



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

FITOPATOLOGÍA

HONGOS ASOCIADOS A “SÍNTOMAS FOLIARES Y MANCHADO DEL GRANO” EN ARROZ (*Oryza sativa* L.), EN CAMPECHE, MÉXICO.

MA. IRENE EMMA SANDOVAL MARTÍNEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2022



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

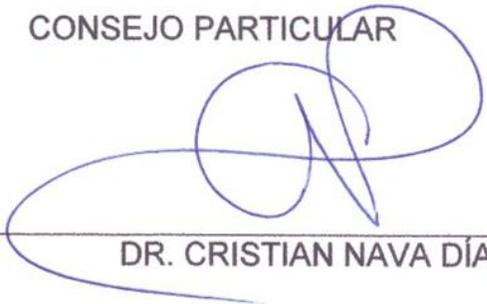
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **Hongos asociados a “Síntomas foliares y Manchado del grano” en arroz (*Oryza sativa* L.), en Campeche, México** realizada por la estudiante: **Ma. Irene Emma Sandoval Martínez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
FITOPATOLOGÍA

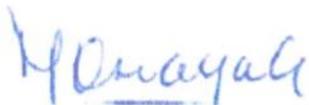
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. CRISTIAN NAVA DÍAZ

ASESORA



DRA. MÓNICA LETICIA OSNAYA GONZÁLEZ

ASESOR



DR. LAURO SOTO ROJAS

ASESOR



DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR

Montecillo, Texcoco, Estado de México, junio de 2022

HONGOS ASOCIADOS A “SÍNTOMAS FOLIARES Y MANCHADO DEL GRANO” EN ARROZ (*Oryza sativa* L.), EN CAMPECHE, MÉXICO.

Ma. Irene Emma Sandoval Martínez, D.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

RESUMEN

En el arroz existen factores que limitan su productividad entre los que se encuentran las enfermedades foliares ocasionadas por hongos, las cuales reducen el área foliar, afectando el llenado del grano en plantas enfermas. El manchado del grano del arroz es un problema que se ha generalizado en los últimos años en las regiones productoras de este cereal, ocasionando pérdidas económicas al mermar el rendimiento del grano de arroz y la calidad de la semilla. En ambos casos no se tiene información detallada de los hongos asociados al manchado y manchas foliares en Campeche ni de su intensidad, por lo que en el presente trabajo se planteó el objetivo: identificar los hongos asociados a las manchas foliares y al manchado del grano en variedades comerciales de arroz en Champotón, Campeche. En el año 2021, en el ciclo primavera-verano se sembraron ocho variedades de arroz, dos de ellas con semillas de dos procedencias, en Champotón, Campeche, evaluando incidencia y severidad de síntomas foliares y manchado del grano, así como el rendimiento y peso hectolítrico. Se identificaron morfológica, morfométrica y molecularmente los hongos asociados a los síntomas foliares y el manchado del grano. Se identificaron cuatro síntomas foliares de los cuales se aislaron siete hongos *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Epicoccum sorghinum*, *Fusarium oxysporum*, *Nigrospora sphaerica*, *Penicillium verrucosum* y *Fusarium proliferatum*, siendo los cuatro primeros los patogénicos. Las variedades Aztecas (con semilla procedente de Tamaulipas), Iniflar R-T y Morelos A-98 presentaron mayor incidencia de los síntomas foliares (34 a 59.5%). Las variedades que mostraron resistencia a las manchas foliares fueron Aztecas (con semilla procedente de Campeche) e Iniflar R (13 a 30.5%). En el manchado del grano se aislaron 15 especies de hongos: *Bipolaris oryzae*, *Alternaria alternata*, *Curvularia lunata*, *C. tuberculata*, *C. pseudobrachyspora*, *Epicoccum sorghinum*, *E. laticollum*, *Fusarium equiseti*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *Nigrospora oryzae*, *Nigrospora sphaerica*, *Penicillium berrucosum*, *Hypoxylon griseobrunneum* y *Schizophyllum commune*. *Curvularia lunata* se aisló con mayor frecuencia (37.4%). Las variedades Morelos A-98 e Irga 424 tuvieron presencia de todas las especies de hongos identificados, mientras que Iniflar R presentó la menor diversidad. La incidencia del grano manchado en todas las variedades fue mayor al 90% y la severidad osciló del 7 a 25% mostrando ser un gran problema en la región.

Palabras clave: manchado del grano, manchas foliares, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*,

**FUNGI ASSOCIATED WITH “FOLIAR DISEASES AND GRAIN SPOTTING” OF
RICE (*Oryza sativa* L.) IN CAMPECHE, MEXICO.**

Ma. Irene Emma Sandoval Martínez, D.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

ABSTRACT

In rice, there are factors that limit its productivity, among them foliar diseases caused by fungi reduce the leaf area, affecting grain filling in diseased plants and grain spotting that is a problem that has become widespread in recent years in the producing regions of this cereal, causing economic losses by reducing yield of grain and quality of seed. There is no detailed information of the fungi associated with spotting and foliar diseases in Campeche or their intensity, so in this research the main goal was to identify the fungi associated with leaf spots and grain spotting of commercial varieties of rice in Champotón, Campeche. During the spring-summer of 2021, eight varieties of rice were planted in Champotón, Campeche, evaluating the incidence and severity of foliar symptoms and grain spotting, as well as the yield and hectoliter weight. Fungi associated with foliar symptoms and grain spotting were identified morphologically, morphometrically and molecularly. Four foliar symptoms were identified, from which seven fungi *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Epicoccum sorghinum*, *Fusarium oxysporum*, *Nigrospora sphaerica*, *Penicillium verrucosum* and *Fusarium proliferatum* were isolated, the first four being pathogenic. The varieties Aztecas (seed from Tamaulipas), Iniflar R-T and Morelos A-98 presented the higher incidence of foliar symptoms (34 to 59.5%). The varieties that showed resistance to leaf spots were Aztecas (seed from Campeche) and Iniflar R (13 to 30.5%). Fifteen species of fungi were isolated from grain spotting: *Bipolaris oryzae*, *Alternaria alternata*, *Curvularia lunata*, *C. tuberculata*, *C. pseudobrachyspora*, *Epicoccum sorghinum*, *E. latusicollum*, *Fusarium equiseti*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *Nigrospora oryzae*, *Nigrospora sphaerica*, *Penicillium verrucosum*, *Hypoxylon griseobrunneum* and *Schizophyllum commune*. *Curvularia lunata* was isolated more frequently (37.4%). The Morelos A-98 and Irga 424 varieties had the presence of all the fungal species identified, while Iniflar R had the lowest diversity. The incidence of spotted grain in all varieties was greater than 90% and the severity ranged from 7 to 25%, proving to be a major problem in the region.

Keywords: grain spotting, leaf spots, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*,

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis hijos Lissette Olimpia Lugo Sandoval, Etna Jhoselyn Lugo Sandoval y Martín Lugo Sandoval que han sido mi motor y fortaleza para luchar y nunca rendirme ante las adversidades que se me han presentado en la vida, por sus palabras de aliento, por su gran amor y apoyo incondicional durante este proceso. Espero que nunca se conformen, nunca se den por vencidos y siempre luchen por alcanzar sus sueños. Los amo.

A mi nuera Lucía Vallejo Mendoza y a mi yerno Octavio Corral Hernández, con todo mi cariño.

A mis hermanos Galdina, Margarita, Emma, Josefina y Gilberto por sus palabras de aliento, y a mis sobrinos que me han brindado su apoyo

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca 324202 otorgada para mis estudios de doctorado.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y al posgrado de Fitosanidad - Fitopatología, por proporcionar los recursos para el desarrollo de esta investigación y por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación profesional y académica.

A cada uno de los miembros de mi Consejo Particular: Dr. Cristian Nava Diaz, Dra. Mónica Leticia Osnaya González, Dr. Lauro Soto Rojas y Dr. Santos Gerardo Leyva Mir. Por su confianza, guía, enseñanzas, sugerencias y apoyo brindado en la realización de esta investigación, y por fortalecer mi formación profesional.

A la Dra. Emma Zavaleta Mejía, por el tiempo que formó parte de mi Consejo Particular, haciendo valiosas observaciones y dando rumbo a la investigación.

Al Dr. Sergio Aranda Ocampo y al Dr. Dimas Mejía Sánchez, por su disponibilidad para fungir como sinodales, por sus comentarios y sugerencias.

Al Dr. Jesús Arreola Enríquez, encargado de los asuntos de la Subdirección de Investigación del Campus Campeche del Colegio de Postgraduados, por el apoyo brindado para realizar el trabajo de campo de esta investigación.

A quienes proporcionaron la semilla de arroz que se utilizó en el experimento: Lic. Luis Bueno Torio, de la empresa RIEGO ORGANIZADO, SPR. DE RI., de El Mante, Tamaulipas; Sr. Ignacio Navarro Quintero, productor de Nayarit; Ing. Leobardo Díaz, coordinador del programa fitosanitario de arroz del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Morelos (Cesavmor) y al Ing. M. Emiliano Vásquez Rosas, productor y presidente del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Campeche (Cesavecam), y por su valioso apoyo técnico en la ejecución del proyecto.

Al Ing. Gaspar Chi Queh, gerente del Cesavecam, por su apoyo con maquinaria agrícola y su gran interés en la investigación al realizar dos recorridos de campo con su personal técnico.

Al Ing. Roberto Canales Cruz, investigador del campo experimental Edzna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por su relevante asesoría técnica durante el proceso productivo del arroz.

A la Ing. María Teresa Rodríguez García por la elaboración del mapa de estados productores de arroz en México.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Limitantes del arroz.....	3
2.1.1 Manchas foliares.....	3
2.1.1.1 Tizón del arroz.....	4
2.1.1.2 Tizón de la vaina.....	4
2.1.1.3 Mancha marrón angosta.....	5
2.1.1.4 Mancha café.....	5
2.1.1.5 Mancha marrón.....	6
2.1.1.6 Mancha circular.....	6
2.1.2 Manchado del grano.....	6
2.1.2.1 <i>Alternaria alternata</i> (Fries) Keissler, Beih.....	7
2.1.2.2 <i>Alternaria padwickii</i> (Ganguly) M. B. Ellis.....	8
2.1.2.3 <i>Aspergillus niger</i> (van Tieghem) y <i>A. flavus</i> (Link).....	8
2.1.2.4 <i>Bipolaris oryzae</i> (Breda de Haan) Shoemaker.....	8
2.1.2.5 <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn.....	9
2.1.2.6 <i>Fusarium oxysporum</i> (Schlechtendahl emend. Snyder & Hansen).....	9
2.1.2.7 <i>Fusarium moniliforme</i> (J. Sheld.).....	9
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	10
3.1 Objetivo general.....	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
3.3 Hipótesis.....	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
4.1 Área de estudio.....	11

4.2 Síntomas foliares	12
4.2.1 Muestreo	12
4.2.2 Aislamiento	13
4.2.3 Pruebas de patogenicidad	13
4.2.4 Identificación	13
4.2.5 Incidencia	14
4.2.6 Severidad	14
4.3 Manchado del grano	15
4.3.1 Aislamiento	15
4.3.2 Identificación	15
4.3.3 Incidencia	15
4.3.4 Porcentaje de grano manchado	15
4.3.5 Severidad	15
4.3.6 Rendimiento	16
4.3.9 Peso	16
4.4 Análisis estadístico	16
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1 Enfermedades foliares	17
5.1.1 <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn.	17
5.1.2 <i>Fusarium oxysporum</i> Schltld.	23
5.1.3 <i>Epicoccum sorghinum</i> (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley	24
5.1.4 <i>Bipolaris oryzae</i> (Breda de Haan) Shoemaker	29
5.2 Manchado del grano	35
5.2.1 Hongos asociados al manchado del grano	36
5.2.1.1 <i>Alternaria alternata</i> (Fries) Keissler, Beih.	36
5.2.1.2 <i>Bipolaris oryze</i> (Breda de Haan) Shoemaker	37
5.2.1.3 <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn	39
5.2.1.4 <i>Curvularia pseudobrachyspora</i> Y. Marín, Cheew. & Crous	40
5.2.1.5 <i>Curvularia tuberculata</i>. Jain	41
5.2.1.6 <i>Epicoccum latusicollum</i> Q. Chen	42
5.2.1.7 <i>Epicoccum sorghinum</i> (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley	43

5.2.1.8 <i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc.	44
5.2.1.9 <i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl	45
5.2.1.10 <i>Fusarium proliferatum</i> (Matsushima) Nirenberg.....	46
5.2.1.11 <i>Hypoxylon griseobrunneum</i> (B.S. Mehrotra).....	47
5.2.1.12 <i>Nigrospora oryzae</i> Berk. & Broome.	48
5.2.1.13 <i>Nigrospora sphaerica</i> (Sacc.) EW Mason	49
5.2.1.14 <i>Penicillium verrucosum</i> Dierckx.....	50
5.2.1.15 <i>Schizophyllum commune</i>	51
5.2.2 Incidencia del manchado del grano	56
5.2.3 Severidad del manchado del grano	56
5.2.4 Porcentaje de grano manchado	57
5.2.5 Pérdida de peso	57
5.2.6 Rendimiento	57
5.2.7 Peso hectolítrico	57
VI. CONCLUSIONES	60
VII. LITERATURA CONSULTADA	61
ANEXOS	78

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.- Variedades que se utilizaron en la investigación y procedencia de la semilla empleada.	12
Cuadro 2. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha marrón ocasionada por <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn en ocho variedades de arroz en Campeche, Mex.	19
Cuadro 3. Área bajo la curva de la severidad de la mancha marrón ocasionada por <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn en ocho variedades de arroz en Campeche, Mex.	20
Cuadro 4. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha ocasionada por <i>Epicoccum sorghinum</i> (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley y <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn en ocho variedades de arroz en Campeche, Mex.	27
Cuadro 5. Área bajo la curva de la severidad de la mancha ocasionada por <i>Epicoccum sorghinum</i> (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley y <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn en ocho variedades de arroz en Campeche, Mex.	29
Cuadro 6. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha parda ocasionada por <i>Bipolaris oryzae</i> (Breda de Haan) Shoemaker en diez variedades de arroz en Campeche, Mex.	32
Cuadro 7. Área bajo la curva de la severidad de la mancha parda ocasionada por <i>Bipolaris oryzae</i> (Breda de Haan) Shoemaker en diez variedades de arroz en Campeche, Mex.	33
Cuadro 8. Frecuencia de hongos aislados de variedades comerciales en Campeche, México.	54
Cuadro 9. Incidencia, severidad, y efecto del manchado del grano de arroz.	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estados productores de arroz en México.....	1
Figura 2. <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn, síntomas en arroz (a, b y c), colonia en pda de 7 días (d y e, escala 10 mm) y características morfológicas de conidióforos, conidios y micelio (f); g y h conidios.	18
Figura 3. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha marrón ocasionada por <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn en 8 variedades en Campeche, México.....	21
Figura 4. Área bajo la curva de la severidad de la mancha ocasionada por <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn en 8 variedades en Campeche, México.....	22
Figura 5. <i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl. Síntomas en arroz (a y b), colonia en medio de cultivo pda (c y d, escala 10 mm), micelio y macroconidios (e) y microconidios (f).....	23
Figura 6. <i>Epicoccum sorghinum</i> (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley y <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn síntomas en arroz (a y b), colonia en pda de 7 días (c, d, e, y f, escala de 10 mm) y características morfológicas de picnidio y micelio de <i>E. sorghinum</i> (g); micelio y conidios de <i>C. lunata</i> (h); conidios de <i>E. sorghinum</i> (i); clamidosporas de <i>E. sorghinum</i> (j); conidios de <i>C. lunata</i> (k y l).	26
Figura 7. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha ocasionada por <i>Epicoccum sorghinum</i> (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley y <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn en 8 variedades en Campeche, México.	28
Figura 8. <i>Bipolaris oryzae</i> (Breda de Haan) Shoemaker, síntomas en arroz (a, b y c), colonia en pda de 7 días de edad (d y e, escala de 10 mm) y características morfológicas de conidióforos, conidio y micelio (f); conidios (g) y conidio germinado (h).....	30
Figura 9. Área bajo la curva de la severidad de la mancha ocasionada por <i>Bipolaris oryzae</i> (Breda de Haan) Shoemaker, en 8 variedades en Campeche, México.	31
Figura 10. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha parda ocasionada por <i>Bipolaris oryzae</i> (Breda de Haan) Shoemaker en 8 variedades en Campeche, México.....	34
Figura 11. Síntomas del manchado del grano.....	36
Figura 12. <i>Alternaria alternata</i> (Fries) Keissler, Beih, asociada al manchado del grano de arroz. Colonia en pda de 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c), detalle de conidios (d).....	37

Figura 13. <i>Bipolaris oryze</i> (Breda de Haan) Shoemaker asociado al manchado del grano del arroz. Colonia en pda de 12 anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c), conidios (d).	38
Figura 14. <i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn asociado al manchado del grano del arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c) y conidios (d).	40
Figura 15. <i>Curvularia pseudobrachyspora</i> Y. Marín, Cheew. & Crous asociada al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c); conidios (d).....	41
Figura 16. <i>Curvularia tuberculata</i> . Jain asociada al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c), conidios (d).....	42
Figura 17. <i>Epicoccum latusicollum</i> Q. Chen asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), micelio, picnidio y clamidosporas (c); picnidio y conidios (d).....	43
Figura 18. <i>Epicoccum sorghinum</i> (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 8 días anverso (a) y reverso (b), picnidio y micelio (c), conidios (d), clamidosporas y micelio (e).....	44
Figura 19. <i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc. asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), micelio y conidios (c) y conidios (d).	45
Figura 20. <i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), micelio y conidios (c) y conidios (d).	46
Figura 21. <i>Fusarium proliferatum</i> (Matsushima) Nirenberg asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los doce días anverso (a) y reverso (b), micelio y conidios (c) y conidios (d).	47
Figura 22. <i>Hypoxylon griseobrunneum</i> (B.S. Mehrotra) asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), micelio y conidios (c) y conidios (d).....	48

Figura 23. <i>Nigrospora oryzae</i> Berk. & Broome asociada al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c); conidios (d).	49
Figura 24. <i>Nigrospora sphaerica</i> (Sacc.) EW Mason asociada al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c), conidios (d).	50
Figura 25. <i>Penicillium verrucosum</i> Dierckx asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c); conidios(d).	51
Figura 26. Colonia y características morfológicas de <i>Schizophyllum commune</i> : a y b colonia en PDA, anverso y reverso; c micelio.	52
Figura 27. Frecuencia de hongos identificados en semilla de arroz en variedades comerciales en Campeche, México.	53
Figura 28. Dendrograma de 8 variedades de arroz, dos de éstas con semillas de 2 procedencias, sembradas en Campeche, México, construido con el programa SAS con distancia euclidiana derivada de seis variables.	58

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el cereal más importante del mundo después del maíz, aportando del 35 al 75% de las calorías consumidas por 3,750 millones de personas tan solo en Asia, (FAOSTAT, 2019). El arroz se cultiva en 115 países donde se cosechan 162.05 millones de hectáreas con una producción de 755.4 millones de toneladas. Los principales países productores son China (28 %), India (24 %), Indonesia (7 %), Bangladés (7 %) y Vietnam (6 %) (FAOSTAT 2020).

En México el arroz se siembra en 12 estados, distribuidos en cinco regiones (Pacífico centro, Pacífico Sur, Noreste, Golfo centro y Sureste), de los que en el año 2020 se cosecharon 295,337.84 toneladas, de éstas el 82.79% fue producido en los estados de Nayarit (88,827.97ton), Campeche (72,230.00 ton), Veracruz (34,419.27 ton), Michoacán (30,055.72ton) y Colima (19,006.47 ton) (SIAP, 2020), figura 1.



Figura 1. Estados productores de arroz en México.

El estado de Campeche fue el segundo productor de arroz en el año 2020 (SIAP, 2020), lo cual representó el 24.45% de la producción nacional, con un rendimiento de 4.92 ton ha⁻¹. En este estado se produce arroz en los municipios de Campeche, Candelaria, Carmen, Champotón, Hopelchén, Escárcega y Palizada en los ciclos primavera-verano y otoño-invierno, con sistema de riego y temporal.

El arroz es el tercer cereal más importante en la dieta de los mexicanos después del maíz y trigo, con un consumo per cápita de 9.00 Kg (SIAP, 2020). Desafortunadamente en México desde hace varias décadas es necesario importar arroz para completar la demanda del mercado. Durante 2020 la producción nacional cubrió solamente el 20% de la demanda nacional haciendo necesario importar 983,181,000 toneladas (SIAP, 2020).

A fines de 1980 y principios de 1990, la producción de arroz en México cubría la demanda nacional con arroz tipo Sinaloa y tipo Morelos; con el establecimiento del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN), en 1994, seguido de la Apertura Comercial en el año 2000, se inició la importación masiva de arroz con las mismas características del tipo Sinaloa (largo, delgado, simétrico y cristalino) a bajos precios, por los altos subsidios que este tipo de arroz recibe en los países de origen. A consecuencia de lo anterior, el arroz mexicano tipo Sinaloa perdió competitividad (Hernández et al., 2015). Por esta situación se redujo drásticamente la superficie sembrada y la producción.

El rendimiento del arroz a nivel mundial ha mejorado en las últimas décadas. Sin embargo, al ser cultivado en diversas condiciones ecológicas la producción puede ser limitada por varios problemas bióticos y abióticos ((Divya et al., 2014; Raghu et al., 2018). La producción de arroz es afectada por el clima, insectos y más de 70 patógenos como hongos, bacterias, virus o nemátodos (Zhang et al., 2009).

Las enfermedades como la explosión, la mancha marrón angosta, el tizón de la vaina, el tizón bacteriano, la mancha café, y otras enfermedades consideradas hasta hace poco tiempo como menores (Podredumbre de la vaina, Tizón temprano de las plántulas, falso carbón, bakanae y grano manchado), van cobrando cada vez mayor importancia para el arroz en todo el mundo (Raghu et al., 2018).

Entre los factores que limitan la expresión del potencial productivo del cultivo de arroz, se encuentran las enfermedades foliares ocasionadas por hongos, las cuales reducen el área foliar y, por lo tanto, la capacidad de la planta de hacer fotosíntesis, afectando el llenado del grano en plantas enfermas (Bordin et al., 2016).

Muchos de estos fitopatógenos son capaces de asociarse con las semillas de manera imperceptible. Ahí pueden sobrevivir por largos periodos y diseminarse a otras regiones. Las semillas infectadas

pueden actuar como medio de transporte, como fuente de inóculo capaz de infectar al nuevo cultivo cuando es sembrada e incluso introducir patógenos en áreas donde no existían. La falta de síntomas no significa que las semillas se encuentren libres de patógenos y más de uno puede infectarla (Ridao y Roca, 2002). Se conocen más de 150 especies de hongos, que ocasionan el manchado en semilla de arroz. En Cuba se tienen reportadas 35 especies (Rivero González et al., 2012), en India 30 (Kumar et al., 2014), en Pakistán 29 (Akram & Shahzad, 2019), en Bangladés 25 (Sultana et al., 2020), etc.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Limitantes del arroz

El arroz se considera una de las fuentes más antiguas e importantes de carbohidratos y constituye uno de los alimentos básicos para más de la mitad de la población mundial en la actualidad (Divya et al., 2014). Muchas enfermedades pueden ocasionar pérdidas importantes en arroz, lo que amenazan la seguridad alimentaria mundial (Liu et al., 2014b).

Los daños producidos por las enfermedades pueden variar cada año y de un cultivo a otro, dependiendo de las condiciones ambientales, de la susceptibilidad de las variedades, los patógenos y el manejo agronómico (Kohli et al., 2011; Uppala et al., 2017 y (Baite et al., 2020).

2.1.1 Manchas foliares

A nivel mundial las enfermedades foliares en arroz ocasionan pérdidas del 20 al 50% anualmente (Bordin et al., 2016). Las enfermedades que se reportan ocasionando estas pérdidas son: tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani* Kuhn AG1 IA), mancha marrón angosta (NBLS, *Cercospora janseana* Racid.), tizón del arroz (*Pyricularia oryzae* (Cooke) Saccardo), mancha café (*Helminthosporium oryzae* sin. *Bipolaris oryzae* Breda Hann), escaldadura [*Gerlachia oryzae* (Hashioka y Yokogi) W. Gams], mancha marrón ocasionada por *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn y mancha circular (*Alternaria padwickii* (Ganguly) M.B. Ellis). (Agarwal y Sinclair, 2014; Bagri y Bhale, 2017; Bordin et al., 2016; Barúa et al., 2019; Elamawi et al., 2016; Motlagh y Mohammadian, 2017; Tann y Soyong, 2017; Uppala et al., 2017; Martínez et al., 2018).

2.1.1.1 Tizón del arroz

El tizón del arroz es una enfermedad causada por el ascomiceto *Magnaporthe oryzae* (Hebert) Barr (anamorfo *Pyricularia oryzae* (Cooke) Saccardo). A nivel mundial, este hongo es la principal causa de pérdidas en arroz (Arazoe, 2014; Fang, 2017; Harsonowati, 2017; Sirisathaworn, 2017). El tizón del arroz se ubica como una de las 10 principales enfermedades fungosas en el mundo y es considerado como una amenaza para la seguridad alimentaria mundial (Dean et al., 2012). *P. oryzae* ataca todas las partes aéreas de la planta de arroz como hojas, nudos, cuello y panículas (Hernández et al., 2015 y Ortega, 2014). Los síntomas que induce son pequeñas manchas castañas o castaño rojizas, circulares u ovaladas, de 2-3 mm de largo al inicio de la infección. Conforme avanza la enfermedad, las lesiones generalmente son romboides o en forma de diamante de 1-3 cm según la variedad y edad de la planta (Martínez et al, 2018). El hongo puede infectar la planta del arroz en cualquier etapa fenológica de desarrollo (Chaudhary, 2003). En Morelos se ha observado atacando desde plántula, durante macollamiento, floración y formación de grano (Hernández et al, 2013), pero las etapas críticas son: 35-40 días de edad del cultivo (infección foliar) y en floración (ataque al nudo o cuello panicular) (Pinciroli et al, 2004). El inóculo primario son los conidios que sobreviven en los residuos de cosecha, aunque también pueden producirse infecciones a partir de semilla contaminada (Martínez et al, 2018). Los periodos lluviosos con temperaturas que oscilan entre 18 y 25° C seguidos de días soleados y calurosos con alta humedad relativa favorecen el desarrollo de la enfermedad.

2.1.1.2 Tizón de la vaina

El tizón de la vaina ocasionado por *Rhizoctonia solani* Kuhn se encuentra entre las enfermedades más importantes que afectan la producción de arroz en Texas y sur de los Estados Unidos de Norteamérica (Uppala et al., 2017). Esta enfermedad es responsable de la pérdida de rendimiento hasta en un 45% (Margani y Widadi 2018). *R. solani* Kunh AG1IA (anamorfo), *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk (teleomorfo) es un parásito facultativo y saprófito que habita en el suelo. *R. solani* sobrevive en suelo, agua, hospedantes alternos, micelio y esclerocios que permanecen viables hasta por 3 años (Singh et al. 2019); La etapa fenológica más susceptible de las plantas de arroz es al finalizar el amacollamiento y siendo más agresivo en el momento de la diferenciación de la panícula. (Hernández et al, 2013; Singh et al. 2019). La gravedad de la enfermedad depende

de la cantidad de inóculo, etapa de crecimiento del cultivo, medio ambiente, prácticas de cultivo y susceptibilidad de la variedad (Uppala et al., 2017).

2.1.1.3 Mancha marrón angosta

La mancha marrón angosta causada por *Cercospora janseana* Racid sin. *Cercospora oryzae* Miyake se presenta en casi todas las regiones productoras de arroz a nivel mundial, excepto en Europa (Tuli et al., 2017). Se reportan pérdidas de rendimiento de hasta el 40%. Esta enfermedad causa maduración prematura, reducción de rendimiento y mala calidad de la harina. En los últimos años, la ocurrencia y la gravedad ha aumentado en Louisiana, Texas y Arkansas; en Bangladesh es una de las 10 enfermedades más importantes y en Paraguay se ha reportado una incidencia de este hongo de 40.3% (Zhou y Jo, 2014; Quintana de Viedma, et al. 2016; Tuli et al. 2017). *C. janseana* causa lesiones cortas, lineales, estrechas y marrones que varían de 2 a 12 mm de longitud y de 1 a 2 mm de ancho paralelas a las venas de las hojas (Uppala et al., 2017; Zhou y Jo, 2014). El hongo alcanza su máximo daño cuando el arroz se aproxima a la madurez, causando la muerte prematura de las hojas y vainas, la severidad varía de un año a otro. Los síntomas de la mancha marrón angosta se presentan en hojas, vainas, entrenudos y panículas de la planta de arroz (Uppala et al. 2017).

2.1.1.4 Mancha café

La mancha café del arroz causada por *Bipolaris oryzae* Breda Hann (teleomorfo: *Cochliobolus miyabeanus* S. Ito & Kurib), se está volviendo más frecuente y severa a nivel mundial a medida que se presentan sequías más regularmente (Barnwal et al., 2013). El hongo infecta hojas, tallos, panículas, glumas, vainas y cáscaras de grano y puede presentarse en todas las etapas de desarrollo del cultivo, aunque las más susceptibles se encuentran desde la formación del primordio floral hasta la fase lechosa del grano (Hernández et al, 2013; Barnwal et al., 2013) causando manchas foliares pequeñas, ovaladas a irregulares de color castaño o grisáceo con borde castaño rojizo (Martínez et al. 2018). En Egipto este hongo puede reducir el rendimiento de arroz en 5% cuando se presentan incidencias y severidades bajas, pero durante las temporadas epidémicas las pérdidas pueden alcanzar hasta 30 a 50%; en Paraguay se ha reportado una incidencia de este patógeno en manchas foliares del 45.8 % (Elamawi et al., 2016; Quintana de Viedma, et al. 2016). Las fuentes de inóculo de este patógeno son plantas hospederas, rastrojo, plantas o semillas infectadas

(Barnwal et al., 2013; Martínez et al, 2018). La deficiencia de nitrógeno, altas temperaturas (25 a 30°C) y alta humedad relativa son condiciones favorables para el desarrollo de esta enfermedad (Hernández et al, 2013).

2.1.1.5 Mancha marrón

Curvularia lunata (Wekker) Boedijn ocasiona la mancha marrón del arroz, mismo que se asocia al daño de muchas variedades en Camboya en los últimos años, en el condado de Fuyang, China en el 2012 se observó que el 15% de los campos de arroz mostraron estos síntomas, con una incidencia del 40-80% (Liu et al. 2013; Majeed et al.2016). Los primeros síntomas son manchas marrones pequeñas, redondas y ovoides con un halo clorótico, distribuidas uniformemente sobre la hoja. El tamaño de las manchas puede variar de 1 mm a 1 cm, posteriormente las manchas se pueden fusionar y formar síntomas de mayor tamaño (Hernández et al, 2013; Tann y Soyong, 2017). Este hongo puede infectar la planta del arroz en todas las etapas de desarrollo del cultivo.

2.1.1.6 Mancha circular

La mancha circular ocasionada por *Trichoconiella padwickii* (Ganguly) B.L. Jain (= *Alternaria padwickii* (Ganguly) M.B. Ellis). En el 2015 se observó una incidencia del 45.0 % de síntomas ocasionados por *A. padwickii* en los departamentos de Itapúa, Misiones y Caazapá de Paraguay (Quintana de Viedma et al. 2016 y 2017). El patógeno causa manchas ovales o circulares con centro amarillento y bordes castaño rojizo o castaño oscuro sobre la lámina de la hoja, éstas generalmente son de 2 a 6 mm de diámetro, color pajizo al inicio, luego blancuzcas o grisáceas (Martínez et al. 2018). Las fuentes de inóculo son los esclerocios y micelio en suelo, rastrojo y semilla y pueden ocurrir infecciones tempranas de plántulas a partir de semilla infectada.

2.1.2 Manchado del grano

El manchado del grano del arroz es un problema que se ha generalizado en los últimos años en todas las regiones productoras de este cereal, se caracteriza por la presencia de manchas en las glumas y grano que van desde pequeños puntos oscuros a manchas que pueden cubrir la totalidad del grano (Gutiérrez y Mazzanti, 2015).

Las especies de hongos que se aíslan con mayor frecuencia de granos de arroz son: *Aspergillus flavus* Link, *Aspergillus niger* van Tiegh, *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker,

Curvularia lunata (Wakker) Boedijn, *Fusarium oxysporum* Schltdl, *Fusarium moniliforme* J. Sheld, *Penicillium* sp. Link, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Fusarium solani* (Martius) y *Alternaria padwickii* (Ganguly) M. B. Ellis (Aidoo et al., 2015; Signaboubo et al., 2016; Pawar et al., 2016; Baite et al., 2020 y Sultana et al., 2020).

Algunos de estos hongos son patógenos que causan pérdidas considerables por aborto de semillas, pudrición de semilla, reducción de la capacidad germinativa, desarrollo raquíptico y muerte de plántulas, y en las etapas posteriores aparecen enfermedades foliares o de panícula (Catalá et al., 2011; Hernández et al., 2013 y Gutiérrez y Mazzanti, 2015), ocasionando pérdidas económicas al mermar el rendimiento del grano de arroz y la calidad de la semilla (Archana y Prakash, 2013). Ashfaq et al., (2015) señalan que en Pakistán el principal factor que ocasiona reducción en la producción de arroz son los hongos transmitidos por semilla. En Bangladés (Sultana et al., 2020) se reportan pérdidas anuales por 2.5 millones de toneladas de arroz por enfermedades causadas por este tipo de patógenos. Baite et al., (2020) indican que se presentan pérdidas en rendimiento del 0.1 y el 60.2% en treinta y siete variedades en la India. Kakoly et al., (2014) dan a conocer pérdidas del 26 al 46% en rendimiento por semillas infectadas y en Paraguay señalan una pérdida en la germinación del 75% de las semillas manchadas (Lezcano et al., 2017).

2.1.2.1 *Alternaria alternata* (Fries) Keissler, Beih.

A. alternata se reporta en Argentina, Bangladés, Chad, India, México, Pakistán, Sudáfrica y Tanzania (Hernández et al., 2012; Pincirolí et al., 2013; Hossain et al., 2015; Sharma et al., 2016; Signaboubo et al., 2016; Kwaloe et al., 2018; Rehman et al., 2018 y Sultana et al., 2020).

A. alternata ocasiona pérdidas por afectar la calidad del grano y por la producción de micotoxinas que contaminan el arroz como alternariol (AOH), éter monometílico del alternariol (AME), altenueno (ALT), ácido tenuazónico (TeA), altertoxinas (ATX-I y ATX-II). (Nguyen et al., 2018). Schwarz et al., (2012) aislaron el compuesto genotóxico ATX-II de arroz infestado con *A. alternata*, el cual tiene propiedades que dañan los ácidos nucleicos. AOH y AME inhiben la secreción de progesterona, afectando la reproducción de cerdos y otros mamíferos (Tiemann et al., 2009). El TeA inhibe la biosíntesis de proteínas ocasionando efectos tóxicos en humanos y animales. El AOH, AME y ATX I-III causan fragmentación de cadenas de ADN en células de mamíferos y tienen efectos mutagénicos en células bacterianas (Nguyen et al., 2018).

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

A. padwickii es parte del complejo de hongos que ocasionan el “manchado del grano y semilla”, reduciendo la calidad y la germinación de la semilla, así como reducción de crecimiento y vigor de las plántulas (Quintana et al., 2017). También puede ocasionar síntomas en hojas, raíces y coleóptilos de plántulas (Echeverría et al., 2013; Mew y González, 2002).

A. padwickii se reporta en Argentina, Bangladés, Chad, Egipto, España, India, Irán, Nigeria, Pakistán y Tanzania (Catalá et al., 2011; Utobo et al., 2011; Archana et al., 2013; Bhuiyan et al., 2013; Pincirolí et al., 2013; Ibrahim et al., 2014; Monajjem et al., 2014; Ashfag et al., 2015; Signaboubo et al., 2016 y Kwaloe et al., 2018).

2.1.2.3 *Aspergillus niger* (van Tieghem) y *A. flavus* (Link)

Aspergillus flavus y *A. niger* se han encontradas asociadas al “manchado del grano y semilla” de arroz en Bangladés, Benín, Burundi, Camerún, India, Nigeria, República Democrática del Congo, Senegal, Pakistán, etc. (Patel et al., 2017; Dossou et al., 2018; Rehman et al., 2018; Bolanle et al., 2019 y Sultana et al., 2020).

Aspergillus invade el grano y la semilla de arroz durante la fase de campo y en el almacenamiento (Webster y Gunnell, 1992). *A. flavus* se reporta como saprófito y patógeno (Ramírez et al., 2012), es capaz de producir aflatoxinas (que son extremadamente tóxicas y cancerígenas para humanos y animales) y reducir la germinación cuando se presentan altas temperaturas (Warham et al., 1996, Islam et al., 2016).

2.1.2.4 *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker

Bipolaris oryzae causa una de las enfermedades de mayor importancia en el arroz a nivel mundial, originando pérdidas en rendimiento que oscilan del 26 al 52% (Barnwal et al., 2013) al reducir el número de granos por panícula, el peso y la calidad del grano (Elamawi et al., 2016 y Elshenawy et al., 2018). La infección primaria es transmitida por semillas infectadas (Chakraborty et al., 2021), que presentan manchas de color marrón oscuro en las glumas dando el aspecto de granos manchados y arrugados, este hongo también puede penetrar al endospermo causando manchas oscuras (Sunder, et al., 2014). *Bipolaris oryzae* se ha encontrado asociado al “manchado del grano y semilla” en Bangladés, Chad, Cuba, Egipto, Ghana, India, Irán, México, Pakistán y Tanzania

(Rivero et al., 2012; Ibrahim et al., 2014; Monajjem et al., 2014; Aidoo et al., 2015; Naveenkumar et al., 2016; Signaboubo et al., 2016; Deb y Khair, 2018; Kwaloe et al., 2018; Akram y Saleem, 2019 y Salazar et al., 2019).

2.1.2.5 *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn

En Argentina, Bangladés, Chad, Ghana, India, Pakistán, Nigeria, México y Tanzania se reporta *C. lunata* (Mohana et al., 2011; Ora et al., 2011; Pinciroli et al., 2013; Ruíz et al., 2013; Aurangzeb et al., 2014; Aidoo et al., 2015; Signaboubo et al., 2016; Kwaloe et al., 2018 y Bolanle et al., 2019). *C. lunata* ocasiona la enfermedad del grano negro, reducción de la germinación, el ahogamiento de plántulas (Alam et al. 2014; Mew y González, 2002; Webster y Gunnell, 1992 y Warham et al 1996) y la mancha foliar por *Curvularia* o tizón del arroz (Kusai et al., 2015).

2.1.2.6 *Fusarium oxysporum* (Schlechtendahl emend. Snyder & Hansen)

F. oxysporum ocasionan el tizón de las plántulas de arroz, con pérdidas en rendimiento del 8-50% (Ma et al., 2019). A pesar de que es una enfermedad que representa una amenaza a nivel mundial y su incidencia ha aumentado en los últimos años en China, hay pocas investigaciones sobre este problema (Liu et al., 2019).

F. oxysporum se ha aislado de semillas con “manchado del grano” en Bangladés, Camerún, India, Estados Unidos, Nigeria, Pakistán, Senegal y Togo (Naher et al., 2016; Kumar et al., 2017; Dossou, et al., 2018; Yusuf et al., 2019; Akram y Saleem, 2019).

2.1.2.7 *Fusarium moniliforme* (J. Sheld.)

F. moniliforme ocasiona la enfermedad bakanae del arroz, que presenta síntomas en las diferentes etapas de desarrollo de la planta: pudrición de la raíz, pudrición de la corona, tizón de las plántulas, etiolación, atrofia de las plantas, hipertrofia, panículas con granos vanos, esterilidad y granos manchados (Amatulli et al., 2010; Bashyal, 2018; Franco et al., 2018). El síntoma más común es el amarillamiento y elongación de las plántulas, por la excesiva producción de ácido giberélico, por lo que se denomina bakanae que en japonés significa “plántula tonta” (Bashyal, 2018). La pérdida por esta enfermedad varía desde 3% a casi el 100%, dependiendo de las variedades y condiciones climáticas (Franco et al., 2018; Pandey et al., 2020); en Pakistán se han reportado pérdidas entre 10 y 50% y en la India entre 15 y 25% (Bashyal, 2018).

F. moniliforme se reporta asociado al “manchado del grano” de arroz en países como Bangladés, Chad, Cuba, Egipto, India, Irán, México, Nepal, Nigeria, Pakistán y Tanzania (Hernández et al., 2012; Aurangzeb et al., 2014; Ibrahim et al., 2014; Duarte et al., 2014; Monajjem et al., 2014; Naher et al., 2016; Signaboubo et al., 2016; Naveenkumar et al., 2017; Kwaloe et al., 2018; Yusuf et al., 2019 y Pandey et al., 2020).

En México los hongos que se reportan ocasionando “el manchado del grano” son *Bipolaris oryzae*, *Cercospora oryzae* Miyaki, *Gerlachia oryzae* Hashika et Yokogi, *Fusarium oxysporum* Schltoe, *Phoma* sp. (Sacc.), *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn y *Trichoconiella padwickii* (Ganguly) B.L.Jain, (Hernández et al., 2015 y Ortega, 2014); en el caso de manchas foliares no hay información precisa y reciente de los agentes causales. En ambos casos no se tiene información detallada de los hongos asociados al manchado y manchas foliares en Campeche ni de su impacto, por lo que en el presente trabajo se han planteado los siguientes objetivos.

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo general

Identificar los hongos asociados a las manchas foliares y al manchado del grano en variedades comerciales de arroz en Champotón, Campeche.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar el agente causal de las enfermedades foliares y caracterizar sus síntomas.
- Estimar la incidencia, severidad e impacto de las enfermedades foliares y del grano.
- Identificar los hongos asociados al manchado del grano del arroz, en variedades comerciales.

3.3 Hipótesis

Los síntomas foliares en arroz y el manchado del grano son ocasionados por al menos un hongo fitopatógeno que disminuye el peso del grano y el rendimiento en el arroz dependiendo de la variedad comercial.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Campeche ubicado en carretera Haltunchén-Edzná Km 17.5, Champotón, Campeche. En Latitud Norte de 19° 29' 53" y Longitud Oeste de -90° 32' 59", con altitud sobre el nivel del mar de 7.8 m.

La preparación del terreno consistió en pasar una desvaradora, posteriormente se hizo una rastra, una cruz, se niveló y, por último, se hicieron bordos en el contorno del terreno y uno a lo largo y centro del terreno, con la finalidad de facilitar el riego.

La siembra se realizó el 10 de marzo de 2021, Se sembraron 8 variedades comerciales de arroz: Morelos A-98, Milagro Filipino, Sauta Delgado, Pacífico, Aztecas, Iniflar R-T, Iniflar R e Irga 424, la procedencia de la semilla y algunas características se muestran en el Cuadro 1. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Entre las unidades experimentales hubo una separación de 50 cm y entre bloques de 50 cm. Las unidades experimentales fueron de 24 m² (6 m x 4 m). La siembra fue directa en surcos de 30 cm de separación, con una densidad de siembra de 100 Kg ha⁻¹.

Cuadro 1.- Variedades que se utilizaron en la investigación y procedencia de la semilla empleada.

Procedencia	Variedad	Liberación	DMF*	Rendimiento Tonha⁻¹	Fuente
Morelos	Morelos A-98	1998	138	10	Salcedo,1998
Nayarit	Milagro Filipino	1986	135	6.78	García et al, 2011
	Sauta Delgado	----	----	----	-----
Tamaulipas	Pacífico	2016	135	9.2	Hernández et al., 2019
	Milagro Filipino	1986	135	6.78	García et al , 2011
	Aztecas	2012	136	8.26	Aguirre et al. 2013
	Iniflar R-T	2014	125-140	7.2	Barrios et al., 2016
	Iniflar R	2015	135	9	Álvarez et al., 2016
Campeche	Irga 424	2007	132	9.28	Pereira et al., 2007
	Aztecas	2012	136	8.26	Aguirre et al. 2013

* Días a Madurez Fisiológica

Se fertilizó con 18-46-00 al momento de la siembra a una dosis de 150 Kg ha^{-1} y con urea a los 30 y 60 días después de la germinación a una dosis de 150 Kg ha^{-1} . Se realizaron riegos cada cuatro días y deshierbes manuales. Se aplicó Dimetoato a una dosis de 0.5 l Ha $^{-1}$ a los 120 y 132 días después de la germinación, para el control de chinche café (*Oebalus insularis* Stal).

4.2 Síntomas foliares

4.2.1 Muestreo

Con el propósito de caracterizar los síntomas foliares que se presentaron durante el desarrollo del cultivo, se revisaron a intervalos de cinco días las variedades de arroz. Se muestrearon 15 hojas con cada síntoma, las cuales se colocaron en bolsas de papel de estraza y se llevaron al laboratorio de Fitopatología del Colegio de Postgraduados, Campus Campeche.

4.2.2 Aislamiento

De cada síntoma se separó la zona de avance del patógeno con ayuda de una navaja. Los fragmentos de tejido de aproximadamente 5 x 5 mm se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2% durante tres minutos y se enjuagaron con agua destilada estéril en tres ocasiones. Las muestras se colocaron en una toalla sanitaria estéril durante 20 minutos para eliminar el exceso de humedad y, se colocaron en medio de cultivo de Papa Dextrosa Agar (PDA) en cajas Petri. Las cajas Petri se incubaron a 28 ± 2 ° C. Los hongos observados se purificaron por la técnica de punta de hifa en PDA (BD Bioxon™).

4.2.3 Pruebas de patogenicidad

Para identificar los hongos patógenos se realizaron los postulados de Koch mediante inoculación en hojas desprendidas. Para el inóculo se utilizó un cultivo puro de 10 días en PDA (BD Bioxon™), del cual se tomaron discos del crecimiento micelial de 5 mm de diámetro. Cuatro discos de crecimiento fungoso se colocaron sobre segmentos de hojas de arroz de 10 cm de largo de la variedad Milagro Filipino. Cuatro hojas con el inóculo se colocaron en cajas de plástico con sanitas humedecidas con agua destilada estéril. En el testigo se colocaron discos de PDA sin crecimiento, todos los tratamientos se observaron cada 24 horas durante 8 días.

4.2.4 Identificación

La identificación de los hongos patógenos se llevó a cabo por medio de morfología, morfometría y técnicas moleculares. Para la identificación morfológica y morfométrica los hongos se cultivaron en medio de cultivo PDA y se observaron las estructuras reproductivas en un microscopio compuesto binocular marca Leica, modelo CME (Wetzlar, Alemania) con lentes de aumento 10X y 40X, y con ayuda de las claves y descripciones de Barnett y Hunter, 1972; Mew y González 2002; Warham et al, 1996; Webster y Gunnell, 1992. La identificación molecular se realizó mediante la extracción del ADN genómico por el método de bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB) al 2% (Tris-HCL 10 mM pH 8.0; Na₂EDTA 2 H₂O 20mM, pH 8.0; CTAB2%; NaCl 1.4M) (Möller et al. 1992) con modificaciones [El CTAB se utilizó precalentado, no se utilizó proteinasa K, no se utilizó isopropanol-isoamílico (24:1)]. El micelio se raspó con una aguja de disección y se colocó en un tubo Eppendorf de 1.5 ml al que se le adicionaron 600 µl de buffer CTAB, previamente precalentado a 60°C. Se aplicó calor (60°C) durante 40 min en baño maría,

posteriormente se maceró la muestra con ayuda de un micropistilo estéril durante dos minutos y se incubó a 60°C durante 20 min en baño maría. Se purificó mediante lavados con cloroformo frío para precipitar con isopropanol frío (-20°C) y se lavó con etanol al 70% (-20°C). El ADN puro se resuspendió en agua libre de nucleasas y se guardó a -20°C para su secuenciación en MacroGen Inc., (en Seúl, Corea del Sur). Para la identificación molecular se amplificó la región del Espaciador Transcrito Interno (ITS), utilizando los cebadores universales ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') (forward primer) e ITS4 - 5'(TCCTCCGCTTATTGATATGC)3' (reverse primer). Las condiciones del perfil térmico fueron, desnaturalización inicial a 94°C durante 1 min, posteriormente 30 ciclos de desnaturalización a 94°C por 30 seg, anillamiento a 55°C por 30 seg, extensión a 72°C por 1 min y una extensión final a 72°C por 10 min. Las secuencias obtenidas se limpiaron, ordenaron y refirieron, para depositarse en la base de datos de secuencias génicas (GenBank) del Instituto Nacional de Medicina de Estados Unidos (NIH, por sus siglas en inglés) del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI), donde se les asignó un número de acceso.

4.2.5 Incidencia

Para evaluar la incidencia de cada síntoma identificado durante el desarrollo del cultivo, se realizaron siete muestreos. Se muestrearon al azar cien hojas, distribuidas en toda la parcela y se utilizó la siguiente ecuación: $I_i = (\sum n_i / N_i) \cdot 100$; donde: I_i = incidencia de cada síntoma en el momento i ; n_i = número de muestras con presencia de cada síntoma en el momento i ; N_i = número total de muestras analizadas.

4.2.6 Severidad

Para la evaluación de la severidad de los síntomas identificados se realizaron siete muestreos. También, se muestrearon cien hojas al azar, distribuidas en toda la parcela. Se tomaron fotografías a las hojas que presentaron síntomas y cada síntoma se evaluó con el programa de procesamiento de imágenes imagenJ para determinar el área afectada respecto al total y expresarlo en porcentaje.

4.3 Manchado del grano

4.3.1 Aislamiento

Para el aislamiento de los hongos asociados al manchado del grano se muestrearon diez panículas por unidad experimental, se separaron los granos manchados de las panículas y se utilizó una muestra de 50 granos de cada variedad, con cuatro repeticiones. Los granos con síntomas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2% durante tres minutos y se enjuagaron con agua destilada estéril en tres ocasiones. Las semillas se colocaron en una toalla sanitaria estéril durante 20 minutos para eliminar el exceso de humedad y, se colocaron en grupos de cinco en medio de cultivo de Papa Dextrosa Agar (PDA) en cajas Petri de 9 cm., las cuales se incubaron a 28 ± 2 °C. Los hongos observados se purificaron por la técnica de punta de hifa en PDA.

4.3.2 Identificación

La identificación morfológica, morfométrica y molecular se llevó a cabo como fue descrita previamente.

4.3.3 Incidencia

Para evaluar la incidencia del manchado del grano se muestrearon cien panículas al azar en cada unidad experimental. Las panículas fueron observadas y la incidencia se calculó utilizando la siguiente fórmula (IRRI, 2013): $I_i = (\sum n_i / N_i) \cdot 100$; donde: I_i = incidencia del manchado en panículas; n_i = número de panículas con presencia del síntoma de manchado; N_i = número total de panículas analizadas.

4.3.4 Porcentaje de grano manchado

Para evaluar esta variable se colectaron al azar diez panículas por unidad experimental, se extrajeron los granos y clasificaron en granos con síntomas y sin síntomas, para calcular el porcentaje de grano manchado se contaron y se aplicó la siguiente ecuación ((Dirchwolf et al., 2018): $GM_i = ((\sum n_i / N_i) \cdot 100$; donde: GM_i = porcentaje de grano manchado en la muestra i ; n_i = número de granos manchados en la muestra i ; N_i = granos totales en la muestra i .

4.3.5 Severidad

Para medir la severidad de la enfermedad tomó una muestra al azar de cien granos (Elamawi et al., 2016 y Dirchwolf et al., 2018) en cada parcela experimental y se utilizó la escala del Sistema de Evaluación Estándar del Programa Internacional de Pruebas de Arroz (IRRI, 2013). Donde: 0 = asintomático; 1 = glumas con pequeñas manchas, menores al 1%; 3 = manchas que cubren del 1 al 5% del grano; 5 = manchas que alcanzan del 6 al 25 % de la superficie del grano; 7 = manchas que cubren del 26 al 50 % del grano y 9 = Manchas que superan el 50% de la superficie del grano.

El índice de severidad de la enfermedad se calculó mediante la fórmula: $ISE = (\sum (P \cdot F) / P_{(m\acute{a}x.)} \cdot T) \cdot 100$, donde: ISE = índice de severidad; P = Punto medio del porcentaje de la escala; F = frecuencia; $P_{(m\acute{a}x.)}$ = Punto medio máximo del grado de la escala; T= Total de granos analizados.

4.3.6 Rendimiento

Para estimar el rendimiento por hectárea, en cada parcela experimental se lanzó cuatro veces un marco de 50 x 50 cm² para cuantificar el número de panículas por m²; se colectaron diez panículas en las que se contaron el número de granos por panícula, se calculó el porcentaje de granos vanos por panícula y se pesaron mil granos (g). Para el cálculo del rendimiento por hectárea se utilizó la fórmula: $R = Pm^2 \cdot GP \cdot Gv \cdot PG \cdot 0.001$; donde: R = Rendimiento por hectárea (Kg ha⁻¹); Pm^2 = panículas/m²; GP = granos/panícula; Gv = % de granos vanos; PG = peso de mil granos.

4.3.9 Peso

Para obtener el peso hectolítrico se midieron 0.250 litros de cada variedad y se pesaron, esto se hizo con cuatro repeticiones.

4.4 Análisis estadístico

El estudio se basó en un diseño completo al azar con diez tratamientos y cuatro repeticiones. El análisis de datos se realizó utilizando el software SAS versión 9.0. Se analizaron tratamientos y sus interacciones mediante análisis de varianza (ANOVA) después de probar la normalidad y la homogeneidad de la varianza [Prueba de Levene (tipo = abs)]. Para comparar los valores promedio, se utilizó el método de diferencia mínima significativa (LSD).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El arroz es el alimento básico para la mayoría de la población mundial. El rendimiento del arroz se ve afectado por estreses bióticos y abióticos, dentro de los últimos las enfermedades representan un lugar importante. Muchas de las enfermedades del arroz son transmitidas por semillas que albergan micoflora que puede contener patógenos y causar enfermedades. Los experimentos se realizaron para la caracterización y detección de hongos, síntomas foliares y manchado del grano y semilla. Los resultados detallados se describen a continuación.

5.1 Enfermedades foliares

Se observaron cuatro síntomas diferentes durante el desarrollo del cultivo, a continuación, se hace una descripción de los patógenos identificados y las características de los síntomas que ocasionaron.

5.1.1 *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn.

=*Acrothecium lunatum* Wakker

Teleomorfo: *Cochliobolus lunatus*

En el primer síntoma se produjeron manchas marrones de 1.0 a 7.0 mm × 1.0 a 4.0 mm en la lámina de la hoja, 25 días después de la germinación con una incidencia del 8 al 49 % en la última evaluación y una severidad de 1%. Al inicio las manchas son elípticas o alargadas con un halo clorótico, posteriormente el centro se vuelve de color gris y la periferia marrón con el halo clorótico, figura 2.

A partir de este síntoma se aisló *Curvularia lunata* en un 84%, *Nigrospora sphaerica* en un 5.9%, *Penicillium verrucosum* 5.8%, *Fusarium proliferatum* y *Epicoccum sorghinum* en un 1.9%. Al realizar los postulados de Koch con estos hongos, se comprobó la patogenicidad de *Curvularia lunata*, como el agente causal del síntoma.

En PDA, a los doce días de desarrollo, la colonia fue circular, compacta, textura lisa, de color gris oscuro al centro y la orilla de color marrón claro, el envés de color negro al centro, seguido de café claro y marrón en la orilla. Hifas subhialinas a marrón claro, septadas, ramificadas y lisas, de 2 a 4.5 µm (n = 30) de diámetro. Conidióforos color marrón a marrón oscuro, multiseptados, simples o en fascículos, con frecuencia con la base bulbosa y geniculados o doblados cerca del ápice, de

265.1 (85.6 -385.6) μm x 2.9 (2.5 – 3,4) μm (n = 20). Los conidios fusiformes, geniculados o en forma de gancho, de 20.9 (18.8 – 24.6) μm x 7.9 (6.1 – 9.8) μm (n = 30), lisos, con tres septos, con la tercera celda desde la base más grande que las otras y curvada, celdas basal y apical subhialinas

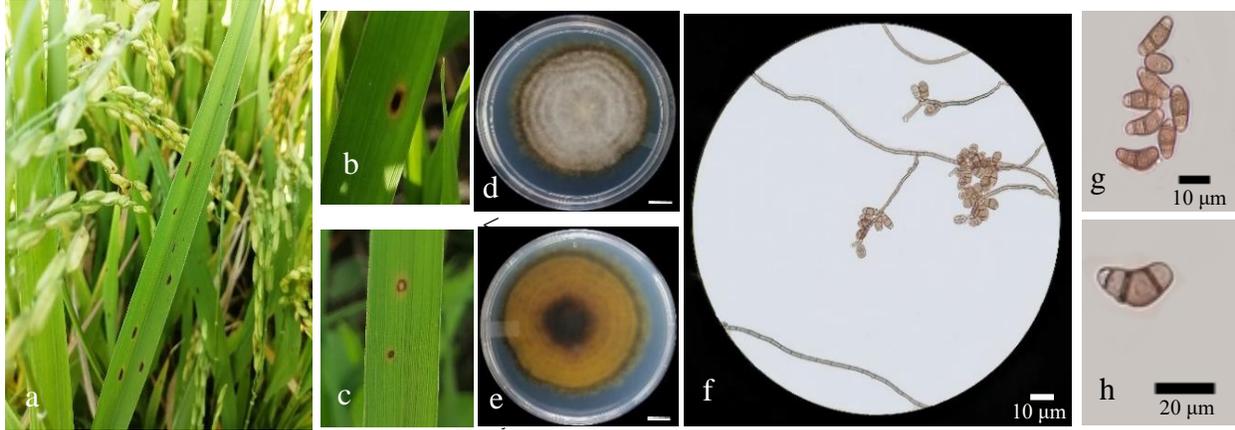


Figura 2. *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn, síntomas en arroz (a, b y c), colonia en pda de 7 días (d y e, escala 10 mm) y características morfológicas de conidióforos, conidios y micelio (f); g y h conidios.

a café claro, celdas intermedias de color café a café oscuro, figura 2. Estas características coincidieron con las descritas por Zhou, et al., 2021.

La identificación molecular se realizó mediante el análisis de la región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5). La secuencia fue 99% idéntica a la de *Curvularia lunata* (número de acceso de GenBank KF498867) de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se envió a GenBank (número de acceso ON329676).

En base a los síntomas que al inicio son manchas elípticas o alargadas con un halo clorótico y posteriormente se vuelven color marrón, características morfológicas antes descritas, morfométricas donde los conidióforos miden 265.1 μm x 2.9 μm , los conidios 20.9 μm x 7.9 μm y moleculares donde la secuencia fue 99% idéntica a la de *Curvularia lunata* con número de acceso en el GenBank KF498867, y a las pruebas de patogenicidad, el agente causal del tizón de la hoja del arroz en Campeche, México se identificó como *C. lunata* (Wakker) Boedijn.

Cuadro 2. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha marrón ocasionada por *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn en ocho variedades de arroz en Campeche, Mex.

Mancha marrón (%-días)	
Irga 424	1366.9 ^a
Sauta D.	1344.0 ^a
Milagro Filipino (Tamps.)	1288.0 ^a
Iniflar R	1255.3 ^a
Aztecas (Camp.)	1245.9 ^a
Milagro Filipino (Nayarit)	1233.0 ^a
Mor A-98	1198.4 ^a
Iniflar R-T	1195.4 ^a
Aztecas (Tamps.)	1153.6 ^a
Pacífico	910.6 ^a

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a $p \leq 0.05$.

La mancha marrón ocasionada por *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn se presentó durante todo el desarrollo del cultivo, todas las variedades mostraron susceptibilidad a este hongo, la incidencia y severidad a través del tiempo fueron incrementando y se comportaron de manera muy semejante en las ocho variedades (Figuras 3 y 4), esto se confirma en el análisis estadístico del área bajo la curva de la incidencia de la mancha marrón donde no se presenta diferencia significativa entre las variedades (Cuadro 2), de la misma manera se comportó la severidad (Cuadro 3). No existe información en relación a la resistencia o susceptibilidad a *C. Lunata* de las variedades que se utilizaron en la investigación.

Cuadro 3. Área bajo la curva de la severidad de la mancha marrón ocasionada por *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn en ocho variedades de arroz en Campeche, Mex.

Mancha marrón (%-días)	
Pacífico	12.448 ^{a*}
Aztecas (Tamps.)	12.369 ^a
Iniflar R	10.110 ^a
Morelos A-98	8.625 ^a
Sauta D.	8.189 ^a
Milagro Filipino (Nayarit)	7.713 ^a
Irga 424	7.375 ^a
Milagro Filipino (Tamps.)	6.344 ^a
Iniflar R-T	3.399 ^a
Aztecas (Camp.)	3.065 ^a

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a $p \leq 0.05$.

La mancha marrón de la hoja en arroz causada por *Curvularia lunata* ha sido reportada por Kamaluddeen et al., 2013, en Uttar Pradest, India; ocasionando manchas elípticas de color marrón. Liu et al., (2014a) señalan que *C. lunata* ocasionó estrías en la hoja de arroz en las primeras etapas de desarrollo del cultivo en China. Por su parte, Majeed et al. (2016) informaron que *C. lunata* causa manchas foliares pequeñas, redondas y ovoides, de color marrón con halo clorótico en la hoja de arroz en la provincia de Punjab en Pakistán. En Camboya se reportó que la mancha marrón del arroz es ocasionada por *C. lunata* (Tann y Soyong, 2017). Además, Zhou et al., (2021) informan el primer reporte de *C. lunata* en arroz silvestre (*Oryza rufipogon*), una especie cultivada recientemente en China, causando manchas pequeñas, circulares a ovaladas de color marrón, algunas posteriormente cambiaron a color marrón rojizo.

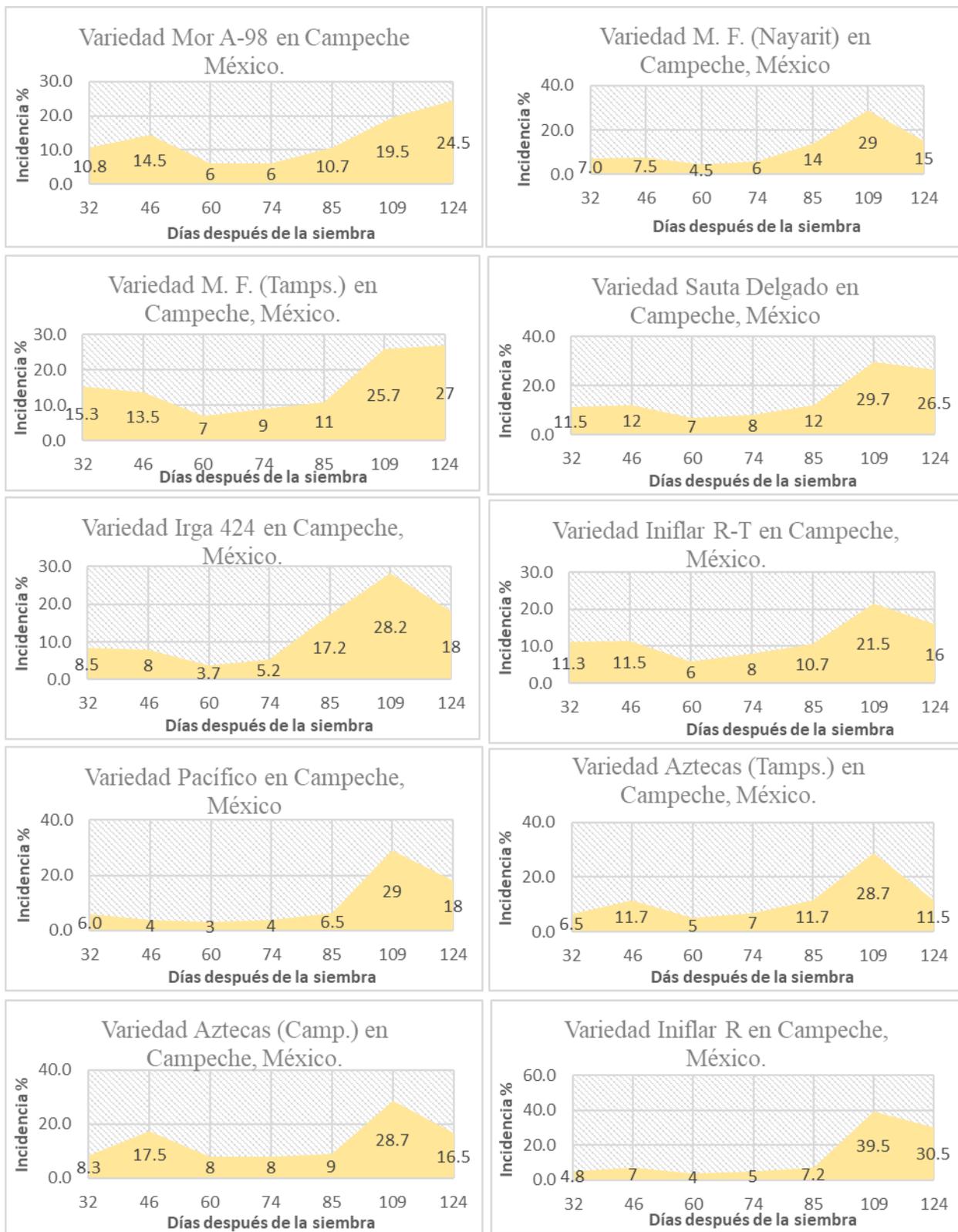


Figura 3. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha marrón ocasionada por *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn en 8 variedades en Campeche, México.

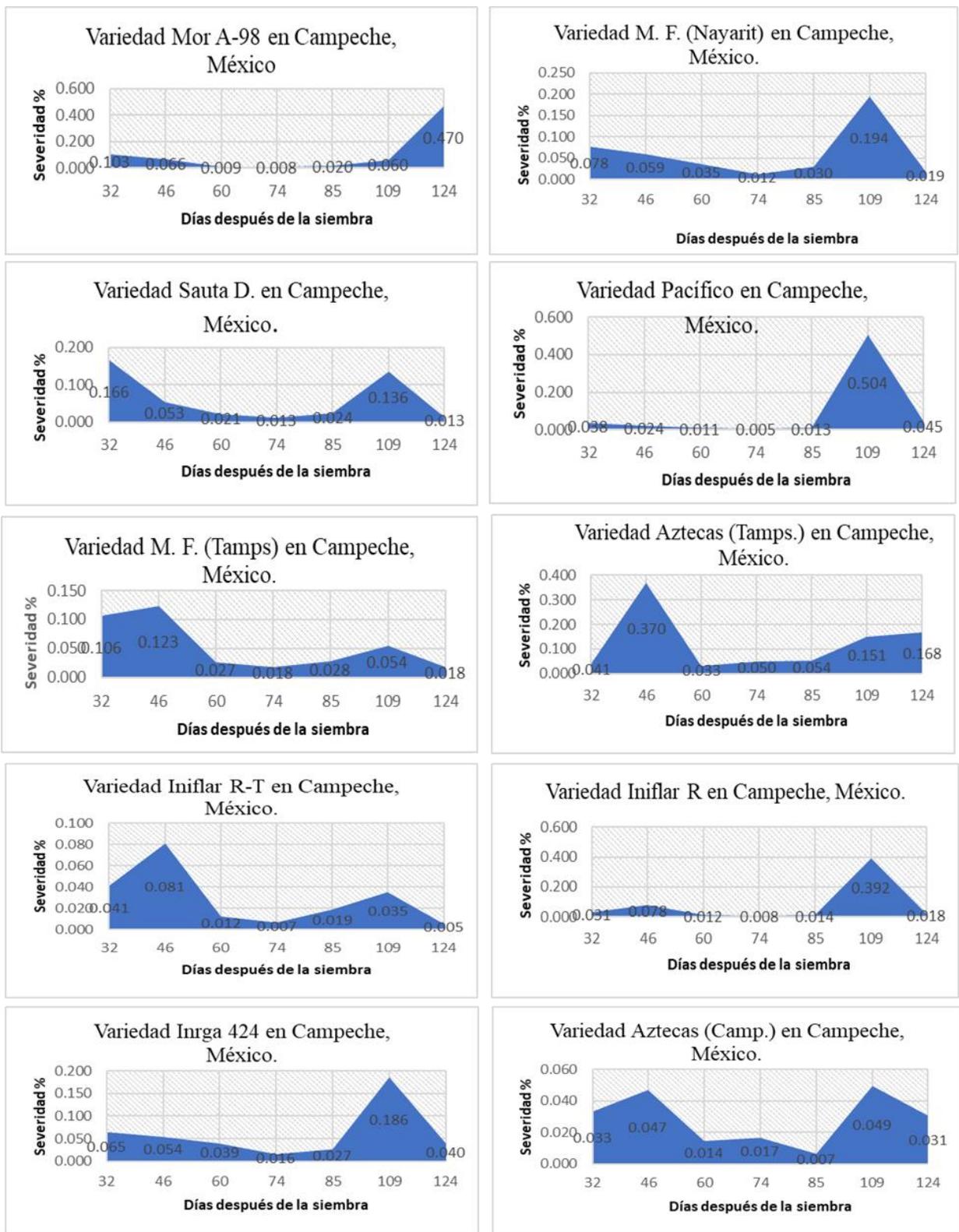


Figura 4. Área bajo la curva de la severidad de la mancha ocasionada por *Curvularia lunata* (*Wakker*) *Boedijn* en 8 variedades en Campeche, México

5.1.2 *Fusarium oxysporum* Schltdl.

En el segundo síntoma las hojas inferiores presentaron la punta seca y tizón a lo largo de la hoja, en las primeras etapas de crecimiento de la planta con una incidencia del 1 al 11 % únicamente en la segunda evaluación y una severidad de 0.1%, figura 5. De este síntoma se aisló *Fusarium oxysporum* Schltdl. con una frecuencia de 40%, *Nigrospora sphaerica* 40% y *Penicillium verrucosum* 20%. Al realizar las pruebas de patogenicidad *Fusarium oxysporum* fue el único hongo capaz de inducir los síntomas observados en campo.

En medio de cultivo PDA la colonia presentó un crecimiento irregular, compacta con textura algodonosa, de color rosa pálido, el envés de color rosa en el centro y las orillas más claras. Macroconidios abundantes, ligeramente curvados dorsoventralmente con 5-6 septos con la célula apical redondeada o roma y la célula basal parecida a un pie, hialinos, de 22.5 (12.8 – 32.2) μm x 3.3 (2.5 – 4.1) μm (n = 50). Microconidios de forma oval, generalmente sin septos, hialinos de 5.8 (4.2 -9.3) μm x 3.4 (2.8 – 5.2) μm (n =50).

La identificación molecular se realizó mediante el análisis de la región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5). La secuencia depositada con el número ON329680 tuvo una similitud de 99.8% con *Fusarium oxysporum* (número de acceso de GenBank FJ867936) de acuerdo a los resultados de BLAST.

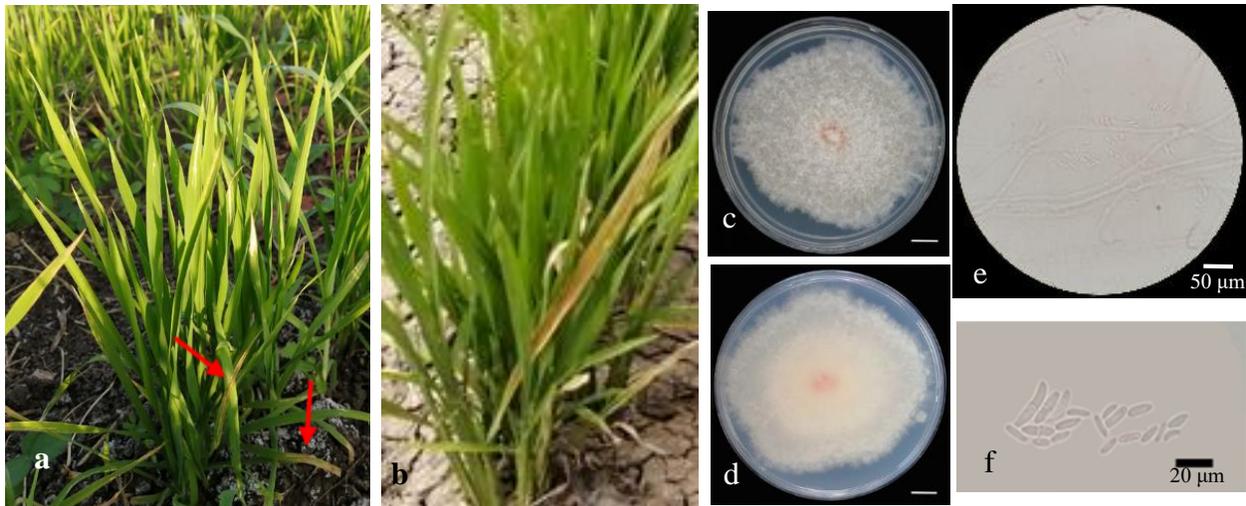


Figura 5. *Fusarium oxysporum* Schltdl. Síntomas en arroz (a y b), colonia en medio de cultivo pda (c y d, escala 10 mm), micelio y macroconidios (e) y microconidios (f).

Basado en los síntomas de tizón y punta seca en las hojas inferiores; características morfológicas de los macroconidios con 5-6 septos, hialinos y curvados dorsoventralmente; morfométricas de los macroconidios que miden 22.5 µm x 3.3 µm y los microconidios de 5.8 µm x 3.4 µm, y moleculares donde tuvo similitud de 99.8% con *Fusarium oxysporum* con número de acceso de GenBank FJ867936, además de las pruebas de patogenicidad, el agente causal del tizón de la planta del arroz en Campeche, México se identificó como *Fusarium oxysporum* Schltdl.

El tizón de las plantas de arroz en las primeras etapas de desarrollo se considera una enfermedad muy importante en algunos países, la infección puede oscilar entre 8 y 50% dependiendo del patógeno, las condiciones ambientales y la etapa del cultivo (Li et al., 2019 y Ma et al., 2019). Se ha reportado que la enfermedad puede ser causada por diferentes especies de microorganismos fitopatógenos como *Fusarium* spp., *Rhizopus* spp., *Phytium* spp., *Curvularia lunata*, *Helminthosporium oryzae*, *Pyricularia oryzae*, *F. moniliforme*, *F. graminearum*, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, *Burkholderia glumae*, *B. plantarii*, *B. gladioli* y *Trichoderma* spp. Sin embargo, en China se reporta a *Fusarium oxysporum* como la principal especie que ocasiona el tizón en plántulas de arroz (Liu et al., 2019; Ma et al., 2019 y Cao et al., 2021), lo que coincide con este trabajo.

5.1.3 *Epicoccum sorghinum* (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley

= *Phoma sorghina*

En el tercer síntoma se presentaron pequeñas manchas de color café oscuro en la parte apical de la hoja, que se unen y secan la hoja. Después los síntomas aparecieron en la base y las lesiones pueden alcanzar de 3 a 10 cm (figura 5). Esta enfermedad se presentó durante todo el desarrollo del cultivo con una incidencia del 8 al 61% en la última evaluación y una severidad de 0.1 a 1.6%.

A partir de este síntoma se aisló *Epicoccum sorghinum* en un 40.4 %, *Curvularia lunata* 21.4 %, *Nigrospora sphaerica*, 33.6%, *Penicillium verrucosum* 3.7% y *Aspergillus* sp. 0.9%. Al inocular los hongos solo *Epicoccum sorghinum* y *Curvularia lunata* fueron capaces de ocasionar los síntomas que se observaron en campo.

Curvularia lunata ya se describió en un síntoma anterior.

Las colonias de *Epicoccum sorghinum* en PDA a los 8 días fueron de color café en el centro y, blanquecino a café claro hacia las orillas, a los 20 días se volvió de color café claro con gránulos blancos y café pálido distribuidos en el medio, y exudados de color rosa oscuro y café. Su crecimiento fue regular, con textura algodonosa. El envés se observa una pigmentación de color rojizo y con el tiempo presenta puntos de color café oscuro distribuidos en la caja Petri. Después de 20 días se observaron clamidosporas globosas, subglobosas y elipsoidales, unicelulares o multicelulares, de color café oscuro, intercalares o terminales, de $13.9 (9.8 - 19.1) \mu\text{m} \times 7.3 (2.9 - 10.2) \mu\text{m}$ ($n = 20$). En agua agar a los 8 días se observaron picnidios globosos o subglobosos, ostiolados, de color café oscuro, de $112.7 (78.9 - 188.8) \mu\text{m} \times 92.1 (69.8 - 128.2) \mu\text{m}$ ($n = 20$). Conidios hilainos, unicelulares, ovoides, fusiformes o elipsoidales $3.98 (3.3 - 4.6) \mu\text{m} \times 1.5 (1.4 - 1.8) \mu\text{m}$ ($n = 30$), figura 6.

La identificación molecular se realizó mediante el análisis de la región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5). La secuencia fue 99% idéntica a la de *Epicoccum sorghina* (número de acceso de GenBank KX289695) de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se envió a GenBank (número de acceso ON329684).

Apoyándose en las características morfológicas, morfométricas y moleculares, los aislamientos fúngicos se identificaron como *Epicoccum sorghinum* (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley (Zeng et al., 2018, Kang et al., 2019 y Liu et al., 2020) y *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn.

Epicoccum sorghinum (antes *Phoma sorghina*) comúnmente se describe como un agente fitopatógeno del sorgo, especialmente en grano (Da Silva et al., 2000, González et al., 1997). Este hongo tiene distribución mundial y es un parásito facultativo principalmente en gramíneas. En los últimos años ha sido reportado como causante de manchas foliares en diferentes cultivos como la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) (Laurel et al., 2021), *Digitaria sanguinalis* (Kang et al., 2019), maíz (*Zea mays*) (Chen et al., 2021), trigo (*Triticum aestivum* L.) (Li et al., 2020) y crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) (Chen et al., 2020), entre otros. Liu (2020) y colaboradores informaron el primer reporte en China de *E. sorghinum* ocasionando síntomas foliares en arroz (*Oryza sativa* L.), mientras Imran et al., (2022), lo reportaron por primera vez en Estados Unidos.

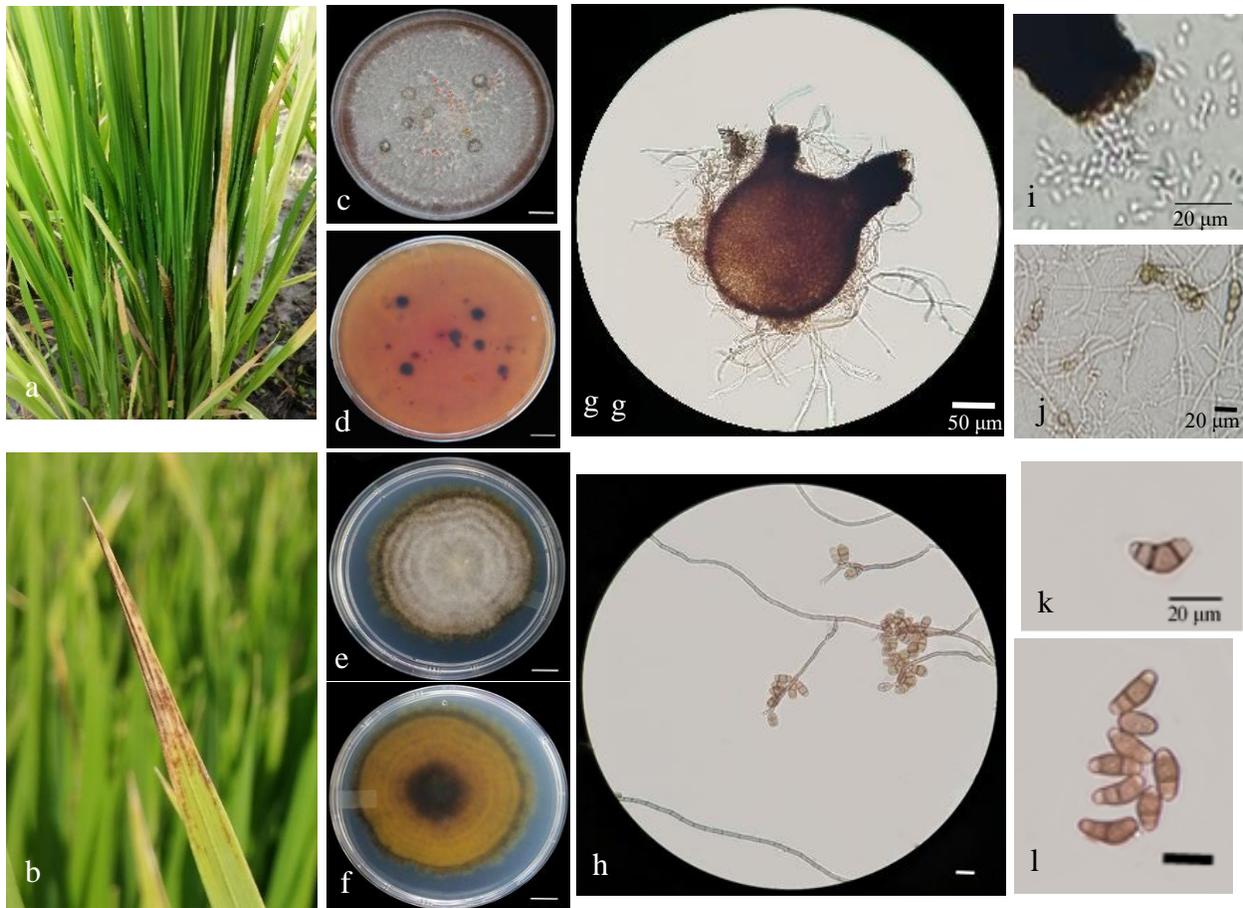


Figura 6. *Epicoccum sorghinum* (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley y *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn síntomas en arroz (a y b), colonia en pda de 7 días (c, d, e, y f, escala de 10 mm) y características morfológicas de picnidio y micelio de *E. sorghinum* (g); micelio y conidios de *C. lunata* (h); conidios de *E. sorghinum* (i); clamidosporas de *E. sorghinum* (j); conidios de *C. lunata* (k y l).

Este síntoma presentó desde la etapa de plántula hasta la madurez fisiológica del cultivo en las 8 variedades (figuras 7), la susceptibilidad al complejo de *E. sorghinum* y *C. lunata* fue diferente en las variedades que se probaron, Morelos A-98 presentó la mayor incidencia, seguida de Iniflar R-T y la menor incidencia se presentó en las variedades Irga 424 y Sauta Delgado (Cuadro 4).

Cuadro 4. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha ocasionada por *Epicoccum sorghinum* (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley y *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn en ocho variedades de arroz en Campeche, Mex.

Mancha por <i>C. lunata</i> y <i>E. sorghinum</i> (%-días)	
Mor A-98	1978.4 ^a
Iniflar R-T	1960.6 ^a
Aztecas (Camp.)	1633.8 ^{ab}
Milagro Filipino (Tamps.)	1592.9 ^{ab}
Aztecas (Tamps.)	1487.8 ^{ab}
Iniflar R	1384.5 ^b
Milagro Filipino (Nayarit)	1383.4 ^b
Pacífico	1296.8 ^b
Sauta D.	1231.3 ^b
Irga 424	1230.1 ^b

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a $p \leq 0.05$.

La severidad de la enfermedad ocasionada por el complejo de *E. sorghinum* y *C. lunata* fue diferente en las variedades que se utilizaron en este experimento, Morelos A-98 presentó la mayor incidencia, seguida de Iniflar R-T y la menor incidencia se presentó en las variedades Pacífico e Iniflar R (Cuadro 5). No hay información adicional respecto a la tolerancia o susceptibilidad de las variedades utilizadas en la presente investigación a estos hongos.

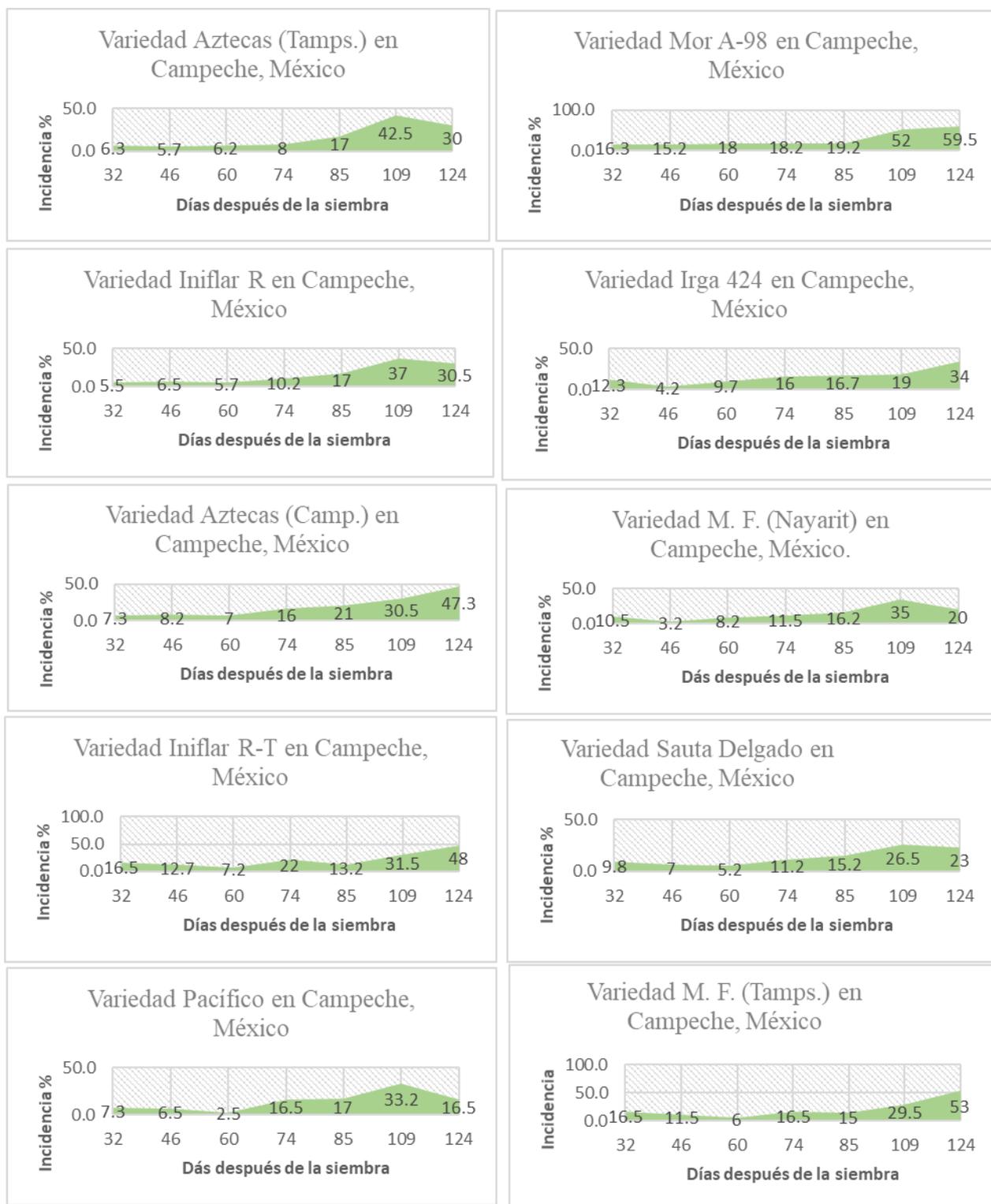


Figura 7. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha ocasionada por *Epicoccum sorghinum* (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley y *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn en 8 variedades en Campeche, México.

Cuadro 5. Área bajo la curva de la severidad de la mancha ocasionada por *Epicoccum sorghinum* (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley y *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn en ocho variedades de arroz en Campeche, Mex.

Mancha por <i>C. lunata</i> y <i>E. sorghinum</i> (%-días)	
Morelos A-98	26.843 ^a
Iniflar R-T	19.362 ^b
Irga 424	17.743 ^{bc}
Sauta D.	17.411 ^{bc}
Aztecas (Camp.)	17.171 ^{bc}
Milagro Filipino (Tamps.)	16.459 ^{bc}
Milagro Filipino (Nayarit)	16.193 ^{bc}
Aztecas (Tamps.)	15.136 ^{bc}
Iniflar R	14.534 ^{bc}
Pacífico	12.426 ^c

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a $p \leq 0.05$.

5.1.4 *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker

=*Helminthosporium oryzae* Breda de Haan

Teleomorfo: *Cochliobolus miyabeanus*

Mancha parda del arroz (BS), causada por *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker, Telomorfo: *Cochliobolus miyabeanus* (S. Ito & Kurib) figura 8.

En el corto síntoma se produjeron manchas pequeñas, circulares, ovaladas a irregulares de 2 a 8 mm, generalmente de color marrón con halo clorótico. Las lesiones completamente desarrolladas presentaron el centro de color gris a blanquesino con borde marrón oscuro y halo clorótico, de 5 a 10 mm de longitud por 0.2 a 0.8 mm de ancho. Este síntoma apareció 50 días después de la germinación, con una incidencia del 5 al 42 % en la última evaluación y una severidad de 0.1 a 4.6%. Figura 9.

A partir de este síntoma se aisló: *Bipolaris oryzae* con una frecuencia del 90 %, 7% *Nigrospora sphaerica*, 2 % *Epicoccum sorghinum* y 1% *Penicillium verrucosum*. Después de realizar las

pruebas de patogenicidad con estos hongos, se observó que *Bipolaris oryzae* fue el único en replicar los síntomas descritos.

En PDA, a los doce días de desarrollo, la colonia fue de color gris claro cuando jóvenes y posteriormente de color gris oscuro, de crecimiento irregular, con anillos y abundante micelio aéreo de apariencia esponjosa con textura algodonosa. El envés de la colonia se observa anillado con el centro más oscuro de color gris claro a oliváceo. Hifas hialinas a café claro, ramificadas y septadas. Los conidióforos generalmente solitarios, rectos o flexuosos de color café claro a café oscuro, septado, sin ramificaciones, a veces geniculado en la parte superior, 430.9 (296.7 -620.6) μm x 5.1 (2.9 -7.1) μm (n = 20), con conidios al final y en los laterales. Los conidios ligeramente curvados, algunas veces rectos, fusiformes, oclavadas o cilíndricas, de color café pálido a café de paredes lisas, fusiformes, células apicales y basales ligeramente más claras, 6 a 12 septos, de 47.6 (31.3 – 64.2) μm x 11.2 (7.8 – 14.5) μm (n = 30). Los conidios frecuentemente germinan por una célula o por ambas (basal y apical), figura 8.

La identificación molecular se realizó mediante el análisis de la región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5). La secuencia fue 99% idéntica a la de *Bipolaris oryzae* (número de acceso de GenBank MH857291) de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en GenBank (número de acceso ON329682).

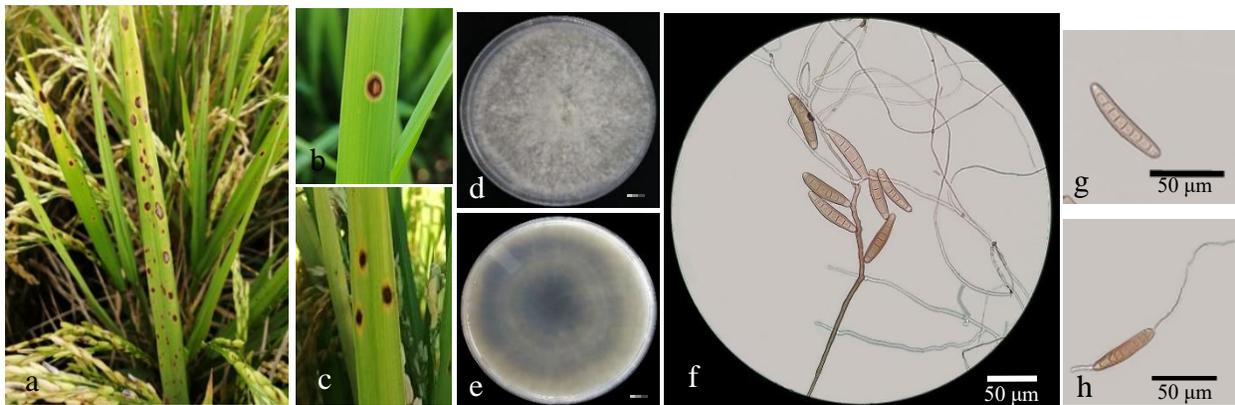


Figura 8. *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker, síntomas en arroz (a, b y c), colonia en pda de 7 días de edad (d y e, escala de 10 mm) y características morfológicas de conidióforos, conidio y micelio (f); conidios (g) y conidio germinado (h).

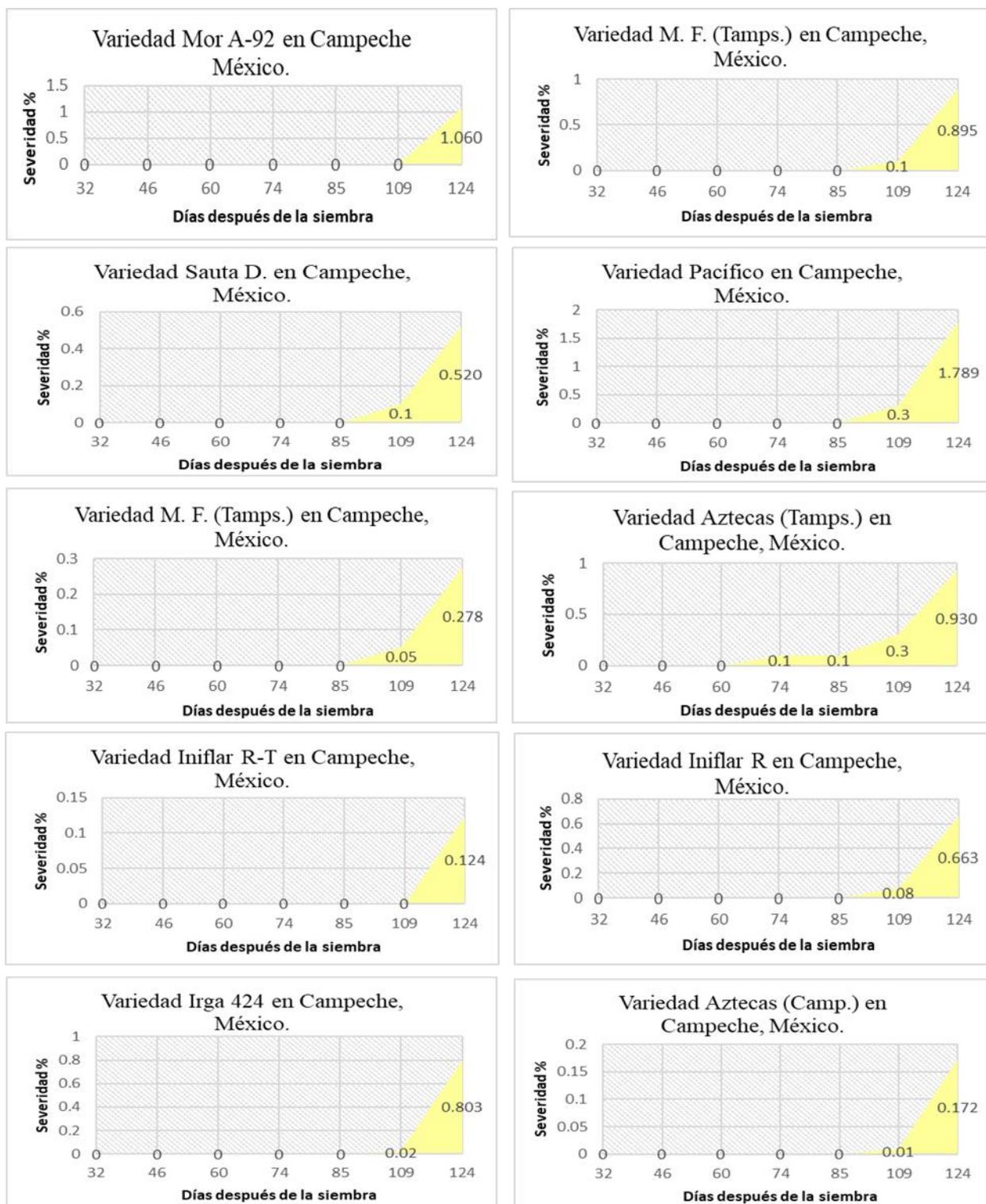


Figura 9. Área bajo la curva de la severidad de la mancha ocasionada por *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker, en 8 variedades en Campeche, México.

Con base en los síntomas descritos, pruebas de patogenicidad, características morfológicas, morfométricas (Manamgoda *et al.*, 2014; Marín *et al.*, 2017) y moleculares se identificó al agente causal de la mancha parda de arroz en Campeche, México como *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker.

El cuadro 6 presenta la incidencia de la mancha parda en 8 variedades de arroz. La variedad Aztecas de Tamaulipas presentó la incidencia mayor de este síntoma, seguida de Aztecas de Campeche, y la variedad con la incidencia menor fue Morelos A-98, aunque presentó una severidad alta comparada con las otras variedades. Los primeros síntomas aparecieron 60 días después de la germinación en la variedad Aztecas de Tamaulipas, posteriormente aparecieron en las otras variedades como se puede observar en las curvas del progreso de la enfermedad de incidencia y severidad (ABCPE, %-días) en las figuras 9 y 10.

Las variedades utilizadas en este experimento mostraron diferente susceptibilidad a la enfermedad ocasionada por *B. oryzae* (cuadro 7). La variedad Pacífico presentó la severidad más alta, seguida de Morelos A-98, la variedad Iniflar R-T presentó la severidad más baja.

Cuadro 6. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha parda ocasionada por *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker en diez variedades de arroz en Campeche, Mex.

	Mancha parda (%-días)
Aztecas (Tamps.)	670.0 ^a
Aztecas (Camp.)	201.75 ^b
Irga 424	174.0 ^{bc}
Sauta D.	148.88 ^{bc}
Pacífico	122.25 ^{bc}
Milagro Filipino (Nayarit)	120.43 ^{bc}
Iniflar R	68.25 ^{bc}
Milagro Filipino (Tamps.)	25.13 ^{bc}
Iniflar R-T	16.88 ^{bc}
Mor A-98	9.38 ^c

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a $p \leq 0.05$.

Aguirre *et al.*, (2013) reportan que la variedad Aztecas presenta moderada resistencia a *B. oryzae*, sin embargo, en el presente estudio tuvo una incidencia de hasta el 42% y una severidad de 1.6%.

En el caso de Iniflar R-T se reporta como moderadamente resistente a este hongo, lo cual coincide con lo observado en la presente investigación (Barrios et al., 2016).

Cuadro 7. Área bajo la curva de la severidad de la mancha parda ocasionada por *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker en diez variedades de arroz en Campeche, Mex.

Mancha parda (%-días)	
Pacífico	1.788 ^a
Morelos A-98	1.06 ^{ab}
Aztecas (Tamps.)	0.93 ^{ab}
Milagro Filipino (Nayarit)	0.894 ^{ab}
Irga 424	0.802 ^{ab}
Iniflar R	0.662 ^b
Sauta D.	0.519 ^b
Milagro Filipino (Tamps.)	0.277 ^b
Aztecas (Camp.)	0.172 ^b
Iniflar R-T	0.123 ^b

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a $p \leq 0.05$.

Bipolaris oryzae (Breda de Haan) Shoemaker, teleomorfo *Cochliobolus miyabeanus* (S. Ito & Kurib), ocasiona la enfermedad de la mancha parda del arroz, considerada como una de las principales enfermedades del cultivo y se presenta en todas las regiones productoras de arroz (Singh, et al., 2014), ocasionando pérdidas por tizón en las plántulas, infección de la hoja y, en la calidad y rendimiento del grano. A nivel mundial se considera que *Pyricularia oryzae* y *Bipolaris oryzae* son los patógenos más nocivos que afectan el arroz. Pandey (2015) reportó que las pérdidas que ocasionan estos hongos son entre el 60 y 80 % anualmente en los países en desarrollo, lo que equivale a 50 millones de toneladas de arroz, aproximadamente. En 1900 se describió por primera vez esta enfermedad en Indonesia, actualmente se encuentra en casi todas las regiones productoras de arroz de dicho país (Ou, 1985, mencionado por Ahmadpour et al., 2017). *B. oryzae* fue responsable de la hambruna en Bengala, India durante 1942-1943, con una pérdida en la producción de grano de arroz entre el 50 y 90%, lo que ocasionó la muerte por hambre de dos millones de personas (Boka et al., 2018).

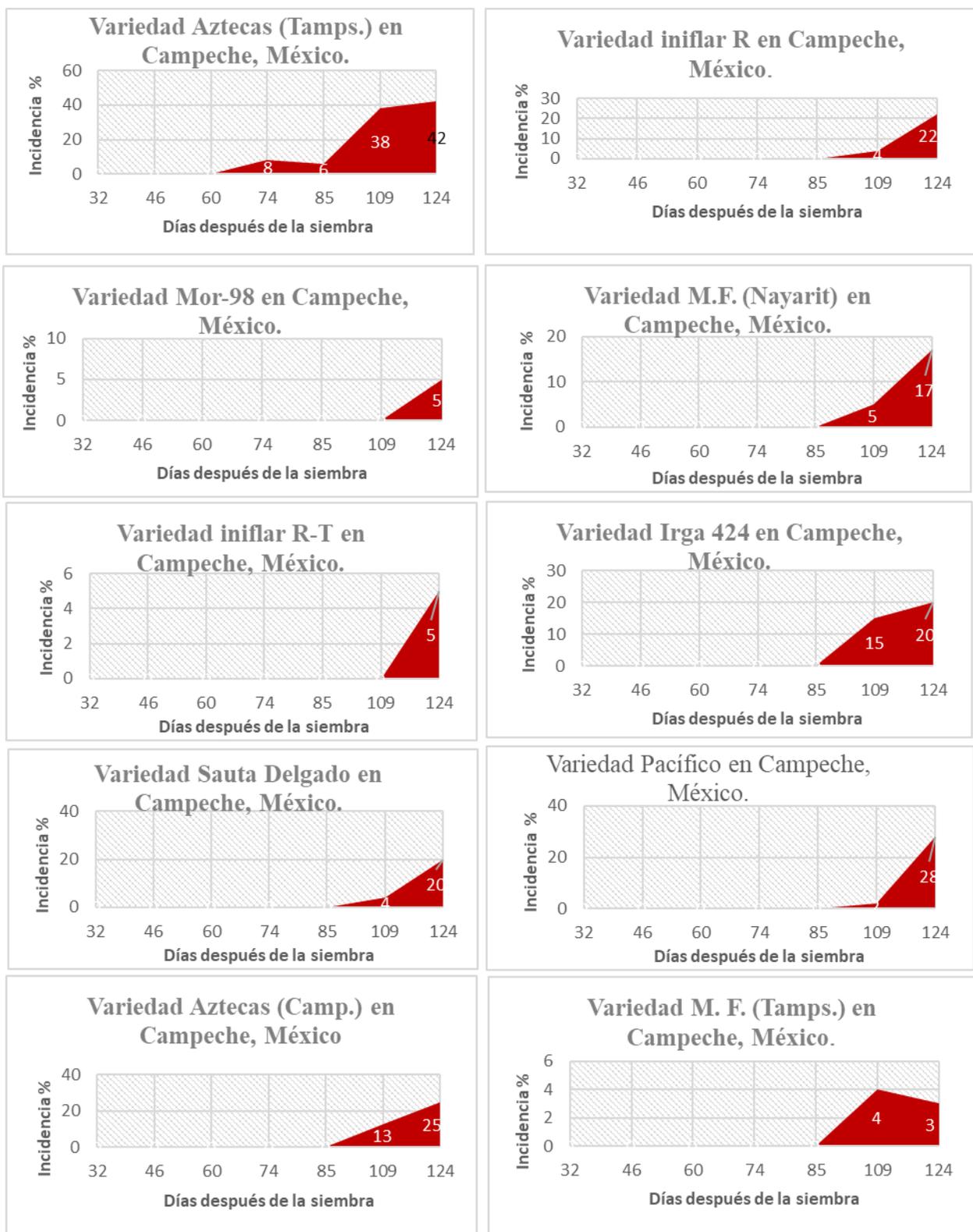


Figura 10. Área bajo la curva de la incidencia de la mancha parda ocasionada por *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker en 8 variedades en Campeche, México.

B. oryzae también puede infectar una amplia variedad cultivos de gramíneas, como trigo, sorgo, avena, centeno, caña de azúcar, además de el pasto peludo (*Brachiaria decumbens*) (Jatoi et al., 2018), el pasto varilla (*Panicum virgatum*; Krupinsky et al., 2004), el arroz silvestre americano (*Zizania palustris*) (Castell-Miller y Samac, 2019) y el arroz silvestre (*Oryza rufipogo*) en China (Liu et al., 2021).

5.2 Manchado del grano

En todo el mundo el manchado del grano es una enfermedad importante del arroz causando daños considerables y limitando la producción de este cereal. Se reporta como una enfermedad causada por un complejo de hongos y bacterias, como *Curvularia lunata*, *Bipolaris oryzae*, *Sarocladium oryzae*, *Phoma* sp, *Alternaria padwickii*, *Pyricularia oryzae*, *Fusarium moniliforme*, *F. graminearum*, *Nigrospora oryzae* (Agarwal y Sinclair, 2014; Ahmed et al., 2013; Bagri y Bhale, 2017), *Pantoea ananatis*, *Burkholderia glumae* y *Pseudomonas* spp. (Yan et al. 2010). El manchado del grano ocasiona pérdidas en el rendimiento y calidad, al presentar manchas cafés o negras (Ashfaq et al. 2015; Dirchwolf et al. 2018).

Las enfermedades de arroz transmitidas por semilla de mayor importancia económica son: bakanae del arroz (*Fusarium moniliforme*), stackburn (*Fusarium pallidoroseum* y *Trichoconis padwickii* sin. *Alternaria padwickii*), mancha marrón (*Bipolaris oryzae*), grano negro (*Curvularia lunata*), tizón del arroz (*Pyricularia oryzae*), tizón de la vaina (*Sarocladium oryzae* y *Rhizoctonia solani*), escaldadura en las hojas (*Microdochium oryzae*), podredumbre de semillas y tizón de plántulas (*Bipolaris oryzae*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium* sp.) y el manchado del grano ocasionada por un complejo de hongos y bacterias (Bagri y Bhale, 2017; Ali et al., 2016; Catalá et al., 2011; Gutiérrez y Mazzanti, 2015; Pinciroli et al., 2003; Yan et al., 2010; Zafar et al., 2014).

En la enfermedad del manchado del grano de arroz se pueden presentar diferentes síntomas dependiendo del organismo involucrado y del grado de infección. Se pueden observar manchas ovaladas, redondas, periforme o en forma de rayas en los granos, que pueden ser de color marrón a negro dependiendo del hongo y del avance de la infección. También se pueden observar granos deformes, más pequeños, pálidos, podridos o vanos. Las glumas y paleas también pueden presentar manchas de diferentes formas y tamaños de color marrón a negro, que en ocasiones tienen apariencia húmeda (Figura 11).



Figura 11. Síntomas del manchado del grano.

5.2.1 Hongos asociados al manchado del grano

A continuación, se describen los hongos aislados de las semillas de arroz cosechados en las 8 variedades, que presentaron manchado del grano, los cuales fueron identificados por morfología, morfometría y técnicas moleculares.

5.2.1.1 *Alternaria alternata* (Fries) Keissler, Beih.

= *Alternaria tenuis* Nees, *Torula alternata* Fries

Alternaria alternata (Fries) Keissler, Beih. = *Alternaria tenuis* Nees, *Torula alternata* Fries produjo colonias en PDA a los 12 días, el haz presentaba márgenes redondeados, de color café claro con las orillas blanquecinas, con textura algodonosa, con el paso del tiempo esta textura fue más evidente en el centro. El envés con márgenes redondeados, de color café oscuro al centro y más claro hacia la orilla hasta llegar a blanquecino, presentó anillos concéntricos con el paso del tiempo. Hifas septadas de color café claro. Los conidióforos septados, rectos o flexuosos, hialinos, $75 (35 - 118.5) \times 2.8 (2.4 - 6.5) \mu\text{m}$ ($n = 30$). Conidios solitarios, generalmente en cadenas de 5-8, ovoides, elipsoidales u obclavados con 3-6 septos transversales y de 0-3 longitudinales, de color café a café oscuro y midieron de $18.3 (12 - 24.5) \times 8.7 (6.8 - 10.4) \mu\text{m}$ ($n = 30$), figura 12. Estas características coinciden con las descritas por Simmons, 2007.

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329675) resultó con una similitud del 100% con el número de acceso de GenBank MK336602 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Alternaria alternata* (Fries) Keissler, Beih como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

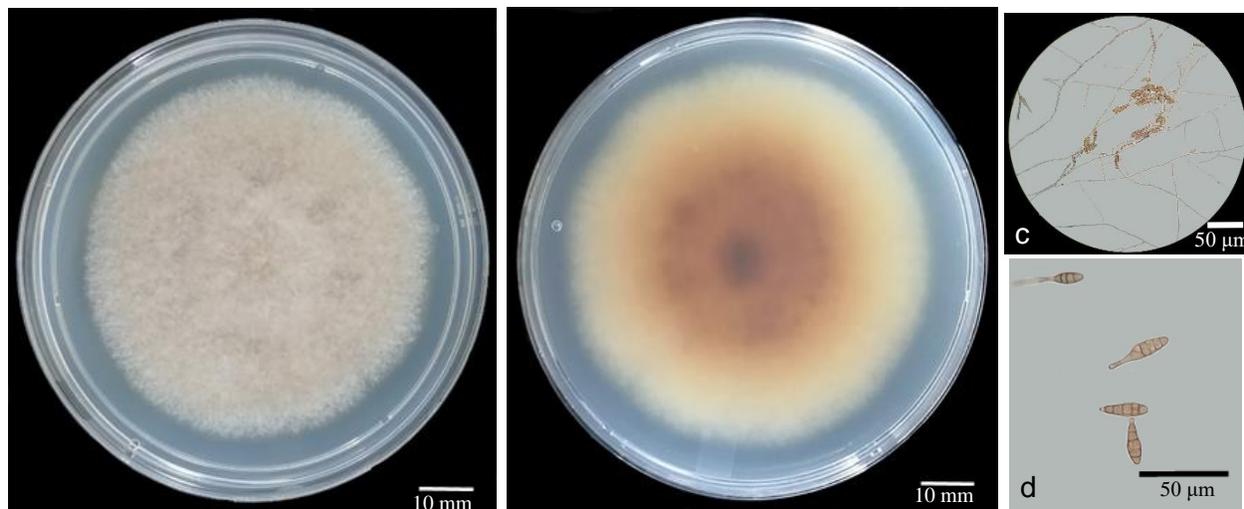


Figura 12. *Alternaria alternata* (Fries) Keissler, Beih, asociada al manchado del grano de arroz. Colonia en pda de 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c), detalle de conidios (d).

Alternaria alternata ocasiona pérdidas al alterar la calidad del grano, además produce micotoxinas que contaminan el arroz como alternariol (AOH), éter monometílico del alternariol (AME), altenueno (ALT), ácido tenuazónico (TeA), altertoxinas (ATX-I y ATX-II) (Nguyen et al., 2018).

5.2.1.2 *Bipolaris oryze* (Breda de Haan) Shoemaker

=*Helminthosporium oryzae* Breda de Haan

Teleomorfo: *Cochliobolus miyabeanus*

Bipolaris oryze (Breda de Haan) Shoemaker =*Helminthosporium oryzae* Breda de Haan en medio de cultivo de PDA a los doce días produjo colonias de color gris claro cuando jóvenes y posteriormente de color gris oscuro, de crecimiento irregular, anilladas, con abundante micelio aéreo, de apariencia esponjosas con textura algodonosa. El envés de la colonia anillado con el centro más oscuro de color gris claro a oliváceo. Hifas hialinas a café claro, ramificadas y septadas.

Los conidióforos generalmente solitarios, rectos o flexuosos de color café claro a café oscuro, septado, sin ramificaciones, a veces geniculado en la parte superior, $430.9 (296.7 - 620.6) \mu\text{m} \times 5,1 (2.9 - 7.1) \mu\text{m}$ ($n = 20$), con conidios al final y en los laterales. Los conidios son ligeramente curvados, algunas veces rectos, fusiformes, oclavadas o cilíndricas, de color café pálido a café de paredes lisas, fusiformes, células apicales y basales ligeramente más claras, 6 a 12 septos, de $47.6 (31.3 - 64.2) \mu\text{m} \times 11.2 (7.8 - 14.5) \mu\text{m}$ ($n = 30$). Los conidios frecuentemente germinan por una célula o por ambas (basal y apical) figura 13. Características descritas por Manamgoda *et al.*, (2014) y Marín *et al.*, (2017).

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329682) resultó con una similitud del 100% con el número de acceso de GenBank OL872283 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker como un hongo asociado al manchado del grano de arroz

Bipolaris oryzae (Breda de Haan) Shoemaker, *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn y *Fusarium oxysporum* Schltdl son los principales patógenos que ocasionan el “grano manchado” en arroz. En Asia esta enfermedad ocasiona pérdidas en rendimiento que oscilan del 26 al 52% (Barnwal *et al.*,

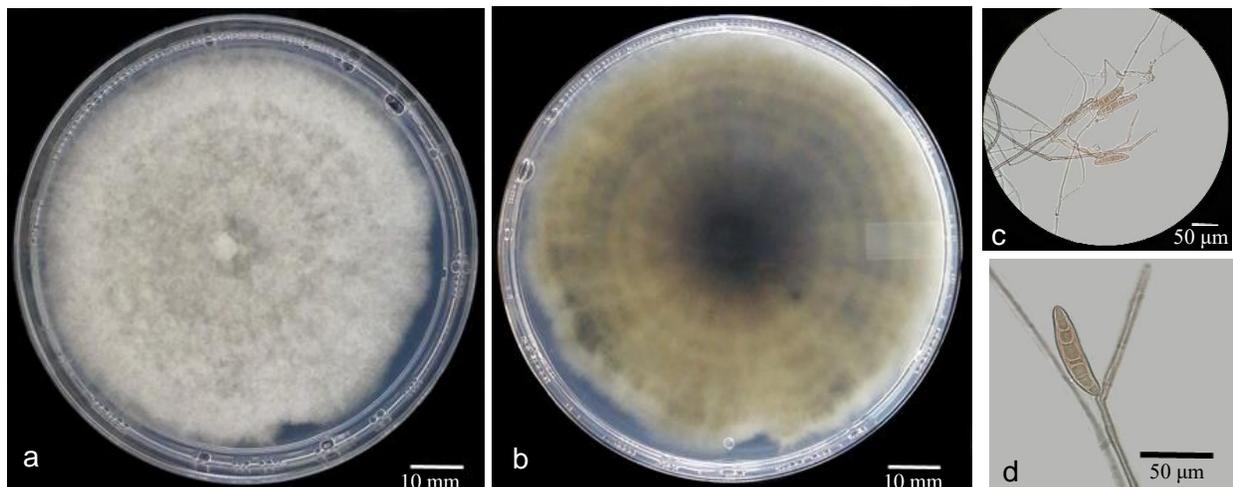


Figura 13. *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker asociado al manchado del grano del arroz. Colonia en pda de 12 anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c), conidios (d).

2013) al reducir el número de granos por panícula, el peso y la calidad del grano (Elamawi et al., 2016 y Elshenawy et al., 2018). *B. oryzae* también es una de las principales causas de baja germinación de la semilla (Alam et al., 2014).

5.2.1.3 *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn

Teleomorfo: *Cochliobolus lunatus*

Curvularia lunata (Wakker) Boedijn produjo colonias en PDA a los 12 días, el haz de la colonia fue circular, compacta, textura lisa, de color gris oscuro al centro y la orilla de color café claro, el envés de color negro al centro, seguido de café claro y café en la orilla. Hifas subhialinas a marrón claro, septadas, ramificadas y lisas, de 2 a 4,5 μm de ancho ($n = 30$). Conidióforos color marrón a marrón oscuro, multiceptados, simples o en fascículos, con frecuencia con la base bulbosa y geniculados o doblados cerca del ápice, de 385.6 (85.6 – 265.1) μm x 2.9 (2.5 – 3,4) μm ($n = 20$). Los conidios fusiformes, geniculados o en forma de gancho, de 20.9 (18.8 – 24.6) μm x 7.9 (6.1 – 9.8) μm ($n = 30$), lisos, con tres septos, con la tercera celda desde la base más grande que las otras y curvada, celdas basal y apical subhialinas a café claro, celdas intermedias de color café a café oscuro, figura 14. Estas características coincidieron con las descritas por Zhou, et al., 2021.

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329676) resultó con una similitud del 99% con el número de acceso de GenBank KF498867 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

Curvularia lunata se encuentra entre las especies de hongos de mayor importancia a nivel mundial ocasionando el grano negro y como parte del complejo de hongos en el manchado del grano (Bolanle et al., 2019).

En Ghana, India, Bangladés, Argentina, Chad, Nigeria, Tanzania y México se reporta *C. lunata* formando parte del complejo de hongos que ocasionan el “manchado del grano” (Aidoo et al., 2015; Kumar et al., 2017; Ora et al., 2011; Pincioli et al., 2013; Signaboubo et al., 2016; Bolanle et al., 2019; Kwaloe et al., 2018; Ruíz et al., 2013).

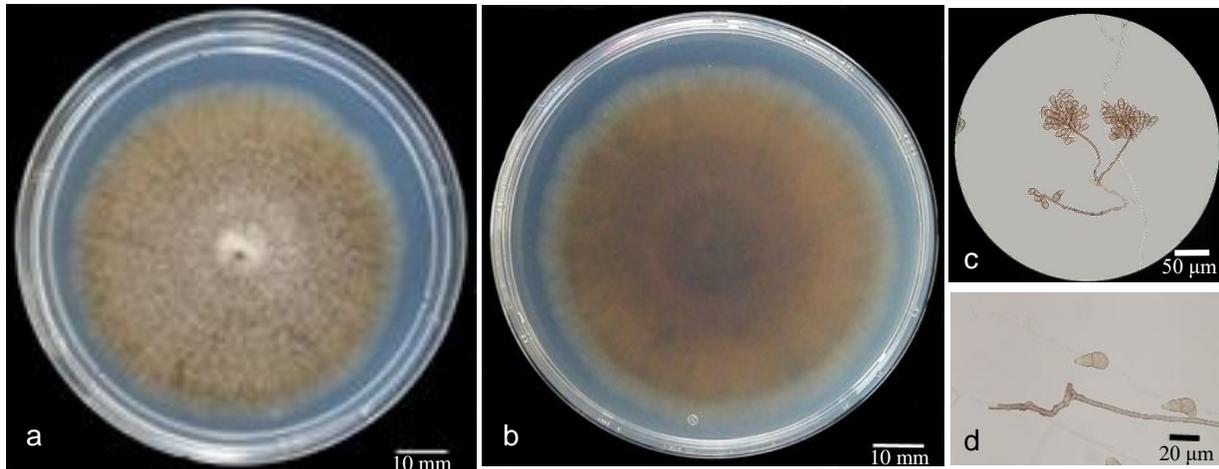


Figura 14. *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn asociado al manchado del grano del arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c) y conidios (d).

5.2.1.4 *Curvularia pseudobrachyspora* Y. Marín, Cheew. & Crous

Curvularia pseudobrachyspora Y. Marín, Cheew. & Crous produjo colonias en PDA a los doce días con crecimiento regular compacta, de textura lisa a ligeramente afelpada; de color café claro en el centro con bordes más claros, el envés de color café oscuro en el centro haciéndose más claro hacia la periferia hasta terminar en blanquesino. Micelio hialino a café claro, ramificado y septado. Conidióforos septados, geniculados, rectos o flexuosos, de color café claro, miden $109 (50.2 - 182.3) \mu\text{m} \times 2.7 (2.2 - 3.8) \mu\text{m}$ ($n = 20$). Los conidios fusiformes, en forma de gancho o elipsoidales de color café claro a café, con tres o cuatro septos, con la tercera celda generalmente más grande y más oscura, las células basales y apicales claras de $16.7 (13.7 - 18.6) \mu\text{m} \times 7.0 (5.9 - 9.2) \mu\text{m}$ ($n = 30$), figura 15. Estas características coinciden con las descritas por Marín-Felix et al., 2017.

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329685) resultó con una similitud del 100% con el número de acceso de GenBank MN688814 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Curvularia pseudobrachyspora* Y. Marín, Cheew. & Crous como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

No se encontraron reportes de *C. pseudobrachyspora* en arroz. Esta especie fue descrita por primera vez en 2017 por Marín-Felix y colaboradores, de un aislamiento de síntomas foliares del zacate grama o pata de gallina (*Eleusine indica*) en Tailandia (Marín-Felix et al., 2017). Este hongo

se ha reportado causando síntomas foliares en la palma areca (*Areca catechu*) en China (Wang et al. 2019), en cáñamo (*Cannabis sativa* L.) en Florida (Marín et al., 2020), en *Acorus calamus* en India (Srivastava et al., 2019), en acículas de *Pinus patula* en México (Gutiérrez et al., 2020) y pudrición del bulbo de *Lilium brownii* var. *Viridulo* en China (Zeng et al., 2020).

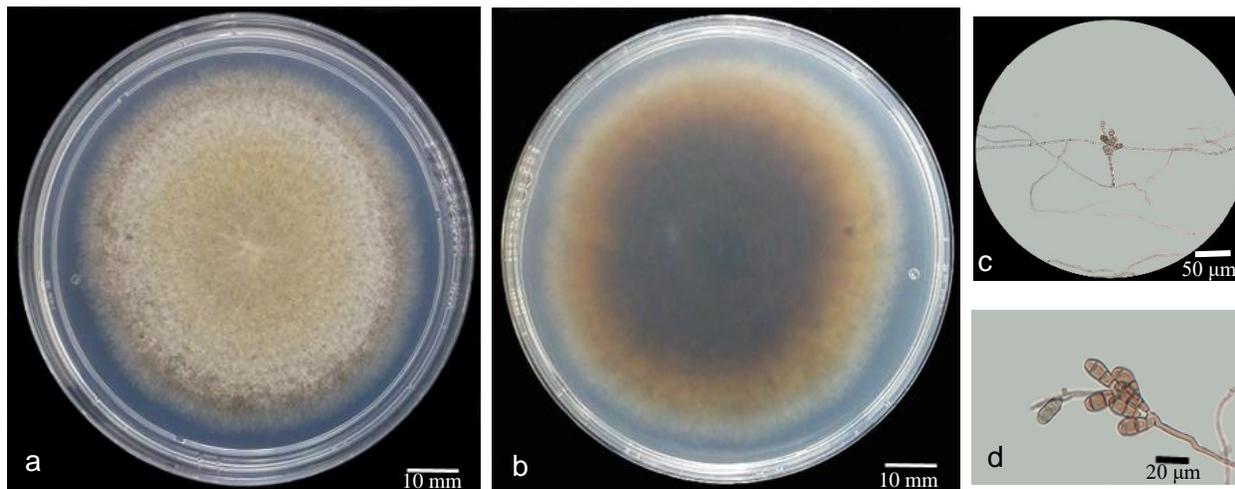


Figura 15. *Curvularia pseudobrachyspora* Y. Marín, Cheew. & Crous asociada al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c); conidios (d).

5.2.1.5 *Curvularia tuberculata*. Jain

Teleomorfo: *Cochliobolus tuberculatus* Sivan.

Curvularia tuberculata. Jain produjo colonias en PDA a los doce días con bordes irregulares, textura algodonosa, el centro de color gris y la periferia de color café claro, el envés de color café oscuro al centro y café claro hacia la orilla. Hifas subhialinas a café claro, ramificadas y septadas. Conidióforos geniculados, septados, flexuosos, de color café claro de 82.3 (48.7 – 122.4) μm x 2.7 (2.4 – 3.3) μm (n = 20). Conidios ovoides, obclavados o elipsoidales, rectos, de 3 a 5 septos (generalmente 3), nacen en la punta del conidióforo dispuestos en verticilos, las células intermedias de color café a café oscuro, las células basal y apical subhialinas a hialinas, de 22.2 (17.9 – 26) μm x 8.6 (6.1 10) μm (n = 30), figura 16. (Sivanesan, 1987).

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329689) resultó con una similitud del 100% con el número de acceso de

GenBank HF934907 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Curvularia tuberculata*. Jain como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

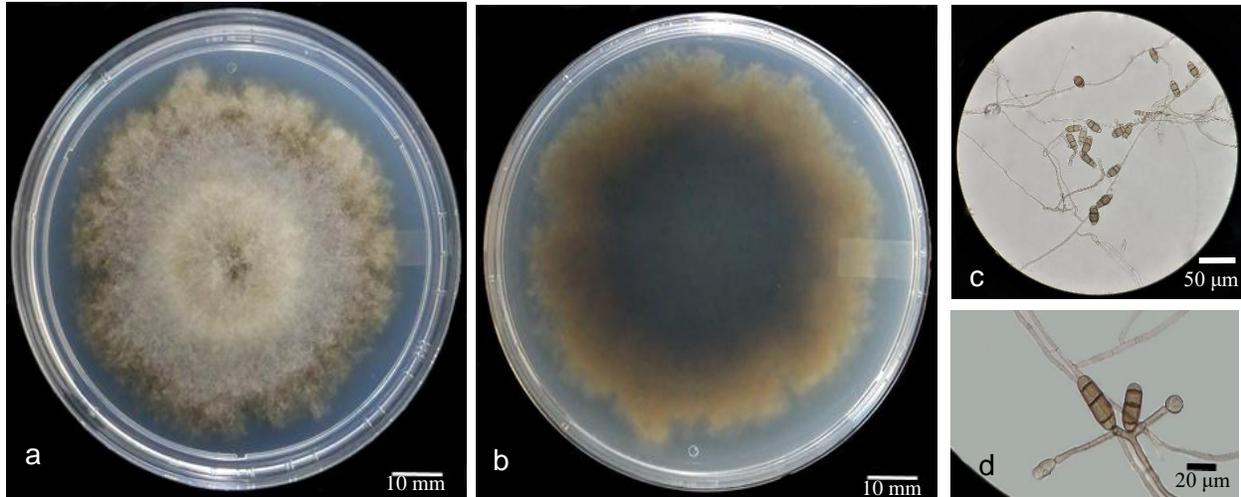


Figura 16. *Curvularia tuberculata*. Jain asociada al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c), conidios (d).

5.2.1.6 *Epicoccum laticollum* Q. Chen

Epicoccum laticollum Q. Chen en medio de cultivo de PDA a los doce días produjo colonias color café claro al centro y blancas hacia la orilla, con gránulos de micelio de color blanco, con textura algodonosa, el margen regular, micelio flocoso. El envés color café oscuro al centro, luego café claro y la orilla color crema. Después de 20 días se observaron clamidosporas globosas, subglobosas y elipsoidales, unicelulares o multicelulares, de color café oscuro, intercalares o terminales, de $11.7 (4.2 - 26.2) \mu\text{m} \times 7.3 (2.9 - 10.2) \mu\text{m}$ ($n = 30$). En medio Agua agar a los 10 días se observaron picnidios de color café con 1-2 ostiolas, globosos, subglobosos o periforme de $88.7 (58.6 - 112.1) \mu\text{m} \times 74.3 (53.5 - 89.6) \mu\text{m}$ ($n = 20$). Conidios hialinos, unicelulares, ovoides o elipsoidales $2.4 (2.4 - 3.6) \mu\text{m} \times 1.5 (1.4 - 1.8) \mu\text{m}$ ($n = 30$), figura 17. (Chen et al., 2017).

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329686) resultó con una similitud del 100% con el número de acceso de GenBank MN215618 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se

identificó a *Epicoccum laticollum* Q. Chen como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

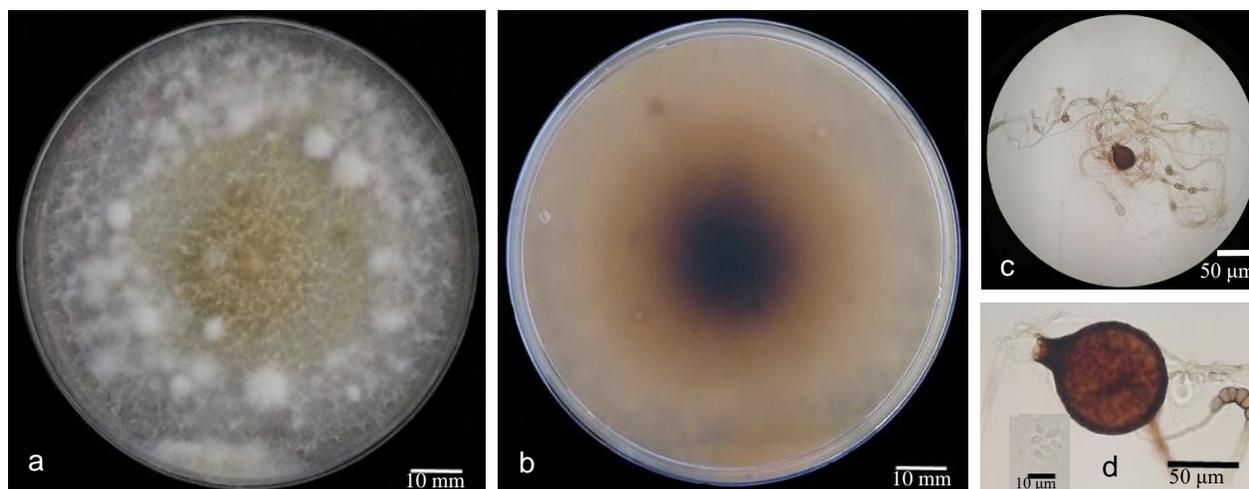


Figura 17. *Epicoccum laticollum* Q. Chen asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), micelio, picnidio y clamidosporas (c); picnidio y conidios (d).

E. laticollum se ha reportado en China causando pudrición de raíz en tabaco (*Nicotiana tabacum*), pudrición del tallo de maíz (*Zea mays* L.) y mancha foliar en una ornamental (*Elaeagnus pungens*) (Gai et al., 2020; Qi et al., 2021; Valenzuela et al., 2018 y Xu et al., 2022).

5.2.1.7 *Epicoccum sorghinum* (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley

= *Phoma sorghina*.

Epicoccum sorghinum (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley = *Phoma sorghina* a los 8 días en PDA las produjo colonias de color café en el centro y blanquecino a café claro hacia las orillas, a los 20 días se volvió de color café claro con gránulos blancos y café pálido distribuidos en el medio con exudados de color rosa oscuro y café. Su crecimiento fue regular, con textura algodonosa. En el envés se observó una pigmentación de color rojizo y con el tiempo presenta puntos de color café oscuro distribuidos en la caja Petri. Después de 20 días se observaron clamidosporas globosas, subglobosas y elipsoidales, unicelulares o multicelulares, de color café oscuro, intercalares o terminales, de $13.9 (9.8 - 19.1) \mu\text{m} \times 7.3 (2.9 - 10.2) \mu\text{m}$ ($n = 20$). En medio Agua agar a los 8 días se observaron picnidios globosos o subglobosos, ostiolados, de color café oscuro, de 112.7

(78.9 – 188.8) μm \times 92.1 (69.8 – 128.2) μm (n = 20). Conidios hialinos, unicelulares, ovoides, fusiformes o elipsoidales 3.98 (3.3 -4.6) μm \times 1.5 (1.4 – 1.8) μm (n = 30), figura 18.

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329684) resultó con una similitud del 99.8% con el número de acceso de GenBank MN215627 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Epicoccum sorghinum* (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.



Figura 18. *Epicoccum sorghinum* (Sacc.) Aveskamp, Gruyter & Verkley asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 8 días anverso (a) y reverso (b), picnidio y micelio (c), conidios (d), clamidosporas y micelio (e).

E. sorghinum también se ha aislado de semillas de sorgo y de la gramínea *Paspalum guenoarum* (Gasparetto et al., 2017 y de Oliveira et al., 2018).

5.2.1.8 *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc.

Teleomorfo: *Gibberella intricans* Wollenweber

Fusarium equiseti (Corda) Sacc. a los doce días en PDA produjo colonias de color amarillo claro con la periferia blanquecina, con crecimiento irregular, micelio aéreo esponjoso. El envés con pigmentación amarilla en el centro y las orillas blanquecinas. Macroconidios hialinos con 4-6 septos, con ligera curvatura dorsiventral, la célula apical alargada y la basal en forma de pie de 31.9 (17.4 – 43.3) μm \times 3.0 (2.0 – 4.5) μm ; (n = 50). No se observaron microconidios, figura 19. Estas características coinciden con las descritas por Leslie y Summerell, 2006.

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329679) resultó con una similitud del 100% con el número de acceso de GenBank MT558602 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

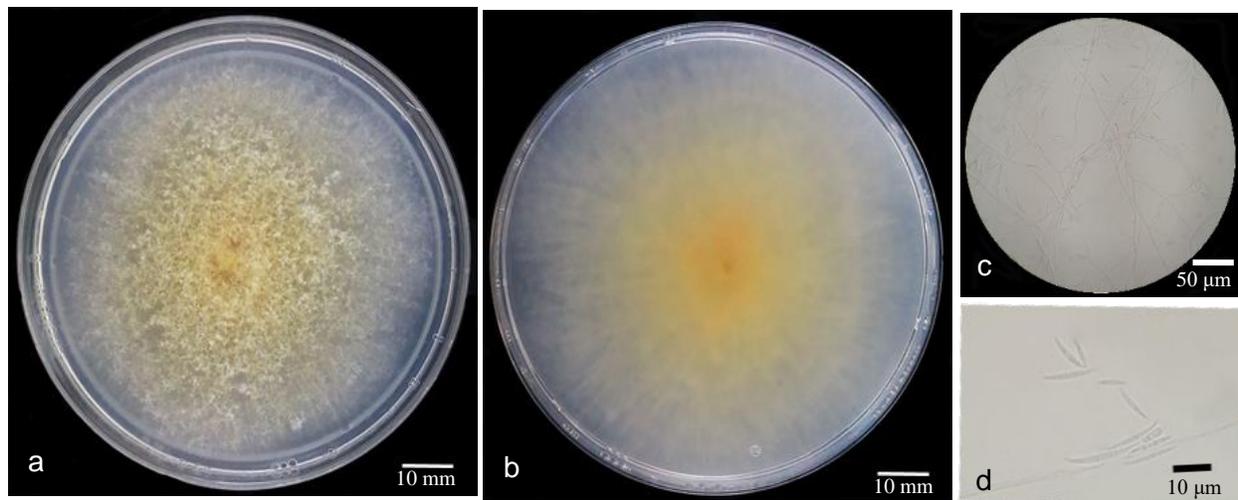


Figura 19. *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), micelio y conidios (c) y conidios (d).

F. equiseti se reporta asociado al “manchado del grano” de arroz en países como, Tanzania, Bangladés, India y Venezuela (Kwaloe et al., 2018; Mohana et al. 2011; Morillo et al, 2011 y Sultana et al., 2020) con incidencia de 12.5-31%.

5.2.1.9 *Fusarium oxysporum* Schltdl

Fusarium oxysporum Schltdl produjo colonias a los doce días en medio PDA con crecimiento irregular, compacta con textura algodonosa, de color rosa pálido, el envés de color rosa en el centro y las orillas más claras. Macroconidios abundantes, ligeramente curvados dorsoventralmente con 5-6 septos con la célula apical redondeada o roma y la célula basal parecida a un pie, hialinos. De 22.5 (12.8 – 32.2) μm x 3.3 (2.5 – 4.1) μm (n = 50). Microconidios de forma oval, generalmente sin septos, hialinos de 5.8 (4.2 -9.3) μm x 3.4 (2.8 – 5.2) μm (n =50), figura 20. Estas características coincidieron con las descritas por Leslie y Summerell, 2006.

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329680) resultó con una similitud del 99.8% con el número de acceso de GenBank FJ867936 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Fusarium oxysporum* Schltdl como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

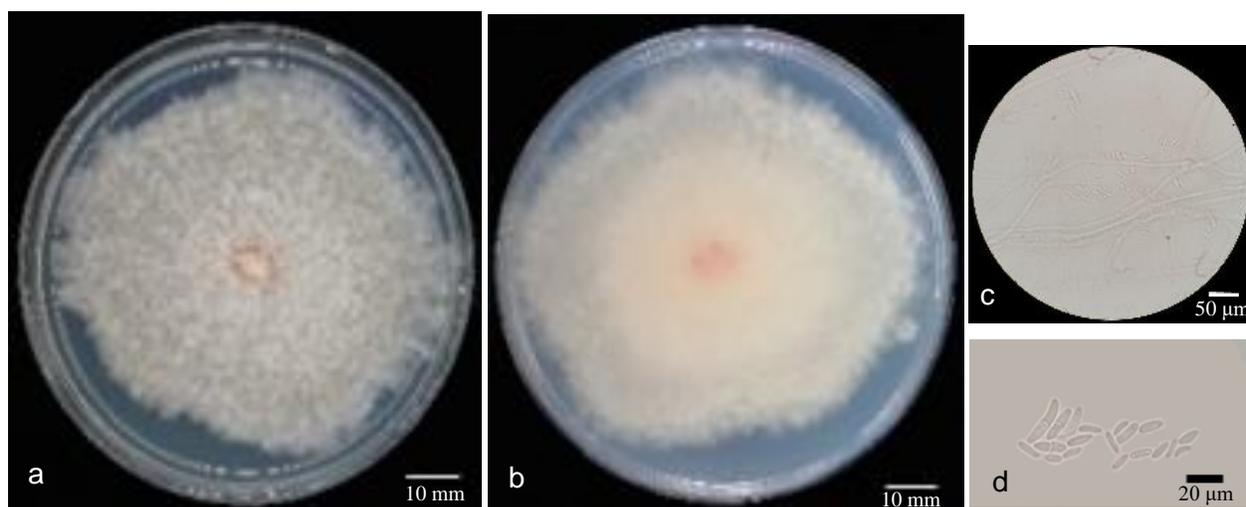


Figura 20. *Fusarium oxysporum* Schltdl asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), micelio y conidios (c) y conidios (d).

F. oxysporum se ha aislado de semillas con manchado del grano en Estados Unidos de Norteamérica, Togo, Senegal, Pakistán, Nigeria, India, Bangladés y Camerún (Akram & Shahzad, 2019; Dossou, et al., 2018; Yusuf et al., 2019; Kumar et al., 2017; Naher et al., 2016), con incidencia de 1.25 a 45%.

5.2.1.10 *Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg

Teleomorfo: *Gibberella intermedia* (Kuhlman) Samuels,

Fusarium proliferatum (Matsushima) Nirenberg produce colonias a los doce días en PDA con crecimiento irregular y micelio aéreo abundante blanco a rosa claro, compacto, con el tiempo se volvió color violeta, El envés presentó una pigmentación de color violeta en el centro y más claro en la periferia. Hifas hialinas septadas. Los microconidios fueron abundantes fusiformes a ovalados, hialinos, aceptados de 5.8 (3.6 – 7.5) μm x 2.3 (1.5 – 3.3) μm (n = 50), no se produjeron

macroconidios, figura 21. Estas características coincidieron con las descritas por Leslie y Summerell, 2006.

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329681) resultó con una similitud del 100% con el número de acceso de GenBank MT560218 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

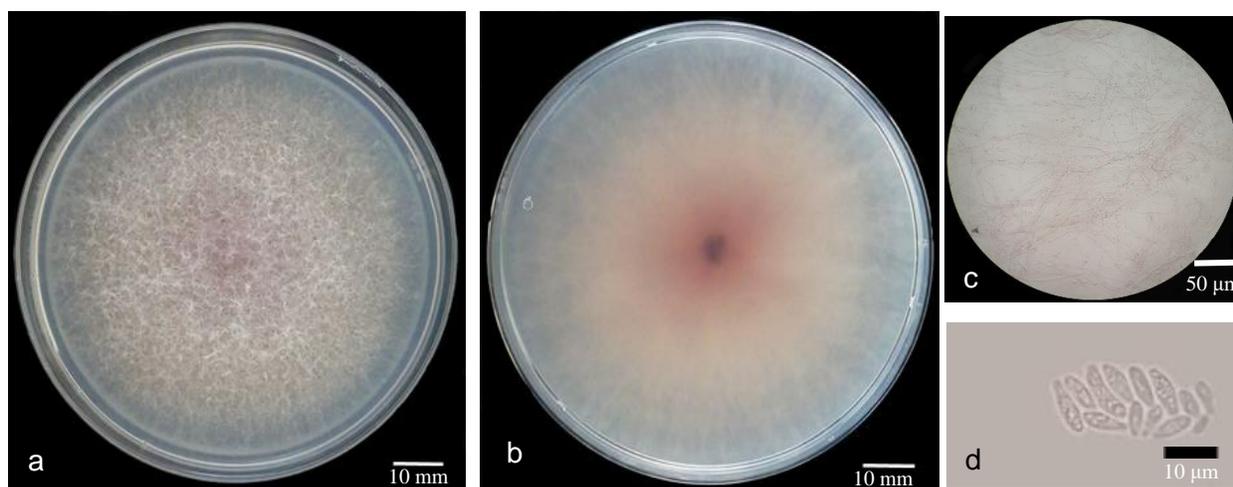


Figura 21. *Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los doce días anverso (a) y reverso (b), micelio y conidios (c) y conidios (d).

Se ha reportado que *F. proliferatum* se ha aislado de semillas con “manchado del grano” en India, Bangladés y México (Sultana et al., 2020; Mohana et al., 2011 y Hernández et al., 2012).

5.2.1.11 *Hypoxyton griseobrunneum* (B.S. Mehrotra)

Teleomorfo = *Nodulisporium griseobrunneum*

Hypoxyton griseobrunneum (B.S. Mehrotra) produce colonias los doce días en PDA con crecimiento regular y textura aterciopelada al inicio después presentó un aspecto polvoriento, de color café al centro y las orillas blanquecinas, el envés con el centro café y las orillas blanquecinas. Hifas hialinas septadas y ramificadas. Conidióforos subhialinos, ramificados de 77.6 (23.2 -171.9)

$\mu\text{m} \times 2.1$ (1.7 - 3.3) μm (n = 20). Conidios hialinos a subhialinos ovalados o elipsoidales, de 4.4 (3.2 – 6.5) $\mu\text{m} \times 2.4$ (1.7 – 3.4) μm , (n = 30), figura 22. (Vanam et al., 2020 y Kuhnert et al., 2013).

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329688) resultó con una similitud del 100% con el número de acceso de GenBank MH865231 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Hypoxylon griseobrunneum* (B.S. Mehrotra) como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

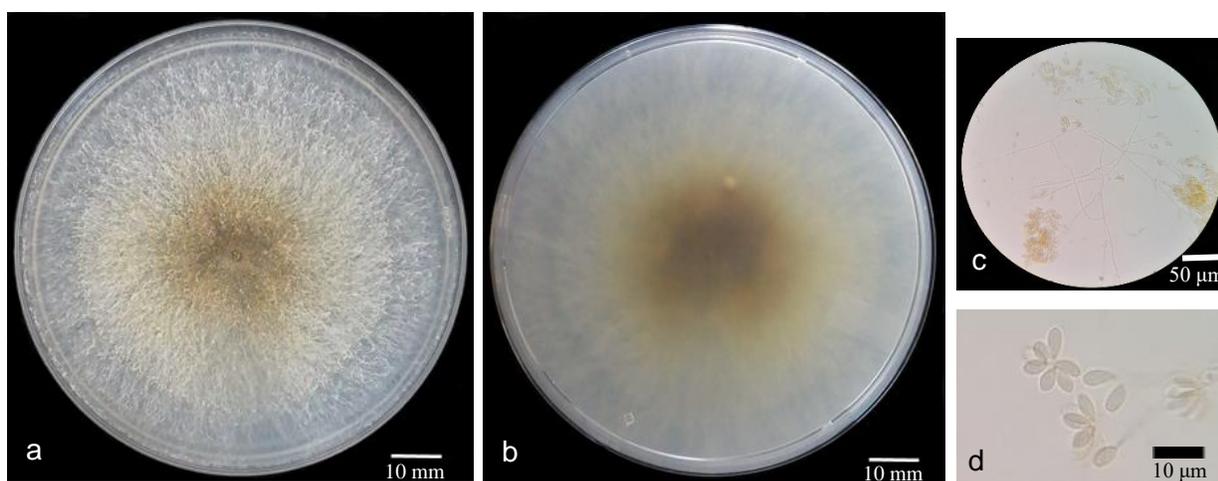


Figura 22. *Hypoxylon griseobrunneum* (B.S. Mehrotra) asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), micelio y conidios (c) y conidios (d).

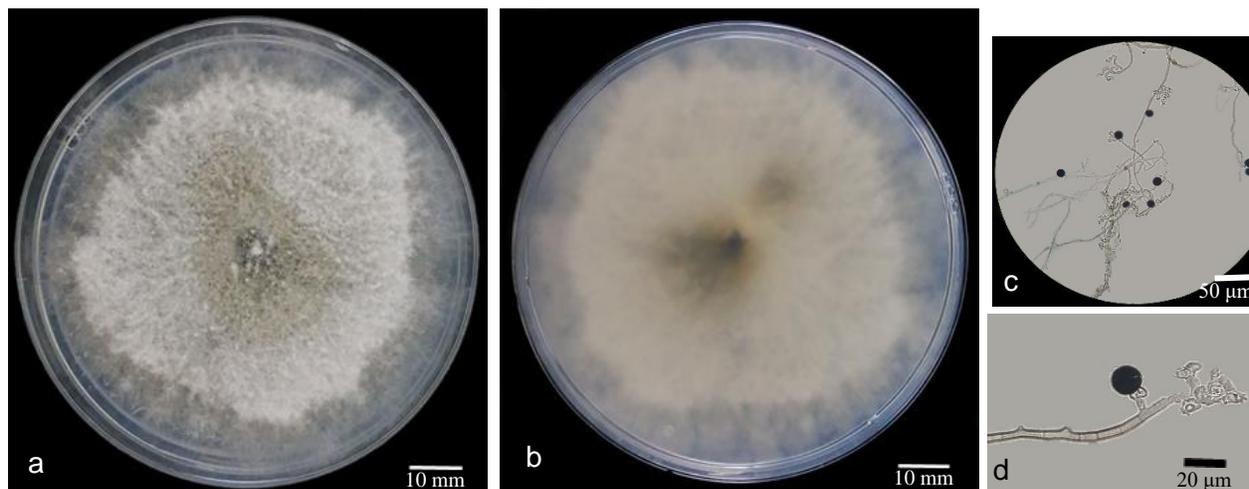
5.2.1.12 *Nigrospora oryzae* Berk. & Broome.

= *Monotospora oryzae*, Berk. & Broome.

Nigrospora oryzae Berk. & Broome a los doce días en medio PDA produjo colonias con márgenes irregulares, compacta, con textura flocosa, de color blanco a gris oscuro gradualmente desde el centro de la caja. En el envés el centro gris oscuro y hacia la orilla blanco. Hifas septadas, hialinas, que con la edad se vuelven de color café, ramificadas de 2.9 (1.7 – 4.0) μm (n = 30). Conidióforos micronematosos, flexuosos o rectos, septados, hialinos o café claro, a veces reducidos a células conidiógenas de 6.6 (5.0 - 8.8) $\mu\text{m} \times 5.5$ (4.0 – 6.5) μm (n = 30). Los conidios de color negro brillante, unicelulares, solitarios, esféricos, subsféricos o elípticos, lisos de 10.1 (8.1 – 11.9) μm

$\times 8.8$ (7.1 – 10.8) μm ($n = 30$), figura 23. Estas características coincidieron con las descritas por Wang et al., 2017.

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329683) resultó con una similitud del 100% con el número de acceso de



GenBank MK311280 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Nigrospora oryzae* Berk. & Broome como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

Figura 23. *Nigrospora oryzae* Berk. & Broome asociada al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c); conidios (d).

N. oryzae ha sido reportado con incidencia del 1 al 20% en grano, en países como Argentina, Pakistán, Nigeria y Bangladés (Akram & Shahzad, 2019; Aurangzeb et al 2014; Deb et al., 2018; Pincirolì et al., 2013; Bolanle et al., 2019 y Sultana et al., 2020).

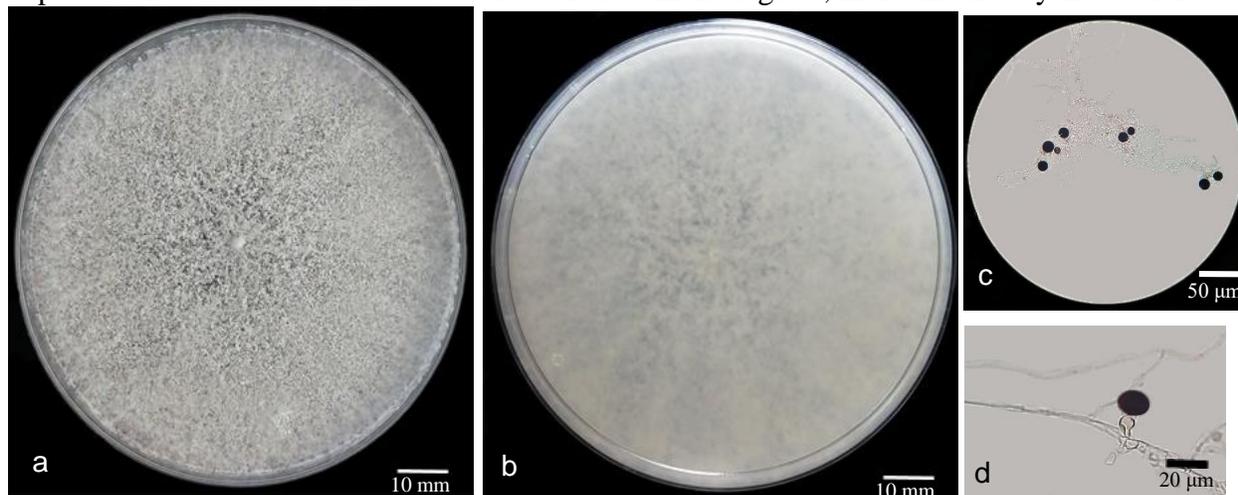
5.2.1.13 *Nigrospora sphaerica* (Sacc.) EW Mason

= *Thichosporum sphaericum* Michelia

Nigrospora sphaerica (Sacc.) EW Mason en PDA a los doce días produjo inicialmente colonias blancas, después se volvieron gris cuando inició la esporulación, compactas, de textura lisa a ligeramente lanosa, presentando el reverso blanco. Hifas hialinas, septadas, lisas, ramificadas, 3.0 (2.3 – 4.1) μm ($n = 30$) de diámetro. Los conidióforos son septados, micronematosos, hialinos a

café claro, flexuosos o rectos de 8.5 (5.2 – 17.0) μm x 7.1 (4.3 – 15.0) μm (n = 30). Los conidios se forman generalmente solitarios, lisos, sin septos, esféricos o subesféricos de color negro brillante, de 12.5 (8.7 -15.8) μm x 11.4 (8- 15.6) μm (n = 30), figura 24. Características descritas por Wang *et al.*, (2017).

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329687) resultó con una similitud del 100% con el número de acceso de GenBank MT466514 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se



identificó a *Nigrospora sphaerica* (Sacc.) EW Mason como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

Figura 24. *Nigrospora sphaerica* (Sacc.) EW Mason asociada al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c), conidios (d).

N. sphaerica también ocasiona síntomas foliares en diversas especies como: en fresno (*Fraxinus* sp.), carrizo (*Phragmites australis*) y *Cirsium setosum* en China (Hao et al., 2020), en fruta del dragón (*Phragmites australis*) en Malasia (Kee et al., 2019) y en Pakistán en palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) y en la mandarina Kinnow (Alam et al., 2017 y Alam et al., 2020).

5.2.1.14 *Penicillium verrucosum* Dierckx.

Penicillium verrucosum Dierckx produjo colonias a los doce días en medio PDA, el haz con crecimiento regular, compacta, afelpada y flocosa, con aspecto granular, de color amarillo con la orilla blanquesina, el envés de color amarillo intenso a amarillo claro hacia la periferia y la orilla

blanquesina. Hifas hialinas, septadas. Conidios globosos, hialinos y en cadenas, figura 25. (Demjanová et al., 2021).

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329678) resultó con una similitud del 99% con el número de acceso de GenBank KF498867 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Penicillium verrucosum* Dierckx como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

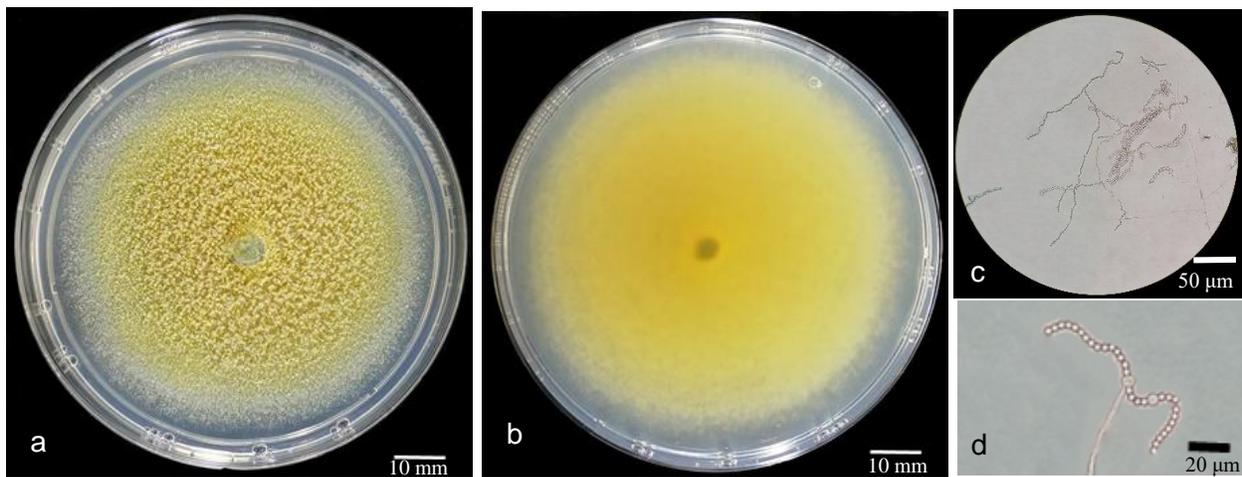


Figura 25. *Penicillium verrucosum* Dierckx asociado al manchado del grano de arroz. Colonia en pda a los 12 días anverso (a) y reverso (b), conidios y micelio (c); conidios(d).

5.2.1.15 *Schizophyllum commune*

Schizophyllum commune produjo colonias a los doce días en PDA compactas, de textura flocosa, de gris claro al centro y blancas en la periferia, en el envés las colonias mostraron un color negro de forma irregular, tornándose café claro hacia la periferia y blanco en la orilla. Solo se observaron hifas hialinas septadas, figura 26.

La región espaciadora transcrita interna del ADNr (ITS4 y ITS5) obtenida en los aislamientos (número de acceso ON329677) resultó con una similitud del 99.8% con el número de acceso de GenBank MN783217 de acuerdo a los resultados de BLAST. La secuencia del aislamiento se depositó en el GenBank. En base a características morfológicas, morfométricas y moleculares se identificó a *Schizophyllum commune* como un hongo asociado al manchado del grano de arroz.

Schizophyllum commune, hongo basidiomiceto se encuentra en madera podrida y tienen como sustrato al menos 150 géneros de plantas leñosas, *S. commune* se ha reportado como patógeno en árboles vivos como cítricos (Russo et al., 2012), manzano (Takemoto et al., 2010 y Lahbib et al., 2016) y olivo (Úrbez-Torres et al., 2012). También puede afectar otros tejidos y órganos vivos de las plantas, como la semilla de palma de aceite, rizomas de camote (*Ipomea batata*), caña de azúcar (*Shaccharum* sp.) y algunos frutos (Takemoto 2010).

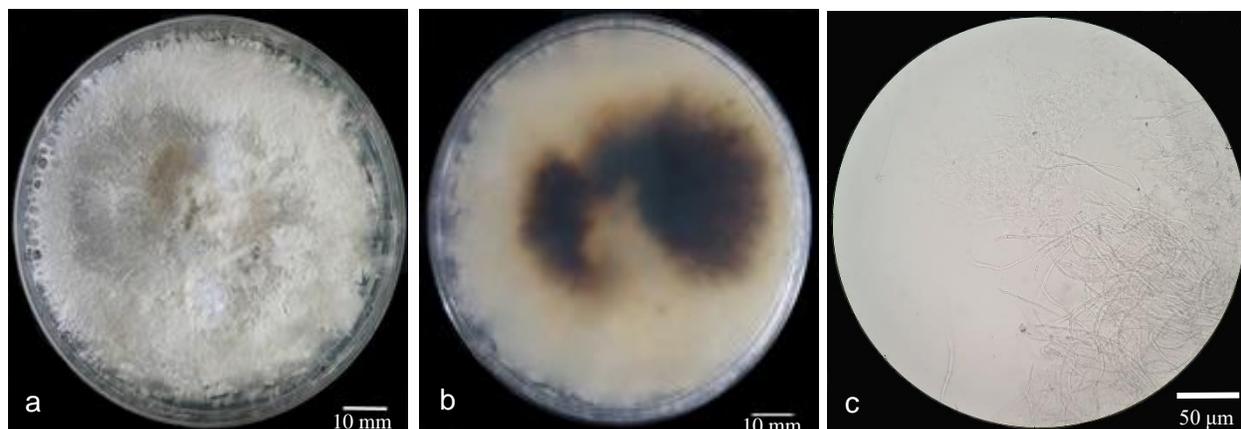


Figura 26. Colonia y características morfológicas de *Schizophyllum commune*: **a y b** colonia en PDA, anverso y reverso; **c** micelio.

Se aislaron 15 hongos del grano manchado: *Bipolaris oryzae*, *Alternaria alternata*, *Curvularia lunata*, *C. tuberculata*, *C. pseudobrachyspora*, *Epicoccum sorghinum*, *E. laticollum*, *Fusarium equiseti*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *Nigrospora oryzae*, *Nigrospora sphaerica*, *Penicillium berrucosum*, *Hypoxylon griseobrunneum* y *Schizophyllum commune*.

En general los hongos que se presentaron con mayor frecuencia fueron *Curvularia lunata* con 37.4 %, *Bipolaris oryzae* 13.9 %, *Nigrospora sphaerica* 11.4 %, *Epicoccum sorghinum* 9.1 % y *Fusarium oxysporum* 7.3 % (Figura 27). Seephueak et al., (2019) señalan que *C. lunata* fue uno de los hongos que aislaron con mayor frecuencia de granos de arroz en Tailandia, con una incidencia de 50 %, también lo aislaron de tallos y hojas durante todo el desarrollo del cultivo; en Pakistan, se observó una incidencia de 0.6 a 8.5 % de *C. lunata* en diversas muestras de grano de arroz (Akram & Shahzad, 2019), Deb y Khair (2018) reportan esta especie en Bangladés con una incidencia de 6.5-42.5 % en grano de arroz en 40 variedades. *Bipolaris oryzae* se ha reportado como una de las especies de hongos que ocasionan el manchado del grano y semilla en Bangladés, Chad, Cuba, Egipto, Ghana, India, México, Pakistán, Tanzania e Irán (Deb y Khair., 2018;

Signaboubo et al., 2016; Rivero et al., 2012; Ibrahim et al., 2014; Aidoo et al., 2015; Naveen kumar et al., 2016; Salazar et al., 2019; Akram & Shahzad, 2019; Kwaloe et al., 2018; Monajjem et al., 2014). *Nigrospora sphaerica* se aisló con una frecuencia 35.7 % de granos de arroz en Tailandia (Seephueak et al., 2019); Hossain et al., (2015) reportan esta especie de granos de arroz en Sudáfrica, también señalan que aislaron *Phoma sorghina* (Sin. *Epicoccum sorghinum*) de muestras foliares y de grano de arroz; en Himachal Pradesh aislaron *Phoma sorghina* de semillas de arroz con una incidencia de 2-23% utilizando el método de placa de agar y por el método de papel secante del 1-71% (Sharma y Kapoor, 2016).

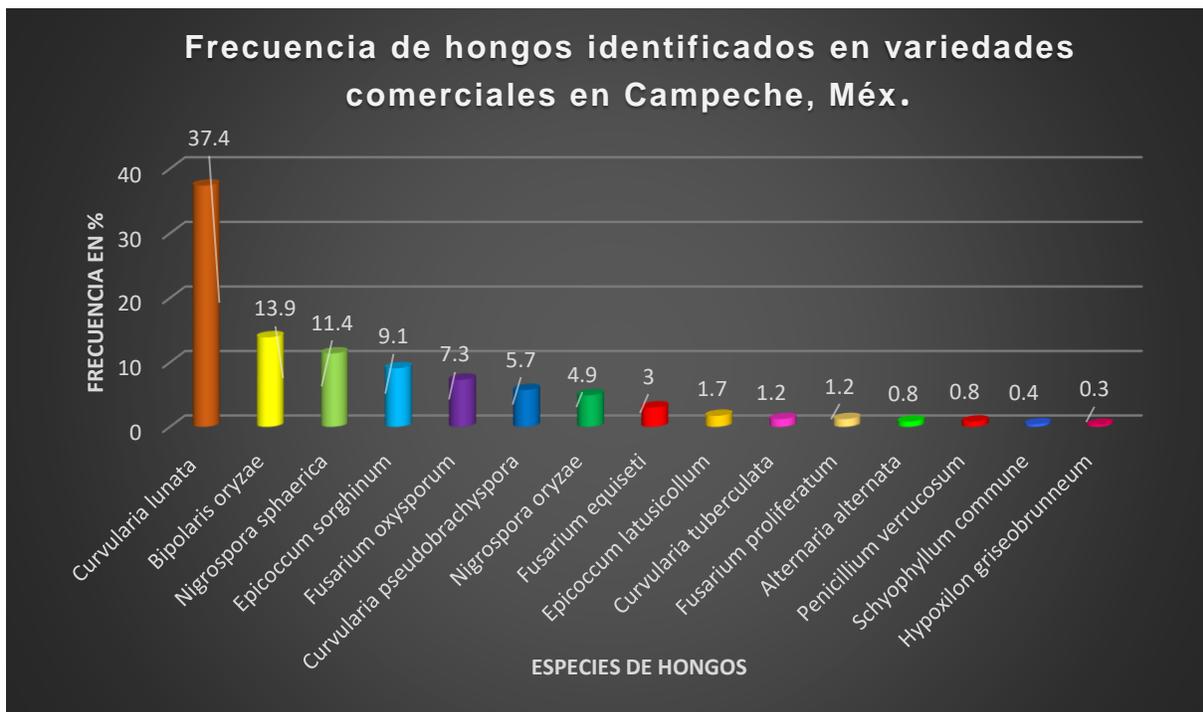


Figura 27. Frecuencia de hongos identificados en semilla de arroz en variedades comerciales en Campeche, México.

Curvularia lunata se presentó con una frecuencia que varió de 20.4 a 62.7 % en las diferentes variedades, seguida de *Bipolaris oryzae* (0 a 51%). El hongo que se presentó con menos frecuencia fue *Hypoxylon griseobrunneum* de 0 a 0.5% (Cuadro 5).

De las variedades Morelos A-98 e Irga 424 se aislaron todas las especies de hongos identificados e Iniflar R presentó menos especies (Cuadro 8). Hernández et al., (2012) reportan que en grano de la variedad Morelos A-98, proveniente de tres molinos en Morelos, México, se aislaron once especies de hongos (*Cochliobolus miyabeanus*, *Curvularia lunatus*, *Alternaria alternata*, A.

solani, *Fusarium proliferatum*, *F. moniliforme*, *Curvularia* spp., *Cladosporium cladosporioides*, *Rhizopus* sp., *Rhizoctonia* sp. y *Aspergillus* sp.), de la variedad Irga 424 no hay reportes y de Iniflar R se señala que es resistente a *Pyricularia oryzae* Cay. y moderadamente resistente al manchado del grano (Álvarez et al., 2016). También se reportan con moderada resistencia al manchado del grano las variedades Iniflar R-T y Pacífico (Barrios et al., 2016; Hernández et al., 2019).

Cuadro 8. Frecuencia de hongos aislados de variedades comerciales en Campeche, México.

Hongos	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	Media (%)
<i>Alternaria alternata</i>	0.9	--	1.3	1.4	0.9	0.4	2.1	1.0	0.4	--	0.8
<i>Bipolaris oryzae</i>	11.3	10.7	4.8	11.6	9.1	51.0	2.6	--	10.9	22.2	13.4
<i>Curvularia lunata</i>	27.8	35.8	43.2	45.6	34.6	20.4	62.7	54.2	29.7	26.9	38.1
<i>Curvularia pseudobrachyspora</i>	0.9	7.0	4.8	4.7	6.1	2.5	8.8	4.9	10.0	7.9	5.8
<i>Curvularia tuberculata</i>	0.4	0.9	--	0.9	1.7	1.3	0.5	1.5	2.2	2.8	1.2
<i>Epicoccum laticollum</i>	8.7	1.9	0.4	0.5	0.9	0.8	1.6	--	1.3	1.9	1.8
<i>Epicoccum sorghinum</i>	27.8	13.0	6.6	8.4	1.7	1.7	8.8	12.8	5.2	6.0	9.2
<i>Fusarium equiseti</i>	2.6	4.7	3.9	0.5	6.1	1.3	1.6	2.5	4.4	2.8	3.0
<i>Fusarium oxysporum</i>	3.5	4.2	13.5	7.0	7.4	1.3	--	3.4	20.5	11.1	7.2
<i>Fusarium proliferatum</i>	0.4	0.5	0.9	1.4	1.7	--	0.5	2.0	3.1	1.9	1.2
<i>Hypoxylon griseobrunneum</i>	0.4	--	--	--	--	--	--	--	0.4	0.5	0.1
<i>Nigrospora oryzae</i>	1.7	3.3	13.1	6.0	9.5	0.4	3.6	3.9	1.7	5.1	4.8
<i>Nigrospora sphaerica</i>	5.7	16.7	6.6	11.6	19.5	17.1	6.2	12.3	7.9	9.7	11.3
<i>Penicillium verrucosum</i>	0.9	0.5	0.4	0.5	0.4	1.7	0.5	0.0	1.7	0.9	0.8
<i>Schyophyllum commune</i>	0.4	0.5	0.4	--	0.4	--	--	--	1.0	0.5	0.3

V1: Morelos A-98, V2: Milagro Filipino (Nay.), V3: Sauta Delgado, V4: Pacífico, V5: Milagro Filipino (Tamps.), V6: Aztecas (Tamps.), V7: Iniflar R-T, V8: Iniflar R, V9: Irga 424, V10: Aztecas (Campeche)

Curvularia lunata se presentó con mayor frecuencia en Iniflar R-T y con menor en Aztecas (Tamps.); *Bipolaris oryzae* tuvo mayor frecuencia en Aztecas (Tamps.) y no se presentó en Iniflar R (Cuadro 8).

Alternaria alternata tuvo mayor frecuencia en Iniflar R-T y no se presentó en Milagro Filipino (Tamps.) y en Aztecas (Campeche) (Cuadro 8). Este hongo ha sido reportado con incidencia del 3 al 49% en grano, en países como Argentina, Pakistán, México, Sud África, India, Bangladés, Chad

y Tanzania (Pincirolí et al., 2013; Rehman et al., 2018; Hernández et al., 2012; Hossain et al., 2015; Sharma et al., 2016; Sultana et al., 2020; Signaboubo et al., 2016; Kwaloe et al., 2018).

Curvularia pseudobrachyspora tuvo mayor frecuencia en Irga 424 y menor en Mor A-98; *Curvularia tuberculata* tuvo una alta frecuencia en Aztecas (Campeche) y no se presentó en Sauta Delgado (Cuadro 8); Thamer y Kadem (2018) reportaron una incidencia de *C. tuberculata* del 28.5% en semilla de arroz, en Irak. Esta especie de hongo también puede ocasionar síntomas foliares en arroz (Majeed et al., 2016).

Epicoccum latusicollum se presentó con mayor frecuencia en Morelos A-98 y no se presentó en Iniflar R; *Epicoccum sorghinum* se tuvo alta frecuencia en Morelos A-98 y con menor en Milagro Filipino (Nayarit) (Cuadro 8).

Fusarium equiseti se presentó con mayor frecuencia Milagro Filipino (Nayarit) y con menor en Pacífico; *Fusarium oxysporum* tuvo alta frecuencia en Irga 424 y no se presentó en Iniflar RT; *Fusarium proliferatum* tuvo mayor frecuencia en Irga 424 y no se presentó en Aztecas (Tamps.); *Hypoxylon griseobrunneum* tuvo mayor frecuencia en Aztecas (Campeche) y no se presentó en Milagro Filipino (Tamps.), Sauta Delgado, Pacífico, Milagro Filipino (Nayarit), Aztecas (Tamaulipas), Iniflar R e Iniflar R-T (Cuadro 8).

Nigrospora oryzae tuvo alta frecuencia en Sauta Delgado y menor en Aztecas (Tamps.) (Cuadro 8); Seephueak (2019) y colaboradores reportan que en Tailandia *N. oryzae* fue de las principales especies de hongos que se aislaron de grano de arroz manchado, con una frecuencia de 21.41%. Por su parte Yadahalli et al., (2018) señalan que *N. oryzae* es uno de los patógenos responsables del manchado del grano del arroz, junto con *Aspergillus niger*, *Bipolaris oryzae*, *Alternaria padwickii* y *Burkoldaria oryzae* en la India.

Nigrospora sphaerica tuvo mayor frecuencia en Aztecas (Tamps.) y menor en Morelos A-98; *Penicillium verrucosum* se presentó con mayor frecuencia en Irga 424 y no se presentó en Iniflar R (Cuadro 8); *P. verrucosum* es endémico en la avena, la cebada, el trigo y el centeno en Europa y Canadá. Es un hongo que ocasionalmente se aísla en zonas templadas, generalmente se encuentra en climas fríos y en cereales (Pitt, 2014). *P. verrucosum* se aisló en 0.30, 0.19 y 0.05 % de granos de avena en 2014, 2015 y 2016 en Dakota del Sur, Estados Unidos, con una incidencia que osciló entre el 1 y el 16 % (Dhungana et al., 2018). Kulik (2014) y colaboradores analizaron

los niveles de *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium* y *Penicillium verrucosum* en granos de centeno, cebada y trigo en el Norte de Polonia, encontrando que de *Alternaria* y *P. verrucosum* fueron más altos en centeno y trigo. No hay reportes en arroz.

Schyophyllum commune tuvo mayor frecuencia en la variedad Irga 424 y no se presentó en Pacífico, Aztecas (Tamps), e Iniflar R-T (Cuadro 8).

Curvularia lunata mostró la frecuencia porcentual media más alta (38.1), seguida de *Bipolaris oryzae* con 13.4 y *Nigrospora sphaerica* con 11.3; mientras que la frecuencia porcentual media más baja la presentó *Hypoxylon griseobrunneum* (0.1) (Cuadro 8).

La evaluación de la incidencia de una enfermedad, la severidad, así como la pérdida de rendimiento en un cultivo es información importante para tomar decisiones sobre su manejo o futuras investigaciones. Muchas de las variedades que se siembran comúnmente en México son susceptibles al “manchado del grano”, por lo que todas las variedades que se utilizaron en la presente investigación fueron afectadas por esta enfermedad. Los resultados de las variables agronómicas que se midieron en este estudio se describen a continuación.

5.2.2 Incidencia del manchado del grano

La incidencia del manchado del grano en todas las variedades fue mayor al 90%. Las variedades Morelos A-98, Irga 424 y Pacífico tuvieron 100% de incidencia (Cuadro 9). Todas las variedades probadas tienen una alta susceptibilidad a esta enfermedad, las variedades Iniflar R e Iniflar R-T presentaron la incidencia menor y en el análisis estadístico mostraron diferencia significativa respecto a las otras variedades.

5.2.3 Severidad del manchado del grano

La severidad varió de 4.9 a 25.5% en las variedades estudiadas. En el análisis de las variedades se observan en dos grupos, el primero conformado por la variedad Mor A-98 que presenta la severidad más alta y el segundo grupo con el resto de variedades donde Sauta Delgado (12.2%) y Pacífico (11.6%) presentan la severidad más alta e Iniflar R la severidad más baja (Cuadro 9).

5.2.4 Porcentaje de grano manchado

El porcentaje de grano manchado varió de 19.2 a 74.5%. La variedad Morelos A-98 presentó el porcentaje más alto de grano manchado, seguida de Aztecas (Tamaulipas) con 37.4%. Iniflar R-T presentó la severidad más baja con 19.2% (Cuadro 9).

5.2.5 Pérdida de peso

El peso de granos sanos por espiga fue significativamente más alto que el de los granos manchados en todas las variedades. El porcentaje de pérdida de peso de grano fue de 11.6% a 76%. La variedad que presentó el porcentaje más alto fue Morelos A-98, seguida de Aztecas (Tamaulipas) con 28.5% e Irga 424 con 28%. La variedad Iniflar R-T presentó el porcentaje más bajo (11.6%) en la pérdida de peso (Cuadro 9).

5.2.6 Rendimiento

El rendimiento que se obtuvo por variedades en el experimento varió de 18.32 a 9.04 ton ha⁻¹, siendo la variedad Aztecas (Campeche) la que presentó el mayor rendimiento, seguida de Aztecas (Tamaulipas), Iniflar R y Milagro Filipino (Tamaulipas) con 15.4 ton ha⁻¹. Las variedades Sauta Delgado (10.53) y Morelos A-98 (9.04) tuvieron el rendimiento más bajo (Cuadro 9).

5.2.7 Peso hectolítrico

El peso hectolítrico de las variedades varió de 55.87 a 46.74 Kg/HL. La variedad Milagro Filipino (Nayarit) tuvo el peso hectolítrico más alto, seguidos de Aztecas (Campeche) con 54.69 Kg/HL y Milagro Filipino (Tamaulipas) con 54.36 Kg/HL. La variedad que presentó el peso hectolítrico más bajo fue Pacífico (Cuadro 9).

Cuadro 9. Incidencia, severidad, y efecto del manchado del grano de arroz.

Variedades	Incidencia (% Prom.)	Severidad (% Prom.)	% Grano Manchado	Pérdida de peso (%)	Rendimiento Tonha ⁻¹	Peso hect. (Kg/HL)
Morelos A-98	100 ^{a*}	25.493 ^a	74.5 ^a	76 ^a	9.04 ^c	49.72 ^{ef}
Milagro F. (Nay.)	98 ^a	8.598 ^b	24.8 ^{bc}	18 ^{bc}	13.876 ^b	55.877 ^a
Sauta Delgado	99.25 ^a	12.270 ^b	32.7 ^{bc}	20.2 ^{bc}	10.536 ^c	51.243 ^{de}
Pacífico	100 ^a	11.608 ^b	31 ^{bc}	20.4 ^{bc}	13.919 ^b	46.743 ^f
Milagro F. (Tamps.)	97 ^a	5.515 ^b	23.9 ^{bc}	18.6 ^{bc}	15.402 ^b	54.365 ^{abc}
Aztecas (Tamps.)	98.5 ^a	7.628 ^b	37.4 ^b	28.5 ^b	15.484 ^b	52.945 ^{abcd}
Iniflar R-T	91.5 ^b	5.435 ^b	19.2 ^c	11.6 ^c	14.65 ^b	52.425 ^{bcde}
Iniflar R	91.5 ^b	4.890 ^b	28 ^{bc}	20 ^{bc}	15.455 ^b	52.405 ^{bcde}
Irga 424	100 ^a	9.755 ^b	35.6 ^{bc}	28 ^b	10.903 ^c	51.265 ^{cde}
Aztecas (Camp.)	97 ^a	7.018 ^b	33.8 ^{bc}	27.8 ^b	18.328 ^a	54.693 ^{ab}

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a $p \leq 0.05$.

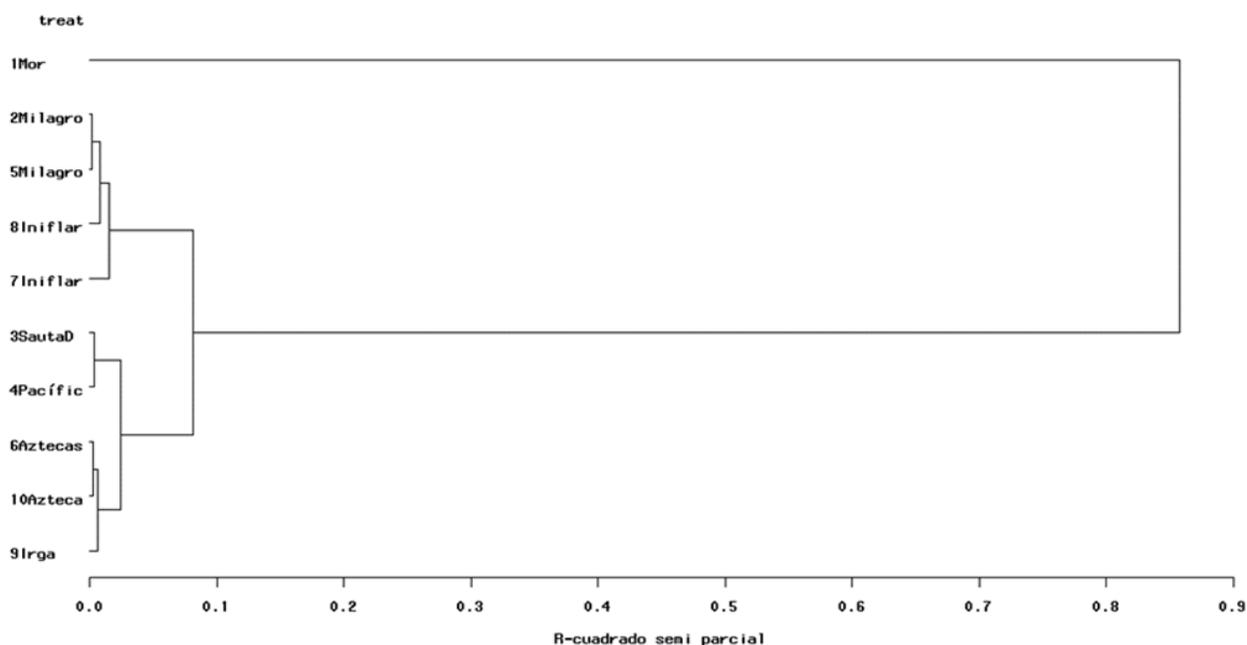


Figura 28. Dendrograma de 8 variedades de arroz, dos de éstas con semillas de 2 procedencias, sembradas en Campeche, México, construido con el programa SAS con distancia euclidiana derivada de seis variables.

En el análisis de conglomerados (Figura 28) se observan dos grupos en los que la variedad Morelos A-98 integra un grupo, El otro grupo se subdivide en dos subgrupos, el primero conformado por Milagro Filipino (Camp.), Milagro Filipino (Tamps.), Iniflar R e Iniflr R-T que presentan una susceptibilidad semejante al manchado del grano; el segundo grupo está conformado por el resto de variedades. En el Dendograma se observa que Morelos A-98 es la variedad más susceptible, seguida de Milagro Filipino (Tamps. y Nayarit) e Iniflar R, mientras que la variedad Irga es la menos susceptible, después de Aztecas (Campeche y Tamps.).

Los síntomas de la enfermedad de “grano manchado” se puede presentar en la parte interna del grano o externamente en las glumas o en ambas. Ashfaq et al. (2017) y Dirchwolf et al. (2018) señalan que las condiciones climáticas favorables para que se presente esta enfermedad son alta humedad relativa, alta temperatura, vientos fuertes durante la floración, lluvia durante la madurez del grano y períodos de poca luz. El “grano manchado” es ocasionado por microorganismos, tanto patógenos como saprófitos, lo que lo convierte en un problema complejo (Chhabra y Vij, 2020).

En México se ha prestado poca atención a esta enfermedad, por lo que se desconoce su efecto en el rendimiento de arroz. Por lo tanto, la estimación de la incidencia, severidad, % de grano manchado y rendimiento de variedades comerciales es información importante para conocer tanto la cantidad como la calidad de grano que se produce, lo que ayudará en la toma de decisiones futuras en el manejo e investigación de este cereal.

En la presente investigación se tuvo una incidencia del 90 al 100%, lo que coincide con lo que informan Baite y colaboradores (2020), quienes señalan que la incidencia de “grano manchado” en diferentes variedades de arroz en la India varió del 25 al 92%; Dirchwolf et al., (2018) observaron una incidencia de la enfermedad del 88-100% en Argentina. Por su parte, Raghu et al., (2020) señalan una incidencia máxima de 40.58% en variedades del Este de la India. En una investigación que se realizó en el 2017 en Andhra Pradesh, India, en todas las parcelas muestreadas se presentó la enfermedad con una severidad que varió del 19 al 36% (Rao et al., 2020). El porcentaje de incidencia varió de 12.21 a 46.66, en cinco distritos del estado de Karnataka, en la India y la severidad del 6.66 a 26.23% (Yadahalli, y Jyoti, 2018).

El “grano manchado” afecta el rendimiento debido al vaneo que ocasiona, la disminución en el poder germinativo, tamaño y vigor de las plántulas, así como la reducción en el número de

panículas y número de granos por panícula (Amini et al. 2016; Pinciroli et al., 2013 y Rodríguez et al., 2016). Baite et al., (2020) reportan una pérdida de rendimiento promedio del 18.9 % (0.1-60.2%).

VI. CONCLUSIONES

Con base en los resultados del presente trabajo, se realizaron las siguientes conclusiones:

- Se identificaron cuatro síntomas foliares, de los cuales se aislaron e identificaron siete especies de hongos: *Curvularia lunata*, *Nigrospora sphaerica*, *Penicillium verrucosum*, *Fusarium proliferatum*, *Fusarium oxysporum*, *Epicoccum sorghinum* y *Bipolaris oryzae*.
- La Mancha marrón fue ocasionada por *Curvularia lunata* tuvo una incidencia del 8-94%; El tizón de la hoja cuyo agente causal fue *Fusarium oxysporum* con una incidencia de 1-11%; la mancha parda fue ocasionada por *Bipolaris oryzae* tuvo una incidencia de 5-42% y una mancha ocasionada por *Curvularia lunata* y *Epicoccum sorghinum*, la cual tuvo una incidencia de 8-61%.
- Los hongos *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Epicoccum sorghinum* y *Fusarium oxysporum* se identificaron como fitopatógenos y por tanto responsables de los síntomas foliares; las variedades Aztecas de Tamaulipas, Irga 424 y Morelos A-98 presentaron mayor incidencia de los síntomas ocasionados por estos hongos.
- *E. sorghinum* es un fitopatógeno reportado recientemente en arroz y se determinó su presencia en México.
- Asociados al grano manchado se aislaron 15 especies de hongos: *Alternaria alternata*, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *C. tuberculata*, *C. pseudobrachyspora*, *Epicoccum sorghinum*, *E. laticollum*, *Fusarium equiseti*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *Hypoxylon griseobrunneum*, *Nigrospora oryzae*, *Nigrospora sphaerica*, *Penicillium verrucosum* y *Schizophyllum commune*. De los cuales 4 de ellos se identificaron también como patógenos que ocasionaron enfermedades foliares en este estudio (*B. oryzae*, *C. lunata*, *E. sorghinum* y *F. oxysporum*).

Se recomienda realizar las pruebas de patogenicidad para determinar cuáles de las 15 especies de hongos que se encontraron asociados a la semilla, ocasionan los síntomas de manchado del grano.

VII. LITERATURA CONSULTADA

- Agarwal V.K. and Sinclair J. B. (2014). Principles of Seed Pathology. Second edition. Lewis Publish. 2ers. India. Chapter 1 (30 pages) 538 pp, <https://doi.org/10.1201/9781482275650>
- Aguirre Álvarez, Eduardo; Wong Pérez, José de Jesús; Tavitas Fuentes, Leticia y Bautista Pérez, Cristobal Ervi (2013). Aztecas, variedad de arroz de grano largo delgado para el sur de Tamaulipas. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Las Huastecas. Folleto Técnico N° MX-0-310301-52.03-14-09-31. ISBM: 978-607-37-0031-3. [fecha de Consulta 31 de enero de 2022]. Disponible en: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/943.pdf>
- Ahmadpour, A., Castell-Miller, C., Javan-Nikkhah, M., Naghavi, M. R., Dehkaei, F. P., Leng, Y., Puri, K. D., & Zhong, S. (2018). Population structure, genetic diversity, and sexual state of the rice brown spot pathogen *Bipolaris oryzae* from three Asian countries. *Plant Pathology*, 67(1), 181–192. <https://doi.org/10.1111/ppa.12714>
- Ahmed M, Hossain M, Hassan K. & Dash CK. (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(3): 66-73. DOI: [10.13189/ujps.2013.010302](https://doi.org/10.13189/ujps.2013.010302)
- Aidoo A. K., Appiah-Kubi Z. & Bam R. K. (2015). Mycoflora associated with seeds of five rice (*Oryza sativa*) varieties in Ghana. *Greener Journal of Plant Breeding and Crop Science*, Vol. 3 (1), pp. 014-019. DOI <http://doi.org/10.15580/GJPBCS.2015.1.050415065>
- Akram, M. M. & Saleem S. (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*. Vol.16 No.2 pp.411-419. <http://www.ijbbku.com/assets/custom/j...>
- Alam S., Seth R. K. & Shukla D. N. (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 (2): 67-71 <https://doi.org/10.9790/2380-07826771>
- Alam, M. W., Rehman, A., Ahmad, S., Sarwar, M., Nawaz, A., Khan, S. M., ... & Mannan, A. (2020). First report of *Nigrospora sphaerica* causing leaf spot of date palm in Pakistan. *Journal of Plant Pathology*, 102(1), 223-223. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42161-019-00360-0>
- Alam, M. W., Rehman, A., Gleason, M. L., Riaz, K., Saira, M., Aslam, S., ... & Muhammad, S. (2017). First report of *Nigrospora sphaerica* causing leaf spot of Kinnow mandarin in Pakistan. *Journal of Plant Pathology*, 99(1). <https://www.researchgate.net/publication/315726647>
- Ali H. Z., Aboud H. M., Dheyab N. S., AbdulQader A. R., Mohammed A. S., Saood H. M., Obiad S. H. & Salman S. D. (2016). Detection and identification of mycobiota associated with

- rice in three districts of iraq. *International Journal of Phytopathology*.
<https://doi.org/10.33687/phytopath.005.01.1328>
- Álvarez Hernández, Juan Carlos; Tapia Vargas, Luis Mario y Tavitas Fuentes, Leticia (2016). Iniflar R, nueva variedad de arroz de grano largo delgado para regiones productoras de riego en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (17),3649-3654. [fecha de Consulta 31 de enero de 2022]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263149506020>
- Amatulli M. T., Spadaro D., Gullino M. L. & Garibaldi A. (2010). Molecular identification of *Fusarium* spp. associated with bakanae disease of rice in Italy and assessment of their pathogenicity. *Plant Pathology* 59, 839–844. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02319.x>
- Amini, M. M., Alizadeh, M. R., Padasht, F., Elahinia, S. A., & Khodaparast, S. A. (2016). Rice grain discoloration effect on physical properties and head rice yield in three rice cultivars. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 8(2), 283-288. <https://doi.org/10.3920/QAS2014.0582>
- Arazoe, T., Kuwata, S., Arie, T., Ohsato, S. (2014). Experimental evidence of a pathogenic change caused by homologous recombination between endogenous and introduced dysfunctional Avr-Pita genes in *Pyricularia oryzae*. *Journal of General Plant Pathology*. 80(2), pp. 153-157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10327-013-0502-2>
- Archana, B., & Prakash, H.S. (2013). Survey of seed-borne fungi associated with rice seeds in India. *International Journal of Research in Pure and Applied Microbiology* 2013; 3(1): 25-29. <http://www.urpjournals.com>
- Ashfaq M., Shaukat M.S., Akhter M., Haider M. S., Mubashar U. & Hussain S. B. (2015). Comparison of fungal diversity of local and exotic rice (*Oryza sativa* L.) germplasm for their seed health. *J. Anim. Plant Sci.* 25(5). 349-1357. <https://www.researchgate.net/publication/283992535>
- Ashfaq, M., Mubashar, U., Haider, M. S., Ali, M., Ali, A., & Sajjad, M. (2017). Grain discoloration: an emerging threat to rice crop in Pakistan. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(3). Disponible en: <http://thejaps.org.pk/docs/v-27-03/01.pdf>
- Aurangzeb W., Irshad G., Mehmood N. & Begum. (2014). A seed borne mycoflora associated with local and imported paddy seed lots in Pakistan, *Pak. J. Phytopathol*, 26 (02): 241-246. <http://www.pjp.pakps.com/index.php/PJP/article/view/115/80>
- Bagri P. K. & Bhale U. (2017). Influence of seed associated mycoflora on germination of maize and rice crops. *International journal of plant protection* volume 10: issue 1:42-46 DOI: 10.15740/HAS/IJPP/10.1/42-46
- Baite, M.S., Raghu, S., Prabhukarthikeyan, S.R., Keerthana, U., Jambulkar, N.N., Rath, P.C., (2020). Disease incidence and yield loss in rice due to grain discoloration. *J. Plant Dis. Prot.* <https://doi.org/10.1007/s41348-019-00268-y>

- Barnett HL and Hunter BB. (1972). Illustrated genera of imperfect fungi. 3Th Edition. Burgess Publishing Company, USA. 241 p.
- Barnwal M. K., Kotasthane A., Magculia N., Mukherjee P. K., Savary S., Sharma A. K., Singh H. B., Singh U. S., Sparks A. H., Variar M. & Zaidi N. (2013). A review on crop losses, epidemiology and disease management of rice brown spot to identify research priorities and knowledge gaps. *Eur J Plant Pathol* 136: 443–457 <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0195-6>
- Barrios Gómez, Edwin Javier, Hernández Aragón, Leonardo, Tavitas Fuentes, Leticia, Ortega Arreola, Rubén, Jiménez Chong, José Alfredo, Tapia, Luis Mario, Morelos, Víctor Hugo, Hernández Pérez, Anselmo, Esqueda Esquivel, Alberto Valentín, & Uresti Durán, Diana. (2016). INIFLAR RT, variedad de arroz de grano delgado para México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(4), 969-976. Recuperado en 31 de enero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000400969&lng=es&tlng=es.
- Barúa M, Quintana L y Ortiz A. (2019). Chemical control of rice brown spot (*Bipolaris oryzae*) in Paraguay. *Tropical Plant Research* 6(1):148–151. <https://doi.org/10.22271/tpr.2019.v6.i1.021>
- Bashyal, B. M. (2018). Etiology of an emerging disease: bakanae of rice. *Indian Phytopathology*, 71(4), 485–494. doi: <https://doi.org/10.1007/s42360-018-0091-2>
- Bhuiyan M. R., Rashid M. M., Khan M.A.I., Hoque M., Nessa B., Rafii M. Y. & Latif M. A. (2013). Eco-friendly management of seed borne fungi for sustainable crop production. *Life Sci J* 10(4):1640-1650. doi: 10.7537/marslsj100413.217
- Boka, A., Bouet, A., Tiendrebeogo, A., Kassankogno, A.I., Ouedraogo, I., Nda, G.N.E., Denezon, O.D. y Adiko, A. (2018). Pathogenic variability of *bipolaris oryzae* causing leaf spot disease of rice in West Africa. *Int. J. Phytopathol.* 07 (03) 103-110. DOI: <https://doi.org/10.33687/phytopath.007.03.2643>
- Bolanle T. E., Lurwanu Y., Sunusi M. & Sulaiman A.A. (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* Vol. 6 No. 3. <https://doi.org/10.29244/jtcs.6.03.145-152>
- Bordin L. C.; Casa R. T.; Marcuzzo L. L.; Reis E. M.; Gheller A.; Zancan R. L. and Fingstag M. D. (2016). Critical-point models to relate yield and disease intensity of the multiple pathosystem in rice leaf spots disease. *Ciencia Rural*, Santa Maria, v.46, n.1, p.7-12. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150310>
- Cao, Yang, Wei Ding, and Chang Liu. (2021). Unraveling the Metabolite Signature of Endophytic *Bacillus velezensis* Strain Showing Defense Response towards *Fusarium oxysporum*. *Agronomy* 11, no. 4: 683. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040683>

- Castell-Miller, C. v., & Samac, D. A. (2019). Sensitivity of *Bipolaris oryzae* isolates pathogenic on cultivated wild rice to the quinone outside inhibitor azoxystrobin. *Plant Disease*, 103(8), 1910–1917. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-18-2267-RE>
- Catalá, M. M., Tomás N., Marín J. P., Almacellas J., Reigada S., Martínez M., Torró I. y Pla E. (2011). Relación entre los hongos de la semilla de arroz y el establecimiento de planta. *PHYTOMA España* N° 234 diciembre 2011. https://www.phytoma.com/images/arroz_hongos.pdf
- Chakraborty, P., Chakraborty, A., & Bhattacharya, S. G. (2021). Dispersal of airborne pathogenic conidia of *Bipolaris oryzae* inciting brown spot disease of paddy in West Bengal, India. *Journal of Tropical Agriculture*, 58(2). <http://jtropag.kau.in/index.php/ojs2/article/view/963>
- Chaudhary, R.C., Nanda J.S. y Tran D.V. (2003). Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Comisión internacional del arroz organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia. correo electrónico a copyright@fao.org. FAO <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s00.htm#Contents>
- Chen, Q., Hou, L. W., Duan, W. J., Crous, P. W., & Cai, L. (2017). Didymellaceae revisited. *Studies in mycology*, 87(1), 77-103. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.06.002>
- Chhabra, R., & Vij, L. (2019). Grain discoloration and its management: an emerging threat to paddy cultivation. *Journal of Plant Diseases and Protection*. doi: <https://doi.org/10.1007/s41348-019-00272-2>
- da Silva, J. B., Pozzi, C. R., Mallozzi, M. A. B., Ortega, E. M., & Corrêa, B. (2000). Mycoflora and Occurrence of Aflatoxin B1 and Fumonisin B1 during Storage of Brazilian Sorghum. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9), 4352–4356. doi: <https://doi.org/10.1021/jf990054w>
- de Oliveira RC, Queiroz LC, Correa B. (2018). *Epicoccum sorghinum* in food: occurrence, genetic aspects and tenuazonic acid production, *Current Opinion in Food Science*, <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.05.011>
- Dean, R., Van Kan, J. A. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D. ... Foster, G. D. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 414–430. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
- Deb, S. & Khair, A. (2018). Effects of seed-borne fungi on germination and seedling vigor of aromatic rice varieties. *Journal of Plant Sciences*. 7. 22-31. <https://www.researchgate.net/publication/334657359>
- Demjanová, S.; Jevinová, P.; Pipová, M.; Regecová, I. (2021). Identification of *Penicillium verrucosum*, *Penicillium commune*, and *Penicillium crustosum* Isolated from Chicken Eggs. *Processes*, 9, 53. <https://doi.org/10.3390/pr9010053>

- Dhungana, B.; Ali, S.; Byamukama, E.; Krishnan, P.; Caffè-Treml, M. (2018). Incidence of *Penicillium verrucosum* in grain samples from oat varieties commonly grown in South Dakota. *J. Food Prot.* 81, 898–902. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-386>
- Dirchwolf, P. M., Gutiérrez, S. A., & Carmona, M. A. (2018). Assessment of grain discoloration in the main rice genotypes of Corrientes province, Argentina. In *Summa Phytopathologica* (Vol. 44, Issue 3, pp. 271–273). Universidade Estadual Paulista (UNESP). <https://doi.org/10.1590/0100-5405/178172>
- Dossou, B., & Silue, D. (2018). Rice pathogens intercepted on seeds originating from 11 African countries and from the USA. *Seed Science and Technology*, 46(1), 31–40. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/102072>
- Duarte Y., Pino O. y Martínez B. (2014). Efecto de cuatro aceites esenciales sobre hongos asociados al manchado del arroz. *Rev. Protección Veg.* Vol. 29 No. 1: 62-65 <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v29n1/rpv08114.pdf>
- Echeverría, A. L., Carmona, M. A. y Gutiérrez, S. A. (2013). Transmisión de *Trichoconiella padwickii* a coleóptilos de arroz. *Patología De Plantas Tropicales*, 38 (4), 346-348. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762013005000024>
- Elamawi, R., Bassiouni, S., Elkhoby, W., & Bassiouni Z. (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., Elgamal W.H., Anis G.B. & Awad F, (2018). Combined genetic análisis of Brown spot (*Helminthosporium Oryzae*) disease for developed hybrid combinations and their parental lines in hybrid rice. *Sustainable Food Production* 1: 37–48. <https://www.scipress.com/SFP.1.37>
- Fang X., Snell P., Barbetti M.J., Lanoiselet V. (2017). Races of *Magnaporthe oryzae* in Australia and genes with resistance to these races revealed through host resistance screening in monogenic lines of *Oryza sativa*. *European Journal of Plant Pathology*. Volume 148, pp 647–656. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1122-4>
- Franco, S. O., Tomlinson, J., Hodgetts, J., Spadaro, D., Gullino, M. L., & Boonham, N. (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(8), 1549–1558. <https://doi.org/10.1094/pdis-08-17-1307-re>
- Gai, X., Jiang, N., Lu, C., Xia, Z., & Qin, X. (2020). First report of *Epicoccum latiscollum* causing root rot on *Nicotiana tabacum* in China. *Journal of Plant Pathology*, 102(4), 1291-1291. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42161-020-00548-9>
- García Angulo, José Luis, Hernández Aragón, Leonardo, y Tavitás Fuentes, Leticia. (2011). El Silverio: nueva variedad de arroz para el trópico mexicano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(4), 607-612. Recuperado en 01 de febrero de 2022, de

- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000400013&lng=es&tlng=es.
- Gasparetto, B. F., Franke, L. B., Andrade, C. C. L., Dalbosco, M., Duarte, V., Moreira, S. I., & Alves, E. (2017). First report of *Bipolaris micropus*, *Curvularia geniculata*, *Epicoccum sorghinum*, and *Fusarium incarnatum* on *Paspalum guenoarum* seeds in Rio Grande do Sul, Brazil. *Plant Disease*, *101*(9), 1679-1679. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-16-1746-PDN>
- González, H. H. L., Martínez, E. J., & Resnik, S. L. (1997). Fungi associated with sorghum grain from Argentina. *Mycopathologia*, *139*(1), 35–41. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1006803901969>
- Gutiérrez, S. A. y Mazzanti de Castañón, M. A. (2015). Hongos asociados a granos manchados de arroz. Cátedra de Fitopatología - Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE.
- Gutiérrez-Flores, L. M., Mauricio-Gutiérrez, A., Carcaño-Montiel, M. G., Portillo-Manzano, E., Gómez-Velázquez, L., Sánchez-Alonso, P., & López-Reyes, L. (2020). Fungi associated with sick trees of *Pinus patula* in Tetela de Ocampo, Puebla, Mexico. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, *53*(13-14), 591-611. <https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1778241>
- Habib A., Javed N., Sahi S. T. and Waheed M. (2012). Detection of seed-borne mycoflora of different coarse and fine rice varieties and their management through seed treatment. *Pakistan Journal of Phytopathology*, *24* (2):133–136. <http://www.pjp.pakps.com/files/133-136-Amir-habib-1.pdf>
- Hao, Y., Aluthmuhandiram, J. V. S., Chethana, K. W. T., Manawasinghe, I. S., Li, X., Liu, M., ... Zhang, W. (2020). *Nigrospora* Species Associated with Various Hosts from Shandong Peninsula, China. *Mycobiology*, *48*(3), 169–183. doi: <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1761747>
- Harsonowati, W., Astuti, R. I., & Wahyudi, A. T. (2017). Leaf blast disease reduction by rice-phylosphere actinomycetes producing bioactive compounds. *Journal of General Plant Pathology*, *83*(2), 98–108. doi:10.1007/s10327-017-0700-4
- Hernández A. L., Tavitas F. L. y Alberto C. (2015). Paquetes Tecnológicos para el cultivo de arroz en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. Folleto No. 87. 85p.
- Hernández A. M., E.J. Barrios, G., L. Hernández A. y O. Berriozábal A. (2013). Plagas y enfermedades del arroz cultivado en Morelos; SAGARPA, INIFAP, CIRPAS, Campo Experimental Zacatepec; Folleto Técnico No. 70, 40 p. <https://docplayer.es/69468565-Plagas-yenfermedades-del-arroz-cultivado-en-morelos.html>
- Hernández Aragón, Leonardo, Tavitas Fuentes, Leticia, Álvarez Hernandez, Juan Carlos, Tapia Vargas, Luis Mario, Ortega Arreola, Rubén, Esqueda Esquivel, Valentín, Jiménez Chong, José Alfredo, & López López, Rutilo. (2019). Pacífico FL 15 y Golfo FL 16, variedades

- multiambientales de arroz con grano extra largo para México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(1), 23-34. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1544>
- Hernández, A. M., Barrios, G. E. J., Canul K. J., Berriozabal O. A. y Rodríguez E. J.J. (2012). Calidad fitosanitaria y tratamiento químico para control de patógenos en semillas de arroz tipo Morelos. *Investigación Agropecuaria* 9(2):103-111. <https://docplayer.es/54798522-Calidad-fitosanitaria-y-tratamiento-quimico-para-control-de-patogenos-en-semillas-de-arroz-tipo-morelos.html>
- Hossain, M.T., Modise, D.M., Rong, I.H. & Karodia A.M. (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* Vol. 6, Issue 06, pp. 1523-1532. <https://www.researchgate.net/publication/304572145....>
- Ibrahim, E., & Abo El-Dahab, M. S. (2014). Seed discoloration and their effect on seedlings growth of egyptian hybrid rice. *Res. J. Seed Sci.* 7(3): 63 – 74 <https://doi.org/10.3923/rjss.2014.63.74>
- Imran M, Khanal S, Zhou XS, Antony-Babu S, Atiq M. First Report of Leaf Spot of Rice Caused by *Epicoccum sorghinum* in the United States. *Plant Dis.* 2022 Mar 10. doi: 10.1094/PDIS-10-21-2177-PDN. Epub ahead of print. PMID: 35271776. DOI: [10.1094/PDIS-10-21-2177-PDN](https://doi.org/10.1094/PDIS-10-21-2177-PDN)
- Islam, W., & Ahmed, M. (2016). Inhibitory effects of organic extracts against *Aspergillus flavus* and their comparative efficacy upon germination of infested rice seeds. *PSM Microbiology*, 1(2), 79–84. <https://journals.pmpublishers.org/index.php/microbiol/article/view/107>
- IRRI. 2013. Standard evaluation system for rice. 5Th Edition. Manila, Philippines. 55 p. https://www.clrri.org/ver2/uploads/SES_5th_edition.pdf
- Jatoi, G. H., Keerio, A. U., Abdulle, Y. A., & Qiu, D. (2018). Effect of selected fungicides and Bio-Pesticides on the mycelial colony growth of the *Helminthosporium oryzae*. brown spot of rice. *Acta Ecologica Sinica*. doi:10.1016/j.chnaes.2018.09.018
- Jayasekhar, M., & Kavitha, K. (2020). Management of Sheath Rot and Grain Discolouration of Rice (*Oryza sativa* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 9(4), 309-320. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.904.037>
- Kakoly, M.K.J., Rashid, M.M., Shamim H. M. & Nurealam, S. M. (2014) Study of seed-borne fungal pathogens of kataribhog aromatic rice and comparison of field intensity with laboratory counts. *Int. J. Biosciences*, 4, 66-74 <https://doi.org/10.12692/ijb/4.1.66-74>
- Kamaluddeen, Simon S, Lal AA. (2013). A new blight disease of rice caused by *Curvularia lunata* from Uttar Pradesh. *International Journal of Agricultural Sciences and Research* 3(5):13-16. <https://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/2014/20143019787.pdf>

- Kang, Y., Zhang, J., Wan, Q., Xu, T., Li, C., & Cao, H. (2019). First Report of Leaf Brown Spot Caused by *Epicoccum sorghinum* on *Digitaria sanguinalis* in China. *Plant Disease*. doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-19-0332-PDN>
- Kee, Y. J., Hafifi, A. B. M., Huda-Shakirah, A. R., Wong, K. L., Jin, X. L., Nordahliawate, M. S., ... & Mohd, M. H. (2019). First report of reddish brown spot disease of red-fleshed dragon fruit *Phragmites australis* caused by *Nigrospora lacticola* and *Nigrospora sphaerica* in Malaysia. *Crop Protection*, 122, 165-170. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.006>
- Kohli, M. M., Mehta, Y. R., Guzman, E., De Viedma, L., & Cubilla, L. E. (2011). Pyricularia blast – a threat to wheat cultivation. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 47(Special Issue), S130–S134. doi: <https://www.cabi.org/ISC/abstract/20123015903>
- Kuhnert, E., Fournier, J., Peršoh, D., Luangsa-ard, J. J. D., & Stadler, M. (2013). *New Hypoxylon species from Martinique and new evidence on the molecular phylogeny of Hypoxylon based on ITS rDNA and β -tubulin data*. *Fungal Diversity*, 64(1), 181–203. doi: <https://doi.org/10.1007/s13225-013-0264-3>
- Kulik, T., Treder, K., & Załuski, D. (2014). Quantification of *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium* and *Penicillium verrucosum* in Conventional and Organic Grains by qPCR. *Journal of Phytopathology*, 163(7-8), 522–528. doi: <https://doi.org/10.1111/jph.12348>
- Kumar B. P. & Bhale U. (2017). Influence of seed associated mycoflora on germination of maize and rice crops. *Internat. J. Plant Protec.*, 10(1): 42-46. <https://doi.org/10.15740/has/ijpp/10.1/42-46>
- Kumar, R., Gupta, A., Mahechhari, V. K. & Atwal, S. S. (2014). Health status of farmers' saved seed of various paddy varieties in Haryana, India. *Plant Pathology Journal* 13 (3): 186-192. <https://scialert.net/qredirect.php?doi=ppj.2014.186.192&linkid=pdf>
- Kusai, N. A., Mior, Z. A. M., Zulkifly, S., Yusof, M. T., & Mohd, Z. N. A. I. (2015). Morphological and molecular characterization of *Curvularia* and related species associated with leaf spot disease of rice in Peninsular Malaysia. *Rendiconti Lincei*, 27(2), 205–214. <https://doi.org/10.1007/s12210-015-0458-6>
- Kwaloe, A. D., Msuya, D. G., Nchimbi-Msolla, S., Tokpahand D. P. & Luther Z. (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(7), 162–168. <https://doi.org/10.5897/jpbcs2017.0700>
- Lahbib, A., Chattaoui, M., Aydi, N., Zaghouani, H., Beldi, O., Daami-Remadi, M., & Nasraoui, B. (2016). First report of *Schizophyllum commune* associated with apple wood rot in Tunisia. *New Disease Reports*, 34, 26-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2016.034.026>
- Laurel, N. R., De Torres, R. L., Mendoza, J.-V. S., Balendres, M. A. O., & De la Cueva, F. M. (2021). Identification of *Epicoccum sorghinum* and its Effect on Stalk Sugar Yield. *Sugar Tech*. doi: <https://doi.org/10.1007/s12355-021-01017-y>

- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons. 1^a ed Blackwell Publishing, Oxford, Reino Unido. <file:///C:/Users/HP/Downloads/TheFusariumLaboratoryManual.pdf>
- Lezcano, A. Y., Sormanti, V.G., Gómez, L.V., González, V.J., Peña, A.P. & Sarubbi, A. (2017). Behavior of varieties of rice spotted seeds (*Oryza sativa* L.) from the San Miguel Area, Misiones Paraguay. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, 11(13): 80-85, <https://doi.org/10.22587/ajbas.2017.11.13.8>
- Li, Q., Li, M., Jiang, Y., Wang, S., Xu, K., Liang, X., ... Wang, C. (2020). Assessing Genetic Resistance in Wheat to Black Point Caused by Six Fungal Species in the Yellow and Huai Wheat Area of China. *Plant Disease*. doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-20-0018-RE>
- Li, Y., Zhang, X., Zhang, R., Liu, J., Ali, E., Ji, P., & Pan, H. (2019). Occurrence of seedling blight caused by *Fusarium tricinctum* on rice in China. *Plant Disease*. doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-18-1835-PDN>
- Liu LM, Huang SW, Wang L, Hou EQ, Xiao DF. (2014). First report of leaf blight of rice caused by *Cochliobolus lunatus* in China. *Plant Disease*, 98(5):686-687. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis>
- Liu W.; Liu J.; Triplett L.; Leach J. E. and Wang G.L. (2013). Novel Insights into Rice Innate Immunity Against Bacterial and Fungal Pathogens. *Annual Review of Phytopathology*. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-phyto-102313-045926>
- Chen, Q. H., Li, J. X., Qi, Y., Liu, D. H., & Miao, Y. H. (2021). First Report of Leaf Spot on White Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*) Caused by *Epicoccum sorghinum* in Hubei Province, China. *Plant Disease*, 105(4), 1212. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-20-1896-PDN>
- Liu, J., Cai, Y., Jiang, W., Li, Y., Zhang, Q., & Pan, H. (2019). Population structure and genetic diversity of fungi causing rice seedling blight in Northeast China based on microsatellite markers. *Plant Disease*. doi: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31935343/>
- Liu, L. M., Huang, S. W., Wang, L., Hou, E. Q., y Xiao, D. F. (2014a). First Report of Leaf Blight of Rice Caused by *Cochliobolus lunatus* in China. *Plant Disease*, 98(5), 686–686. doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-13-0303-PDN>
- Liu, L., Zhao, Y., Zhang, Y., Wang, L., Hou, Y., & Shiwen, huang. (2020). First Report of Leaf Spot Disease on Rice Caused by *Epicoccum sorghinum* in China. *Plant Disease*. doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-20-0488-PDN>
- Liu, Y, L., Tang, J.R., Li, Y. and Zhou H. K. (2021). First Report of *Bipolaris oryzae* Causing Leaf Spot on Cultivated Wild Rice (*Oryza rufipogon*) in China. *Plant Disease* Vol. 105 No. 6. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-20-2529-PDN>
- Lombard, L., Sandoval-Denis, M., Lamprecht, S. C., & Crous, P. W. (2019). Epitypification of *Fusarium oxysporum* – clearing the taxonomic chaos. *Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 43(1), 1–47. doi: <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.01>

- Ma, B., Wang, J., Liu, C., Hu, J., Tan, K., Zhao, F., ... Gai, Z. (2019). Preventive Effects of Fluoro-Substituted Benzothiadiazole Derivatives and Chitosan Oligosaccharide against the Rice Seedling Blight Induced by *Fusarium oxysporum*. *Plants*, 8(12), 538. doi: <https://doi.org/10.3390/plants8120538>
- Majeed, R. A., Shahid, A. A., Saleem, M. Z., Asif, M., Zahid, M. A., & Haider, M. S. (2016). First report of *Curvularia tuberculata* causing brown leaf spot of rice in Punjab, Pakistan. *Plant Disease*, 100(8), 1791-1791. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-16-0198-PDN>
- Manamgoda DS, Rossman A, Castlebury LA, Crous PW, Madrid H, Chukeatirote E and Hyde KD. (2014). The genus *Bipolaris*. *Studies in Micology* 79:221-228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.simyco.2014.10.002>
- Margani, R., Hadiwiyono, y Widadi, S. (2018). Utilizing *Bacillus* to inhibit the growth and infection by sheath blight pathogen, *Rhizoctonia solani* in rice. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 142, 012070. doi: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/142/1/012070/meta>
- Marín FY, Senwanna C, Cheewangkoon R and Crous PW. (2017). New species and records of *Bipolaris* and *Curvularia* from Thailand. *Micosphere*; 8(9): 1556-1574. <http://hdl.handle.net/2263/63269>
- Marín MV, Wang NY, Coburn J, Desaegar J, Peres NA. (2020). First report of *Curvularia pseudobrachyspora* causing leaf spot on hemp (*Cannabis sativa*) in Florida. *Plant Dis*. 104(12):3262. doi:<https://doi.org/10.1094/PDIS-03-20-0546-PDN>.
- Marín-Felix Y, Senwanna C, Cheewangkoon R, Crous PW (2017). New species and records of *Bipolaris* and *Curvularia* from Thailand. *Mycosphere* 8(9), 1556–1574, Doi: <http://hdl.handle.net/2263/63269>
- Martínez S., Bao L. y Escalante F. (2018). Manual de identificación de enfermedades y plagas en el cultivo de arroz. Boletín de divulgación N° 116. Instituto Nacional De Investigación Agropecuaria. Impreso en Calco Industria Gráfica, Uruguay 66p. https://pmb.parlamento.gub.uy/pmb/opac_css/index.php?lvl=categ_see&id=186308
- Mew TW & Gonzales P. (2002). A handbook of rice seedborne fungi. Los Baños (Philippines). International Rice Research Institute, and Enfield, N.H. (USA): Science Publishers, Inc. 83 p. http://books.irri.org/9712201740_content.pdf.
- Mohana, D., Prasad, P., Vijaykumar, V., & Raveesha, K. (2011). Plant extract effect on seed-borne pathogenic fungi from seeds of paddy grown in Southern India. *Journal of Plant Protection Research*, 51(2). <https://doi.org/10.2478/v10045-011-0018-8>
- Monajjem, S., Zainali, E., Ghaderi-Far, F., Soltani, E., Chaleshtari, M.H. & Khoshkdaman, M. (2014). Evaluation seed-born fungi of rice (*oryza sativa* L.) and that effect on seed quality. *J Plant Pathol Microb* 5: 239. <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000239>

- Möller EM, Bahnweg G, Sandermann H, Geiger HH. (1992). A simple and efficient protocol for isolation of high molecular weight DNA from filamentous fungi, fruit bodies, and infected plant tissues. *Nucleic Acids Res* 20: 6115–6116 doi: [10.1093/nar/20.22.6115](https://doi.org/10.1093/nar/20.22.6115)
- Morillo, K., Rodríguez, I., Mazzani, C., & Trujillo de Leal, A. (2011). Mycobiota associated with grains of rice harvested in cycles of drought and rainfall in Guárico State, Venezuela. *Fitopatología Venezolana*, 24(2), 42-45. [Fitopatol venez 24-2.p65 \(ucv.ve\)](https://doi.org/10.1093/fitopat/24-2.p65)
- Motlagh M. R. S. and Mohammadian S. (2017). Identification of non-pathogenic fungi of rice and the evaluation of their effect on biological control of *Bipolaris oryzae*, the causal agent of rice brown spot disease in vitro. *Agriculture & Forestry*, Vol. 63 Issue 1: 291-308. DOI: 10.17707/AgricultForest.63.1.31 <http://89.188.43.75/agricultforest/20170330-31%20Motlagh%20and%20Mohammadian.pdf>
- Naher, L., Ali, M., & Sheheli, S. (2016). Effect of seed treatment on seed borne fungi of rice. *Progressive Agriculture*, 27(1), 48–56. <https://doi.org/10.3329/pa.v27i1.27534>
- Naveenkumar, R, Muthukumar, A. & Mohanapriya, R. (2016). Survey of seed-borne fungi associated with seeds of rice in Tamil Nadu. *Oryza* Vol. 53 No.1, 106-110. <https://www.researchgate.net/publication/330305744>
- Naveenkumar, R., Muthukumar, A., Sangeetha, G., & Mohanapriya, R. (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(4), 214–225. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2017.03.001>
- Nguyen, T. T. T., Kim, J., Jeon, S. J., Lee, C. W., Magan, N., & Lee, H. B. (2018). Mycotoxin production of *Alternaria* strains isolated from Korean barley grains determined by LC-MS/MS. *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 268, 44–52. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160518300023>
- Ora N., Faruq A. N., Islam M. T., Akhtar N. & Rahman M. M. (2011). Detection and identification of seed borne pathogens from some cultivated hybrid rice varieties in Bangladesh. *Middle-East Journal of Scientific Research* 10 (4): 482-488. <http://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:30102133>
- Ortega A.R. (2014). Manual para la Producción de Semilla de Arroz. Folleto Técnico Núm. 2. SAGARPA INIFAP-CIRPAC Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México 54 p. https://www.buscagro.com/detalles/Manual-para-la-produccion-de-semilla-de-arroz_73502.html
- Pandey S. (2015). Efficacy of leaf extracts in controlling leaf BLAST And brown spot in rice (*Oryza sativa* L.), *Int. J. Recent Sci. Res.* 6 5476–5479. <https://www.researchgate.net/publication/312136433>
- Pandey, P., Timila, R.D. & Airee, S. (2020). Seeds infection of *Fusarium moniliforme* in different rice varieties grown in mid-hills of Nepal. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 5(3): 261-267 <https://dx.doi.org/10.26832/24566632.2020.050305>

- Patel, R. & Solank, V.A. (2017). Seed borne mycoflora associated with rice seeds in south Gujarat. *International Journal of Plant Protection*. Vol. 10. 311-319. <https://doi.org/10.15740/has/ijpp/10.2/311-319>
- Pawar, N.B., Rathod, L.R. & Suryawanshi, N.S. (2016). Detection of seed-borne mycoflora of rice cultivar Priyanka (*Oryza sativa* L.) seeds. *Int. J. of Life Sciences, Special Issue*, A7: 77-80. <http://oaji.net/articles/2017/736-1518518977.pdf>
- Pereira da Cruz Renata, Antonio Folgiarini de Rosso, Sergio Iraçu Gindri Lopes, Paulo Sergio Carmona, Mara Cristina Barbosa Lopes, Oneides Antonio Avozani, Dieter Kempf, Gustavo Daltrozo Funck, Carlos Alberto Alves Fagundes, Gilmar Neves. (2007) IRGA 424: NOVA OPÇÃO DE CULTIVAR COM ADAPTAÇÃO E PRODUTIVIDADE PARA A ZONA SUL DO RS. Instituto Rio Grandense do Arroz, RS, Brasil. [fecha de Consulta 31 de enero de 2022]. Disponible en: https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/irga-424-nova-opcao-de-cultivar-com-adaptacao-e-productividade-para-a-zona-sul-do-rs_646.pdf
- Pincioli M.; Sisterna M. N.; Bezus R. and Vidal A. A. (2004). Manchado del grano de arroz: efecto de la fertilización nitrogenada. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105 (2). ISSN 0041-8676, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/15680>
- Pincioli, M., Gribaldo, A., Vidal, A., Bezus, R. & Sisterna, M. (2013). Mycobiota evolution during storage of paddy, brown and milled rice in different genotypes. *Summa Phytopathologica*, 39(3),157-161. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052013000300002>
- Pincioli, M., Sisterna, M. N., Bezus, R. y Vidal, A. A. (2003). Manchado del grano de arroz: efecto de la fertilización nitrogenada. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105 (2). [https://doi.org/10.19137/semiarida.2020\(02\).63-77](https://doi.org/10.19137/semiarida.2020(02).63-77)
- Pincioli, M.; Ponzio N. R. y Salsamendi M. (2015). *El arroz: alimento de millones*. 1a ed. - Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 105 p. ISBN 978-950-658-374. Pitt, J. I. (2014). Mycotoxins: Ochratoxin A. *Encyclopedia of Food Safety*, 304–309. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00191-8>
- Qi, X. L., He, J., Li, D. W., & Huang, L. (2021). First report of leaf spot on *Elaeagnus pungens* caused by *Epicoccum laticollum* in China. *Forest Pathology*, 51(5), e12716. <https://doi.org/10.1111/efp.12716>
- Quintana de Viedma L, Gutierrez S, Maidana M, Arriola M y Ortiz A. (2017). Morphological characterization of *Alternaria padwickii* in rice leaves (*Oryza sativa* L.) And its prevalence in the departments of Itapúa, Misiones and Caazapa. *Int. J. Adv. Res.* 5(5), 1109-1112. DOI: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/4221>
- Quintana de Viedma L; Gutiérrez S.; Maidana, Marco; Arriola M. y Rodríguez K. (2016). Incidencia de Patógenos Causantes de Manchas Foliáres del Cultivo del Arroz en la Campaña 2014/2015 en Paraguay. *Revista sobre Estudios e Investigaciones del Saber Académico* ISSN 2078-5577. <http://publicaciones.uni.edu.py/index.php/rseisa/article/view/170/156>

- Raghu, S., Baite, M. S., Patil, N. B., Sanghamitra, P., Yadav, M. K., Prabhukarthikeyan, S. R., ... Rath, P. C. (2020). Grain discoloration in popular rice varieties (*Oryza sativa* L) in eastern India, associated mycoflora, quality losses and management using selected biocontrol agents. *Journal of Stored Products Research*, 88, 101682. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101682>
- Raghu, S., Yadav, M.K., Prabhukarthikeyan, S.R., Baite, M.S., Lenka, S., Jena, M., 2018. Occurrence, pathogenicity, characterization of *Fusarium fujikuroi* causing rice bakanae disease from Odisha and in vitro management. *Oryza* 55, 214 e 223. <file:///C:/Users/HP/Downloads/OccurancepathogenicitycharacterizationofFusariumfujikuroicausing-1.pdf>
- Ramírez, C. L. A., Zuluaga, M. A., Lázaro, E. M., Hernández, K. V. & Bayman, P. (2012). Phylogeography of the cosmopolitan fungus *Aspergillus flavus*: is everything everywhere? *Fungal Biology*, 116(3), 452–463. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2012.01.006>
- Rao, S. S., Kumar, M. R., Madhusudhan, P., & Reddy, B. R. (2020). Incidence of grain discoloration of rice in nellore and chittoor districts of andhra pradesh. *Extended Summaries*, 779. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ajay-Mishra-/publication/349367714_Extended_Summary-IRC-2020_2/links/602ce07f92851c4ed5792d36/Extended-Summary-IRC-2020-2.pdf#page=805
- Rehman, U., Tariq, M., Dawar S. & Siddiqui Z.S. (2018). Isolation, identification and control of mycoflora associated with paddy. *Int. J. Biol. Biotech.*, 15(1): 115-123. <https://www.academia.edu/39872493/>
- Ridao, A. y F. Roca. (2002). Enfermedades y otros factores que causan decoloración y deterioro de semillas de soja. Buenos Aires, Argentina. 145 p.
- Rivero, G. D., Cruz, T. A., Rodríguez, P. A. T., Echevarría, H. A., y Martínez, C. B. (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(2),131-138. <http://ve.scielo.org/pdf/rsvm/v32n2/art11.pdf>
- Rodríguez Pedroso, A. T., Plascencia Jatomea, M., Bautista Baños, S., Cortez Rocha, M. O., & Ramírez Arrebato, M. Á. (2016). Actividad antifúngica in vitro de quitosanos sobre *Bipolaris oryzae* patógeno del arroz. *Acta Agronómica*, 65(1), 98-103. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n1.48235>
- Ruíz, M. V., Hernández, A. M., Barrios, G. E. J., Nava, D. C., Leyva, M. S. y Tovar, P. J. M. (2013). Caracterización morfológica, cultural y molecular de patógenos asociados a la enfermedad “manchado de grano” en arroz. *Revista Mexicana de Fitopatología*, Vol 31. Suplemento:96. <https://www.smf.org.mx/rmf/suplemento/docs/resumen/ResumenesPoster.pdf>
- Russo M, Licciardello G, Bella P, 2012. Unusual occurrence of *Schizophyllum commune* on young topgrafted citrus. *Journal of Plant Pathology* 94, S4.77. Disponible en <https://web.p.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=c>

rawler&jrnl=11254653&AN=86460577&h=bhZJHqgB%2b42oF%2f%2b35br%2fCxoAQJNrC1OmPa%2fckzaVN%2fxzCq7lj7KOr3k6ZPJhOGx%2bC590N0EA9qU7vbuQQ%2f6qoQ%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhas_hurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d11254653%26AN%3d86460577

- Salazar, S. M. A., Ortiz, G. C. F., Otero, C. G., Guzmán, P. R. A., Alatorre, R. R., Pérez, P.A. (2019). hongos fitopatógenos en arroz (*Oryza sativa*) y su asociación con *Stenotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en Tabasco, México. *Agrociencia* Vol 53. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1841>
- Salcedo, A. J. (1998). Morelos A-98 variedad de arroz para Morelos y otros estados de la república. Folleto técnico Núm. 21. INIFAP-CIRCE- Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos. México.
- Schwarz, C., Tiessen, C., Kreutzer, M., Stark, T., Hofmann, T., & Marko, D. (2012). Characterization of a genotoxic impact compound in *Alternaria alternata* infested rice as Altertoxin II. *Archives of Toxicology*, 86(12), 1911–1925. doi: <https://doi.org/10.1007/s00204-012-0958-4>
- Seephueak, P., Preecha, C., & Seephueak, W. (2019). The diversity of fungi associated with rice (*Oryza sativa* L.) from Nakhon Si Thammarat, Thailand. *International Journal of Agricultural Technology*, 15(3), 485-500. <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/IJAT/10992682.pdf>
- Sharma, A. & Kappor A. S. (2016). Detection of seed borne mycoflora associated with some rice varieties grown in Himachal Pradesh. *The Bioscan*. 11(4): 2733-2739 (Supplement on Plant Pathology). <https://www.researchgate.net/publication/315809398>
- Signaboubo, S., Tsopmbeng, N. G. R. & Kuate, J. R. (2016). Seed-borne fungi associated with rice seeds varieties in Bongor, Chad Republic. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*. 5(12): 161-170. doi: [https://www.ijcmas.com/5-12-2016/Serferbe Signaboubo, et al.pdf](https://www.ijcmas.com/5-12-2016/Serferbe%20Signaboubo,%20et%20al.pdf)
- Simmons, E. G. (2007). *Alternaria: An Identification Manual*. CBS Fungal Biodiversity Center, Utrecht, The Netherlands. [Google Scholar](https://scholar.google.com/citations?user=8YU88wQAAAAJ&hl=es)
- Singh, P., Mazumdar, P., Harikrishna, J. A., y Babu, S. (2019). Sheath blight of rice: a review and identification of priorities for future research. *Planta*. doi: <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03246-8>
- Singh, R. Sunder, s. y Agarwal, R. (2014). Brown spot of rice: an overview. *Indian Phytopath.* 67 (3): 201-215. <https://www.researchgate.net/publication/296025966>
- Sirisathaworn, T.; Srirat, T.; Longya, A.; Jantasuriyarat, C. (2017). Evaluation of mating type distribution and genetic diversity of three *Magnaporthe oryzae* avirulence genes, PWL-2, AVR-Pii and avr-Piz-t, in Thailand rice blast isolates. *Kasetsart University Research and Development Institute (KURDI)*, Bangkok, Thailand. *Agriculture and Natural Resources*, 51, 1, pp 7-14 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anres.2016.08.005>

- Sivanesan, A. (1987). Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. *Mycological Papers* 158, 1-261 <https://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/pre2000/19881105578.pdf>
- Srivastava, A. K., Saroj, A., Nishad, I., & Samad, A. (2019). First report of *Acorus calamus* leaf spot caused by *Curvularia pseudobrachyspora* in India. *Plant Disease*, 103(4), 767-767. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-18-1399-PDN>
- Sultana, T., Bashar, M. & Shamim, S. (2020) Morphological characterization of seed-borne fungi associated with BRRI rice varieties in Bangladesh. *Dhaka Univ. J. Biol. Sci.* 29(1): 75-86. <https://doi.org/10.3329/dujbs.v29i1.46533>
- Sunder, S., Singh, R. A. M., & Agarwal, R. (2014). Brown spot of rice: an overview. *Indian Phytopathology*, 67(3), 201-215. <https://www.researchgate.net/publication/296025966>
- Takemoto S, Nakamura H, Imamura Y, Shimane T, (2010). *Schizophyllum commune* as a ubiquitous plant parasite. *Japan Agricultural Research Quarterly* 44, 357-364. DOI: <http://dx.doi.org/10.6090/jarq.44.357>
- Tann H. and Soyong K. (2017). Biological Control of Brown Leaf Spot Disease Caused by *Curvularia lunata* and Field Application Method on Rice Variety IR66 in Cambodia. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*. 39(1): 111-117. DOI: <http://doi.org/10.17503/agrivita.v39i1.768>
- Thamer Jeaz, E., & Kadem Aboud, M. (2018). Isolation and Identification of Molds Companion of Rice Seeds In ALDiana City and Study of Effect different temperature on Growth of fungus *Curvularia tuberculata* . *Al-Qadisiyah Journal Of Pure Science*, 22(4), 53 - 66. Retrieved from <http://qu.edu.iq/journalsc/index.php/JOPS/article/view/775>
- Tiemann, U., Tomek, W., Schneider, F., Müller, M., Pöhland, R. & Vanselow, J. (2009). The mycotoxins alternariol and alternariol methyl ether negatively affect progesterone synthesis in porcine granulosa cells in vitro. *Toxicol. Lett.* 186, 139-145. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19429235/>
- Tuli F.U., Hossain I., Shapla S.A., Hussain A., Talukdar R.B., Kawochar A. Ferdous J. (2017). Efficacy of Selected Fungicides in Controlling Foliar Diseases of Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Sciences*. Vol. 5, No. 6, 2017, pp. 185-190. doi: [10.11648/j.jps.20170506.13](https://doi.org/10.11648/j.jps.20170506.13)
- Uppala S. and Zhou X.G. 2017. Field efficacy of fungicides for management of sheath blight and narrow brown leaf spot of rice. Article in *Crop Protection* · February 2018 DOI: 10.1016/j.cropro.2017.10.017
- Utobo, E. B., Ogbodo, E. N. & Nwogbaga, A. C. (2011). Seedborne mycoflora associated with rice and their influence on growth at abakaliki, southeast agro-ecology, Nigeria. *Libyan Agriculture Research Center Journal International*, 2 (2): 79-84. [https://www.idosi.org/larcji/2\(2\)11/6.pdf](https://www.idosi.org/larcji/2(2)11/6.pdf)

- Úrbez-Torres JR, Peduto F, Vossen PM, Krueger WH, Gubler WD, 2012. Olive twig and branch dieback: Etiology, incidence, and distribution in California. *Plant Disease* 97, 231-244. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-04-12-0390-RE>
- Valenzuela-Lopez, N., Cano-Lira, J. F., Guarro, J., Sutton, D. A., Wiederhold, N., Crous, P. W., & Stchigel, A. M. (2018). Coelomycetous Dothideomycetes with emphasis on the families Cucurbitariaceae and Didymellaceae. *Studies in mycology*, 90(1), 1-69. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.11.003>.
- Vanam, H.P., Karumuri, S.R., Poojari, S.S. *et al.* (2020). Mycosis of the Plantar Surface of Foot Owing to Nondermatophyte Mold *Nodulisporium griseobrunneum* Mimicking a Tinea Pedis. *Mycopathologia* 185, 1033–1040 <https://doi.org/10.1007/s11046-020-00483-4>.
- Wang, H., Xu, L., Zhang, Z., Lin, J., & Huang, X. (2019). First report of *Curvularia pseudobrachyspora* causing leaf spots in *Areca catechu* in China. *Plant Disease*, 103(1), 150-150. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-1096-PDN>
- Wang, M., Liu, F., Crous, P. W., & Cai, L. (2017). Phylogenetic reassessment of *Nigrospora*: ubiquitous endophytes, plant and human pathogens. *Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 39(1), 118–142. doi: [10.3767/persoonia.2017.39.06](https://doi.org/10.3767/persoonia.2017.39.06)
- Warham, E.J., Butler, L.D., & Sutton, B.C. (1996). Seed testing of maize and wheat: a laboratory guide. Mexico. CIMMYT. 84 p. <https://www.yumpu.com/en/document/view/21368126/seed-testing-of-maize-and-wheat-a-laboratory-guide-search->
- Webster, R. K. & Gunnell, P.S. (1992). Compendium of rice diseases. University of California, Davis. The American Phytopathological Society. United States of America. Printed acid-free paper. 62 pp
- Xu, X., Zhang, L., Yang, X., Li, J., Wang, X., Zhao, J., & Xiang, W. (2022). First Report of Maize Stalk Rot Caused by *Epicoccum laticollum* on Maize (*Zea mays* L.) in China. *Plant Disease*, (ja). <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-21-2392-PDN>
- Yadahalli, K. B., & Konnur, J. A. (2018). Survey for incidence and severity of grain discoloration of paddy in northern parts of Karnataka. *Lead Papers/Invited Papers*, 44 DOI:[10.15740/HAS/IJAS/17.2/209-215](https://doi.org/10.15740/HAS/IJAS/17.2/209-215)
- Yan H, Yu SH, Xie GL, Fang W, Su T, Li B (2010) Grain discoloration of rice caused by *Pantoea ananatis* (synonym *Erwinia uredovora*) in China. *Plant Dis* 94(4):482 <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-4-0482B>
- Yusuf, C. S., Tizhe, T. D, Zakawa, N.N., David, T. & Inuwa, D. (2019). Seed-borne mycoflora of selected rice varieties in Mubi, Adamawa State Nigeria. *International Journal of Science and Research (IJSR)* Vol. 8: 8, 800-804. <https://www.researchgate.net/publication/335393623>
- Zafar M., Jamal A., Tahira R., Zakria M. & Naemullah M. (2014). Incidence of seed-borne mycoflora in wheat and rice germplasm. *International Journal of Agriculture Innovations*

and Research Volume 2: 720-722.
http://www.ijair.org/administrator/components/com_jresearch/files/publications/IJAIR_499_Final.pdf

Zeng, H., Li, R., Lu, Q., & Yan, D. (2020). First report of bulb rot on lily caused by *Curvularia pseudobrachyspora* in China. *Plant Disease*, 104(1), 291-291.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-0943-PDN>

Zeng, H., Lu Q. and Li R. 2018. First Report of Leaf Spot of Lily Caused by *Epicoccum sorghinum* in China *Plant Disease* 102: 2648. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0787-PDN>

Zhang H.; Li G.; Li W. and Song F. (2009). Transgenic strategies for improving rice disease resistance. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (9), pp. 1750-1757.
<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/60376>

Zhou H. K., Liu Y. L., Tang J. R., Zhong F. T. and Li Y. 2021. First Report of Leaf Spot Caused by *Curvularia lunata* on Wild Rice in China. *Plant Disease* Vol. 105 No, 10. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0147-PDN>

Zhou, X. G., y Jo, Y. K. 2014. Disease management. Pages 44-57. In: 2014 Texas Rice Production Guidelines. M. O. Way., G. M. McCauley., X. G. Zhou., L. T. Wilson and M. Brandy, eds. Texas A&M AgriLife Research, and Texas Rice Research Foundation, Beaumont, TX, USA. Disponible en: https://beaumont.tamu.edu/eLibrary/Bulletins/2014_Rice_Production_Guidelines.pdf

http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do. Consultado el 24 nov de 2021.

<http://wwrg/faostat/es/#data/QC> Consultada el 17 de febrero de 2022.

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> , consultado el 24 de noviembre de 2021.

<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 24 de noviembre de 2021.

https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/irga-424-nova-opcao-de-cultivar-com-adaptacao-e-productividade-para-a-zona-sul-do-rs_646.pdf

ANEXOS

Apéndice I.- Análisis de varianza de Incidencia y severidad de síntomas foliares.

Incidencia de síntoma foliar 1

Procedimiento GLM					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	659749.125	54979.094	0.54	0.8706
Error	27	2760463.475	102239.388		
Total correcto	39	3420212.600			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.192897	26.22828	319.7489	1219.100	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	579351.2250	64372.3583	0.63	0.7617
date	3	80397.9000	26799.3000	0.26	0.8520

Incidencia de síntoma foliar 2

Procedimiento GLM					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	3125716.675	260476.390	2.09	0.0549
Error	27	3368743.419	124768.275		
Total correcto	39	6494460.094			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.481290	23.27010	353.2255	1517.938	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	2711106.656	301234.073	2.41	0.0370
date	3	414610.019	138203.340	1.11	0.3632

Incidencia de síntoma foliar 4

Procedimiento GLM					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	1469578.597	122464.883	7.37	<.0001
Error	27	448568.611	16613.652		
Total correcto	39	1918147.208			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.766145	82.78752	128.8940	155.6925	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	1339002.040	148778.004	8.96	<.0001
date	3	130576.557	43525.519	2.62	0.0712

Severidad de síntoma foliar 1

Procedimiento GLM					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	810.619942	67.551662	1.20	0.3316
Error	27	1518.899906	56.255552		
Total correcto	39	2329.519848			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.347977	94.18553	7.500370	7.963400	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	369.9199926	41.1022214	0.73	0.6775
block	3	440.6999494	146.8999831	2.61	0.0719

Severidad de síntoma foliar 2

Procedimiento GLM					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	812.859734	67.738311	3.58	0.0029
Error	27	511.473964	18.943480		
Total correcto	39	1324.333698			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.613788	25.11823	4.352411	17.32770	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	534.2945094	59.3660566	3.13	0.0103
block	3	278.5652246	92.8550749	4.90	0.0076

Severidad de síntoma foliar 4

Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	18.15346380	1.51278865	2.94	0.0096
Error	27	13.86989530	0.51369983		
Total correcto	39	32.02335910			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.566882	99.11202	0.716729	0.723150	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	8.93536210	0.99281801	1.93	0.0898
block	3	9.21810170	3.07270057	5.98	0.0029

Apéndice II. Análisis de varianza de incidencia, severidad, porcentaje de grano manchado, porcentaje de pérdida de peso, rendimiento y peso hectolítrico afectado por “grano manchado”

Incidencia de “Grano Manchado”

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	429.1000000	35.7583333	3.62	0.0027
Error	27	266.8750000	9.8842593		
Total correcto	39	695.9750000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.616545	3.231996	3.143924	97.27500	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	380.2250000	42.2472222	4.27	0.0016
block	3	48.8750000	16.2916667	1.65	0.2016

Severidad

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	1416.590870	118.049239	4.09	0.0011
Error	27	778.380407	28.828904		
Total correcto	39	2194.971277			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.645380	54.67256	5.369255	9.820750	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	1324.203403	147.133711	5.10	0.0005
block	3	92.387468	30.795823	1.07	0.3790

Porcentaje de grano manchado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	8704.77315	725.39776	5.32	0.0002
Error	27	3682.00989	136.37074		
Total correcto	39	12386.78304			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.702747	34.22439	11.67779	34.12125	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	8441.555463	937.950607	6.88	<.0001
block	3	263.217688	87.739229	0.64	0.5938

Porcentaje de pérdida de peso

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	11824.76959	985.39747	12.39	<.0001
Error	27	2146.61141	79.50413		
Total correcto	39	13971.38100			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.846357	33.09121	8.916509	26.94525	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	11711.59482	1301.28831	16.37	<.0001
block	3	113.17477	37.72492	0.47	0.7026

Rendimiento

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	337671041.8	28139253.5	7.45	<.0001
Error	27	101955095.6	3776114.7		
Total correcto	39	439626137.4			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.768087	14.12290	1943.223	13759.37	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	284266196.7	31585133.0	8.36	<.0001
block	3	53404845.1	17801615.0	4.71	0.0090

Peso hectolítico

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	25653.87400	2137.82283	4.68	0.0004
Error	27	12330.37000	456.68037		
Total correcto	39	37984.24400			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	medida Media	
	0.675382	4.096396	21.37008	521.6800	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	9	25114.78400	2790.53156	6.11	0.0001
block	3	539.09000	179.69667	0.39	0.7587