gran cantidad de conidios cuantificados en la atmósfera de ciudades caracterizadas por clima seco (Aira *et al.*, 2012). Los conidios de este género son considerados “esporas secas”, ya que son hidrofóbicos y se dispersan por la acción pasiva del viento y la turbulencia. Este tipo de spora se encuentra en gran abundancia en una atmósfera con baja humedad, principalmente durante las horas de la tarde (Abdel *et al.*, 2009). Su liberación ocurre durante el día, especialmente por la acción del viento en las hojas, algunas veces ayudada por mecanismos de ruptura activados por la deshidratación de las estructuras que las contienen (Ilanovici y Tudorica, 2009).

Un estudio realizado por Rocha *et al.* (2013), demostró que la precipitación influye de forma negativa sobre la presencia en el aire de *Cladosporium*, debido al efecto de lavado atmosférico. Sin embargo, se ha planteado que *Cladosporium carpophilum*, un hongo fitopatógeno, es dispersado por las gotas de lluvia a partir de las zonas vegetales infectadas (Lan y Scherm 2003; Kakde y Kakde, 2012).

Impacto en la calidad de aire

Los conidios del género *Cladosporium* pueden penetrar a diferentes niveles del sistema respiratorio, debido a sus dimensiones y a su predominio en la atmósfera. En un estudio que identificó géneros fúngicos en las mucosas nasal y faríngea de pacientes con rinitis alérgica, se detectaron esporas de este género a ambos niveles del sistema respiratorio (Rodríguez *et al.*, 2008). Según un estudio europeo, el 9,5 % de los pacientes con sospecha de alergia respiratoria están sensibilizados a *Cladosporium* y/o *Alternaria* (Rocha *et al.*, 2013). En el sur de Europa, la mayoría de los cua-

droso alérgicos son desencadenados por esporas del género *Alternaria*, mientras que en el norte principalmente por *Cladosporium* (Ríos, 2011). Altas concentraciones de ambos géneros se relacionan con síntomas severos del asma bronquial en Polonia, Italia, Dinamarca y Suecia (Grinn-Gofroñ y Strzelczak, 2013). Algunos autores han demostrado que existe una reactividad cruzada entre estos géneros, por lo que las elevadas concentraciones de *Cladosporium* potencian la respuesta inmunológica de las personas sensibles a *Alternaria* (Aira *et al.*, 2012, 2013). En Cuba se evidenció una importante sensibilización a aeroalérgenos de *Cladosporium* mediante pruebas cutáneas en escolares de 6-7 años de la provincia occidental de Artemisa (Díaz *et al.*, 2010).

Cladosporium herbarum es la especie más estudiada de este género ya que sus propágulos presentan un marcado carácter alérgico. En la actualidad se han detectado más de 60 antígenos de esta especie. Los alérgenos mejor caracterizados son Cla h 1 (Cla h I o Ag-32) de 13kDa compuesto por cinco isoalérgenos y Cla h 2 (Cla h II o Ag-54) de 20 – 22 kDa), el cual está compuesto por glicoproteínas y carbohidratos (Vijay y Kurup, 1998; Pontón *et al.*, 2002). Por otra parte, las enzimas producidas por *Cladosporium herbarum* han sido utilizadas en la síntesis y transformación de esteroides, empleados como fármacos anticonceptivos y su cultivo a gran escala permite producir biomasa, que es utilizada como materia prima para la preparación de extractos alérgicos estandarizados para el diagnóstico de alergias respiratorias (Pontón *et al.*, 2002).

Además, de las alergias respiratorias, las esporas fúngicas inhaladas del género pueden causar una infección, dependiendo del sistema inmunológico del hospedero. De estas, destacan las infecciones cutáneas, subcutáneas y queratitis (Rojas, 2010).

Los hongos que se dispersan por el aire también pueden ocasionar daños a cultivos de interés económico (Almaguer *et al.*, 2012 a, b), y *Cladosporium* se informa como un fitopatógeno foliar potencial. En Dinamarca se comprobó que áreas destinadas al cultivo de fresas (*Fragaria vesca* L.) estaban expuestas a niveles de propágulos del género *Cladosporium*, superiores a lo que normalmente se encuentra en ambientes exteriores, lo que representaba un peligro para dicho cultivo (Tendal y Madsen, 2011). También se ha identificado este género como causante de manchas cloróticas en hojas de lulo (*Solanum quitoense* Lam.),

una planta de la zona andina cuyos frutos tienen gran valor nutritivo y múltiples usos en la agroindustria (Montes *et al.*, 2010). Asimismo, constituye uno de los hongos que destaca por su patogenicidad en variedades de *Phaseolus coccineus* L. autóctonas de España (Palmero e Iglesias, 2007). Según investigaciones realizadas en Colombia, *Cladosporium macrocarpum* produce manchas foliares de color café y de forma irregular en cultivos de espinaca (*Spinacia Oleracea* L.) durante el desarrollo de las hojas (Niño *et al.*, 2009).

En Cuba, Kreisel (1971) señaló que varios cultivos (cítricos, tomate, fruta bomba, café, maní, boniato, anón) y árboles, como el álamo y el corcho, eran sensibles a especies del género *Cladosporium*. Actualmente una de las enfermedades más comunes y destructivas del cultivo del tomate en casas de cultivo es el moho de la hoja del tomate ocasionado por *Cladosporium fulvum* (Peteira *et al.*, 2011). No obstante, algunas especies de este género, como *Cladosporium cladosporioides*, pueden ser endófitos y al ocurrir desórdenes nutricionales o estrés hídrico en las plantas se convierten en patógenos (Morales y Rodríguez, 2009).

La calidad microbiológica del aire también influye sobre la conservación del patrimonio tangible. *Cladosporium* es uno de los géneros fúngicos más frecuentemente involucrados en el biodeterioro de objetos de valor histórico debido a su capacidad de crecer sobre diversos sustratos (papel, cartón, fotografías, madera, textiles, metales, plásticos y hormigón). Esto ocurre si las condiciones ambientales son favorables (Zotti *et al.*, 2008; Borrego *et al.*, 2010). Además puede excretar ácidos, producir manchas oscuras y formar colonias pardas que son imposibles de eliminar, si el hongo se encuentra en su fase activa de crecimiento (Borrego, 2012). En Cuba se han identificado fundamentalmente las especies *C. sphaerospermum*, *C. oxysporum*, *C. elatum*, *C. macrocarpum*, *C. cladosporioides* y *C. herbarum*, en el aire de locales y como causa de biodeterioro en ambientes interiores (Borrego 2012; Rojas y Aira, 2012; Borrego y Molina, 2014). La presencia del género en el aire exterior también tiene incidencia en el biodeterioro de diversos materiales, debido a la penetración de sus propágulos por las ventanas y puertas de los locales, que aumenta la concentración en el interior y contribuye a la colonización y degradación de los materiales orgánicos susceptibles (Rojas, 2010). Además causa daños en el exterior de las edificaciones y monumentos de piedra con abundante contenido de carbonato de calcio (Gaylarde, 2002).

***Cladosporium* en el aire exterior del occidente cubano**

El estudio sistemático del aire permite determinar el comportamiento de las esporas que se encuentran en el ambiente. Para su recogida se aplican dos principios fundamentales: la deposición sobre una superficie (métodos gravimétricos) o su impacto mediante el uso de equipos que succionan un volumen de aire conocido sobre una superficie (métodos volumétricos). Para ambos principios, si la superficie es un medio de cultivo que se incuba se nombra de manera general “método viable”; si es una superficie inerte que no se cultiva, sino que se analiza mediante microscopía directa, se denomina tradicionalmente “método no viable” (Rojas *et al.*, 2008; Almaguer *et al.*, 2013a).

El predominio de este género en el aire del interior de locales de La Habana está bien documentado, ya que se ha detectado en la mayoría de los estudios aerobiológicos realizados en bibliotecas, archivos, museos, edificios históricos, viviendas, oficinas y locales de almacenamiento prolongado (Rojas, 2010; Borrego, 2012; Rojas y Aira, 2012; Molina y Borrego, 2014). Estos trabajos se han realizado fundamentalmente mediante métodos viables.

Las primeras investigaciones de micología ambiental en exteriores de Cuba se realizaron hace más de 50 años en la región occidental (Estrada de la Riva, 1951; Fuentes, 1958; Cadrecha y Fernández, 1955). Varios de estos trabajos señalaron la presencia del género *Cladosporium*, principalmente por su aporte al desarrollo de alergias y su elevada frecuencia (Quintero, 1964). Estas investigaciones se basaron en metodologías gravimétricas viables debido a su bajo costo y fácil manejo. Sin embargo, los resultados que se obtienen por este método en los ambientes exteriores están influenciados por el tamaño y forma de las partículas, así como por el movimiento del aire circundante. Básicamente aporta resultados cualitativos, aunque existen algunas consideraciones matemáticas que permiten cuantificar la concentración de los propágulos (Bogomolova y Kirtsieli, 2009). Esta metodología fue utilizada varios años después por otros autores en esta misma área geográfica (Tabla 1). En este sentido, Alvarez (1984) informó la presencia del género en la atmósfera de la ciudad de Matanzas a través de un trabajo aeromicológico sistemático llevado a cabo durante cinco años. Por su parte Arnold y Guerra (1987), también registraron propágulos de *Cladosporium* en el aire de una zona periférica de La Habana.

Tabla 1. Principales estudios informados sobre el género *Cladosporium* durante los últimos cincuenta años (1964-2014) en los trabajos aerobiológicos realizados en exteriores del Occidente de Cuba.

Table 1. Main informed studies on genus *Cladosporium* during last fifty years (1964-2014) in aerobiological works conducted in outdoors in western Cuba.

Período de estudio	Método de muestreo (Equipo)	Lugar (zona de muestreo)	Taxa informados	Principales resultados sobre <i>Cladosporium</i>	Referencia
1947, 1948, 1950	Gravimétrico viable (Placas expuestas)	La Habana (Urbana)	<i>Cladosporium</i> spp.	Género frecuente	Quintero, 1964
5 años	Gravimétrico viable (Placas expuestas)	Matanzas (Urbana)	<i>Cladosporium</i> spp.	Género frecuente sobre todo en Enero y Febrero	Álvarez, 1984
Fecha no especificada	Gravimétrico viable (Placas expuestas)	La Habana (Urbana)	<i>Cladosporium</i> spp.	El género más frecuente. Aislados 3 formas diferentes	Arnold <i>et al.</i> , 1987
May-Oct/2001 May-Oct/2002	Volumétrico viable (Aeroscopio Chirana)	La Habana (Urbana)	<i>Cladosporium</i> spp.	Tercer género más abundante (DR=16-11%; FR=83,3%)	Rojas <i>et al.</i> , 2007
Oct/2003 - Sep/2004	Volumétrico viable (Aeroscopio Chirana)	La Habana (Urbana)	<i>C. sphaerospermum</i> <i>C. cladosporioides</i> <i>C. oxysporum</i>	Género predominante sobre todo en Junio. Predominio de <i>C. sphaerospermum</i>	Llanes, 2006 Rojas, 2010
Feb/2007 - Mar/2008	Volumétrico viable (SAS Super 100)	Bauta (Rural)	<i>Cladosporium</i> spp.	Género predominante (FR=87,5%)	Almaguer <i>et al.</i> , 2012 a, b
Nov/2010-Oct/2012	Volumétrico viable (Aeroscopio Chirana)	La Habana (Urbana)	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. herbarum</i> <i>C. sphaerospermum</i> <i>C. tenuissimum</i> <i>C. oxysporum</i>	Género predominante. Predominio de <i>C. cladosporioides</i>	Almaguer y Rojas, 2013 Almaguer <i>et al.</i> , 2013a
Nov/2010-Oct/2012	Volumétrico no viable (Lanzoni VPPS 2000)	La Habana (Urbana)	<i>C. cladosporioides</i> TE <i>C. herbarum</i> TE	Género predominante. Predominio de <i>C. cladosporioides</i> TE	Almaguer <i>et al.</i> , 2013a Almaguer <i>et al.</i> , 2014

Leyenda: DR: Densidad relativa del total de hongos, FR: Frecuencia relativa de aparición, TE: Tipo esporal

Posteriormente comenzaron a aplicarse los métodos volumétricos viables en los trabajos aeromicológicos, en los cuales se han utilizado básicamente dos equipos: el Aeroscopio Chirana (mediante el cual el aire succionado pasa a través de un solo orificio) y el Surface Air Sampler-SAS, (donde pasa a través de varios orificios) (Borrego y Molina, 2014). En ambos equipos el aire impacta sobre una placa con medio de cultivo que posteriormente se incubaba para su posterior cuantificación y aislamiento. Estos sistemas dificultan la realización de un muestreo continuo, ya que se toma la muestra con una frecuencia determinada (horaria, diaria, semanal). Por otro lado, puede incidir en la diversidad fúngica, debido a la influencia del medio de cultivo, las condiciones de incubación y la viabilidad de los propágulos que se encuentran en el aire. Sin embargo, aunque son métodos más laboriosos y requie-

ren de una mayor formación en taxonomía micológica, permiten una identificación más precisa y el aislamiento, mantenimiento y caracterización fisiológica de los hongos colectados (Rojas *et al.*, 2008; Almaguer *et al.*, 2013 a, b).

Mediante esta metodología volumétrica viable Rojas *et al.* (2007), realizaron en La Habana una investigación aeromicológica durante los períodos lluviosos de los años 2001 y 2002. Estos autores señalaron que la máxima concentración de propágulos fúngicos se registró durante el mes de Junio, y destacó *Cladosporium* como uno de los géneros predominantes. Rojas (2010), estableció las bases metodológicas para la determinación de la concentración y diversidad fúngica viable de las especies pertenecientes a los géneros predominantes en la atmósfera, entre los cuales se encuentra *Cladosporium*. En este trabajo se informó el

predominio de *Cladosporium* en la atmósfera de una zona habanera céntrica y densamente poblada, y se detectó la presencia de *Cladosporium sphaerospermum*, *Cladosporium cladosporioides* y *Cladosporium oxysporum*, con la prevalencia de las dos primeras especies (Llanes, 2006; Rojas, 2010). Por otra parte, Almaguer *et al.* (2012 a, b) informaron que el género también estaba presente con elevada frecuencia relativa y concentración en un área rural de Bauta (Artemisa), dedicada al cultivo del arroz (*Oryza sativa*) y cercana a la periferia de La Habana. Los trabajos realizados por Llanes (2006), Rojas (2010) y Almaguer *et al.* (2012a) tienen en común la detección de elevadas concentraciones del género a través de un mismo método de colecta (volumétrico viable), independientemente de las regiones (urbana y rural) y del período muestreado.

El método de recuento basado en la identificación visual directa de esporas recogidas gravimétricamente sobre portaobjetos impregnados con una sustancia adhesiva se utilizó por primera vez en Santa Clara (zona central de Cuba). En este trabajo se identificaron gran cantidad de esporas en Febrero, entre las que se informaron conidios de *Cladosporium* (Herrera *et al.*, 2003). A partir del año 2010, se inicia un monitoreo continuo en la capital con el colector VPPS 2000 Lanzoni s.r.l., Italia instalado en la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana. Ello permitió utilizar

el método de muestreo volumétrico basado en la observación microscópica directa (no viable) y así determinar la cantidad total de esporas presentes en la atmósfera de La Habana, independientemente de su viabilidad (Almaguer *et al.*, 2013 a; Almaguer *et al.*, 2014). Las ventajas de este tipo de captador son la simplicidad de su manejo, la adaptabilidad de su caudal de succión y la posibilidad de obtener datos estacionales, diarios y horarios; por lo que se usan en la mayoría de los estudios sistemáticos de los países con redes aerobiológicas (Aira *et al.*, 2012).

La nueva forma de muestreo permitió caracterizar dos tipos esporales de este género, en función de la similitud morfológica de sus conidios, el tipo esporal *Cladosporium cladosporioides*, y el tipo esporal *Cladosporium herbarum*. Las especies que deben corresponder a estos dos tipos esporales han sido identificadas a través de un método viable simultáneo (Aeroscopio Chirana) con el que se ha muestreado con frecuencia semanal (Almaguer y Rojas, 2013; Almaguer *et al.*, 2013 a). Así el tipo predominante *Cladosporium cladosporioides* debe estar representado por *C. cladosporioides*, *C. oxysporum* (Fig. 2) y *C. tenuissimum* (conidios elipsoides o en forma de limón de pared lisa). Las esporas del tipo *Cladosporium herbarum* tienen mayor similitud con *C. sphaerospermum* (elipsoide o de forma oblonga y pared gruesa o verrugosa), detectados por la metodología viable (Datos no

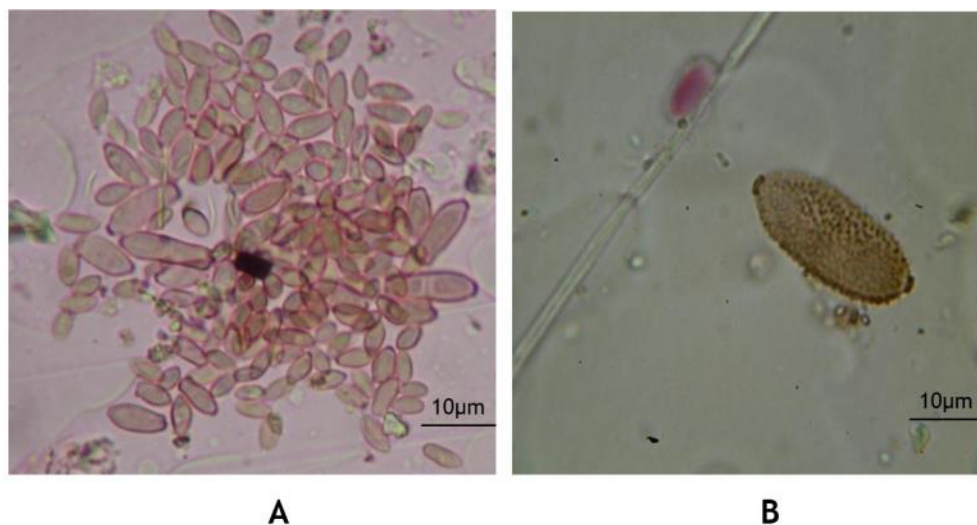


Figura 2: A: Tipo esporal *Cladosporium cladosporioides*, B: Tipo esporal *Cladosporium herbarum* a partir de una muestra no viable de aire de La Habana (1000X) (Datos no publicados).

Figure 2: A: Sporal type *Cladosporium cladosporioides*, B: Sporal type *Cladosporium herbarum* from non-viable air sample from Havana city (1000X) (unpublished data).

publicados).

En estos estudios se definen y caracterizan por primera vez para el país estos dos tipos esporales utilizando la combinación de metodologías diferentes (observación directa y cultivo del hongo) y se citó la presencia de *Cladosporium tenuissimum* en el aire (Llanes, 2006; Rojas, 2010; Almaguer y Rojas, 2013). Mediavilla *et al.* (1998) en México, incluyeron en el tipo esporal *C. sphaerospermum*, además de la citada especie, a *C. herbarum* y *C. macrocarpum*. En este sentido, es posible que en futuras investigaciones se puedan determinar un mayor número de las especies que pertenecen a este tipo esporal en el Occidente de Cuba. El complejo de especies *Cladosporium cladosporioides*, definido por la morfología esporal y por las especies aisladas en medio de cultivo, ha tenido una mayor incidencia que el complejo *Cladosporium herbarum*, al igual que en otros países (Rocha *et al.*, 2013).

El muestreo aerobiológico continuo permite determinar la variación temporal de propágulos o esporas a lo largo del día. En este sentido, Llanes (2006) y Rojas (2010), plantearon que los conidios secos de este género predominan en las horas del mediodía, ya que las condiciones ambientales favorecen la representación de sus propágulos en el aire. Este hecho fue corroborado en los estudios posteriores por Almaguer *et al.* (2013 a, b) que registraron las mayores concentraciones de esporas de *Cladosporium* entre las 11-12h. Este predominio diurno también se ha encontrado en Polonia (Stepalska y Wolek, 2009) y en España (Reyes *et al.*, 2009). Las concentraciones más elevadas de *Cladosporium*, se detectaron en un momento del día donde la radiación solar contribuye a alcanzar un alto grado de sequedad que propicia la liberación de sus esporas (Stepalska y Wolek, 2009). En La Habana se ha comprobado que la humedad relativa tiene la mayor correlación positiva con la concentración de esporas y propágulos viables del género *Cladosporium*, principalmente durante las estaciones secas donde un aumento de este factor tiene un mayor efecto sobre la liberación de conidios (Almaguer *et al.*, 2014). Además, las concentraciones de esporas (esporas/m³) obtenidas en la atmósfera de la capital cubana fueron mayores durante la época poco lluviosa del año 2011. A estas concentraciones tributó notablemente género *Cladosporium*, que representó más del 50 % de todas las esporas identificadas, aspecto evidenciado en otros estudios realizados en períodos similares en

otras latitudes (Abdel *et al.*, 2009; Recio *et al.*, 2011).

Los resultados referidos por el Laboratorio de Micología Ambiental (Ecología Microbiana, Facultad de Biología de la Universidad de La Habana) desde hace más de diez años, constituyen el trabajo más completo realizado en Cuba, sobre la caracterización de hongos aislados del ecosistema aéreo exterior en una amplia área del Occidente de Cuba (Rojas, 2010; Almaguer *et al.*, 2012 a; Almaguer y Rojas, 2013). En estos trabajos se establecieron y aplicaron bases metodológicas sobre el aislamiento y cultivo de propágulos viables en climas tropicales (Rojas, 2010). Además se comenzó a utilizar una metodología basada en la combinación del método viable con un sistema de captación de esporas que permitió obtener resultados referidos a un volumen conocido de aire, y se expresan como UFC/m³ y esporas/m³, respectivamente (Almaguer *et al.*, 2013a). La continuación de estas investigaciones aeromicológicas ha permitido corroborar la prevalencia, durante el año 2013, de los propágulos viables del género en La Habana (Fig. 3). Estos resultados se obtuvieron siguiendo la misma metodología volumétrica viable llevada a cabo por Almaguer y Rojas (2013) para estudiar el período 2010-2012, y que se basa en el uso del Aeroscopio (Chirana) que succiona 29L /min de aire sobre medio Agar extracto de Malta. En este nuevo período analizado (año 2013), también se obtuvo una mayor cantidad de unidades formadoras de colonias por m³ (UFC/m³) durante los meses poco lluviosos, que representa el 36,59 % del total de hongos aislados.

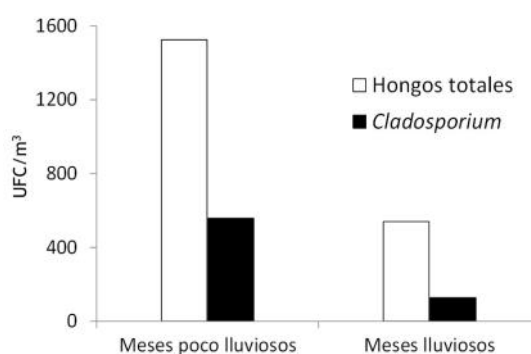


Figura 3: Unidades formadoras de colonias por m³ (UFC/m³) del género *Cladosporium* respecto al total de hongos filamentosos aislados durante los Meses poco lluviosos (noviembre-abril) y los Meses lluviosos (octubre-marzo) de 2013.

Figure 3: Colony forming units per m³ (UFC/m³) of genus *Cladosporium* and total filament fungi isolated during dry (November-April) and rainy months (October-March) of 2013.

Además el género mantuvo su predominio, caracterizado por una alta frecuencia relativa (FR=88,9 %) y una densidad relativa superior a la del resto de los géneros fúngicos identificados (DR=61,32 %). Estos resultados, de un nuevo período anual, confirman la prevalencia de los propágulos de *Cladosporium* en la atmósfera de La Habana, ya que representa más de la mitad de todos los hongos aislados durante este año, resultado que corrobora lo planteado en la mayoría de los estudios previos del occidente cubano (Rojas *et al.*, 2007; Rojas, 2010 y Almaguer y Rojas, 2013).

Es importante la continuidad de este estudio por el impacto del género en diversas esferas. En la agricultura, resulta útil el monitoreo de las especies que sean fitopatógenas a cultivos de interés económico, lo que permite determinar las épocas de riesgo y así optimizar del uso de fungicidas. En la salud humana resulta importante la identificación de las épocas del día y del año de mayores concentraciones de propágulos, para contribuir a mejorar la calidad de vida de pacientes atópicos y asmáticos, conjuntamente con la asistencia médica. Otro aspecto importante que podría desarrollarse en un futuro, es el biodeterioro que este género puede producir sobre estructuras y materiales de interés patrimonial, científico y económico. En este caso, si se realizan estudios aeromicológicos integrales, se podría determinar la influencia de la micobiota exterior sobre la calidad del aire de viviendas, museos o almacenes de productos agrícolas, así como contribuir a la prevención de enfermedades ocupacionales. También se debe tener en cuenta que la comparación de resultados aerobiológicos resulta difícil, debido a las diferencias geográficas, meteorológicas y biológicas de las áreas que se estudian, así como la influencia del hombre sobre los ecosistemas, es por ello que se hace necesario trabajar con metodologías similares, de forma tal que se puedan obtener resultados repetibles y comparables. El registro sistemático de la concentración aeromicológica del género en una base de datos permitirá la elaboración de calendarios anuales de estos propágulos fúngicos, así como modelos de predicción que tengan en cuenta su relación con las variables meteorológicas.

CONCLUSIONES

El género *Cladosporium* ha sido detectado por todos los estudios aerobiológicos que se han realizado en la atmósfera de zonas urbanas y rurales del Occidente de Cuba, lo que demuestra su prevalencia en esta re-

gión. Las especies más representadas en la atmósfera son *C. cladosporioides*, *C. sphaerospermum* y *C. herbarum*; las que son potencialmente capaces de influir sobre la salud, sobre la agricultura y deteriorar bienes patrimoniales; de ahí la importancia de la continuación de estos estudios. Este género alcanza las mayores concentraciones respecto al resto de los géneros detectados, independientemente de los métodos cuantitativos de colecta que se utilizan, lo que ha permitido la identificación de las épocas de prevalencia en varios de los últimos cincuenta años analizados (1964-2014).

LITERATURA CITADA

- Abdel, A.A., M.I. Khoder, S. Yuosra, A.M. Osman y S. Ghanem (2009) Diurnal distribution of airborne bacteria and fungi in the atmosphere of Helwan area, Egypt. *Sci. Total Env.* 407: 6217-6222.
- Aira, M.J., F.J. Rodríguez-Rajo., M. Fernández-González, C. Seijo *et al.* (2013) Spatial and temporal distribution of *Alternaria* spores in the Iberian Peninsula atmosphere, and meteorological relationships: 1993–2009. *Internat. J. Biometeorol.* 57(2): 265-274.
- Aira, M.J., F.J. Rodríguez-Rajo., M. Fernández-González, C. Seijo, *et al.* (2012) *Cladosporium* airborne spore incidence in the environmental quality of the Iberian Peninsula. *Grana* 51(4): 293-304.
- Almaguer, M. y T.I. Rojas (2013) Aeromicrota viable de la atmósfera de La Habana, Cuba. *Nova Acta Cient. Compostelana (Biología)* 20: 35-45.
- Almaguer, M., M.J. Aira, F.J. Rodríguez-Rajo y T.I. Rojas (2013a) Study of airborne fungus spores by viable and non-viable methods in Havana, Cuba. *Grana* 52(4): 289-298.
- Almaguer, M., T.I. Rojas, F.J. Rodríguez-Rajo y M.J. Aira (2012b) Airborne fungal succession in a rice field of Cuba. *Europ. J. Plant Pathol.* 133: 473–482.
- Almaguer, M., M.J. Aira, F.J. Rodríguez-Rajo y T.I. Rojas (2014) Temporal dynamics of airborne fungi in Havana (Cuba) during dry and rainy seasons: influence of meteorological parameters. *Internat. J. Biometeorol.* Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-013-0748-6>. Último acceso: 5 de noviembre de 2014.
- Almaguer, M., M.J. Aira, F.J. Rodríguez-Rajo y T.I. Rojas (En prensa) Thirty four identifiable airborne fungal spores at Havana, Cuba. *Annals Agric. Env. Med.*
- Almaguer, M., T. I. Rojas, V. Dobal, A. Batista, *et al.* (2013b) Effect of temperature on growth and germination of conidia in *Curvularia* and *Bipolaris* species isolated from the air. *Aerobiol.* 29 (1):13-20.

- Almaguer, M., T.I. Rojas, V. Dobal, A. Batista, *et al.* (2012a) Aerobiological dynamics of potentially pathogenic fungi in a rice agroecosystem in La Habana, Cuba. *Aerobiol.* 28: 177–183.
- Álvarez, G. (1984) Conteo de colonias de hongos atmosféricos en la ciudad de Matanzas, Cuba por espacio de 5 años. *Rev. Med. Cub.* 14: 44-51.
- Arnold, G.R.W. y A.G. Guerra (1987) Presencia de hongos del aire del INIFAT. Reporte de Investigación del Inst. de Invest. Fund. Agric. Trop. 43:1-6.
- Bensch, R., J.Z. Groenewald, J. Dijksterhuis, M. Starink-Willemse, *et al.* (2010) Species and ecological diversity within the *Cladosporium cladosporioides* complex (*Davidiellaceae*, *Capnodiales*). *Studies in Mycol.* 67: 1–94.
- Bogomolova, E.V y I. Kirtselideli (2009) Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg underground railway system. *Int. Biodeter. Biodegr.* 63: 156-160.
- Borrego, S., P. Guiamet, S. Gómez, P. Batistini (2010) The quality of air at archives and the biodeterioration of photographs. *Int. Biodeter. Biodegr.* 64(2): 139-145.
- Borrego, S y Molina, A. (2014) Comportamiento de la aeromicrobiota en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba durante 7 años de estudio. *AUGMDOMUS* 6:1-24.
- Borrego, S. (2012) *Cladosporium*: género fúngico que deteriora soportes documentales y afecta a la salud del hombre. *Bol. Arch. Nac.* 20: 104-118.
- Cadreja, J. y J. Fernández (1955) Numbers and kinds of airborne, culturable fungus spores in Havana, Cuba. *J. Allergy* 26 (2): 150-152.
- Camino, M., J. Mena y D.W. Minter (2006) Hongos de Cuba. Disponible en: <http://www.cybertruffle.org.uk/cubafung>. Último acceso: el 10 de Noviembre de 2014.
- Crous, P.W., U. Braun, K. Schubert y J.Z. Groenewald (2007): Delimiting *Cladosporium* from morphologically similar genera. *Studies in Mycology* 58: 33–56.
- Díaz, A., D.E. Fabré, G. Coutin, T. González (2010): La sensibilización a hongos ambientales y su relación con enfermedades atópicas en escolares. *Revista Cubana de Medicina General Integral* 26(4):647-655.
- Dugan, F.M., U. Braun, J.Z. Groenewald y P.W. Crous (2008): Morphological plasticity in *Cladosporium sphaerospermum*. *Persoonia* 21: 9–16.
- Estrada De La Riva, G. (1951): Variaciones en la Micología Ambiental de Cuba. *International Archives of Allergy and Immunology* 2(4): 360-370.
- Fuentes, C. A. (1958): Revisión de las investigaciones sobre Micología médica y de la literatura en Cuba durante el decenio de 1945 a 1955. *Mycopathologia* 9 (3):207-223
- Gaylarde, C.C. (2002): Os fungos como organismos deteriorogénicos em prédios históricos construídos em pedra. En: Saiz-Jimenez, C.; Videla, H. (Eds.) *Biodeterio de monumentos de Iberoamérica*. CYTED. 24-31 pp.
- Grinn-Gofroñ, A., y Strzelczak, A. (2013): Changes in concentration of *Alternaria* and *Cladosporium* spores during summer storms. *International Journal of Biometeorology* 57(5):759-768.
- Herrera, L., Carrazana, D., y Quiñones, R. (2003) Los hongos anemófilos de la ciudad de Santa Clara, Cuba. *Centro Agrícola* 3(30): 78-83.
- Huyan, X.H., Y.P. Yang, Y.M. Fan, W.M. Huang, *et al.* (2012) Cutaneous and systemic pathogenicity of a clinical isolate of *Cladosporium sphaerospermum* in a Murine Model. *J. Comp. Pathol.* 147: 354–359.
- Ianovici, N. y D. Tudorica (2009) Aeromycoflora in outdoor environment of Timisora city (Romania). *Not. Sci. Biol.* 1: 21-28.
- Kakde, U. y H. Kakde (2012) Incidence of post-harvest disease and airborne fungal spores in a vegetable market. *Acta Bot. Croatica* 71 (1): 147–157.
- Kreisel, H. (1971) Clave y catálogo de hongos fitopatógenos de Cuba. *Ciencias. Serie 4. Cien. Biol.* 20: 104 pp.
- Kshirsagar, J.J. y B.N. Pande (2012) Prevalence of *Cladosporium* spores over sunflower fields at Rajuri. *India Sci. Res. Rep.* 2: 66-68.
- Lan, Z., H. Scherm (2003) Moisture sources in relation to conidial dissemination and infection by *Cladosporium carpophilum* within peach canopies. *Phytopathology* 93(12):1581-1586.
- Llanes, N. (2006) Contribución al conocimiento del género *Cladosporium* Link ex Fries, Cuba. Tesis de Maestría. Universidad de La Habana, Cuba.
- Mediavilla, A., J. Ângulo, F. Infante, P.P. Comtois *et al.* (1998) Preliminary statistical modeling of the presence of two conidial types of *Cladosporium* in the atmosphere of Cordoba, Spain. *Aerobiología* 14: 229-34.
- Molina, A. y S. Borrego (2014) Análisis de la micobiota existente en el ambiente interior de la mapoteca del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Bol. Micol.* 29(1): 2-17
- Montes, C., L.A. Muñoz, V.F. Terán, F.A. Prado *et al.* (2010) Evaluación de patógenos en clones de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *Acta Agronómica* 59 (2): 144-154.
- Morales, V. y M. Rodríguez (2009) Micobiota endofítica asociada al cultivo del mango 'Haden' (*Mangifera indica* L.) en el oriente de Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 9(2):393-402.
- Niño, N.E., L. Espinosa, R. Gil, G. Menza y J. Jiménez (2009) Enfermedades de la espinaca (*Spinacia Oleracea* L.) en Cota (Cundinamarca) y manejo del mildew veloso (*Peronospora farinosa*, Byford). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 3(2):161-174.
- Palmero, D. y C. Iglesias (2007) Evaluación de la patogeneidad de la microbiota fúngica asociada a cinco variedades autóctonas españolas de judión (*Phaseolus coccineus* L.). *Agroecología* 2:55-64.
- Peteira, B., A. Cabrera, B. Martínez e I. Miranda (2011) Caracterización molecular de aislamientos de *Cladosporium fulvum* Cooke provenientes de tomate en condiciones de cultivo protegido. *Rev. Protección Veg* 26(1): 1-18.

- Piontelli, E. (2012) Manual de microhongos filamentosos comunes: Universidad de Valparaíso, Escuela de Medicina, Chile: 500pp.
- Pontón, J., M. D. Moragues, J. Gené, J. Guarro, *et al.* (2002) Hongos y actinomicetos alérgicos. Rev. Iberoam. Micol. 65 pp.
- Quintero, J. M. (1964) Hongos atmosféricos. Bol. Estac. Experimental Agríc. Río Piedras, Puerto Rico 178: 1-65.
- Recio, M., M.M Trigo, S. Docampo, M. Melgar (2011) Analysis of the predicting variables for daily and weekly fluctuations of two airborne fungal spores *Alternaria* and *Cladosporium*. Int. J. Biometeorol. 56: 983-991.
- Reyes, E.S., D.R. De La Cruz, M.E Merino y J.S. Sánchez (2009) Meteorological and agricultural effects on airborne *Alternaria* and *Cladosporium* spores and clinical aspects in Valladolid (Spain). Ann. Agric. Env. Med. 16: 53-61.
- Ríos, J.M. La aeromicrología y su importancia para la medicina (2011): Rev. Méd. Cient. 24(2):28-42.
- Rodríguez, A., E. Vargas, L. Tafolla, H. Ruiz, L. Hernández y S. Vázquez (2008) Géneros fúngicos aislados de pacientes con rinitis alérgica y su relación con la prueba de hipersensibilidad subcutánea de Prick. Rev. Mex. Micol. 28: 89-94.
- Rocha, A., M.A. Alvarado, R. Gutiérrez, S.M. Salcedo y S. Moreno (2013) Variación temporal de esporas de *Alternaria*, *Cladosporium*, *Coprinus*, *Curvularia* y *Venturia* en el aire del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. Rev. Int. Contam. Amb. 29 (2): 155-165.
- Rojas, T.I. (2010) Diversidad fúngica en ambientes de áreas urbanas de Ciudad de la Habana y sus potencialidades en el biodeterioro, Cuba. Tesis de Doctorado, Universidad de La Habana, Cuba.
- Rojas, T.I. y M.J. Aira (2012) Fungal biodiversity in indoor environments in Havana, Cuba. *Aerobiologia* 28: 367-374.
- Rojas, T.I., N. Llanes, M. Benitez, M.J. Aira y H. Malagón (2007) El género *Aspergillus* en la atmósfera de La Habana (Cuba). Bol. Micol. 22: 41-46.
- Rojas, T.I., E. Martínez, M.J. Aira y M. Almaguer (2008) Aeromicrobiota de ambientes internos: comparación de métodos de muestreo. Bol. Micol. 23: 67-73.
- Schubert, K., A. Greslebin, J.Z. Groenewald y P.W. Crous (2009) New foliicolous species of *Cladosporium* from South America. *Persoonia* 22: 111-122.
- Schubert, K., J.Z. Groenewald, U. Braun y J. Dijksterhuis (2007) Biodiversity in the *Cladosporium herbarum* complex (Davidiellaceae, Capniodiales), with standardization of methods for *Cladosporium* taxonomy and diagnostics. *Studies in Mycol.* 58: 105-156.
- Stepalska, D. y J. Wolek (2009) Intradurnal periodicity of fungal spore concentrations (*Alternaria*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Didymella*, *Ganoderma*) in Cracow, Poland. *Aerobiol.* 25(4): 333-340.
- Tang, J. W. (2009) The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents. *Rev. Soc. Interface* 6: 737-746.
- Tendal, K. y A. Madsen (2011) Exposure to airborne microorganism hyphal fragments, and pollen in a field of organically grown strawberries. *Aerobiol.* 27:13-23.
- Vijay, H. M., y V. P. Kurup (1998) Fungal allergens. *Allergens and Allergen Immunotherapy* 3:223-249.
- Zalar, P., G.S. Hoog, H.J. Schubert y P.W. Crous (2007) Phylogeny and ecology of the ubiquitous saprobe *Cladosporium sphaerospermum*, with description of seven new species from hypersaline environments. *Studies in Mycol.* 58: 157-184.
- Zoppas, B.C., R.M. Valencia-Barrera y D. Fernández-González (2011) Distribuição de esporos de *Cladosporium* spp no ar atmosférico de Caxias do Sul, RS, Brasil, durante dois anos de estudo. *Rev. Brasil. Alergia e Imunopat.* 34(2): 55-58.
- Zotti, M., A. Ferroni y P. Calvini (2008) Microfungal biodeterioration of historic paper: Preliminary FTIR and microbiological analyses. *Int. Biodeter. Biodegr.* 62:186-194.

• • •

Editor para correspondencia: Dra. Annia Hernández Rodríguez