

Incremento de la patogenicidad de hongos en arroz bajo condiciones de desbalance nutricional

Aracely Martínez Bautista

a2213018004@alumnos.uat.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-7223-0065>

Universidad Autónoma de Tamaulipas
Tamaulipas, México

Eduardo Osorio Hernández

eosorio@docentes.uat.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-9248-8167>

Universidad Autónoma de Tamaulipas
Tamaulipas, México

Juan Patishtan

jpp504@alumni.york.ac.uk
<https://orcid.org/0000-0002-5632-8561>

Campo Experimental Las Huastecas INIFAP
Tamaulipas, México

RESUMEN

El presente artículo discute los hongos fitopatógenos potenciales que afectan al cultivo de arroz en condiciones de desbalance nutricional. A nivel mundial el arroz es considerado como el tercer cultivo alimentario de mayor importancia. Sin embargo, es afectado por diversos hongos fitopatógenos que ocasionan daños en hojas, tallos, panículas y granos del cultivo. La incidencia de estos hongos se debe a factores como la temperatura (25-37 °C), humedad relativa (70-76%), humedad en el suelo, el viento y desbalance nutricional. El género *Rhizoctonia* causa manchas con forma elíptica de coloración marrón, pudrición de tallos y panículas, lo que reduce el 19% del rendimiento. Por otra parte, los hongos que se encuentran dentro de los géneros *Alternaria*, *Fusarium*, *Curvularia* y *Pyricularia* provocan manchas de color café y disminuyen la germinación, rendimiento, peso específico del grano (g L^{-1}). Aunque existen investigaciones acerca de los hongos que afectan al cultivo del arroz, la asociación entre el desbalance nutricional y la incidencia de patógenos aún está por evaluarse en germoplasmas superiores a 100 variedades de arroz en condiciones óptimas y de desbalance nutricional.

Palabras clave: *oryza sativa*; hongos fitopatógenos; nutrición de plantas.

Correspondencia: a2213018004@alumnos.uat.edu.mx

Artículo recibido: 10 julio 2022. Aceptado para publicación: 28 julio 2022.

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Como citar: Martínez Bautista, A., Osorio Hernández, E., & Patishtan, J. (2022) Incremento de la patogenicidad de hongos en arroz bajo condiciones de desbalance nutricional. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4) 2006-2019. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2726

Increase of fungal pathogenicity in rice under imbalance nutritional conditions

ABSTRACT

This article discusses the potential plant pathogenic fungi that affect rice grown in imbalance nutritional conditions. Rice, *Oryza sativa*, is the main staple food across countries of the world. The genus *Rhizoctonia*, *Pyricularia*, *Alternaria*, *Fusarium* y *Curvularia* have been shown as the potential pathogenic fungi which cause significant damage to shoot, stems, panicle base and rice grains. The incidence and severity of these pathogens are main affected by temperatures between 25 and 37°C, relative humidity (70-76%), soil moisture, wind, and nutritional imbalance. The genus *Rhizoctonia* causes brown elliptical spots, rotting of stems and panicles, which reduces yields by 19%. On the other hand, fungi within the genera *Alternaria*, *Fusarium*, *Curvularia* and *Pyricularia* cause brown spots and decrease germination, yield, specific grain weight (g L^{-1}). Although there is research on fungi affecting rice cultivation, the association between nutritional imbalance and pathogen incidence has yet to be evaluated in germplasm of more than 100 rice cultivars under well-fed and nutritional imbalance conditions.

Keywords: *oryza sativa*; *phytopathogenic fungi*; *plant nutrition*.

INTRODUCCIÓN

El arroz, (*Oryza sativa*), es considerado como el tercer cereal de mayor importancia en el mundo (Gutaker *et al.*, 2020) con una producción de 758.5 millones de toneladas (FAOSTAT, 2022). Es uno de los alimentos con mayor aporte nutrimental principalmente por su alto contenido de proteínas, vitaminas, minerales y lípidos (Walter *et al.*, 2008). Los principales estados productores de arroz son Campeche, Nayarit, Michoacán, Colima, Jalisco, Morelos y Veracruz con un valor de producción equivalente a 1,341.3 millones de pesos (SIAP, 2022). En los últimos años y con base en el aumento de la población, se ha registrado un incremento en la demanda de la producción de este cereal, lo que genera el aumento del uso de insumos como fertilizantes, fungicidas, herbicidas y otros. Así también tener un buen manejo las enfermedades potenciales causadas por microorganismos patógenos que afectan de siembra a cosecha del cultivo de arroz (Beltrán-Pineda y Bernal-Figueroa, 2022).

La incidencia de los patógenos es afectada por condiciones ambientales como el cambio repentino de temperatura, humedad relativa ambiental (Baite *et al.*, 2020), humedad en el suelo y probablemente el fotoperiodo. Cuando la incidencia rebasa el umbral, el rendimiento del cultivo disminuye significativamente (Martínez de la Parte *et al.*, 2014). El desbalance nutricional es un factor determinante en la tolerancia a condiciones bióticos y abióticos en arroz (Mohammed, 2018; Patishtan *et al.*, 2018). Existe dispersa información sobre la relación entre la tolerancia a patógenos y nutrición mineral en el cultivo de arroz. Los hongos *Rhizoctonia* (Schurt *et al.*, 2015), *Alternaria*, *Fusarium*, *Curvularia Pyricularia* has sido demostrados como patógenos potenciales en el cultivo de arroz (da Silva-Lobo *et al.*, 2011). El manuscrito discute la relación entre la nutrición mineral y la incidencia/severidad de hongos fitopatógenos potenciales que afectan al cultivo de arroz.

Incidencia de hongos fitopatógenos y condiciones ambientales

El inóculo (hongo), huésped (planta) y ambiente son factores fundamentales para el desarrollo de hongos fitopatógenos, aunque el inóculo sea el principal factor para la propagación de una enfermedad, si no existe un ambiente favorable esta no se desarrolla (Benson, 1994). Los cambios repentinos de temperatura aumentan la infección de los hongos. Temperaturas entre 25 y 37 °C con precipitaciones moderadas y humedad relativa del 70 al 76% son condiciones que aumentan la dispersión de las enfermedades

(Baite *et al.*, 2020; González *et al.*, 2004). Otro factor importante es el viento, ya que puede dispersar el inóculo de muchos hongos desde unos centímetros hasta miles de kilómetros, una vez que el inóculo llega al huésped es necesario que se adhiera a las hojas y tallos mediante gravedad, impacto o por acción de lavado a través del agua (Cataño, 2015).

Desbalance nutricional e incidencia de patógenos

Investigaciones han demostrado que la resistencia y susceptibilidad del cultivo a las enfermedades son afectadas por la condición nutricional (Huber y Haneklaus, 2007; Nicholls y Altieri, 2006). Se ha demostrado que existe una correlación entre condiciones altas de nitrógeno (N) y la severidad de patógenos en el cultivo de arroz (Pincioli *et al.*, 2006), esto es debido a que existe un crecimiento exuberante provocando baja ventilación entre las plantas (Quirós y Ramírez, 2006). Por otra parte, el potasio (K⁺) interviene en la regulación hídrica de la planta (Castilla y Tirado, 2019) y reduce la incidencia de las enfermedades que ocasionan pudrición de tallos y manchas en las hojas (Williams y Smith, 2001). Por otra parte, el silicio (Si) aumenta la resistencia de las plantas contra las enfermedades causadas por hongos (Álvarez y Dirchwolf, 2001; Feng, 2004).

Pudrición de tallos y panículas causado por hongos del género *Rhizoctonia*

Las especies de *Rhizoctonia* causan manchas y pudrición en tallos (Vicentini *et al.*, 2017) y en la base de las panículas del cultivo de arroz (Cardona y Delgado, 2016). Las manchas son de forma elíptica con coloración marrón, observándose a los 60 días después del trasplante (Aguilar-Ancota *et al.*, 2017). Investigaciones han registrado pérdidas alrededor de 19% de rendimiento ocasionada por *Rhizoctonia* (Schurt *et al.*, 2015). En condiciones de alta nutrición mineral, la incidencia puede aumentar de 31 a 64%. Esto es debido que plantas bien nutridas aumentan el número de tallos reduciendo la aireación, aumentando la temperatura (23-25°C) y humedad relativa (>80%), condiciones propicias para el desarrollo de patógenos (Aguilar-Ancota *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2002; González *et al.*, 2004).

Manchado de grano de arroz causados por hongos fitopatógenos

Alrededor de 35 especies de hongos han sido identificados como agente causal del manchado del grano en arroz (Rivero *et al.*, 2012). Especies de los géneros *Alternaria*, *Curvularia*, *Fusarium* y *Pyricularia* han sido identificados como patógenos potenciales en el cultivo de arroz (da Silva-Lobo *et al.*, 2011). La pigmentación de grano contaminado es

de color gris, marrón y negro (Figura 1), reduciendo el rendimiento alrededor de 19% y calidad de semilla (Baite *et al.*, 2020; Rivero *et al.*, 2012; Dirchwolf *et al.*, 2018). En México, se ha reportado la resistencia y susceptibilidad de estos patógenos. El umbral económico es de 3% (Bordin *et al.*, 2016), sin embargo, se ha registrado incidencias entre 25 y 92% (Barrios *et al.*, 2016), infiriendo que la mayoría de los genotipos nacionales podrían ser afectados significativamente cuando exista un ambiente favorable para el desarrollo de los patógenos.

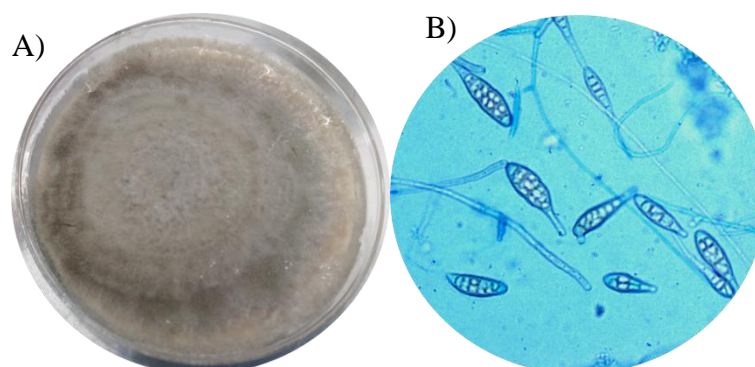
Figura 1. Pigmentación del grano de arroz causada por hongos fitopatógenos.



Manchado de grano por *Alternaria*

El género *Alternaria* (Figura 2), especies patógenas, provoca disturbios en el crecimiento del cultivo y reduce la viabilidad de la semilla hasta 50% ocasionando pérdidas económicas significativas (Pavón *et al.*, 2012; (Trezzi *et al.*, 2012). Las especies de *Alternaria* patógenas de arroz oscurecen y manchan el grano, específicamente, la especie *Alternaria padwickii* provoca manchas de color marrón a negro en las glumas del grano (Rivero *et al.*, 2012).

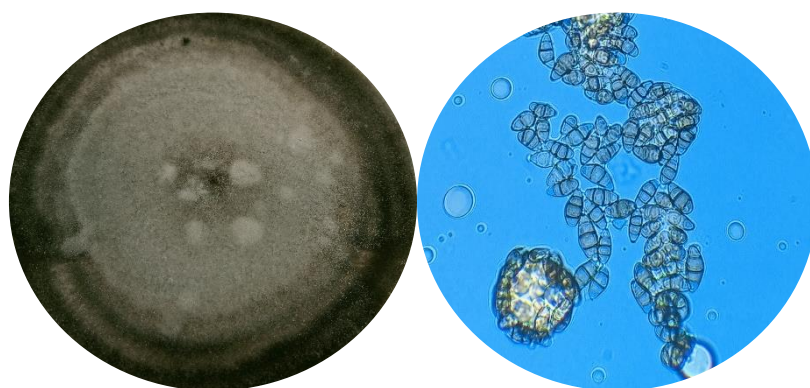
Figura 2. *Alteraría spp.* en medio de cultivo agar dextrosa y papa (A). Conidios de *Alternaria spp.* a 40X (B).



Manchas necróticas en plantas de arroz ocasionadas por *Curvularia*

El género *Curvularia* tiene afinidad de provocar necrosis en las láminas foliares del cultivo (Santos *et al.*, 2018). La especie *C. geniculata* forma manchas amarillentas seguido de un color marrón, el cual indica tejido muerto. Posteriormente, las lesiones toman forma V desde la nervadura de la hoja. La severidad de *C. geniculata* aumenta en tejidos apicales cuando la severidad es muy alta, el follaje de las plantas torna una coloración quemada (Ávila *et al.*, 2017). Los conidios de la especie *C. lunata* son de coloración castaño claro con varias septas rectas sin ramificaciones (Mariscal-Amaro *et al.*, 2017). Mientras que las manchas que provoca el patógeno son oscuras a negras en los polos o distribuidas heterogéneamente en la superficie del grano de arroz (Rivero *et al.*, 2012). La semilla contaminada con este patógeno tiene peso específico bajo, grano blanquecino sin brillo y aroma inhibido (Sumangala *et al.*, 2009).

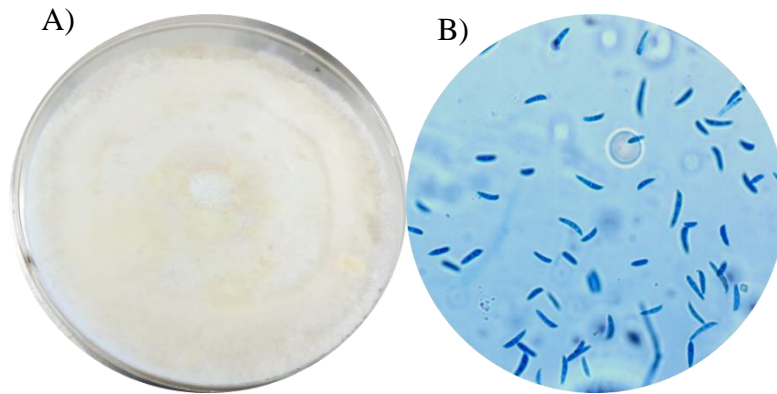
Figura 3. *Curvularia* spp. en medio de cultivo agar dextrosa y papa (A). Conidios de *Curvularia* spp. a 40X (B).



Daños ocasionados por *Fusarium* en plantas de arroz

Especies del género *Fusarium* causan pudrición negra de los nudos, marchitez de la panícula (Figura 4) y elevan el número de panículas vacías (da Silva-Lobo *et al.*, 2011), los granos infestados presentan abundante esporulación (micelio algodonoso de color blanco, rosa o gris), decoloración parcial o total (Rivero *et al.*, 2012), lo que afecta negativamente el rendimiento, estudios reportan que la incidencia de plantas infectadas se debe a las sobre fertilización nitrogenada (Arata *et al.*, 2022), al evaluar dosis de fertilización de 160 kg N ha⁻¹ a 240 kg N ha⁻¹, se encontró mayor incidencia a altas dosis (Limón *et al.*, 2016).

Figura 4. *Fusarium spp.* en medio de cultivo agar dextrosa y papa (A). Conidios de *Fusarium spp.* a 40X (B).



Patógeno *Pyricularia* en *Oryza sativa*

La especie *Pyricularia oryzae* es el patógeno más devastador en el cultivo de arroz (Scheuermann y Nesi, 2020; Moreira *et al.*, 2015; Agbowuro *et al.*, 2020). Los síntomas inician con puntos cafés en hojas y panículas (Figura 5). Posteriormente, los puntos toman forma de diamante con borde amarillento y centro blanquecino. Las variedades susceptibles a este patógeno forman manchas de 3 mm con una severidad de $\geq 10\%$ (Pérez *et al.*, 2015). En los primeros 45 días después de la germinación, la severidad del patógeno en las hojas es entre 11 y 27%. En fase de llenado de panícula, la severidad puede ser superior a 18% en variedades susceptibles a *P. oryzae* (Cárdenas *et al.*, 2007). Sin embargo, la resistencia al patógeno varía entre ciclos del cultivo, observándose mayor severidad en las hojas de arroz en primavera-verano mientras la base de las panículas ha sido demostrada tener mayor severidad en otoño-invierno (Cárdenas *et al.*, 2007). Cuando no hay un manejo eficiente del patógeno, la severidad aumenta, las manchas oscurecen con bordes cafés-rojizo y halo amarillento hasta tornarse necróticas y ocasionar pérdidas hasta 100% de la producción (Garcés *et al.*, 2012; Guerrero *et al.*, 2011). En condiciones de alta disponibilidad de nitrógeno, la severidad de *P. oryzae* aumenta (Huichuan *et al.*, 2017). En términos prácticos, el desarrollo de la lámina foliar y el número de tallos del cultivo a una fertilización nitrogenada de 180 kg ha^{-1} no se observa incidencia del patógeno (de Oliveira *et al.*, 2019).

Figura 5. Lesiones en hojas de arroz, manchas con coloración café y halo amarillento.



CONCLUSIÓN

Los factores determinantes de la incidencia y severidad de los patógenos potenciales (*Rhizoctonia*, *Pyricularia*, *Alternaria*, *Fusarium* y *Curvularia*) en arroz son inóculo, temperatura, humedad relativa, humedad en el suelo, viento y desbalance nutricional. Los síntomas comunes son pudrición de tallos manchas en hojas, bases de panículas y granos. La severidad de los patógenos es variable entre Géneros y variedades de arroz, sin embargo, la investigación ha sido en forma dispersa. Por lo tanto, es necesario explorar germoplasmas >100 variedades de arroz para cuantificar resistencia a los principales patógenos en condiciones óptimas y de deficiencia nutricional. Cuantificar la asociación entre la condición nutricional del cultivo y la severidad de los principales patógenos.

LISTA DE REFERENCIAS

- Agbowuro, G. O., Afolabi, M. S., Olamiriki, E. F. and Awoyemi, S. O. (2020). Rice blast disease (*Magnaporthe oryzae*): a menace to rice production and humanity. *International Journal of Pathogen Research*, 4(3), 32-39.
- Aguilar-Ancota, R., Maldonado, A., Zapata, Y., More, M., Galecio, M. y Namó, P. (2017). Etiología de la enfermedad de pudrición de vaina y tallo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) var. Nir. 1, fundo Mambré, valle del Chira, Piura-Perú. *Manglar*, 14(1), 31-38.

- Álvarez, J. and Datnoff, L. E. (2001). The economic potential of silicon for integrated management and sustainable rice production. *Crop Protection*, 20(1), 43-48. doi: 10.1016/S0261-2194(00)00051-X
- Arata, G. J., Martínez, M., Elguezábal, C., Rojas, D., Cristos, D., Dinolfo, M. I. and Arata, A. F. (2022). Effects of sowing date, nitrogen fertilization, and *Fusarium graminearum* in an Argentinean bread wheat: Integrated analysis of disease parameters, mycotoxin contamination, grain quality, and seed deterioration. *Journal of Food Composition and Analysis*, 104-364. doi:0.1016/j.jfca.2021.104364
- Ávila, M. R., Dall' Agnol, M., Martinelli, J. A., Bremm, C. and Nunes, T. (2017). Selection of alfalfa genotypes for resistance to the foliar pathogen *Curvularia geniculata*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(3), 1801-1813. doi:10.1590/0001-3765201720170005
- Baite, M. S., Raghu, S., Prabhukarthikeyan, S. R., Keerthana, U., Jambhulkar, N. N. y Rath , P. C. (2020). Incidencia de enfermedades y pérdida de rendimiento en el arroz debido a la decoloración del grano. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 127, 9-13. doi:10.1007/s41348-019-00268-y
- Barrios, E. J., Rodríguez, V. H., Hernández, L., Tavitas, L., Hernández, A., Tapia, L. M. y Pinzón, J. M. (2016). Evaluación de líneas de arroz delgado para riego en México. *Interciencia*, 41(7), 476-481. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33946267006>
- Beltrán-Pineda, M. E. y Bernal-Figueroa, A. A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mutis*, 12(1), 1-18. doi:10.21789/22561498.1771
- Benson, D. M. (1994). Inoculum. In: *Epidemiology and Management of Root Diseases*. Campbell, C. and Benson D. M. (Eds.). Springer-Verlag. Alemania. pp:1-33. doi:10.1007/978-3-642-85063-9
- Bordin, L. C., Trezi, R., Marcuzzo, L. L., Melo, E., 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. *Ciência Rural*, 46(1), 7-12. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33143237002>

- Cárdenas, R. M., Cristo, E., Pérez, N., González, M. C. y Fabre, L. (2007). Monitoreo de la piriculariosis (*Pyricularia grisea* Sacc.) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Fitosanidad*, 11(1), 41-42.
- Cárdenas, R. M., Pérez, N. y Cristo, E. (2007). Análisis comparativo del comportamiento de líneas y variedades de arroz (*Oryza sativa* Lin.) ante *Pyricularia grisea* Sacc. en dos épocas. *Cultivos Tropicales*, 28(2), 45-50. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217731006>
- Cardona, R. y Delgado, N. (2016). Herencia de resistencia al hongo del arroz (*Oryza sativa* L.) *Rhizoctonia solani* en dos poblaciones de arroz en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 33(3), 311-324.
- Castilla, L. A., y Tirado, Y. C. (2019). Fundamentos técnicos para la nutrición del cultivo de arroz. Colombia: FEDEARROZ - Fondo Nacional del Arroz. Colombia. 80p.
- Cataño, J. (2015). Principios básicos de hongos fitopatógenos. Colombia. 362p.
- da Silva-Lobo, V. L., da Guia, M., de Filippi, M. C., Barata da Silva, G. e Sitarama Prabhu, A. (2011). Influência da adubação nitrogenada, época de plantio e aerospores sobre a severidade da mancha de grãos em arroz de terras altas. *Summa Phytopathol*, 37(3), 110-115. doi:10.1590/S0100-54052011000300005
- de Oliveira, L. M., Marchesan, E., de David, R., Schlegel, I., Behenckz, B., Gabriel, D., Lencina da Silva, A. e Dressler da Costa, I. F. (2019). Occurrence of rice blast on and grain quality of irrigated rice fertilized with nitrogen and silicates. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54, 1-13. doi:10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00295
- Dirchwolf, P. M., Gutiérrez, S. A. and Carmona, M. A. (2018). Assessment of grain discoloration in the main rice genotypes of Corrientes Province, Argentina. *Summa Phytopathol*, 44(3), 271-273. doi:<https://doi.org/10.1590/0100-5405/178172>
- Dordas, C. (2008). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 28(1), 33-46. Obtenido de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886444>
- FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2022). Cultivos y productos de ganadería. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>.

- Feng, J. (2004) Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(1), 11-18, doi:10.1080/00380768.2004.10408447
- Fernández, J. and Orth, K. (2018). Rise of a Cereal Killer: The Biology of *Magnaporthe oryzae* Biotrophic Growth. *Trends in Microbiology*, 26(7), 582-597. doi:10.1016/j.tim.2017.12.007
- Garcés, F. R., Díaz, T. G. y Aguirre, Á. J. (2012). Severidad de la quemazón (*Pyricularia oryzae* cav.) en germoplasma de arroz F1 en la zona central del litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 5(2), 1-6. doi:10.18779/cyt.v5i2.125
- González, M., Castro, R., Morejón, R. y Cárdenas, R. M. (2004). Relación del vaneo del grano en variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) con las variedades climáticas temperatura y humedad relativa. *Cultivos Tropicales*, 25(3), 15-17. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217916003>
- Guerrero, A., Hernández-Rodríguez, Y., Rives, A., Velázquez, N., Gerardo, M. y Hernández-Lauzardo, A. (2011). Perspectivas del uso de bacterias rizosféricas en el control de *Pyricularia grisea* (Cooke Sacc.) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(1), 16-22.
- Gutaker, R. M., Groen, S. C., Bellis, E. S., Choi, J. Y., Pires, I. S., Bocinsky, R. K., Slayton, E. R., Wilkins, O., Castillo, C. C., Negrão, S., Oliveira, M. M., Fuller, D. Q., d'Alpoim, J. A., Lasky, J. R. and Purugganan, M. D. (2020). Genomic history and ecology of the geographic spread of rice. *Nature Plants*, 6, 492-502. doi:10.1038/s41477-020-0659-6
- Huber, D. M. y Haneklaus, S. (2007). Managing Nutrition to Control Plant Disease. *Landbauforschung Völkenrode*, 4(57), 313-322.
- Huichuan, H., Thuy, T., Xiahong, H., Antoine, G., Stéphane, B., Elsa, B. and Jean-Benoit, M. (2017). Increase of Fungal Pathogenicity and Role of Plant Glutamine in Nitrogen-Induced Susceptibility (NIS) To Rice Blast. *Blast. Frontiers in Plant Science*, 8(265), 1-18. doi:10.3389/fpls.2017.00265
- Limón, A., Pelaez, D., Leyva, G. y Espinosa, C. (2016). Efecto de la dosis de N en la incidencia de *Fusarium* spp. en raíces de trigo bajo camas permanentes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(5), 1155-1165.

- Mariscal-Amaro, L., Solís-Moya, E., Leyva-Mir, S. G., Anaya-López, J. L. y Villaseñor-Mir, H. E. (2017). Micoflora asociada a manchas y tizones foliares en trigo (*Triticum aestivum* L.) de riego en El Bajío, México. *Agrociencia*, 51(2), 189-200.
- Martínez de la Parte, E., Abreu, J. y García, D. (2014). Presencia de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* y *Magnaporthe salvinii* en variedades de arroz cultivadas en Cuba. *Fitosanidad*, 18(3), 163-168. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209143451004>
- Mohammed, N. (2018). Exploring rice genetic resources to improve nutrient use efficiency. University of York.
- Moreira, S. I., Ceresini, P. C. e Alves, E. (2015). Reprodução Sexuada em *Pyricularia oryzae*. *Summa Phytopathol*, 41(3), 175-182. doi:10.1590/0100-5405/2067
- Nicholls, C. y Altieri, M. (2006). Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 77, 8-16.
- Patishtan, J., Hartley, T. N., Fonseca de Carvalho, R. & Maathuis, F. J. M. (2018). Genome-wide association studies to identify rice salt-tolerance markers. *Plant, Cell & Environment* 41(5): 970-982.
- Pavón, M. A., González, I., Martín de Santos, R. y García, T. (2012). Importancia del género *Alternaria* como productor de micotoxinas y agente causal de enfermedades humanas. *Nutrición Hospitalaria*, 27(6), 1772-1781. doi:10.3305/nh.2012.27.6.6017
- Pérez, N., González, M., Márquez, R., Castro, R. I. y Aguilar, M. (2015). Utilización de haplotipos de *Pyricularia grisea* Sacc. aislado en Cuba para la selección de cultivares de arroz resistentes a la piriculariosis. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 129-133. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193237111017>
- Pincioli, M., Cordo, M. C., Bezus, R., Vidal, A. A. y Delucis, M. (2006). Evolución del añublo del arroz en dos condiciones de fertilidad nitrogenada. *Summa Phytopathologica*, 32(3), 280-282. doi:10.1590/S0100-54052006000300012
- Quirós, R. y Ramírez, C. (2006). Evaluación financiera de la fertilización nitrogenada del cultivo de arroz en siembra directa sobre rastrojos. *Agronomía Costarricense*, 30(1), 75-85.

- Rivero, G., Cruz, A., Rodríguez, P., Echevarría, A. y Martínez, 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.
- Rodríguez, H. A., Arteaga de R, L., Cardona, R., Ramon, M. y Alemán, L. (2002). espuesta de las variables de arroz fonaiap 1 y cimarrón a dos densidades de siembra y dos dosis de nitrógeno. *Bioagro*, 14(2), 105-112. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85714207>.
- Santos, P., Urzêdo, E., Wagner de, R., Pereira de, M. and Rodrigues, G. (2018). Morphological and molecular characterization of *Curvularia lunata* pathogenic to andropogon grass. *Bragantia*, Campinas, 77, 326-332. doi:10.1590/1678-4499.2017258
- Scheuermann, K., e Nesi, C. N. (2020). Controle químico de brusone e mancha parda na cultura do arroz irrigado. *Summa Phytopathologica*, 47(3), 168-172. doi:10.1590/0100-5405/251530
- Schurt, D. A., Dutra Reis, R., Araujo, L., Carré-Missio, V. e de Ávila, F. (2015). Análise microscópica da resistência do arroz à queima das bainhas mediada pelo silício. *Bragantia*, Campinas, 74(1), 93-101. doi:10.1590/1678-4499.0355
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Producción anual agrícola. Cierre de la producción agrícola (1980-2020). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Arroz palay. Obtenido de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sieiro, G. L., González, A. N., Rodríguez, E. L. y Rodríguez, M. (2020). Efecto de los macroelementos primarios en la susceptibilidad a enfermedades. *Centro Agrícola*, 47(3), 66-74.
- Sumangala, K., Patil, M. B., Nargund, V. B. and Ramegowda, G. (2009). Effect of grain discoloration of quality parameters of rice. *Journal of Plant Disease Sciences*, 4(1), 33-37.
- Trezzi, R., Kuhnem, P. R., Bogo, A., Munerati, A. M., Bolzan, J. M., Oliveira, F. S. and Casa, M. M. (2012). Survey, survival and control of *Alternaria alternata* in wheat sedes. *Revista Brasileira de Sementes*, 34(3), 358-365. doi:10.1590/S0101-31222012000300001

- Vicentini, S., Santos, D., Castroagudín, V. L., Dorigan, A. F. and Ceresini, P. C. (2017). Adaptabilidade e danos potenciais de *Rhizoctonia oryzae-sativae* ao milho. *Summa Phytopathologica*, 43(3), 186-192. doi:10.1590/0100-5405/2205
- Walter, M., Marchezan, E. e de Avila, L. A. (2008). Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, 38(4), 1184-1192. doi:10.1590/S0103-84782008000400049
- Williams, J. and Smith, S.G. (2001). Correcting potassium deficiency can reduce rice stem diseases. *Better Crops*, 85, 7-9.