



HONGOS ASOCIADOS AL MANCHADO DEL GRANO DEL ARROZ: UNA REVISIÓN

FUNGI ASSOCIATED TO RICE GRAIN DISCOLORATION: A REVIEW

Ma. Irene Emma Sandoval-Martínez¹, Mónica Osnaya-González²,
Lauro Soto-Rojas³ y Cristian Nava-Díaz^{1*}

¹Colegio de Postgraduados (CP), Programa de Fitosanidad-Fitopatología, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ²CP, Programa de Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola en el Trópico, Sihochac, Champotón, Campeche, México. ³CP, Programa de Fitosanidad-Entomología y Acarología, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia (cnava@colpos.mx)

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el tercer cereal más importante a nivel mundial. El 'manchado de grano' es una enfermedad que disminuye la calidad del grano y afecta la germinación de la semilla en todo el mundo. El objetivo de este documento es presentar una revisión bibliográfica de los hongos asociados al manchado del grano del arroz, puntualizar su distribución global y mostrar la importancia económica de la enfermedad. A nivel mundial se han reportado 150 especies de hongos en grano de arroz. Los hongos asociados al manchado de grano que se reportan con mayor frecuencia son *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Alternaria padwickii* (Ganguly) M. B. Ellis, *Aspergillus flavus* Link, *Aspergillus niger* van Tiegh, *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker, *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn, *Fusarium moniliforme* J. Sheld, *Fusarium oxysporum* Schltdl, *Fusarium solani* (Martius) y *Penicillium* Link. Algunas de estas especies son capaces de producir micotoxinas que ocasionan graves enfermedades en humanos. En México se ha reportado el manchado de grano, pero prácticamente no existe información de esta enfermedad. Datos preliminares muestran que existe un complejo formado por 18 especies de hongos en el grano de arroz en Campeche, México, siendo *Fusarium* (43.1 %), *Bipolaris* (20.2 %) y *Curvularia* (17.6 %) los más frecuentes.

Palabras clave: *Bipolaris*, *Curvularia*, *Fusarium*, complejo, hongos.

SUMMARY

Rice (*Oryza sativa* L.) is the third most important cereal worldwide. 'Grain discoloration' is a disease that decreases grain quality and affects seed germination throughout the world. The main goal of this document is to carry out a bibliographic review of the fungi associated with grain discoloration, to indicate their worldwide distribution and to show the economic importance of the disease. Worldwide, 150 species of fungi have been reported in rice grain. The most frequently reported fungi associated with grain discoloration are *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Alternaria padwickii* (Ganguly) M. B. Ellis, *Aspergillus flavus* Link, *Aspergillus niger* van Tiegh, *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker, *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn, *Fusarium moniliforme* J. Sheld, *Fusarium oxysporum* Schltdl, *Fusarium solani* (Martius) and *Penicillium* Link. Some of these species are capable of producing mycotoxins, which cause serious diseases in humans. Grain discoloration has been reported in Mexico, but there is practically no information on this disease. Preliminary data show that there is a complex formed by 18 species of fungi in the rice grain in Campeche, Mexico, being *Fusarium* (43.1 %), *Bipolaris* (20.2 %) and

Curvularia (17.6 %) the most frequent.

Index words: *Bipolaris*, *Curvularia*, *Fusarium*, complex, fungi.

INTRODUCCIÓN

Existen 20 especies de arroz (Familia: Poaceae), de las cuales sólo dos se cultivan como alimento; *Oryza sativa* L. es nativa de las regiones tropicales y subtropicales del sur de Asia, y *Oryza glaberrima* Steud es originaria de África Occidental (Habib *et al.*, 2012; Reaño, 2008). *Oryza sativa* es el principal alimento en China, India, Indonesia, Bangladés y Vietnam, que comprenden el 54.5% de los habitantes en el mundo (FAOSTAT, 2019). Este cereal se cultiva en 115 países, donde se cosechan 162 millones de hectáreas, con una producción de 755 millones de toneladas. Los principales países productores son China (28 %), India (24 %), Indonesia (7 %), Bangladés (7 %) y Vietnam (6 %) (FAOSTAT, 2019).

Las semillas desempeñan un papel importante en la transmisión de patógenos, que pueden localizarse en lema, pábala, pericarpio y endospermo (Echeverría *et al.*, 2013). La sobrevivencia de patógenos en semilla depende de la variedad, vigor, inóculo, condiciones ambientales, tipo de suelo, pH del suelo, proceso productivo, entre otros (Ghosh *et al.*, 2018). El manchado del grano del arroz afecta la calidad y valor comercial (Pincirolí *et al.*, 2003), así como el rendimiento hasta en un 6 % (Khamari, 2020). El manchado del grano es un problema que se presenta en la mayor parte de las regiones productoras del mundo; se caracteriza por la presencia de manchas o rayas de color marrón a negro en la lema y pábala, y que varían en tamaño, forma y color, dependiendo de los agentes causales (Gutiérrez y Mazzanti, 2015; Khamari, 2020).

A partir de granos de arroz se ha aislado una gran diversidad de hongos; en India se reportan 30 especies (Kumar *et al.*, 2014), en Pakistán 29 (Akram y Shahzad, 2019), en Bangladés 25 (Sultana *et al.*, 2020), en Chad 23 (Signaboubo *et al.*, 2016), en Nigeria 9 (Yusuf *et al.*, 2019) y en Tanzania 15 (Dossou y Silue, 2018). Algunos de estos hongos son patógenos conocidos que causan pérdidas considerables por aborto de semillas, calentamiento, muerte del embrión, pudrición de semilla, necrosis de raíces, muerte de plántulas, esclerotización, textura yesosa, desarrollo raquíptico de plántulas y, en etapas posteriores, la presencia de enfermedades foliares o de panícula (Catalá *et al.*, 2011; Gutiérrez y Mazzanti, 2015; Hernández *et al.*, 2013; Pinciroli *et al.*, 2003).

Las principales enfermedades del arroz son: añubio [*Burkholderia gladioli* (Zopf) Yabuuchi *et al.* y *B. glumae* (Kurita and Tabei) Urakami *et al.* = *Pseudomonas glumae* Kurita y Tabei], bakanae (*Fusarium moniliforme* J. Sheld.), grano negro [*Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn], escaldadura de hoja [*Microdochium oryzae* (Hashioka & Yokogi) Samuels & I. C. Hallet], manchado de granos (ocasionado por un complejo de hongos), manchado (*B. licheniformis* Weigmann), mancha marrón [*Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker], pudrición de semillas y tizón de plántulas [*Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker, *Sclerotium rolfsii* Sacc.] y *Fusarium* sp. Link], quema del arroz (*Pyricularia oryzae* Cavara), stackburn [*Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Sacc.] y *Trichoconis padwickii* Ganguly sin. *Alternaria padwickii* (Ganguly) M.B. Ellis, tizón de grano (*Bacillus cereus* Frankland & Frankland), tizón de hoja [*Pantoea ananatis* (Serrano) Mergaert], tizón de la panícula (*Pseudomonas oryzihabitans* Kodama) (Hou *et al.*, 2020), tizón de vaina [*Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksw.] y *Rhizoctonia solani* J. G. Kühn, entre otras (Ahmed *et al.*, 2013; Ashfaq *et al.*, 2015; 2022; Bagri y Bhale, 2017; Catalá *et al.*, 2011; Gutiérrez y Mazzanti, 2015; Kini *et al.*, 2020; Mirghasempour *et al.*, 2018; Pinciroli *et al.*, 2003; Yu *et al.*, 2022; Zafar *et al.*, 2014).

En México existe poca información sobre las enfermedades del grano de arroz (Ruíz-Machuca *et al.*, 2013; Salazar-Santiago *et al.*, 2019); aunado a ello, la mayoría de los productores no realiza un manejo fitosanitario adecuado del cultivo, grano y semilla, lo que favorece la aparición de patógenos (Hernández-Arenas *et al.*, 2012). El objetivo de este documento es presentar una revisión bibliográfica de los hongos asociados al manchado del grano del arroz, mencionar su distribución mundial y mostrar la importancia económica de la enfermedad en el mundo.

METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente documento se buscaron reportes científicos relacionados con: "manchado", "grano", "hongos" y "arroz" publicados en el periodo 2010-2022 en las siguientes revistas, bases de datos, buscadores y libros de texto: CONRICYT, GJPBCS, Semantic SCHOLAR, Agris, SciPress, CABI, Dialnet, Journal of Phytopathology and Pest Management, Journal of Plant Protection, APS Publications, AAES, Annual Reviews, CORE, JPAM, EBSCO, ELSEVIER, Journal of Plant Pathology and Microbiology, ACADEMIA, ACSESS, Google Scholar, Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, IJCMAS, PROQUEST, Redalyc, DRO, SciELO, Science Alert, ScienceDirect, Scopus, SpringerLink, SpringerNature, DOCPLAYER, Academic Journals y ResearchGate. La información encontrada fue analizada, organizada y sintetizada, y constituye el sustento del presente documento.

RESULTADOS

A nivel mundial se han reportado 150 especies de hongos asociados al grano de arroz. Los hongos de mayor frecuencia son *Aspergillus flavus* Link (5.35 %), *Aspergillus niger* Tiegh (5.04 %), *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker (4.58 %), *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn (4.58 %), *Fusarium oxysporum* Schltdl (4.12 %), *Fusarium moniliforme* J. Sheld (3.97 %), *Penicillium* sp. Link (3.36 %), *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl (3.21 %), *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. (2.75 %), *Alternaria padwickii* (Ganguly) M. B. Ellis (2.59 %) y el 60.45 % restante lo constituyen 140 especies integradas en 36 géneros (Cuadro 1).

A nivel mundial, se ha reportado un complejo de hongos asociados al manchado del grano (Cuadro 2), que pueden ocasionar pérdidas económicas al reducir el rendimiento y calidad de grano (Archana y Prakash, 2013). En Pakistán, el manchado del grano ocasiona pérdidas de entre 10 y 50 % de la producción de arroz (Ashfaq *et al.*, 2015) y en la India entre 15 y 25 % (Bashyal, 2018). En Bangladés, 2.5 millones de toneladas de arroz se pierden anualmente por esta enfermedad (Sultana *et al.*, 2020), lo que representa del 26 al 46 % de la producción (Kakoly *et al.*, 2014). En Paraguay se reporta pérdida del 75 % de la germinación en semillas manchadas (Lezcano *et al.*, 2017). En Asia subtropical se ha reportado que *Bipolaris oryzae* ocasiona pérdidas en rendimiento que oscilan del 26 al 52 % (Barnwal *et al.*, 2013). En México se reportan 13 especies de hongos asociados a granos y semillas de arroz (Hernández *et al.*, 2012; Ruiz-Machuca *et al.*, 2013). Durante el año 2021 se confirmó en Campeche la presencia de un complejo de hongos formado por al menos 18 especies asociados al manchado de grano, siendo *Fusarium* (43.1 %), *Bipolaris* (20.2 %) y *Curvularia* (17.6 %) los más frecuentes (Sandoval-Martínez, 2021;

Cuadro 1. Hongos asociados al grano y semilla de arroz en el mundo.

Hongo	Referencia	Hongo	Referencia
<i>Acremonium</i> sp.	Archana y Prakash (2013)	<i>A. tamarii</i>	Mohana et al. (2011)
<i>Acremoniella</i> sp.	Dossou et al. (2018)	<i>A. terreus</i>	Ibiam et al. (2008)
<i>Alternaria</i> sp.	Catalá et al. (2011)	<i>A. versicolor</i>	Mohana et al. (2011)
<i>A. alternata</i>	Kwaloe et al. (2018)	<i>A. wentii</i>	Rehman et al. (2018)
<i>A. juxtiseptata</i>	Ashfaq et al. (2015)	<i>Bipolaris</i> sp.	Mohana et al. (2011)
<i>A. longipes</i>	Hossain et al. (2015)	<i>B. hawaiiensis</i>	Ibiam et al. (2008)
<i>A. longissima</i>	Signaboubo et al. (2016)	<i>B. maydis</i>	Mohana et al. (2011)
<i>A. oryzae</i>	Islam et al. (2012)	<i>B. multiformis</i>	Rehman et al. (2018)
<i>A. padwickii</i>	Yusuf et al. (2019)	<i>B. halodes</i>	Butt et al. (2011)
<i>A. radicina</i>	Aurangzeb et al. (2014)	<i>B. oryzae</i>	Signaboubo et al. (2016)
<i>A. solani</i>	Ruíz-Machuca et al. (2013)	<i>B. sorokiniana</i>	Rivero et al. (2012)
<i>A. tenuissima</i>	Sultana et al. (2020)	<i>B. sorolians</i>	Sultana et al. (2020)
<i>Arthrobotrys</i> sp.	Kumar et al. (2014)	<i>B. spicifera</i>	Archana y Prakash (2013)
<i>Aspergillus</i> sp.	Pincioli et al. (2013)	<i>B. tetramera</i>	Gopalakrishnan et al. (2010)
<i>A. candidus</i>	Patel et al. (2017)	<i>Cladosporium</i> sp.	Deb y Khair (2018)
<i>A. clavatus</i>	Ghosh et al. (2018)	<i>C. herbarum</i>	Islam et al. (2012)
<i>A. ficuum</i>	Ashfaq et al. (2015)	<i>C. cladosporioides</i>	Ashfaq et al. (2015);
<i>A. flavus</i>	Bolanle et al. (2019)	<i>C. oxysporum</i>	Rivero et al. (2012)
<i>A. fumigatus</i>	Dossou et al. (2018)	<i>Chaetomium</i> sp.	Ruíz-Machuca et al. (2013)
<i>A. heteromorphus</i>	Ghosh et al. (2018)	<i>C. globosum</i>	Ghosh et al. (2018)
<i>A. nidulans</i>	Patel y Solank et al. (2017)	<i>Cephalosporium</i> sp.	Kumar et al. (2014)
<i>A. niger</i>	Archana y Prakash (2013)	<i>Cercospora</i> sp.	Kumar et al. (2014)
<i>A. ochraceus</i>	Rehman et al. (2018)	<i>C. kikuchii</i>	Signaboubo et al. (2016)
<i>A. parasiticus</i>	Ghosh et al. (2018)	<i>C. janseana</i>	Pawar et al. (2016)
<i>A. phoenicis</i>	Ashfaq et al. (2015)	<i>C. oryzae</i>	Signaboubo et al. (2016)
<i>A. raphani</i>	Ghosh et al. (2018)	<i>Cochliobolus</i>	
<i>A. rhizopodus</i>	Ghosh et al. (2018)	<i>australiensis</i>	Ruíz-Machuca et al. (2013)
<i>A. speluneus</i>	Ashfaq et al. (2015)	<i>C. miyabeanus</i>	Hossain et al. (2015)
<i>A. sulphureus</i>	Ghosh et al. (2018)	<i>C. lunatus</i>	Ruíz-Machuca et al. (2013)
<i>Curvularia</i> sp.	Gopalakrishnan et al. (2010)	<i>Colletotrichum</i> sp.	Ghosh et al. (2018)
<i>C. affinis</i>	Islam et al. (2012)	<i>F. moniliforme</i>	Ramya et al. (2018)
<i>C. eragrostidis</i>	Archana y Prakash (2013)	<i>F. merismoides</i>	Rivero et al. (2012)
<i>C. brachyspora</i>	Mohana et al. (2011)	<i>F. pallidroseum</i>	Kwaloe et al. (2018)
<i>C. clavata</i>	Ghosh et al. (2018)	<i>F. oxysporum</i>	Bhuiyan et al. (2013)
<i>C. geniculata</i>	Archana y Prakash (2013)	<i>F. proliferatum</i>	Sultana et al. (2020)
<i>C. inaequalis</i>	Kwaloe et al. (2018)	<i>F. semitectum</i>	Hossain et al. (2015)
<i>C. lunata</i>	Naveenkumar et al. (2016)	<i>F. solani</i>	Dossou et al. (2018)
<i>C. oryzae</i>	Yusuf et al. (2019)	<i>F. subglutinans</i>	Rivero et al. (2012)
<i>C. pallences</i>	Archana y Prakash (2013)	<i>F. verticillioides</i>	Rivero et al. (2012)
<i>C. trifolii</i>	Mohana et al. (2011)	<i>Geotrichum</i> sp.	Signaboubo et al. (2016)
		<i>Gonatobotrys</i> sp.	Kumar et al. (2014)

Cuadro 1. Continúa.

Hongo	Referencia	Hongo	Referencia
<i>C. senegalensis</i>	Rivero et al. (2012)	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Ghosh et al. (2018)
<i>Drechslera</i> sp.	Ashfaq et al. (2015)	<i>Melanospora</i> sp.	Rivero et al. (2012)
<i>D. biseptata</i>	Ashfaq et al. (2015)	<i>Memnoniella</i> sp.	Kumar et al. (2014)
<i>D. gramini</i>	Singh (2016)	<i>Microdochium fisheri</i>	Sultana et al. (2020)
<i>D. halodes</i>	Mohana et al. (2011)	<i>M. lycopodium</i>	Singh (2016)
<i>Epicoccum</i> sp.	Kumar et al. (2014)	<i>Mucor</i> sp.	Singh (2016)
<i>E. purpurescens</i>	Signaboubo et al. (2016)	<i>M. hiemalis</i>	Mohana et al. (2011)
<i>E. nigrum</i>	Pincioli et al. (2013)	<i>Myrothecium</i> sp.	Kumar et al. (2014)
<i>Ephelis oryzae</i>	Pawar et al. (2016)	<i>Nigrospora</i> sp.	Dossou et al. (2018)
<i>Exserohilum rostratum</i>	Kwaloe et al. (2018)	<i>N. oryzae</i>	Bolanle et al. (2019)
<i>Fusarium</i> sp.	Alam et al. (2014)	<i>N. sphaerica</i>	Hossain et al. (2015)
<i>F. graminearum</i>	Ibrahim et al. (2014)	<i>M. oryzae</i>	Deb y Khair (2018)
<i>F. chlamydosporum</i>	Hossain et al. (2015)	<i>Penicillium</i> sp.	Monajjem et al. (2014)
<i>F. compactum</i>	Hossain et al. (2015)	<i>P. chrysogenum</i>	Mohana et al. (2011)
<i>F. equiseti</i>	Sultana et al. (2020)	<i>P. italicum</i>	Rivero et al. (2012)
<i>F. culmorum</i>	Signaboubo et al. (2016)	<i>P. citrinum</i>	Uma et al. (2013)
<i>F. fugikuroi</i>	Sultana et al. (2020)	<i>P. oxalicum</i>	Ashfaq et al. (2015)
<i>F. globosum</i>	Ashfaq et al. (2015)	<i>P. rubrum</i>	Singh (2016)
<i>Pestalotia</i> sp.	Dossou et al. (2018)	<i>Rhizopus oryzae</i>	Uma et al. (2013)
<i>Pestalotiopsis oxyanthi</i>	Sultana et al. (2020)	<i>Sarocladium</i> sp.	Dossou et al. (2018)
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Sultana et al. (2020)	<i>S. oryzae</i>	Naveenkumar et al. (2016)
<i>Phoma</i> sp.	Dossou et al. (2018)	<i>Setosphaeria rostrata</i>	Ruiz-Machuca et al. (2013)
<i>P. jolyana</i>	Hossain et al. (2015)	<i>Sclerotium hydrophilum</i>	Rivero et al. (2012)
<i>P. medicaginis</i>	Rivero et al. (2012)	<i>S. rolfsii</i>	Pawar et al. (2016)
<i>P. sorghina</i>	Wabale et al. (2010)	<i>Syncephalastrum racemosum</i>	Sultana et al. (2020)
<i>P. eupyrena</i>	Hossain et al. (2015)	<i>Stachibrotys</i> sp.	Kumar et al. (2014)
<i>Phytium</i> sp.	Zafar et al. (2014)	<i>Tilletia caries</i>	Signaboubo et al. (2016)
<i>Pyricularia grisea</i>	Pawar et al. (2016)	<i>T. barclayana</i>	Ora et al. (2011)
<i>P. oryzae</i>	Salazar-Santiago et al. (2019)	<i>Trichoderma</i> sp.	Ghosh et al. (2018)
<i>Rhizoctonia</i> sp.	Bolanle et al. (2019)	<i>Trichoconis padwickii</i>	Deb y Khair (2018)
<i>Rhizoctonia solani</i>	Deb y Khair (2018)	<i>Trichothecium roseum</i>	Mohana et al. (2011)
<i>Rhizopus</i> sp.	Bolanle et al. (2019)	<i>Trichothecium</i> sp.	Ibrahim et al., 2014
<i>R. arrhizus</i>	Ashfaq et al. (2015)	<i>Ustilaginoidia virens</i>	Deb y Khair (2018)
<i>R. nigricans</i>	Islam et al. (2012)	<i>Verticillium</i> sp.	Salazar-Santigo et al. (2019)
<i>R. stolonifer</i>	Rehman et al. (2018)	<i>V. cinnabarinum</i>	Kwaloe et al. (2018)

Cuadro 2. Hongos asociados al manchado del grano del arroz a nivel mundial. La composición de hongos reportados (✓) en cada complejo varía de acuerdo con el hospedante, condiciones ambientales y patógeno.

Hongo	Ahmed <i>et al.</i> (2013)	Sultana <i>et al.</i> (2020)	Signaboubo <i>et al.</i> (2016)	Rivero <i>et al.</i> (2012)	Archana y Prakash (2013)	Gopalakrishnan <i>et al.</i> (2010)	Kumar <i>et al.</i> (2014)
<i>Alternaria alternata</i>		✓	✓		✓	✓	✓
<i>A. padwickii</i>	✓		✓	✓	✓	✓	✓
<i>Aspergillus flavus</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>A. niger</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Bipolaris oryzae</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Curvularia lunata</i>	✓	✓	✓	✓	✓		✓
<i>Fusarium moniliforme</i>	✓	✓	✓		✓	✓	✓
<i>F. oxysporum</i>	✓	✓	✓		✓		✓
<i>F. solani</i>				✓	✓	✓	
<i>Penicillium sp.</i>	✓	✓		✓			✓

Cuadro 2. Continúa.

	Mohana <i>et al.</i> (2011)	Islam <i>et al.</i> (2012)	Sharma <i>et al.</i> (2016)	Ibiam <i>et al.</i> (2008)	Aurangzeb <i>et al.</i> (2014)	Kwaloe <i>et al.</i> (2018)	Ghosh <i>et al.</i> (2018)
<i>Alternaria alternata</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>A. padwickii</i>			✓		✓	✓	
<i>Aspergillus flavus</i>	✓	✓		✓			✓
<i>A. niger</i>		✓		✓		✓	✓
<i>Bipolaris oryzae</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Curvularia lunata</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Fusarium moniliforme</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>F. oxysporum</i>	✓	✓		✓	✓		✓
<i>F. solani</i>	✓		✓		✓		✓
<i>Penicillium sp.</i>			✓	✓		✓	✓

Com. Pers.)¹. A pesar de ser una enfermedad común en las zonas productoras de arroz, poco se sabe de los hongos asociados a ella. A continuación se presentan los más frecuentes, su distribución y características sobresalientes.

***Alternaria alternata* (Fries) Keissl**

Ha sido reportada en Argentina (Pincirolí *et al.*, 2013), Bangladés (Sultana *et al.*, 2020), Chad (Signaboubo *et al.*, 2016), India (Sharma *et al.*, 2016), México (Hernández-Arenas *et al.*, 2012), Pakistán (Rehman *et al.*, 2018), Sudáfrica (Hossain *et al.*, 2015) y Tanzania (Kwaloe *et al.*, 2018). *Alternaria alternata* ocasiona pérdidas al afectar la calidad del grano y producir micotoxinas tales como alternariol (AOH), éter monometílico del alternariol (AME), altenueno (ALT), ácido tenuazónico (TeA) y altertoxinas (ATX-I y ATX-II) (Nguyen *et al.*, 2018). AOH y AME son compuestos que inhiben la secreción de progesterona, afectando la reproducción de cerdos y otros mamíferos (Tiemann *et al.*, 2009), mientras que ATX-II es genotóxico, capaz de dañar los ácidos nucleicos (Schwarz *et al.*, 2012).

***Alternaria padwickii* (Ganguly) M. B. Ellis**

Se ha reportado en Argentina (Pincirolí *et al.*, 2013), Bangladés (Bhuiyan *et al.*, 2013), Chad (Signaboubo *et al.*, 2016), Egipto (Ibrahim *et al.*, 2014), España (Catalá *et al.*, 2011), India (Kumar *et al.*, 2014), Irán (Monajjem *et al.*, 2014), Nigeria (Yusuf *et al.*, 2018), Pakistán (Aurangzeb *et al.*, 2014) y Tanzania (Kwaloe *et al.*, 2018). *Alternaria padwickii* reduce la calidad y germinación de la semilla, así como el crecimiento y vigor de las plántulas (Quintana *et al.*, 2017). También ocasiona manchas en hojas y pudrición de raíces, así como de coleóptilos en plántulas (Mew y Gonzales, 2002).

***Aspergillus flavus* Link y *Aspergillus niger* Tiegh**

Se han encontrado asociadas al manchado del grano y semilla de arroz en Bangladés (Sultana *et al.*, 2020), Benín, Burundi, Camerún (Dossou *et al.*, 2018), Chad (Signaboubo *et al.*, 2016), India (Patel y Solank, 2017), Nigeria (Bolanle *et al.*, 2019), Pakistán (Rehman *et al.*, 2018), República Democrática del Congo y Senegal (Dossou *et al.*, 2018). Estos hongos invaden el grano y semilla de arroz durante la fase de campo y almacenamiento (Webster y Gunnell, 1992) y son capaces de producir aflatoxinas, sustancias extremadamente tóxicas y cancerígenas para humanos y animales, además de reducir la germinación cuando prevalecen altas temperaturas (Islam *et al.*, 2016; Warham *et al.*, 1996).

***Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker**

Está presente en Bangladés (Deb y Khir, 2018), Chad (Signaboubo *et al.*, 2016), Cuba (Rivero *et al.*, 2012), Egipto (Ibrahim *et al.*, 2014), Ghana (Aidoo *et al.*, 2015), India (Naveenkumar *et al.*, 2016), Irán (Monajjem *et al.*, 2014), México (Salazar-Santiago *et al.*, 2019), Pakistán (Akram y Shahzad, 2019) y Tanzania (Kwaloe *et al.*, 2018). En Asia subtropical se han reportado pérdidas en rendimiento por afectación en la lámina foliar y reducción en el número de granos, peso y calidad (Elamawi *et al.*, 2016; Elshenawy *et al.*, 2018), además de ser una de las principales causas de baja germinación (Alam *et al.*, 2014).

***Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn**

Se ha reportado en Argentina (Pincirolí *et al.*, 2013), Bangladés (Ora *et al.*, 2011), Chad (Signaboubo *et al.*, 2016), Cuba (Rivero *et al.*, 2012), Ghana (Aidoo *et al.*, 2015), India (Mohana *et al.*, 2011), México (Ruíz-Machuca *et al.*, 2013), Nigeria (Bolanle *et al.*, 2019), Pakistán (Aurangzeb *et al.*, 2014) y Tanzania (Kwaloe *et al.*, 2018). *Curvularia lunata* ocasiona el grano negro, reducción de germinación, ahogamiento de plántulas (Alam *et al.*, 2014; Mew y Gonzales, 2002; Warham *et al.*, 1996; Webster y Gunnell, 1992) y mancha foliar o tizón del arroz.

***Fusarium moniliforme* J. Sheld.**

Se ha reportado en Bangladés (Naher *et al.*, 2016), Chad (Signaboubo *et al.*, 2016), Cuba (Duarte *et al.*, 2014), Egipto (Ibrahim *et al.*, 2014), India (Naveenkumar *et al.*, 2017), Irán (Monajjem *et al.*, 2014), México (Hernández-Arenas *et al.*, 2012), Nepal (Pandey *et al.*, 2020), Nigeria (Yusuf *et al.*, 2018), Pakistán (Aurangzeb *et al.*, 2014) y Tanzania (Kwaloe *et al.*, 2018). Este hongo ocasiona el bakanae del arroz, pudrición de raíz y corona, ahogamiento, etiolación, atrofia, hipertrofia, panículas con granos vanos, esterilidad y granos manchados (Bashyal, 2018; Franco *et al.*, 2018). La pérdida por esta enfermedad varía desde 3 hasta casi el 100 %, dependiendo de las variedades y condiciones climáticas (Franco *et al.*, 2018; Pandey *et al.*, 2020).

***Fusarium oxysporum* Schltdl**

Se ha aislado de granos y semillas de arroz manchados en Bangladés (Naher *et al.*, 2016), Camerún (Dossou *et al.*, 2018), Estados Unidos de Norteamérica (Dossou *et al.*, 2018), India (Kumar *et al.*, 2017), Nigeria (Yusuf *et al.*, 2018), Pakistán (Akram y Shahzad, 2019), Senegal (Dossou *et al.*, 2018) y Togo (Dossou *et al.*, 2018); puede ocasionar ahogamiento de plántulas con pérdidas en rendimiento del 8 al 50 % (Ma *et al.*, 2019). Este hongo representa una amenaza a nivel mundial, pues su incidencia ha aumentado

¹Sandoval-Martínez I. E. (2021) Especialista en enfermedades de arroz. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Estado de México.

en los últimos años en China (Liu *et al.*, 2019).

PERSPECTIVAS

El manchado del grano del arroz es una enfermedad presente en todo el mundo. En algunos países donde se ha documentado su presencia se reportan pérdidas considerables en la calidad y cantidad de granos y semillas. Esta enfermedad es ocasionada por un complejo de hongos, muchos de los cuales tienen el potencial de afectar la salud humana por las sustancias tóxicas que producen. En México esta enfermedad se ha estudiado muy poco, por lo que es necesario realizar investigación en relación con el impacto económico, incidencia, severidad e identificación de hongos asociados con la enfermedad. Es ineludible la necesidad de estudiar de manera simultánea las sustancias tóxicas derivadas de los hongos presentes y sus posibles efectos en la salud humana.

CONCLUSIONES

A nivel mundial se han reportado al menos 150 especies de hongos en grano y semilla de arroz; algunos de ellos forman complejos y ocasionan la enfermedad denominada manchado del grano. Esta enfermedad demerita la calidad del grano, ocasionando pérdidas que pueden alcanzar el 50 %. Las semillas contaminadas pueden ser fuente de dispersión de patógenos a áreas donde no están presentes, y el grano puede ser portador de sustancias dañinas para el consumidor. Los principales hongos reportados a nivel mundial que ocasionan el manchado de grano son: *Alternaria alternata*, *Alternaria padwickii*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Fusarium moniliforme* y *F. oxysporum*. En México la información sobre esta enfermedad es muy escasa y representa una oportunidad para su investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed M., M. Hossain, K. Hassan and C. K. Dash (2013) Efficacy of different plant extract on reducing seed borne infection and increasing germination of collected rice seed sample. *Universal Journal of Plant Science* 1:66-73, <https://doi.org/10.13189/ujps.2013.010302>
- Aidoo A. K., Z. Appiah-Kubi and R. K. Bam (2015) Mycoflora associated with seeds of five rice (*Oryza sativa*) varieties in Ghana. *Greener Journal of Plant Breeding and Crop Science* 3:14-19, <http://doi.org/10.15580/GJPBCS.2015.1.050415065>
- Akram M. M. and S. Shahzad (2019) Seed-borne mycoflora of rice varieties Sindh Basmati, IRRI-9 and DR-83 with first report of seed transmission of *Macrophomina phaseolina* in rice from Sindh, Pakistan. *International Journal of Biology and Biotechnology* 16:411-419.
- Alam S., R. K. Seth and D. N. Shukla (2014) Screening of some fungi isolation of rice cultivars in different site of Allahabad, Varanasi, Mirzapur, Jaunpur and Chandauli District in Uttar Pradesh. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science* 7:67-71, <https://doi.org/10.9790/2380-07826771>
- Archana B. and H. S. Prakash (2013) Survey of seed-borne fungi associated with rice seeds in India. *International Journal of Research in Pure and Applied Microbiology* 3:25-28.
- Ashfaq M., M. S. Shaukat, M. Akhter, M. S. Haider, U. Mubashar and S. B. Hussain (2015) Comparison of fungal diversity of local and exotic rice (*Oryza sativa* L.) germplasm for their seed health. *Journal of Animal and Plant Sciences* 25:1349-1357.
- Ashfaq M., A. Rasheed, M. Ali, M. Sajjad, B. Rasool, S. Shaheen, ... and U. Mubashar (2022) Identifying and characterizing the main causal pathogen responsible for rice grain discoloration in Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 59:223-230.
- Aurangzeb W., G. Irshad, N. Mehmood and N. Begum (2014) A seed borne mycoflora associated with local and imported paddy seed lots in Pakistan. *Pakistan Journal of Phytopathology* 26:241-246.
- Bagri P. K. and U. Bhale (2017) Influence of seed associated mycoflora on germination of maize and rice crops. *International Journal of Plant Protection* 10:42-46, <https://doi.org/10.15740/has/ijpp/10.1/42-46>
- Barnwal M. K., A. Kotasthane, N. Magculia, P. K. Mukherjee, S. Savary, A. K. Sharma, ... and N. Zaidi (2013) A review on crop losses, epidemiology and disease management of rice brown spot to identify research priorities and knowledge gaps. *European Journal of Plant Pathology* 136:443-457, <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0195-6>
- Bashyal B. M. (2018) Etiology of an emerging disease: bakanae of rice. *Indian Phytopathology* 71:485-494, <https://doi.org/10.1007/s42360-018-0091-2>
- Bhuiyan M. R., M. M. Rashid, M.A.I. Khan, M. Hoque, B. Nessa, M. Y. Rafii and M. A. Latif (2013) Eco-friendly management of seed borne fungi for sustainable crop production. *Life Science Journal* 10:1640-1650, <https://doi.org/10.7537/marslsj100413.217>
- Bolanle T. E., Y. Lurwanu, M. Sunusi and A. A. Sulaiman (2019) Seed health, quality test, and control of seed-borne fungi of some improved and local cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) in Kano, Northwestern Nigeria. *Journal of Tropical Crop Science* 6:145-152, <https://doi.org/10.29244/jtcs.6.03.145-152>
- Butt A. R., S. I. Yaseen and A. Javaid (2011) Seed-borne mycoflora of stored rice grains and its chemical control. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 21:193-196.
- Catalá M. M., N. Tomás, J. P. Marín, J. Almacellas, S. Reigada, M. Martínez, ... y E. Pla (2011) Relación entre los hongos de la semilla de arroz y el establecimiento de planta. *PHYTOMA España* 234:89-94.
- Deb S. and A. Khair (2018) Effects of seed-borne fungi on germination and seedling vigor of aromatic rice varieties. *Journal of Plant Sciences* 7:22-31.
- Dossou B. and D. Silue (2018) Rice pathogens intercepted on seeds originating from 11 African countries and from the USA. *Seed Science and Technology* 46:31-40, <https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.1.03>
- Duarte Y., O. Pino y B. Martínez (2014) Efecto de cuatro aceites esenciales sobre hongos asociados al manchado del arroz. *Revista de Protección Vegetal* 29:62-65.
- Echeverría A. L., M. A. Carmona y S. A. Gutiérrez (2013) Transmisión de *Trichoconiella padwickii* a coleóptilos de arroz. *Patología de Plantas Tropicales* 38:346-348, <https://doi.org/10.1590/S1982-56762013005000024>
- Elamawi R., S. Bassiouni, W. Elkhoby and Z. Bassiouni (2016) Effect of zinc oxide nanoparticles on brown spot disease and rice productivity under saline soil. *Journal of Plant Protection and Pathology* 7:171-181, <https://doi.org/10.21608/jppp.2016.50137>
- Elshenawy M. M., W. H. Elgamel, G. B. Anis and F. Awad (2018) Combined genetic analysis of Brown spot (*Helminthosporium oryzae*) disease for developed hybrid combinations and their parental lines in hybrid rice. *Sustainable Food Production* 1:37-48, <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/SFP.1.37>
- FAOSTAT, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2019) Datos sobre alimentación y agricultura. Dominio: cultivos y productos de ganadería. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> (Febrero 2021).
- Franco S. O., J. Tomlinson, J. Hodgetts, D. Spadaro, M. L. Gullino and N. Boonham (2018) Development of loop-mediated isothermal amplification assays for the detection of seedborne fungal pathogens *Fusarium fujikuroi* and *Magnaporthe oryzae* in rice seed. *Plant Disease* 102:1549-1558, <https://doi.org/10.1094/>

- pdis-08-17-1307-re
- Ghosh T., M. K. Biswas, C. Guin, P. Roy and K. Aikat (2018) A review on seed borne mycoflora associated with different cereal crop seeds and their management. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 19:107-117.
- Gopalakrishnan C., A. Kamalakannan and V. Valluvapardasan (2010) Survey of seed-borne fungi associated with rice seeds in Tamil Nadu, India. *Libyan Agriculture Research Center Journal International* 1:307-309.
- Gutiérrez S. A. y M. A. Mazzanti C. (2015) Hongos asociados a granos manchados de arroz. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. 3 p.
- Habib A., N. Javed, S. T. Sahi and M. Waheed (2012) Detection of seed-borne mycoflora of different coarse and fine rice varieties and their management through seed treatment. *Pakistan Journal of Phytopathology* 24:133-136.
- Hernández A. M., E. J. Barrios G., L. Hernández A. y A. Berriozábal O. (2013) Plagas y enfermedades del arroz cultivado en Morelos. Folleto Técnico No. 70. Campo Experimental Zacatepec, INIFAP. Zacatepec, Morelos. 40 p.
- Hernández-Arenas M., E. J. Barrios-Gómez, J. Canul-Ku, A. Berriozabal-Onofre y J. S. Rodríguez-Espinoza (2012) Calidad fitosanitaria y tratamiento químico para control de patógenos en semillas de arroz tipo Morelos. *Investigación Agropecuaria* 9:103-111.
- Hossain M. T., D. M. Modise, I. H. Rong and A. M. Karodia (2015) The mycoflora associated with diseased plants and seeds of *Oryza sativa* (RICE): Exemplifying the importance of effective diseases control management. *Asian Journal of Science and Technology* 6:1523-1532.
- Hou Y., Y. Zhang, L. Yu, X. Ding, L. Liu, L. Wang and S. Huang (2020) First report of *Pseudomonas oryzae* causing rice panicle blight and grain discoloration in China. *Plant Disease* 104:3055, <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2186-PDN>
- Ibiam O. F. A., C. I. Umechuruba and A. E. Arinze (2008) A survey of seed-borne fungi associated with seeds of rice (*Oryza sativa* L. Faro12, 15, and 29) in storage and the field in Afikpo North Local Government area of Ebonyi State. *Scientia Africana* 7:1-4.
- Ibrahim E. and M. S. Abo El-Dahab (2014) Seed discoloration and their effect on seedlings growth of Egyptian hybrid rice. *Research Journal of Seed Science* 7:63-74, <https://doi.org/10.3923/rjss.2014.63.74>
- Islam W. and M. Ahmed (2016) Inhibitory effects of organic extracts against *Aspergillus flavus* and their comparative efficacy upon germination of infested rice seeds. *PSM Microbiology* 1:79-84.
- Islam M. S., H. Rahman, Z. Pervez, M. R. Mahmud and A. Alam (2012) Studies on seed borne fungi in rice cultivars grown in non saline tidal zones of Patuakhali and their effect on seed germination. *Bangladesh Research Publications Journal* 6:286-290.
- Kakoly M. K. J., M. M. Rashid, M. Shamim Hasan and M. N. Siddiqui (2014) Study of seed-borne fungal pathogens of kataribhog aromatic rice and comparison of field intensity with laboratory counts. *International Journal of Biosciences* 4:66-74, <https://doi.org/10.12692/ijb/4.1.66-74>
- Khamari B. (2020) Grain discoloration: an emerging threat to rice crop. *Research Biotica* 2:80-87, <https://doi.org/10.54083/ResBio.2.2.2020.80-87>
- Kini K., P. Lefevre, L. Poulin, D. Silué and R. Koebnik (2020) Genome resources of three West African strains of *Pantoea ananatis* causing bacterial blight and grain discoloration of rice. *Phytopathology* 110:1500-1502, <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-20-0091-A>
- Kumar B. P. and U. Bhale (2017) Influence of seed associated mycoflora on germination of maize and rice crops. *International Journal of Plant Protection* 10:42-46, <https://doi.org/10.15740/has/ijpp/10.1/42-46>
- Kumar R., A. Gupta, V. K. Mahechhari and S. S. Atwal (2014) Health status of farmers' saved seed of various paddy varieties in Haryana, India. *Plant Pathology Journal* 13:186-192, <https://doi.org/10.3923/ppj.2014.186.192>
- Kwaloe A. D., D. G. Msuya, S. Nchimbi-Msolla, D. P. Tokpahand and Z. Luther (2018) Incidence of seed borne fungi in farm saved rice seeds, quality declared seed and certified seed in Morogoro Region in Tanzania. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 10:162-168, <https://doi.org/10.5897/jpbcs2017.0700>
- Lezcano A. Y., G. Sormanti V., V. Gómez L., J. González V., P. Peña A. and A. Sarubbi (2017) Behavior of varieties of rice spotted seeds (*Oryza sativa* L.) from the San Miguel Area, Misiones Paraguay. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 11:80-85, <https://doi.org/10.22587/ajbas.2017.11.13.8>
- Liu J., Y. Cai, W. Jiang, Y. Li, Q. Zhang and H. Pan (2019) Population structure and genetic diversity of fungi causing rice seedling blight in Northeast China based on microsatellite markers. *Plant Disease* 104:868-874, <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-19-1620-RE>
- Ma B., J. Wang, C. Liu, J. Hu, K. Tan, F. Zhao, ... and Z. Gai (2019) Preventive effects of fluoro-substituted benzothiadiazole derivatives and chitosan oligosaccharide against the rice seedling blight induced by *Fusarium oxysporum*. *Plants* 8:538, <https://doi.org/10.3390/plants8120538>
- Mew T. W. and P. Gonzales (2002) A Handbook of Rice Seedborne Fungi. International Rice Research Institute and Science Publishers. Los Baños, Philippines. 83 p.
- Mirghasempour S. A., S. Huang and G. L. Xie (2018) First report of *Burkholderia gladioli* causing rice panicle blight and grain discoloration in China. *Plant Disease* 102:2635, <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0758-PDN>
- Mohana D., P. Prasad, V. Vijaykumar and K. Raveesha (2011) Plant extract effect on seed-borne pathogenic fungi from seeds of paddy grown in Southern India. *Journal of Plant Protection Research* 51:101-106, <https://doi.org/10.2478/v10045-011-0018-8>
- Monajjem S., E. Zainali, F. Ghaderi-Far, E. Soltani, M. H. Chaleshtari and M. Khoshkdaman (2014) Evaluation seed-born fungi of rice (*Oryza sativa* L.) and that effect on seed quality. *Journal of Plant Pathology & Microbiology* 5:4, <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000239>
- Naher L., M. Ali and S. Sheheli (2016) Effect of seed treatment on seed borne fungi of rice. *Progressive Agriculture* 27:48-56, <https://doi.org/10.3329/pa.v27i1.27534>
- Naveenkumar R., A. Muthukumar and R. Mohanapriya (2016) Survey of seed-borne fungi associated with seeds of rice in Tamil Nadu. *Oryza* 53:106-110.
- Naveenkumar R., A. Muthukumar, G. Sangeetha and R. Mohanapriya (2017) Developing eco-friendly biofungicide for the management of major seed borne diseases of rice and assessing their physical stability and storage life. *Comptes Rendus Biologies* 340:214-225, <https://doi.org/10.1016/j.crv.2017.03.001>
- Nguyen T. T. T., J. Kim, S. J. Jeon, C. W. Lee, N. Magan and H. B. Lee (2018) Mycotoxin production of *Alternaria* strains isolated from Korean barley grains determined by LC-MS/MS. *International Journal of Food Microbiology* 268:44-52, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.01.003>
- Ora N., A. N. Faruq, M. T. Islam, N. Akhtar and M. M. Rahman (2011) Detection and identification of seed borne pathogens from some cultivated hybrid rice varieties in Bangladesh. *Middle East Journal of Scientific Research* 10:482-488.
- Pandey P., R. D. Timila and S. Airee (2020) Seeds infection of *Fusarium moniliforme* in different rice varieties grown in mid-hills of Nepal. *Archives of Agriculture and Environmental Science* 5:261-267, <https://doi.org/10.26832/24566632.2020.050305>
- Patel R. and V. A. Solank (2017) Seed borne mycoflora associated with rice seeds in south Gujarat. *International Journal of Plant Protection* 10:311-319, <https://doi.org/10.15740/has/ijpp/10.2/311-319>
- Pawar N. B., L.R. Rathod and N.S. Suryawanshi (2016) Detection of seed-borne mycoflora of rice cultivar Priyanka (*Oryza sativa* L.) seeds. *International Journal of Life Sciences Special Issue* A7:77-80.
- Pincirolí M., M. N. Sisterna, R. Bezus y A. A. Vidal (2003) Manchado del grano de arroz: efecto de la fertilización nitrogenada. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105:88-96.
- Pincirolí M., A. Gribaldo, A. Vidal, R. Bezus and M. Sisterna (2013) Mycobiota evolution during storage of paddy, brown and milled rice in different genotypes. *Summa Phytopathologica* 39:157-161, <https://doi.org/10.1590/S0100-54052013000300002>
- Quintana L., S. Gutiérrez, M. Maidana, M. Arriola and A. Ortiz (2017) Morphological characterization of *Alternaria padwickii* in rice leaves (*Oryza sativa* L.) and its prevalence in the departments of Itapúa, Misiones and Caazapa. *International Journal of Advanced Research* 5:1109-1112, <https://doi.org/10.21474/IJAR01/4221>

- Ramya T. T., Bhale, J. Volumiri and G. K. Koutu (2018) Prevalence of microflora associated with different rice varieties and its impact on sowing seed quality. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7:1532-1536.
- Rehman U., M. Tariq, S. Dawar and Z. S. Siddiqui (2018) Isolation, identification and control of mycoflora associated with paddy. *International Journal of Biology and Biotechnology* 15:115-123.
- Reaño R., R. S. Hamilton et G. Romero (2008) Directives pour la régénération du riz. International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Philippines. 11 p.
- Rivero G. D., A. Cruz T., A. T. Rodríguez P., A. Echevarría H. and B. Martínez C. (2012) Hongos asociados al manchado del grano en la variedad de arroz INCA LP-5 (*Oryza sativa* L.) en Cuba. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 32:131-138.
- Ruiz-Machuca V., M. Hernández-Arenas, E. J. Barrios-Gómez, C. Nava-Díaz, S. Leyva-Mir y J. M. Tovar-Pedraza (2013) Caracterización morfológica, cultural y molecular de patógenos asociados a la enfermedad "Manchado de grano" en arroz. *Revista Mexicana de Fitopatología* 31:S96-S97.
- Salazar-Santiago M. A., C. F. Ortiz-García, G. Otero-Colina, R. A. Guzmán-Plazola, R. Alatorre-Rosas y A. Pérez-Panduro (2019) Hongos fitopatógenos en arroz (*Oryza sativa*) y su asociación con *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en Tabasco, México. *Agrociencia* 53:757-764.
- Schwarz C., C. Tiessen, M. Kreutzer, T. Stark, T. Hofmann and D. Marko (2012) Characterization of a genotoxic impact compound in *Alternaria alternata* infested rice as Altertoxin II. *Archives of Toxicology* 86:1911-1925, <https://doi.org/10.1007/s00204-012-0958-4>
- Sharma A. and A. S. Kappor (2016) Detection of seed borne mycoflora associated with some rice varieties grown in Himachal Pradesh. *The Bioscan* 11:2733-2739.
- Signaboubo S., G. R. T. Noumbo and K. J. Roger (2016) Seed-borne fungi associated with rice seeds varieties in Bongor, Chad Republic. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 5:161-170, <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.512.018>
- Singh S. (2016) Evaluation of seed-borne mycoflora of rice (*Oryza sativa* L.) by the effect of storage length on fungal invasion under different storage technique. *Journal of Pure and Applied Microbiology* 10:2753-2761, <https://doi.org/10.22207/jpam.10.4.34>
- Sultana T., M. Bashir and S. Shamim (2020) Morphological characterization of seed-borne fungi associated with BRRI rice varieties in Bangladesh. *Dhaka University Journal of Biological Sciences* 29:75-86, <https://doi.org/10.3329/dujbs.v29i1.46533>
- Tiemann U., W. Tomek, F. Schneider, M. Müller, R. Pöhlend and J. Vanselow (2009) The mycotoxins alternariol and alternariol methyl ether negatively affect progesterone synthesis in porcine granulosa cells *in vitro*. *Toxicology Letters* 186:139-145, <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2009.01.014>
- Uma V. and E. G. Wesely (2013) Seed borne fungi of rice from South Tamil Nadu. *Journal of Academia and Industrial Research* 1:612-614.
- Wabale H. S., H. L. Chauhan and P. G. Reddy (2010) Seed borne fungi of rice (*Oryza sativa* L.) and their effect on seed germination. *Advances in Plant Sciences* 23:85-86.
- Warham E. J., L. D. Butler and B.C. Sutton (1996) Seed Testing of Maize and Wheat: A Laboratory Guide. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Mexico, D. F. 84 p.
- Webster R. K. and P. S. Gunnell (1992) Compendium of Rice Diseases. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 62 p.
- Yu L., C. Yang, Z. Ji, Y. Zeng, Y. Liang and Y. Hou (2022) First report of new bacterial leaf blight of rice caused by *Pantoea ananatis* in Southeast China. *Plant Disease* 106:310, <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-21-0988-PDN>
- Yusuf C. S., T. D. Tizhe, N. N. Zakawa, T. David and D. Inuwa (2019) Seed-borne mycoflora of selected rice varieties in Mubi, Adamawa State Nigeria. *International Journal of Science and Research* 8:800-804.
- Zafar M., A. Jamal, R. Tahira, M. Zakria and M. Naeemullah (2014) Incidence of seed-borne mycoflora in wheat and rice germplasm. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 2:720-722.