

Artículo Reseña

PERSPECTIVAS DE LOS ESTUDIOS AEROMICOLÓGICOS PARA LA PROTECCIÓN DEL CULTIVO DEL ARROZ

M. Almaguer, Teresa I. Rojas y Annia Hernández

*Laboratorio de Ecología Microbiana. Departamento de Microbiología y Virología. Facultad de Biología. Universidad de La Habana. Calle 25, No. 455, e/ I y J. Ciudad de La Habana, Cuba.
Correo electrónico: michelalm@fbio.uh.cu*

RESUMEN: Los estudios aerobiológicos son importantes para entender la distribución, ecología y posible afectación de los hongos que causan enfermedades en el cultivo del arroz. El viento es uno de los factores más importantes en la dispersión de las esporas de estos hongos, es por ello que se han diseñado diferentes captadores, que posean la capacidad de colectar el aire de la atmósfera y que permiten estudiar los propágulos de hongos presentes en la misma, para su posterior identificación. Entre los hongos fitopatógenos que afectan al cultivo del arroz se encuentran: *Pyricularia grisea*, *Bipolaris oryzae*, *Gerlachia oryzae*, *Sarocladium oryzae*, *Gaeumannomyces graminis*, *Cercospora oryzae*, *Alternaria padwickii* y algunas especies de los géneros *Phyllosticta* y *Curvularia*. La mayoría de estos hongos se han detectado en diversos estudios aerobiológicos realizados en ambientes exteriores en varias partes del mundo. Un monitoreo adecuado podría brindar información sobre el modo de distribución en el aire de esporas de hongos fitopatógenos al cultivo de dicho cereal y junto a los parámetros climatológicos se podría lograr entender la ecología de estos hongos, comprender mejor la epifitología de las enfermedades del cultivo, así como aplicar modelos predictivos.

(Palabras clave: aerobiología; arroz; hongos fitopatógenos; hongos del aire)

PERSPECTIVE OF THE AEROMYCOLOGICAL STUDIES TO PROTECT RICE CROP

ABSTRACT: Aerobiological studies are important to understand distribution, ecology and possible affectation of rice pathogenic fungi. Wind is one of the most important factors in the dispersion of these fungi. That is the reason why some different samplers have been designed to collect airborne fungi in order to identify them. Some of rice phytopathogenic fungi are *Pyricularia grisea*, *Bipolaris oryzae*, *Gerlachia oryzae*, *Sarocladium oryzae*, *Gaeumannomyces graminis*, *Cercospora oryzae*, *Alternaria padwickii* and some species of *Phyllosticta* and *Curvularia* genus. The majority of these fungi has been reported in several aerobiological studies done in outdoor environments around the world. A good sampling method could bring information of the air distribution of phytopathogenic fungal spores affecting rice crop. This information together with the meteorological data could help to understand the ecology of these fungi and the rice disease epidemiology, as well as to apply predictive models.

(Key words: aerobiology; rice; phytopathogen fungi; airborne fungi)

INTRODUCCIÓN

El arroz es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Poacea. Existen 19 especies, siendo el arroz común (*Oryza sativa* L.), la especie más

importante para la alimentación humana. Su cultivo comenzó hace alrededor de 10,000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Este cereal es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial; se considera el más importante

del mundo por la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de personas que dependen de su cosecha. Constituye uno de los cereales más ampliamente cultivados, con una producción promedio anual de aproximadamente 476 millones de toneladas métricas (1).

De todos los cereales existentes o conocidos, el arroz es el que ofrece la posibilidad de llenar más rápidamente un déficit de producción agrícola para la alimentación del hombre. En Cuba, el arroz constituye una parte importante en la dieta diaria de la población, el consumo per cápita actual es uno de los más altos de América Latina con cerca de 60 kg anuales, participando en el 20 % de las calorías diarias que se consume. Considerando el per cápita de consumo, se necesitan alrededor de 700 mil toneladas de arroz para la alimentación. A partir del año 1996, se ha desarrollado la producción de arroz no especializado (Arroz Popular), como una alternativa para aumentar la producción de arroz con menor costo (1). Teniendo en cuenta el rol de este cereal en la alimentación, resulta de gran importancia el control de las enfermedades que puedan atacarlo para lograr una mayor productividad en sus cosechas.

Se han descrito alrededor de 80 enfermedades causadas por factores abióticos y bióticos que afectan al arroz. Las condiciones climáticas desfavorables, los desórdenes nutricionales, las semillas, que junto con microorganismos son las causas más comunes del debilitamiento de las plantas y por consiguiente de afectaciones en la cosecha. En particular, los hongos han sido descritos como agentes causales de diferentes enfermedades del arroz, más que otros grupos de microorganismos patógenos. Un ejemplo de ello es que en Cuba, en la década del 90', el cultivo del arroz sufrió el ataque del hongo *Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksworth, causante de la pudrición de la vaina, que provocó severos daños a las plantaciones. Además continuamente se informan nuevas epifitias de piriculariosis, así como el de la mancha parda (2) y otras enfermedades causadas por hongos.

No obstante, los estudios y esfuerzos de numerosos científicos, la protección de las cosechas de arroz está aún basada en el control químico. Los fungicidas usados para controlar la infección son efectivos pero no previenen la multiplicación del patógeno. Además de acuerdo a la correcta interpretación de las reglas sobre el uso de fungicidas, el problema del residuo máximo permitido plantea diferentes problemáticas que requieren de un análisis exhaustivo. Por otra parte, este tipo de estra-

tegia no coincide con el concepto moderno de alimentos libres de tratamiento químico, por lo que la idea de un control integrado ha ido ganando solidez en los últimos años. En este sentido la Aerobiología desempeña una función importante. Las investigaciones aerobiológicas son indispensables para entender la epifitología de la enfermedad y su control (3), además de que ayuda al establecimiento de pronósticos, basado en estudios sistemáticos. Para el manejo de patógenos foliares la Aerobiología posee una significación similar junto con la epifitología, la biología de poblaciones y sistemas de predicciones (4). La mayoría de los estudios aeromicológicos, mundialmente se han realizado en ciudades (5). En Cuba los estudios aerobiológicos han sido puntuales y escasos, y realizados en áreas urbanas; no existiendo ninguno en áreas rurales, ni en el cultivo del arroz (6,7). En este sentido esta reseña tiene el objetivo de describir las potencialidades de los estudios aerobiológicos para la protección del cultivo del arroz.

PARTE ESPECIAL

Generalidades de la Aerobiología

El término Aerobiología fue definido en los años 30 por Fred C. Meier con el fin de incluir bajo esta denominación los estudios que se realizaban sobre las esporas de hongos, granos de polen y bacterias contenidos en la atmósfera. Sin embargo, más recientemente, se consideró la Aerobiología como una ciencia multidisciplinaria que comprende la liberación, retención, dispersión, deposición e incidencia atmosférica de esporas, pólenes y otros microorganismos aerotransportados. Así como su diversidad, modos de vida, dependencia y, al mismo tiempo, repercusión en el entorno, se ha señalado a la Aerobiología como la ecología de la atmósfera (8).

Esta ciencia tiene numerosas aplicaciones en los ecosistemas naturales. En el campo agrícola permite detectar la aparición de plagas fúngicas; ya que el principal vector de dispersión de los hongos son las esporas sexuales o asexuales, aunque las hifas viables presentes en bioaerosoles pueden también dispersar estos organismos (9); además permite estudiar el comportamiento de las esporas patógenas en el aire y determinar los períodos en que están presentes las esporas, fin de esporulación, días de máxima presencia y la influencia de todos aquellos factores meteorológicos que inciden en la permanencia y dispersión (10). Datos sumamente importantes para contribuir a mejorar la productividad de los cultivos y su sanidad agronómica.

El aire como vía de propagación de hongos que afectan a cultivos de importancia económica

La dispersión de los patógenos es lo que ocurre entre la liberación de sus propágulos y su deposición. Una vez que los propágulos se encuentran en el aire, se comportan como partículas inertes que se mueven a diferentes velocidades depositándose más rápidamente las esporas de mayor tamaño. En este sentido, Ingold (11), discutió los mecanismos de liberación y dispersión de esporas en el aire.

El viento es uno de los factores más importantes en la dispersión de las esporas, excepto cuando es desviado por obstáculos a su paso. No obstante las esporas se elevan a grandes alturas en el aire. Esto favorece una dispersión más extensa y es debido, principalmente, a la turbulencia atmosférica, incluido el desarrollo de remolinos. Las turbulencias redistribuyen las esporas, ya que posibilitan la elevación de las mismas sobre su lugar de origen y de esta forma incrementar la distancia desde la fuente de origen. Se ha calculado que en tiempo de calma solo alrededor del 0,05% de las esporas viajan más de 100 metros desde la fuente cerca del suelo. Sin embargo, cuando el tiempo está agitado esta distancia puede ser alcanzada por el 10% de las esporas (12). En algunos casos el transporte aéreo de esporas es responsable de dispersar enfermedades en plantas a través de distancias de 500 km o más (13).

En diversas partes del mundo se han realizado estudios aerobiológicos que han señalado a una amplia variedad de hongos fitopatógenos de dispersión aérea sobre diferentes cultivos de importancia económica (14). Así se ha comprobado que la propagación a través de Europa de *Blumeria graminis* (DC.) Speer, patógeno del trigo, se debe a la dispersión aérea de sus esporas (15). Las esporas de especies de *Phytophthora*, un oomiceto responsable de pérdidas económicas significativas en diversos cultivos, pueden ser dispersadas también por el aire (16). Por otra parte, se ha comprobado que los conidios de *Stemphylium vesicarium* (Wallr.) E.G. Simmons se liberan al aire, favorecidos por la lluvia causando el tizón de la hoja del ajo (17).

En estudios realizados en poáceas se ha demostrado que *Pyricularia grisea* Sacc. y *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker producen esporas que se dispersan en la baja atmósfera sobre siembras de arroz y afectan el cultivo en diferentes épocas de su crecimiento (18,19). Además *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch, agente causal del tizón de las cabezuelas que afecta el trigo y otros cereales produce esporas que se dispersan a través del aire y sus

eventos de mayor deposición son principalmente en la noche (20). Otros estudios realizados sobre la liberación, dispersión y deposición de las esporas de *G. zeae* demostraron que las esporas viables de este hongo fueron abundantes durante cada hora del día y la noche; además, que las esporas fueron más abundantes en días nublados (21).

En un estudio realizado en el año 2003, sobre una siembra comercial de frijol gandul en Puerto Rico se determinaron géneros cosmopolitas y de importancia fitopatológica, tales como: *Fusarium*, *Curvularia*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Drechslera*, *Nigrospora*, *Trichoderma* y *Aspergillus*, y además otros géneros en menor frecuencia como: *Penicillium*, *Pestalotia* y *Colletotrichum*, los que podrían afectar potencialmente a cultivos circundantes (22).

Hongos presentes en el aire que afectan al cultivo del arroz

El cultivo del arroz es afectado por numerosos agentes infecciosos que causan distintas enfermedades, y que en determinadas condiciones ambientales constituyen uno de los factores limitantes de mayor importancia en el aprovechamiento de este cereal. La actividad desarrollada por estos entes (hongos, bacterias, virus, entre otros), en los órganos invadidos (hojas, tallos, inflorescencias, semillas), origina disminuciones, tanto en la calidad como en la cantidad de la cosecha. La magnitud de las pérdidas económicas se encuentra determinada por los niveles de susceptibilidad de las variedades sembradas y por el tipo de manejo agronómico que ellas reciben (23,24).

Dentro de las principales enfermedades fúngicas que atacan al cultivo del arroz se pueden citar la piriculariosis, la mancha parda, la escaldadura foliar, la pudrición de la vaina, la pudrición del tallo, la pudrición negra de la hoja envainadora, la mancha lineal y el manchado del grano (2,25,26). Los agentes causales de dichas enfermedades se encuentran relacionados en la Tabla 1, identificándose al aire como una vía de dispersión de estos hongos.

Dado que el aire es el medio más común para la dispersión de esporas fúngicas y de fragmentos de hifas (28), resulta útil el estudio de la presencia en el aire de propágulos de hongos que pueden causar enfermedades al cultivo del arroz. La identificación del espectro de esporas de hongos de una región, así como sus variaciones estacionales, constituyen un principio fundamental para iniciar medidas preventivas oportunas ante las afecciones fúngicas (19).

Así por ejemplo, se ha comprobado que los conidios de *P. grisea* pueden ser aerotransportados,

TABLA 1. Principales enfermedades causadas por hongos en el cultivo del arroz./ *Main fungal diseases in rice crop*

Enfermedad	Agente Causal
Piriculariosis o añublo	<i>Pyricularia grisea</i> Sacc. Estado teleomórfico <i>Magnaporthe grisea</i> (Hebert) Barr.
Mancha parda o Helminthosporiosis	<i>Cochliobolus miyabeanus</i> (Ito & Kuribayashi) Drechler ex Dastur. Según la nueva clasificación, el nombre del hongo en estado imperfecto es <i>Bipolaris oryzae</i> (Breda de Haan) Shoemaker
Escaldadura Foliar	<i>Gerlachia oryzae</i> (Hashioka & Yokogi) W. Gams estado teleomórfico <i>Metasphaeria albazcens</i> von Thuemen.
Pudrición de la vaina.	<i>Sarocladium oryzae</i> (Sawada) W. Gams & D. Hawksworth.
Pudrición del tallo	<i>Helminthosporium sigmoideum</i> Cav. El estado teleomórfico es <i>Magnaporthe salvinii</i> (Catt) Krause & Webster.
Pudrición negra de la hoja envainadora	<i>Gaeumannomyces graminis</i> (Sacc) Arx & Oliver var <i>graminis</i> .
Mancha lineal	<i>Cercospora oryzae</i> Miyake. Estado perfecto <i>Sphaerulina oryzina</i> Hara.
Manchado del grano	Esta enfermedad es el efecto de un complejo de agentes causales entre los que se encuentran los hongos: <i>B. oryzae</i> , <i>Phyllosticta</i> sp.; <i>G. oryzae</i> , <i>Alternaria padwickii</i> (Ganguly) M.B. Ellis, <i>Curvularia</i> sp.; <i>P. grisea</i> , <i>C. oryzae</i> , <i>S. oryzae</i> . Se han identificado también la participación de géneros de bacterias como <i>Pseudomonas</i> sp. y <i>Erwinia</i> sp.

Tomado de IIA (27).

siendo esta la principal vía de propagación de la enfermedad (29). En monitoreos aerobiológicos realizados en zonas arroceras del sur de España en los años 2002 y 2003, se encontró que las esporas de *P. grisea* fueron detectadas en muestras de aire desde principios de julio hasta mediados de octubre (19). Un resultado similar se obtuvo en estudios realizados en los Estados Unidos, específicamente en Maryland, entre los años de 2000-2004, aunque en este caso se analizaron las potencialidades de este patógeno para afectar a otras poáceas. Las esporas se detectaron en todos los años desde principios de julio hasta mediados de octubre (30). En ambos estudios se detectó el máximo de esporas en el aire desde mediados del mes de agosto hasta septiembre. En el caso del estudio realizado en España se encontró que existe una relación directa entre la temperatura, la humedad relativa y la concentración de esporas en el aire. Además, de que los primeros síntomas de piriculariosis aparecieron a finales de julio, la incidencia y severidad de la enfermedad se manifestó pocos días después de detectarse el máximo de esporas del hongo en el aire. En este estudio también se plantea que el riesgo de infección durante el estado vegetativo de las plantas de arroz puede ser determinado con mayor exactitud con una información eficiente basada en un análisis exhaustivo de las condiciones climatológicas, el conocimiento de la concentración de esporas de *P. grisea* en el aire y el conocimiento del propio cultivo. Toda esta información permite un preciso y moderado uso de los fungicidas, de

acuerdo con las ideas modernas del manejo integrado de plagas. Estos estudios aerobiológicos se pueden combinar con otros métodos de detección de patógenos para lograr una mayor productividad (31).

El Laboratorio de Ecología Microbiana del Departamento de Microbiología y Virología de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana, ha realizado muestreos sistemáticos preliminares en parcelas de arroz del Instituto de Investigaciones del Arroz (IIA), ubicado en la provincia La Habana, sembradas con la variedad J-104. En estos muestreos se detectó la presencia de propágulos de *P. grisea* en el aire desde finales del mes de junio hasta principios del mes de octubre del año 2007.

Asimismo se ha identificado el ecosistema aéreo como la principal vía de propagación de los conidios de *B. oryzae*. En este sentido, se ha constatado la presencia de *B. oryzae* en el norte de Italia desde finales de junio, observándose fluctuaciones en el número de esporas por metro cúbico de aire, hasta una disminución total a finales de septiembre. En este caso la aparición de los síntomas de la enfermedad se detectó pocos días después del mayor número de esporas detectadas en el aire (19).

Se plantea que la vía de dispersión del hongo *G. oryzae* es a través del viento. Por otra parte los hongos que intervienen en el manchado del grano, potencialmente, también pueden presentarse en el aire, ya que la mayoría de los estudios realizados en ambientes exteriores demuestran la presencia de géne-

ros como *Curvularia*, *Alternaria* (32) y en menor grado los otros representantes de este complejo, tales como *Phyllosticta*, *Gerlachia*, *Sarocladium* y *Cercospora* (33,34,35,36).

Se debe destacar que el cultivo también puede ser afectado por *Rhizoctonia solani* Kühn, que produce la enfermedad conocida como el tizón de la vaina, pero la principal vía de propagación de la enfermedad no es el aire. Aspecto que en gran medida se debe a que en este género no se ha observado la producción de esporas que favorezcan su dispersión por el aire (29). Se ha planteado que la enfermedad se disemina principalmente a través de los esclerocios producidos por el hongo, los que pueden flotar en el agua y atacar a las plantas de arroz a través de abrasiones en tallos u hojas, aunque hay estudios que informan la presencia de propágulos de *Rhizoctonia* en el aire (35).

Los hongos presentes en el aire de ecosistemas rurales y sus variaciones en relación con las condiciones ambientales han sido poco estudiados (37). Sin embargo, este aspecto es esencial para lograr un buen pronóstico aerobiológico (5).

En este sentido, se ha comprobado que la periodicidad diurna en la liberación de esporas al aire depende de factores tales como el modo de liberación y los cambios en las condiciones meteorológicas. Los géneros *Curvularia* y *Alternaria* tienen especies que prevalecen hacia la mitad de la mañana, y el incremento de sus esporas en el aire depende, además de su mecanismo de liberación, del incremento en la velocidad del viento y la turbulencia en estas horas del día (32). También se ha señalado que las altas temperaturas del verano parecen predisponer una infección por *P. grisea*; así como que largos períodos de rocío, temperaturas sobre los 27°C y una humedad relativa entre un 86 y 98 %, propician la liberación nocturna de los conidios (18,38), condiciones que fácilmente se dan en el clima tropical.

Perspectivas de los estudios aerobiológicos aplicados al cultivo del arroz

La atmósfera contiene una gran cantidad de esporas fúngicas pertenecientes a géneros con la capacidad de infectar al cultivo del arroz. Teniendo en cuenta la literatura consultada hasta el momento, se puede afirmar que los estudios aerobiológicos constituyen una herramienta útil para lograr entender la ecología de estos propágulos y comprender mejor la epifitología de las enfermedades de las plantas

A partir del conocimiento de la concentración atmosférica de esporas de los diferentes hongos fitopatógenos que afectan al cultivo del arroz y su co-

relación con los factores climatológicos, se puede pronosticar la aparición de las respectivas enfermedades. Esto en gran medida podría ayudar a comprender las épocas de riesgo para las plantaciones del cereal, ya que la severidad de muchas enfermedades pudiera ser proporcional a la cantidad de esporas presentes en el aire. En Cuba estas investigaciones serían de gran utilidad porque las condiciones climatológicas de alta humedad relativa y altas temperaturas, favorecen en gran medida la liberación y presencia de esporas de estos hongos patógenos en el aire.

Asimismo estudios anuales continuos, permiten confeccionar calendarios de presencia de esporas, que son muy útiles para realizar pronósticos de aparición de patógenos dado los requerimientos ambientales que poseen (39). El monitoreo sistemático aporta datos de otras partículas que se encuentren en el aire las cuales pueden incrementarse y generar un grado mayor de daño en los cultivos si son favorecidos por las condiciones locales meteorológicas (40,41).

Desde el punto de vista de la climatología-agrícola, es importante confirmar que algunos fenómenos, tales como convecciones térmicas, inversiones o situaciones de turbulencia, inciden en la acumulación y transporte de partículas en la atmósfera, aumentando o disminuyendo sus niveles en la misma. Esto permitirá comprender mejor la dinámica atmosférica y se podrán establecer modelos predictivos para próximos años o nuevas cosechas lo que contribuiría a una mayor protección del cultivo sin dañar al ambiente y a la salud humana.

CONCLUSIONES

Los estudios aerobiológicos poseen potencialidades para ser empleadas en beneficio de diferentes cultivos de interés agrícola, como el arroz. Esto es posible ya que las esporas de la mayoría de hongos que afectan a este cereal se diseminan a través del viento. Un monitoreo adecuado podría brindar información sobre el modo de distribución en el aire, de los propágulos de estos hongos y junto a los parámetros climatológicos se podría lograr entender la ecología de los mismos, así como comprender mejor la epifitología de las enfermedades del cultivo. Además se pueden realizar pronósticos que ayudarían a determinar las épocas de riesgo para las plantaciones del cereal y así prevenir la afectación que podrían causar. Esto podría ser una alternativa viable al uso indiscriminado de productos químicos en el cultivo del arroz, ya que puede ayudar a determinar el momento idóneo y las dosis de aplicación de los mismos.

REFERENCIAS

1. Rives N. Caracterización de géneros bacterianos rizosféricos y endófitos en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis en opción al grado de Maestro en Ciencias. Facultad de Biología. Universidad de La Habana; 2006.
2. Cordero V, Rivero L. Principales enfermedades fungosas que inciden en el cultivo del arroz en Cuba. IIA. MINAGRI; 2001.
3. Ponti I, Cavan P. Aerobiology in plant protection. *Aerobiología*. 1992;8:94-101.
4. Dopazo A, Hervés M, Aira M. concentración de esporas de *Alternaria*, *Cladosporium* y *Fusarium* en la atmósfera de Santiago de Compostela (1996). *Botánica Complutensis*. 2001;25:83-91.
5. Kasprzyk I, Konopińska A. Comparative analysis of the concentration of fungal spores in the air of Lublin and Rzeszów (Eastern Poland). *Acta Agrobotanica*. 2006;59(2):43-150.
6. Llanes N, Rojas TI, Benítez M, Barrios LM, Malagón H. Hongos fitopatógenos detectados en el aire. En: Memorias del XI Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. 2004: ISBN 959-7023-27-X.
7. Rojas TI, Martínez E. Monitoreo microbiano del aire. Criterios metodológicos. En: Contribución a la educación y protección ambiental. VI Taller de la Cátedra de Medio Ambiente. 2000;1:110-115.
8. Isard S, Russo JM, Ariatti A. The Integrated Aerobiology Modelling System applied to the spread of soybean rust into the Ohio River valley during September 2006. *Aerobiología*. 2007;24(4):271-282.
9. Gots RE, Layton NJ, Pirages S. Indoor health: background levels of fungi. *AIHA Journal*. 2003;64:427-438.
10. Sabariego S, Diez A, Gutierrez M. Monitoring of airborne fungi in Madrid (Spain). *Acta Bot. Croat*. 2007;66 (2):117-126,
11. Ingold CT. Dispersal in fungi. Oxford University Press, London UK; 1953.
12. Casadesús L, Pazos V. Fitopatología. ENPES. La Habana; 1989.
13. Aylor DE. The aerobiology of apple scab. *Plant Dis*. 1998;82(8):838-849.
14. Pérez A, Santos R, Montiel A, Isea G, Marín M, Sandoval L. Método para el muestreo de esporas de hongos en una plantación de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Rev Fac. Agronom*. 2003;20(1):110-124.
15. Limpert E, Godet F, Müller K. Dispersal of cereal mildews across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*. 1999;97(4):293-308.
16. Beagle J. New frontiers in the study of dispersal and spatial analysis of epidemics caused by species in the genus *Phytophthora*. *Ann. Rev Phytopathol*. 2000;38:541-576.
17. Prados-Ligero AM, Melero-Vara JM, Corpas-Hervías C, Basallote-Ureba MJ. Relationships between weather variables, airborne spore concentrations and severity of leaf blight of garlic caused by *Stemphylium vesicarium* in Spain. *Eur. J. Plant Pathol*. 2003;109(4):301-310.
18. Lara I, Castejón M, Agilar M. Climate influence over air content of *Pyricularia oryzae* conidia and symptomatology of rice crop in Southern Spain. Ferrero A, Francesco V. (editors). In: Proceeding of challenges and opportunities for Sustainable rice-based product systems. Sep 13-15; Torino, Italia. 2004; p.127-131.
19. Picco AM, Rodolfi M. *Pyricularia grisea* and *Bipolaris oryzae*: a preliminary study on the occurrence of airborne spores in a rice field. *Aerobiología*. 2002;18 (2):163-167
20. Del Ponte E, Mauricio J, Fernandez C, Pierobom C. Factors affecting density of airborne *Gibberella zeae* inoculum. *Fitopatol. Bras*. 2005;30:55-60.
21. Maldonado-Ramírez SL, Schmale DG, Shields EJ, Bergstrom GC. The relative abundance of viable spores of *Gibberella zeae* in the planetary boundary layer suggests the role of long-distance transport in regional epidemics of *Fusarium* head blight. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2005;132:20-27.
22. Gaztambide I. Distribución vertical y temporal de *Glomerella cingulata* (*Colletotrichum gloeosporioides*) sobre una siembra comercial de gandul (*Cajanus cajan* L.). Tesis sometida en

- cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Maestro en Ciencias en Biología, Universidad de Puerto Rico Universitario de Mayagüez, 2005.
23. Ashizawa T, Zenbayashi-Sawata. Vertical distribution of leaf blast lesions in mixtures of rice cultivar Sasanishiki and its resistant near-isogenic line. *J Gen Plant Pathol.* 2007;73:129-132.
 24. Neningen H, Hidalgo E, Barrios LM, Pueyo M. Hongos presentes en semillas de arroz (*Oryza sativa* L) en Cuba. *Fitosanidad.* 2003;7(3):7-11.
 25. Cárdenas R, González L, Parra Y, Rivero D, Cruz A. Influencia del manchado del grano de arroz (*Oryza sativa* L) en la variedad J-104. Nocividad y géneros de hongos presentes. *Rev Protección Veg.* 2003;18(2):124-128.
 26. Bahous M, Ouazzani A, Douira A. Interaction between *Pyricularia oryzae*, four *helminthosporium* species and *Culvularia lunata* in rice leaves. *Phytopathol Mediterr.* 2003;42:113-122.
 27. Instituto de Investigaciones del Arroz; Centro Nacional de Sanidad Vegetal. Instructivo Técnico de Arroz. (Cuba) MINAGRI; 2006.
 28. Fenguelli G. The contribution of aerobiology to agriculture. *Aerobiología.* 1998;14:95-100.
 29. Osca JM, Castell-Zeising V, Gómez de Barreda D, Marzal. An influence of sowing and fertilization on rice plant development and disease evolution in Valencia (SPAIN) In: Ferrero A, Francesco V. (editors). *Proceeding of challenges and opportunities for sustainable rice-based product systems*; Sep 13-15; Torino, Italia. 2004; p.113-118.
 30. Kaminski J. Seasonal concentrations of airborne *Pyricularia grisea* conidia. (168-17) ASA-CSSA-SSSA. 2006. International Meetings. Indianapolis, USA. Nov: 12-16.
 31. Uddin W, Viji G. Detection of *Pyricularia grisea* causing Gray Leaf Spot of Perennial Ryegrass Turf by a Rapid Immuno-Recognition Assay. *Plant Dis.* 2003;87(7):772-778.
 32. Sakiyan N, Inceoglu O. Atmospheric concentration of *Cladosporium* and *Alternaria* spores in Ankara and the effect of meteorological factors. *Turk. J. Bot.* 2003;327:77-81.
 33. Boyacioglu H, Haliki A, Ates M, Guvensen A, Abaci Ö. The statistical investigation on airborne fungi and pollen grains of atmosphere in Izmir-Turkey. *Environ Monit Assess.* 2007;135:327-334.
 34. Jothish P, Soman T. Airborne fungal spores in a sawmill environment in Palakkad District, Kerala India. *Aerobiología.* 2004;20:75-81.
 35. Topbas M, Tosun I, Can G, Kaklikkaya N, Aydin F. Identification and seasonal distribution of airborne fungi in urban air in an Eastern Black Sea Turkish Town. *Turk. J. Med. Sci.* 2006;36:31-36.
 36. Kasprzyk I, Rzepowska B, Wasylów M. Fungal spores in the atmosphere of Rzeszów (South-east Poland). *Ann. Agric. Environ. Med.* 2004; 11: 285-289.
 37. Kasprzyk I, Worek M. Airborne fungal spores in urban and rural environments in Poland. *Aerobiología.* 2006;22:169-176
 38. Greer CA, Webster RC. Occurrence, distribution, epidemiology, cultivar reaction and management of rice blast disease in California. *Plant Dis.* 2001;85:1096-1102.
 39. Rodríguez FJ, Seijo MC, Jato MV. Estudio de los niveles de los principales fitopatógenos para la optimización de cosechas de *Vitis vinifera* en Valdeorras, Ourense (1998). *Botánica Complutenses.* 2002;26:121-135.
 40. Picco AM, Lorenzi E, Rodino D, Rodolfi M, Tabacchi M, Biloni M. Airspores detection of *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. and *Bipolaris* spp. A three year monitoring in different rice fields in northern Italy. In: Ferrero A, Francesco V. (editors). *Proceeding of challenges and opportunities for sustainable rice-based product systems.* Sep 13-15; Torino, Italia. 2004; p.127-131.
 41. Morales J, Candau P, González F. Relación entre la concentración de algunas esporas fúngicas en el aire de Sevilla (España), y los índices bioclimáticos. En: García JC, Diego C, Fernández P, Garmendia C, Rasilla D. (editores). *El clima entre el mar y la montaña.* Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria. Serie A, no.4. Santander; 2004. p. 671-680.

(Recibido 1-2-2008; Aceptado 16-6-2008)