

Extractos vegetales como alternativa en el control de *Sarocladium oryzae*, agente causal de la pudrición de la vaina en el cultivo de arroz

*Plant extracts as an alternative in the control of *Sarocladium oryzae*, the causal agent of sheath rot in rice cultivation*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15186546>

AUTORES: Vanessa Pino Meléndez^{1*}

Gualberto Ramírez González²

Germán Troya Guerrero³

Héctor Reyes Villón⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: vpino@utb.edu.ec

Fecha de recepción: 10 / 01 / 2025

Fecha de aceptación: 17 / 03 / 2025

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cultivo clave en la economía mundial; sin embargo, enfrenta diversas enfermedades que afectan su calidad y rendimiento, siendo la pudrición de la vaina, causada por el hongo *Sarocladium Oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksworth, una de las más importantes. Ante los efectos negativos de los fungicidas químicos en la salud y el medio ambiente, los extractos vegetales surgen como una alternativa prometedora, ya que contienen compuestos bioactivos con propiedades antifúngicas que pueden inhibir el crecimiento del patógeno. Esta revisión tuvo como objetivo analizar la eficacia de extractos vegetales en el control de *S. oryzae*. Tras revisar

^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-0986-1651>, Universidad Técnica de Babahoyo, vpino@utb.edu.ec

² <https://orcid.org/0000-0001-6778-6317>, Universidad Técnica de Babahoyo, gramirezg@utb.edu.ec

³ <https://orcid.org/0000-0003-1293-4866>, Universidad Técnica Babahoyo, gtroya@utb.edu.ec

⁴ <https://orcid.org/0009-0000-7730-0931>, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, reyes_hector82@hotmail.com

estudios de diversas fuentes, se concluye que los extractos de ajo (*Allium sativum* L.), neem (*Azadirachta indica* A. Juss), flor de muerto (*Tagetes erecta* L.), mango (*Mangifera indica* L.) y los aceites de caisimón de anís (*Piper auritum* Kunth) y platanillo de Cuba (*Piper aduncum* subsp. *Ossanum* C.DC.), presentan propiedades fungicidas, actuando a través de compuestos como la alicina, azadiractina, capsaicina, entre otros. El artículo destaca que los extractos vegetales no solo representan una opción viable para el control biológico de la enfermedad, sino que también promueven prácticas agrícolas sostenibles que pueden incorporarse a sistemas de manejo integrado de plagas; no obstante, se requiere más investigación para determinar su eficacia, dosis adecuadas y mecanismos de acción en condiciones de campo.

Palabras clave: *Compuestos bioactivos, control biológico, fungicidas naturales, enfermedades del arroz, propiedades antifúngicas*

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is a key crop in the global economy; however, it faces several diseases that affect its quality and yield, being sheath rot, caused by the fungus *Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksworth, one of the most important. Given the negative effects of chemical fungicides on health and the environment, plant extracts emerge as a promising alternative, since they contain bioactive compounds with antifungal properties that can inhibit the growth of the pathogen. This review aimed to analyze the efficacy of plant extracts in controlling *S. oryzae*. After reviewing studies from various sources, it is concluded that extracts of garlic (*Allium sativum* L.), neem (*Azadirachta indica* A. Juss), flower of the dead (*Tagetes erecta* L.), mango (*Mangifera indica* L.) and the oils of anise (*Piper auritum* Kunth) and Cuban plantain (*Piper aduncum* subsp. *Ossanum* C.DC.), have fungicidal properties, acting through compounds such as allicin, azadirachtin, capsaicin, among others. The article highlights that plant extracts not only represent a viable option for the biological control of the disease, but also promote sustainable agricultural practices that can be incorporated into integrated pest management systems; however, more research is required to determine their efficacy, adequate doses and mechanisms of action under field conditions.

Keywords: *Bioactive compounds, biological control, natural fungicides, rice diseases, antifungal properties*

INTRODUCCIÓN

La agricultura desempeña un papel fundamental en la economía mundial, ya que es la fuente de alimentos para la población global. En particular, el arroz se destaca como uno de los cultivos más relevantes, dado que abastece a más de la mitad de los habitantes del mundo y es clave para garantizar la seguridad alimentaria (Sawant, 2022). No obstante, la producción de arroz enfrenta varios obstáculos, que afectan tanto el rendimiento como su calidad. La presencia de plagas y enfermedades, constituye una de las principales limitantes en la producción de esta gramínea, puesto que más de cuarenta enfermedades y trastornos microbianos impactan este cultivo (Naqvi et al., 2018). La pudrición de la vaina, causada por el hongo *Sarocladium oryzae* (Shamsi y Chowdhury, 2016), es una enfermedad grave que causa un alto costo de producción; se reportó por primera vez en Asia, registrando pérdidas hasta del 85 % (Kumar y Patibanda, 2015).

S. oryzae se encuentra en todas las regiones productoras de arroz, prevaleciendo en estaciones lluviosas, siendo la temperatura óptima para su desarrollo entre 20° C y 30° C, con una humedad relativa de 65 al 85 %, lo que favorece su proliferación (Mew y Gonzales, 2002); sobrevive en semillas infectadas, suelo, agua, malezas y en residuos como paja y rastrojo. El patógeno infecta la planta a través de los estomas o heridas, siendo más destructivo después de la emergencia de la panícula, aunque también puede causar daño en otras etapas de crecimiento (Gopalakrishnan et al., 2010).

Los síntomas de la enfermedad ocurren en la vaina que encierra la panícula de la planta de arroz, la cual se pudre adquiriendo una coloración de marrón grisáceo a marrón rojizo, dependiendo del cultivar, pudiendo no desarrollar ningún grano. Los patógenos que infectan la vaina de la hoja hacen que las panículas no salgan y se solidifiquen o aparezcan en parte y se vuelvan de color marrón (Mvuyekure et al., 2017). *S. oryzae* también se asocia con varios patógenos fúngicos y bacterianos (Bigirimana et al., 2015), con el hongo *Fusarium* sp., que presenta síntomas similares y puede provocar la muerte de las hojas (Wulff et al., 2010) y con la bacteria *Pseudomonas fuscovaginae* contribuye a la pudrición,

causando necrosis longitudinal y decoloración de las vainas y glumas (Cother et al., 2009; Adorada et al., 2015).

A fin de evitar pérdidas en calidad y rendimiento, se han empleado productos químicos sintéticos para el control de patógenos (González-Espíndola et al., 2020); sin embargo, el uso frecuente de estos productos ha demostrado ser una solución costosa y temporal, además de conllevar riesgos para la salud y el ambiente. Por esta razón ha crecido el interés por buscar alternativas ecológicas y los extractos vegetales constituyen una opción eficaz debido a sus propiedades biocidas naturales (Ramírez-Quispe, 2021; Valbuena et al., 2021). En las últimas décadas, la investigación sobre productos de origen vegetal se ha intensificado, enfocándose en los metabolitos secundarios que juegan un papel en el control biológico de patógenos, y en algunos casos, activan procesos de defensa en la planta, brindando protección preventiva, incrementándose el uso de estos productos para combatir enfermedades (Blando et al., 2019), mostrando una eficacia comparable a la de los agroquímicos convencionales (González- Espíndola et al., 2020). Aproximadamente 3000 compuestos naturales de origen vegetal exhiben actividad bactericida, fungicida, insecticida, repelente y nematocida (Celis et al., 2018).

El mecanismo de acción de los extractos vegetales no se comprende completamente; sin embargo, se sabe que contienen compuestos fenólicos que generan toxicidad en los microorganismos a través de reacciones enzimáticas relacionadas con la oxidación de estos compuestos. Sustancias como rotenoides, piretroides, alcaloides, terpenoides y otros, que se generan a partir del metabolismo secundario de diversas partes del vegetal (raíces, hojas, flores y semillas), pueden afectar significativamente el metabolismo de otros organismos, provocando repelencia, inhibición de la alimentación y de la oviposición, esterilización, bloqueo metabólico e interferencia en el desarrollo, sin causar la muerte (Jozivan et al., 2008). Además, los terpenos o aceites esenciales pueden provocar la destrucción de las membranas de los microorganismos mediante compuestos de acción lipofílica (Andrade-Bustamante et al., 2017).

Numerosos estudios han demostrado la eficacia de los extractos vegetales en la reducción de enfermedades, tal es el caso de Mora (2016) que encontró que la aplicación de extractos vegetales redujo significativamente la severidad de la enfermedad del añublo de la vaina causada por *Rhizoctonia solani* Kuhn en el cultivo de arroz. Otras investigaciones muestran

que diversos extractos vegetales, como el ajo (*Allium sativum* L.), el neem (*Azadirachta indica* A. Juss) y el jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), tienen propiedades antifúngicas capaces de controlar enfermedades causadas por hongos como *Pyricularia oryzae* Cavara, *Rhizoctonia solani* y otros patógenos comunes del arroz (Ahmed et al., 2013).

El presente artículo de revisión tuvo como objetivo analizar la eficacia de los distintos extractos vegetales en el control de *S. oryzae*, comparando su desempeño con los métodos convencionales y evaluando su potencial para ser incorporados en estrategias de manejo integrado de plagas, ofreciendo una alternativa sostenible para la producción de arroz, tanto a nivel local como global.

METODOLOGÍA

Para realizar la presente revisión se realizaron búsquedas bibliográficas, identificando inicialmente las palabras clave para luego acceder a la base de datos académicas y repositorios científicos como son Google Scholar, Scopus, Redalyc, Scielo y otras; se analizaron artículos científicos, tesis y demás recursos relacionados con el tema. Una vez que se encontraron los artículos relevantes, se examinaron las metodologías más usadas para extraer los compuestos vegetales, se recopiló información de las especies botánicas más comunes utilizadas, lo cual incluyó plantas específicas cuyos extractos se han estudiado para el control de enfermedades en el cultivo de arroz y se revisaron las referencias bibliográficas de dichos artículos con el fin de identificar otros estudios relacionados que puedan ser útiles para la elaboración del manuscrito. Finalmente, se consultaron fuentes especializadas, libros, informes técnicos, tesis y trabajos de investigadores especializados en el control de enfermedades en el cultivo de arroz.

RESULTADOS

El artículo contribuye al conocimiento al analizar las propiedades antifúngicas de extractos de plantas como ajo (*Allium sativum*) que ha demostrado ser eficaz para inhibir el crecimiento radial de *S. oryzae* en condiciones *in vitro*. Por su parte, el extracto de hoja de neem (*Azadirachta indica*) se ha utilizado para el manejo de la enfermedad causada por *Rhizoctonia solani* en arroz, mostrando resultados positivos en su control. Además, se ha comprobado que el extracto de jengibre, tiene propiedades antifúngicas en el combate de la

enfermedad ocasionada por *Pyricularia oryzae*, mientras que el extracto de cúrcuma (*Curcuma longa*) contiene compuestos como la curcumina que poseen propiedades antifúngicas (Ahmed et al., 2013).

Mecanismos de acción

Los extractos vegetales pueden actuar a través de varios mecanismos: a) Disrupción de la membrana celular e inhibición de la pared celular. La naturaleza lipofílica de los compuestos presentes en los extractos vegetales y aceites esenciales facilita su entrada a la célula provocando la ruptura de la membrana plasmática, la pérdida de iones, el colapso de la bomba de protones y pérdida de Adenosín Trifosfato (ATP), lo que conlleva a un vaciado del contenido celular. b) Disfunción de la mitocondria de los hongos. Algunos extractos vegetales afectan la actividad mitocondrial al inhibir las enzimas responsables de la síntesis del ATP. c) Inhibición de bombas de eflujo. La enzima H^+ -ATPasa regula el gradiente electroquímico de protones a través de la membrana celular, y el pH interno de la célula, así como su crecimiento y d) Producción de Especies Reactivas de Oxígeno (ROS). Los extractos tienen propiedades antioxidantes, reduciendo el nivel de óxido nítrico y disminuyendo la producción de peróxido de hidrógeno (Nazzaro et al., 2013).

Evidencia científica sobre la eficacia de extractos vegetales

A continuación, se detalla un resumen de los ensayos que se han efectuado para evaluar la eficacia de los extractos vegetales en el control de *Sarocladium oryzae* (Tabla 1).

Título de la investigación	Plantas involucradas	Técnica de extracción y evaluación	Resultados
Bioeficacia de fungicidas, botánicos y agentes de biocontrol contra <i>Sarocladium oryzae</i> , causante de la pudrición de la vaina del arroz. (Kumar y Patibanda, 2015).	Se evaluó material vegetal de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) (bulbos), ajo (<i>Allium sativum</i> L.), eucalipto fragante (<i>Eucalyptus odorata</i> Behr) (hojas), aloe vera (<i>Aloe vera</i> Miller) (tallo carnoso), albahaca (<i>Oscimum basilicum</i> var. <i>thyrsiflora</i>) (hojas) y Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) (rizomas procesados).	El material vegetal se lavó cuidadosamente con agua del grifo y luego con agua destilada. Posteriormente, el tejido se molió con agua esterilizada en una proporción de 1 g de material vegetal por 1 mL de agua, utilizando un mortero. El macerado se filtró a través de una tela de muselina para obtener el extracto crudo. El extracto de cada especie de planta se evaluó en cinco concentraciones 5, 10, 15, 20 y 25 %, para determinar su efecto contra el crecimiento	Los fungicidas Carbendazim, Hexaconazol, Tebuconazol + Trifloxistronbina y Mancozeb lograron una inhibición del 100 % en el crecimiento de <i>S. oryzae</i> . Los extractos botánicos también mostraron una inhibición significativa en comparación con el control. En todas las concentraciones, el extracto de ajo fue el más efectivo, con una inhibición del 63,4 % del crecimiento de <i>S. oryzae</i> , seguido por el extracto de hojas de

		<p>de <i>S. oryzae</i> mediante la técnica de alimentos envenenados.</p>	<p>eucalipto (38,9 %), el extracto de rizoma de Cúrcuma (22,4 %), extracto de aloe vera (17 %) y extracto de bulbo de cebolla (4,9 %). El extracto de hoja de albahaca registró la menor inhibición media (3,99 %). De todos los extractos botánicos, la concentración del 25 % causó la mayor inhibición del crecimiento (51,6 %), mientras que los extractos al 20 % mostraron una inhibición del 32 %. Por otro lado, a una concentración del 5 %, la inhibición del crecimiento fue mínima (8,5 %). El extracto de <i>Allium sativum</i> en concentraciones del 20 % y 25 % logró una inhibición del 100 % en el crecimiento de <i>S. oryzae</i>, superando a los demás extractos en todas las concentraciones evaluadas (Tabla 2).</p>
<p>Evaluación in vitro de fungicidas y algunos extractos de plantas contra el patógeno de la pudrición de la vaina del arroz <i>Sarocladium oryzae</i>. (Shamsi y Chowdhury, 2016).</p>	<p><i>Allium sativum</i> (ajo) (bulbos) y hojas de 9 plantas <i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. (Jackfruit), <i>Asparagus racemosus</i> (Willd.) Oberm (especie de espárrago), <i>Azadirachta indica</i> A. Juss. (neem), <i>Citrus medica</i> L. (limón poncil), <i>Datura metel</i> L. (cidra), <i>Mangifera indica</i> L. (mango), <i>Nerium indicum</i> M. (adelfa), <i>Senna alata</i> (L.) Roxb. (candelabro) y <i>Tagetes erecta</i> L. (flor de muerto).</p>	<p>Se elaboraron extractos etanólicos de bulbos de <i>A. sativum</i> y de hojas frescas de las otras 9 plantas. Para ello, cada material se lavó por separado, se secó al aire y se trituró con etanol en una proporción de 1:1 (p/v). Una parte de la masa vegetal se exprimió a través de cuatro capas de tela fina, y los extractos se centrifugaron a 3000 rpm durante 20 minutos para eliminar las partículas. Los sobrenadantes se filtraron a través de papel filtro Whatman N° 1, y el filtrado se recogió en matraces Erlenmeyers de 250 mL. Se cultivó <i>S. oryzae</i> en placas PDA con 5, 10 y 20 % de etanol. La placa PDA sin adición de extracto vegetal sirvió como control. El crecimiento radial de las colonias se midió al quinto</p>	<p>De los diez fungicidas evaluados, Bavistin, Dithane M-45, Greengel, Ridomil e Indofil fueron clasificados como sistémicos, mientras que Capvit, Hayvit, Salcox, Sulphur y Tall 25 EC fueron fungicidas protectores. El producto químico TALL 25 EC logró inhibir por completo el crecimiento radial del hongo, incluso en la concentración más baja de 100 ppm. Se analizaron los extractos etanólicos de 10 plantas en concentraciones del 5, 10 y 20 % contra <i>S. oryzae</i>, todos los extractos inhibieron completamente el crecimiento radial del hongo a una concentración del 20 %, a excepción de <i>A. racemosus</i> y <i>C. medica</i>. Además, los extractos de <i>Tagetes erecta</i> y <i>Mangifera indica</i> también inhibieron</p>

		<p>día de incubación, y el porcentaje de inhibición del crecimiento del hongo se calculó utilizando la fórmula:</p> $I = (C - T / C) * 100$ <p>Donde: I: Porcentaje de inhibición del crecimiento C: Crecimiento en el control T: Crecimiento en el tratamiento. Posteriormente, se evaluó in vitro fungicidas y algunos extractos de plantas contra el patógeno causante de la pudrición de la vaina <i>S. oryzae</i>.</p>	<p>completamente el crecimiento radial del hongo a una concentración del 10 % (Figura 1).</p>
<p>Evaluación de la inhibición del crecimiento de <i>Sarocladium oryzae</i>, agente causal de la pudrición de la vaina del arroz, utilizando el extracto metanólico de hojas de Binahong (Endah et al., 2019)</p>	<p>Anredera cordifolia (Ten.) Steenis (binahong) hojas.</p>	<p>Las hojas de binahong (<i>Anredera cordifolia</i>) se lavaron y se secaron al aire a temperatura ambiente durante un día, y luego se cocieron en un horno a 45°C durante ± 12 horas para disminuir el contenido de agua de las hojas. Después, se trituraron las hojas secas para obtener un polvo. Se preparó extracto metanólico de hojas mediante el método de maceración, sumergiendo el polvo en metanol en una proporción de 1:10 (p/v) durante 2 días en un recipiente cerrado. Luego, se filtró la mezcla usando papel de filtro y se evaporó con evaporador giratorio a una temperatura de 55-60°C y vacío a una presión de 580-600 mmHg. Para evaluar la inhibición de las colonias de <i>S. oryzae</i>, se utilizó la técnica de alimentos envenenados (Hubert et al., 2015). Se pesaron 2.4 g, 1.2 g, 0.6 g, 0.3 g y 0.15 g de extracto de hoja y añadieron 120 mL de medio PDA, logrando concentraciones de 2, 1, 0.5, 0.25 y 0.125 %. Luego, se vertió 15 mL de esta mezcla en una caja Petri y se dejó solidificar. El tratamiento</p>	<p>Se evaluó la inhibición del crecimiento de <i>S. oryzae</i> utilizando el extracto de hojas de binahong (<i>Anredera cordifolia</i>). Para esto, se empleó un Diseño Completamente al Azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos consistieron en 5 concentraciones de extracto de hoja de binahong 0,125 %, 0,25 %, 0,5 %, 1 %, 2 % además de un tratamiento control. Los resultados indicaron que el extracto de esta planta no logro inhibir el crecimiento de <i>S. oryzae</i>, obteniéndose el porcentaje de inhibición más alto de 4,55 % a una concentración de 0,25 %, lo que se considera una baja categoría de inhibición (Tabla 3). Aunque el crecimiento de las colonias de <i>S. oryzae</i> fue inhibido significativamente, el extracto provocó anomalías en las hifas, presentando hifas rizadas, dobladas y retorcidas, en contraste con las hifas normales del tratamiento control que crecieron de manera recta, irregular y ramificada (Figura 2).</p>

		<p>control consistió en medio PDA sin extracto. A continuación, se colocó 5 mm de micelio del hongo en el centro de la caja Petri y se dejó incubar a temperatura ambiente. Se midió el diámetro de las colonias un día después de la incubación, continuando las observaciones hasta que las colonias cubrieron la superficie del medio, con intervalos de observación de 7 días. El porcentaje de inhibición se calculó con la fórmula:</p> $I = (C - T) * 100 \% / C$ <p>I= Porcentaje de inhibición (%) C= Diámetro de colonia en el tratamiento control (cm) T= Diámetro de colonia en el tratamiento del extracto (cm). Adicionalmente, se observó microscópicamente el efecto del extracto sobre el micelio e hifas del hongo.</p>	
<p>Eficacia de productos vegetales y animales para el manejo de <i>Sarocladium oryzae</i> causante de la pudrición de la vaina en arroz Anandeeswari y John, 2020</p>	<p>Neem (<i>Azadirachta indica</i>), ajo (<i>Allium sativum</i>), jengibre (<i>Zingiber officinale Roscoe.</i>), mehanthi (<i>Lawsonia inermis L.</i>), Dormilona (<i>Phyllanthus nirorl L.</i>), cúrcuma (<i>Curcuma longa L.</i>) y Notchi (<i>Vitex negundo L.</i>)</p>	<p>La parte de la planta recolectada se lavó primero con agua del grifo y luego con agua destilada estéril en una proporción de un mL/g de tejido (1:1 p/v). Se utilizó un mortero para triturar y se filtró a través de una gasa de doble capa, obteniendo así una solución estándar de extracto de planta (100 %). Se evaluaron 7 productos vegetales contra <i>S. oryzae.</i>, utilizando la técnica de alimentos envenenados, el método de disco de papel y método de pozo de agar.</p>	<p>Todos los extractos evaluados inhibieron el crecimiento del micelio del patógeno. El extracto de mehanthi, en su concentración más alta (20%) tuvo un crecimiento micelial mínimo de 11,10 mm y una reducción máxima de 42,17 y 39,45 mm con la técnica de disco de papel y pozo de agar, respectivamente; seguido por el Neem que reportó 39,12 y 36,67 mm (Tabla 4). Se analizaron siete productos de origen animal, incluyendo estiércol de vaca, estiércol de cabra, estiércol de búfalo, estiércol de oveja, arena de gallina, orina de vaca y orina de búfalo. El estiércol de vaca y la arena de gallina en la concentración más alta (20%) obtuvieron un crecimiento micelial mínimo de 11,13 mm, con</p>

			reducciones máximas de 39,79 mm y 40,86 mm, respectivamente, en las técnicas de disco de papel y pozo de agar.
Efecto de cuatro aceites esenciales sobre hongos asociados al manchado del arroz. (Duarte et al., 2014)	Los aceites de Piper auritum Kunth (caisimón de anís) y Piper aduncum subsp. ossanum (C.DC.) Saralegui (platanillo de Cuba) Melaleuca quinquenervia Cav. S.T. Blake (melaleuca); Citris sinensis L. Osbeck (naranja dulce).	Se evaluó la actividad antifúngica in vitro de cuatro aceites esenciales contra tres patógenos responsables del manchado del grano en arroz: Curvularia lunata (Wakker) Boedijn, Sarocladium oryzae (Sawada) W. Gams & D. Hamksworth y Bipolaris oryzae (Breda de Haan) Shoemaker. El bioensayo se llevó a cabo con un diseño completamente al azar, utilizando el método del papel de filtro inoculado con los aceites, que se colocaron en contacto directo con los discos de los hongos fitopatógenos. Se midió el crecimiento radial de los hongos diariamente durante un periodo de 96 horas.	Los aceites de Piper auritum Kunth (caisimón de anís) y Piper aduncum y Saralegui (platanillo de Cuba) lograron inhibir el crecimiento de los tres aislados. A las 96 horas, ambos aceites mostraron un efecto fungicida sobre los tres hongos fitopatógenos. El aceite de melaleuca inhibió el 100 % del crecimiento micelial de S. oryzae y B. oryzae, mientras que el aceite cítrico también inhibió a B. oryzae. Se observó un efecto fungistático de la esencia de melaleuca sobre C. lunata, así como de la esencia cítrica sobre B. oryzae y C. lunata, siendo B. oryzae el fitopatógeno más sensible a la acción de los aceites (Tabla 5).

Tabla 1. Ensayos efectuados para evaluar la eficacia de los extractos vegetales en el control de Sarocladium oryzae

Nº	Extracto botánico	Inhibición del crecimiento de <i>S. oryzae</i> (%)					
		Concentración de extractos botánicos					
		5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	Significancia
1	<i>Allium sativum</i>	16.0 (23.6)	38.2 (37.9)	62.9 (52.4)	100 (90.0)	100 (90.0)	63.4 (58.8)
2	<i>Allium cepa</i>	4.9 (10.2)	3.7 (11.1)	3.7 (11.1)	4.9 (12.6)	7.4 (11.9)	4.9 (11.9)
3	<i>Oscimum basilicum</i>	0.0 (0.0)	2.5 (7.3)	2.5 (7.3)	2.5 (7.3)	12.3 (20.5)	3.9 (8.6)
4	<i>Eucalyptus odorata</i>	18.2 (18.2)	19.8 (26.3)	20.9 (27.2)	57.7 (49.6)	77.8 (61.9)	38.9 (36.7)
5	<i>Aloe vera</i>	3.7 (11.1)	9.9 (18.1)	11.1 (19.4)	11.1 (19.4)	49.3 (44.6)	17.0 (22.5)
6	<i>Curcuma longa</i>	8.6 (17.0)	12.3 (20.5)	12.3 (20.5)	16.0 (22.6)	62.9 (52.4)	22.4 (26.6)
Significancia		8.5 (13.3)	14.4 (20.2)	18.9 (23.0)	32.0 (33.6)	51.6 (47.3)	
		S.Em±	CD (P=0.01)	CV (%)			
	Extracto botánico	1.02	2.90	14.43			

	Concentración	0.93	2.65			
	Interacción	2.29	6.50			

Tabla 2. Efecto de los extractos botánicos sobre el crecimiento radial de *Sarocladium oryzae* in vitro

Nota: Las cifras entre paréntesis son valores transformados en arcoseno

Cada tratamiento se replicó tres veces

Fuente: Kumar y Patibanda (2015)

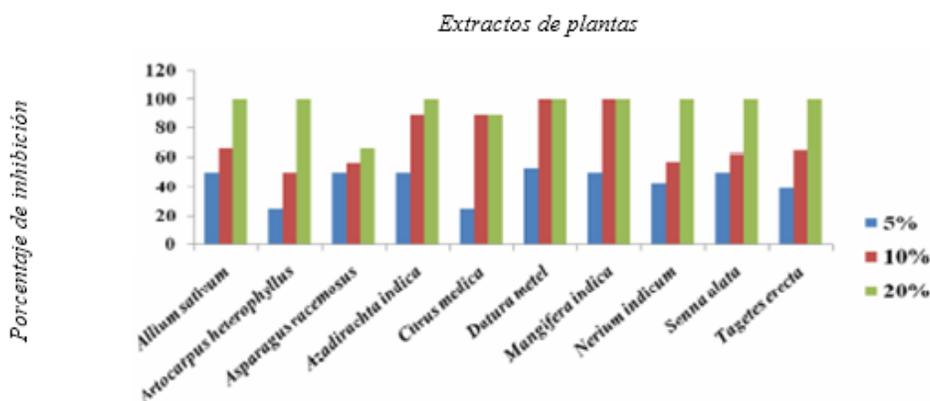


Figura 1. Porcentaje de inhibición del crecimiento radial de *S. oryzae* debido a diferentes concentraciones de extractos de plantas

Fuente: Shamsi y Chowdhury (2016)

Tratamiento	Diámetro de la colonia de hongos <i>S. oryzae</i> (cm)± SE	Inhibición del crecimiento moho <i>S. oryzae</i> (%)
Control	6,46 ± 0,169	-
Concentración 0,125 %	6,32 ± 0,248	2,22
Concentración 0,25 %	6,17 a ± 0,376	4,55
Concentración 0,5 %	6,75 ± 0,284	Tm
Concentración 1,0 %	6,80 a ± 0,303	Tm
Concentración 2,0 %	7,01 a ± 0,655	Tm

Tabla 3. Diámetro de las colonias de hongos de *Sarocladium oryzae* y porcentaje de inhibición del crecimiento del hongo en tratamiento de extracto metabólico de hojas de binahong

Nota: Las mismas letras en una columna de la tabla indican que los datos no son significativamente diferentes según Prueba de rango múltiple de Duncan al 5 %. SE = Error estándar. Tm= Sin inhibición

Fuente: Endah et al., (2019)

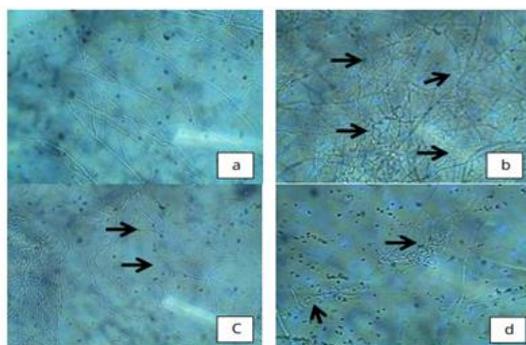


Figura 2. Características de las hifas de *S. oryzae* en el tratamiento acuosos de hojas de binahong. (a) Hifas normales en el tratamiento control. (b) hifas rizadas. (c) Hifas dobladas. (d) Hifas retorcidas.

Fuente: Endah et al., (2019)

No.	Extractos de plantas	Crecimiento micelial de <i>S. oryzae</i> (milímetros)							
		5 %	Porcentaje de inhibición sobre el control	10 %	Porcentaje de inhibición sobre el control	15 %	Porcentaje de inhibición sobre el control	20 %	Porcentaje de inhibición sobre el control
1	<i>Neem-Azadirachta indica</i>	39,46F	56,15	34,78fg	61,35	27,36ef	69,60	12,56ef	86,04
2	<i>Ajo- Allium sativum</i>	41,79 mi	53,56	35,67ef	60,36	29,67	67,03	14,25mi	84,16
3	<i>Jengibre – Zingiber officinale</i>	47,30C	47,44	41,46	53,93	35,98	60,02	19,28	78,57
4	<i>Mehanathi-Lawsonia inermis</i>	37,70F	58,11	32,58	63,80	25,81F	71,32	11,10	87,66
5	<i>Notchi-Vitex negundo</i>	44,15d	50,94	37,20	58,66	31,57d	64,92	16,47d	81,70
6	<i>Curcuma-Curcuma longa</i>	50,31b	44,10	43,67b	51,47	37,30b	58,55	21,68	75,91
7	<i>Kizhanelli-Phyllanthus niroori</i>	45,89cd	49,01	39,38cd	56,35	34,29c	61,90	17,35cd	80,72
8	Control	90,00a	-	39,28cd	-	90,00a	-	90,00a	-
SED CD (p=0,05)		2,219		2,245		2,468		1,995	

Tabla 4. Efecto de varios extractos de plantas sobre el crecimiento micelial de *S. oryzae* mediante la técnica de alimentos envenenados en condiciones in vitro

Nota: Los valores son medias de tres repeticiones. En una columna, las medias seguidas de una letra común no son significativamente diferentes al nivel del 5% según el DMRT.

Fuente: Anandeewari y John (2020)

Tratamientos	<i>B. oryzae</i>	<i>C. lunata</i>	<i>S. oryzae</i>
	% de inhibición ± DS	% de inhibición ± DS	% de inhibición ± DS
Caisimón de anís (<i>Piper auritum</i>)	100±0 a	100±0 a	100±0 a
Platanillo de Cuba (<i>Piper aduncum</i> subsp. <i>ossanum</i> C.D.C)	100±0 a	100±0 a	100±0 a
Melaleuca (<i>Melaleuca quinquenervia</i>)	100±0 a	59±0,04 b	100±0 a
Naranja dulce (<i>Citris sinensis</i> L. Osbeck)	100±0 a	46±0,06 c	68±0,24 b

Tabla 5. Inhibición del crecimiento de los patógenos por el efecto de los aceites esenciales

Nota: Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). ± DS = Desviación estándar

Fuente: Duarte et al., (2014)

El aporte científico de este artículo se centra en la evaluación exhaustiva del potencial de los extractos vegetales como una alternativa sostenible y efectiva para el control biológico de *Sarocladium oryzae*, agente causal de la pudrición de la vaina en el cultivo de arroz. La revisión también señala la importancia de integrar estos productos en sistemas de manejo integrado de plagas, lo que podría mejorar la resistencia del cultivo sin comprometer el ecosistema agrícola.

DISCUSIÓN

De acuerdo con Celis et al., (2018), en el cultivo de arroz se han investigado diversos extractos vegetales con propiedades antimicrobianas y antifúngicas. Entre los más destacados se encuentra el extracto de ajo (*Allium sativum*), que contiene compuestos como la alicina, la cual ha demostrado actividad microbiana contra hongos y bacterias, y su efectividad ha sido evaluada en el control de enfermedades fúngicas en el arroz. Esto coincide con lo señalado por Kumar y Patibanda (2015), quienes estudiaron in vitro la actividad antifúngica de extractos vegetales contra *S. oryzae* en arroz; encontrando que, en todas las concentraciones probadas, el extracto de *Allium sativum* fue el más eficaz para inhibir el crecimiento de *S. oryzae* (63,4 %), seguido por el extracto de hojas de *Eucalyptus odorata* (38,9 %), extracto de rizoma de *Curcuma longa* (22,4 %), extracto de tallo de *Aloe vera* (17,0 %), extracto de bulbo de *Allium cepa* (4,9 %), mientras que el extracto de hojas de *Oscimum basilicum* mostró la menor inhibición promedio (3,9 %) en el crecimiento de este patógeno. En este estudio también se determinó que *Allium sativum* a concentraciones

del 20 % y 25 % inhibió completamente el crecimiento de *S. oryzae*, superando a los demás extractos de plantas evaluados en todas las concentraciones. Asimismo, los resultados son consistentes con los hallazgos de Ahmed et al., (2013), quienes reportaron la sensibilidad de *S. oryzae* a *Allium sativum*, y con los de Chaliganjewar et al., (2010), que demostraron la susceptibilidad de *S. oryzae* hacia *Ocimum basilicum* y *Allium cepa*.

El neem (*Azadirachta indica*) se destaca como uno de los extractos más efectivos, lo cual coincide con los hallazgos de Kilanii et al., (2021), quienes indican que su componente activo principal, la azadiractina, interactúa con otros compuestos metabólicos para generar un efecto más potente. El uso de extractos, torta de neem y el aceite de las semillas fue mencionado por Yesuraja et al., (1995). Además, según la investigación de Cruz y Rivero (2009), se obtuvo la menor concentración de conidios de *S. oryzae* (0,65 x 10⁷ conidios/mL) en comparación con el control, cuando se utilizó la dilución del 50 % de emulsión de aceite extraído de la semilla de neem (OleoNim 50 CE).

En el estudio de Endah et al., (2019), se evaluó la inhibición del crecimiento de *S. oryzae* utilizando seis tratamientos, que incluyeron cinco concentraciones del extracto de hojas de binahong (0, 125 %, 0, 25 %, 0,5 %, 1 %, 2 %) y un tratamiento de control. Los resultados indicaron que el extracto de esta planta mostró una débil inhibición del crecimiento de *S. oryzae*, siendo el porcentaje más alto de inhibición (4,55 %) alcanzado con la concentración del 0,25 %. Este bajo nivel de inhibición se atribuyó a la baja cantidad de compuestos metabólicos secundarios que tengan propiedades antimicrobianas. Además, se destacó que esta planta contiene compuestos monopolisacáridos como L-aebinoso, D-galactosa y L-ramnosa, los cuales podrían favorecer el crecimiento de *S. oryzae* en presencia de azúcares en el extracto.

Esta investigación realizada por Endah et al., (2019), también sugiere que no se separaron las hojas jóvenes y las viejas, lo que podría haber afectado la cantidad de compuestos bioactivos extraídos. Adicionalmente, la alinea con lo señalado por Hasbullah (2016), quien indica que las hojas viejas de binahong contienen niveles más altos de saponinas que las jóvenes. Asimismo, concuerda con Ghani et al., (2009), quienes afirman que el estado fenológico de una planta influye en su metabolismo secundario y actividad enzimática, lo que puede llevar a que ciertos compuestos se activen, incrementen, disminuyan o se detengan, dependiendo de la fase de crecimiento del cultivo. Por lo tanto, es fundamental

relacionar la etapa de crecimiento con la mayor producción de compuestos químicos y la cosecha (Ramírez-Quispe, 2021).

Además, es importante considerar que la eficacia de los extractos vegetales puede verse influenciada por factores como la concentración del extracto, la frecuencia de aplicación y las condiciones ambientales. Esto concuerda con lo señalado por Ramírez-Quispe (2021), quien destaca que la composición de los extractos vegetales varía, incluso dentro de la misma especie, debido a características de las plantas y factores externos. Por ello, se enfatiza la necesidad de optimizar estos factores para maximizar el control de enfermedades en el cultivo de arroz utilizando extractos vegetales.

CONCLUSIONES

Con base en el análisis realizado, se concluye lo siguiente:

- De 6 extractos botánicos, cebolla (*Allium cepa* L.) (bulbos), ajo (*Allium sativum* L.) (bulbos), eucalipto fragante (*Eucalyptus odorata* B.) (hojas), aloe vera (*Aloe vera* M.) (tallos), albahaca (*Oscimum basilicum* T.) (hojas) y cúrcuma (*Curcuma longa* L.) (rizomas); el extracto de ajo se considera como el más efectivo, con una inhibición del 63,4 % del crecimiento de *S. oryzae*, seguido por el extracto de hojas de eucalipto (38,9 %), el extracto de rizoma de Cúrcuma (22,4 %), extracto de aloe vera (17 %) y extracto de bulbo de cebolla (4,9 %).
- Los extractos etanólicos de *Allium sativum* (ajo) (bulbos) y hojas de *Artocarpus heterophyllus* (Jackfruit), *Asparagus racemosus* (especie de espárrago), *Azadirachta indica* (neem), *Citrus medica* L. (limón poncil), *Datura metel* L. (cidra), *Mangifera indica* L. (mango), *Nerium indicum* M. (adelfa), *Senna alata* (L.) Roxb. (candelabro) y *Tagetes erecta* L. (flor de muerto), en concentraciones del 5, 10 y 20 % inhibieron completamente el crecimiento radial del hongo *S. oryzae* a excepción de *A. racemosus* y *C. medica*.
- Los extractos de neem y ajo han mostrado efectos inhibidores significativos sobre el crecimiento de *Sarocladium oryzae* en condiciones in vitro, lo que sugiere su potencial como agentes antifúngicos para controlar la pudrición de la vaina en el campo.

- El extracto metanólico de hojas de binahong causa anomalías en las hifas de *S. oryzae*, aunque no inhibe de manera significativa el crecimiento del diámetro de las colonias fúngicas.
- Los extractos de neem (*Azadirachta indica*), ajo (*Allium sativum*), jengibre (*Zingiber officinales R.*), mehanthi (*Lawsonia inermis L.*), dormilona (*Phyllanthus nirroorl L.*), cúrcuma (*Curcuma longa L.*) y Notchi (*Vitex negundo L.*), inhibieron el crecimiento del micelio de *S. oryzae*. El extracto de mehanthi, en su concentración más alta (20%) tuvo un crecimiento micelial menor, seguido por el neem.
- El aceite de melaleuca (*Melaleuca quinquenervia*) inhibió el 100 % del crecimiento micelial de *S. oryzae*.
- Los aceites de *Piper auritum* (caisimón de anís) y *Piper aduncum* (platanillo de Cuba) inhibieron el crecimiento de *S. oryzae* y pueden considerarse para futuras investigaciones como candidatos prometedores para ser ingredientes activos en productos biofungicidas.
- Mejores resultados podrían obtenerse al integrar el uso de extractos vegetales con otras prácticas de manejo integrado de plagas como el uso de variedades resistentes y prácticas culturales adecuadas.

Mediante el análisis de la literatura científica disponible, se sugiere se fortalezca la investigación y el desarrollo tecnológico abordando los aspectos que se mencionan a continuación:

- Evaluar extractos de plantas que no se utilizan tradicionalmente en el manejo de enfermedades en arroz, con el fin de descubrir nuevas fuentes de compuestos bioactivos.
- Estudiar los mecanismos de acción de los extractos vegetales, incluyendo sus efectos sobre la morfología celular y la inhibición de las esporas.
- Evaluar la viabilidad de los extractos a largo plazo, considerando que su eficacia puede verse afectada por factores como la concentración, el momento de aplicación y las condiciones ambientales.
- Investigar la efectividad de los extractos de plantas para que el producto pueda ser formulado, explorado y probado comercialmente en experimentos a gran escala en

campos agrícolas, ya que hasta ahora solo se han evaluado in vitro y los datos disponibles para los agricultores a nivel de campo son limitados.

- Desarrollar investigaciones que se enfoquen en mejorar la estabilidad de los extractos vegetales, incluyendo las condiciones de almacenamiento.
- Realizar investigaciones que incluyan análisis fitoquímicos para identificar la presencia de alcaloides, taninos, terpenoides, fenoles, polifenoles, saponinas, glucósidos, antraquinonas, ya que la presencia de estos compuestos en las plantas pueden ser fuentes útiles de fitoquímicos para la actividad fúngica.
- Efectuar estudios exhaustivos sobre los impactos ambientales, económicos y sociales del uso de extractos vegetales en comparación con otros métodos de control de enfermedades en el cultivo de arroz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adorada, D. L., Stodart, B. J., Pangga, I. B., & Ash, G. J. (2015). Implications of bacterial contaminated seed lots and endophytic colonization by *Pseudomonas fuscovaginae* on rice establishment. *Plant Pathology*, 64(1), 43-50.
<https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ppa.12243>
<https://doi.org/10.1111/ppa.12243>
- Ahmed, M., Hossain, M., Hassan, K. & Dash, C. K. (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.
<https://www.hrpub.org/download/201310/ujps.2013.010302.pdf>. Doi: 10.13189/ujps.2013.010302.
- Anandeeswari, D., & John, Christopher. (2020). Efficacy of plant products and animal products for management of *Sarocladium oryzae* (Sawada) gams and hawks worth causing sheath rot disease in rice. *J Pharmacogn Phytochem*; 9(5S), 96-100.
<https://www.phytojournal.com/archives/2020/vol9issue5S/PartB/S-9-5-32-302.pdf>.
- Andrade-Bustamante, G., Manelik García-López, A., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzim, C. E., Borboa-Flores, J., & Rueda-Puente, E. O. (2017). Estudio del potencial biocontrolador de las plantas autóctonas de la zona árida del noroeste de México:

- Control de fitopatógenos. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 49(1), 127–142. <https://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v49n1/v49n1a11.pdf>.
- Bigirimana, V. de P., Hua, G.K., Nyamangyoku, O. I., Höfte, M. (2015). Rice Sheath Rot: An Emerging Ubiquitous Destructive Disease Complex. *Front Plant Sci.* 11(6):1-16. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4675855/#B148>. Doi: 10.3389/fpls.2015.01066
- Blando, F., Russo, R., Negro, C., De Bellis, L., & Frassinetti, S. (2019). Antimicrobial and antibiofilm activity against *Staphylococcus aureus* of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Cladode polyphenolic extracts. *Antioxidants*, 8. <https://doi.org/10.3390/antiox8050117>.
- Celis, A., Mendoza, C., & Pachón, M. E. (2018). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas Agrarios*, 14(1), 5-16. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/1205/1489>. <https://doi.org/10.21897/rta.v14i1.1205>.
- Chaliganjewar. S. D., Lakpale. N., Khare. N & Trimurthy, V. S. (2010). Evaluation of resistance inducing agents against sheath rot disease and yield of rice. *Annals of Plant Protection Sciences*. 18(1), 273-274.
- Cother, E. J., Stodart, B., Noble, D.H., Reinke, R., & Van de Ven, R. J. (2009). Polyphasic identification of *Pseudomonas fuscovaginae* causing sheath and gume lesions on rice in Australia. *Australasian Plant Pathology*. 38, 247-261. <https://doi.org/10.1071/AP08103>.
- Cruz, A., & Rivero, D. (2009). Efecto del oleonim 50 CE sobre el crecimiento y desarrollo in vitro de hongos fitopatógenos del arroz (*Oryza sativa* Lin). *Fitosanidad*. 13(4), 271-276. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209114853008>.
- Duarte, Y., Pino Pérez, O., & Martínez, B. (2014). Efecto de cuatro aceites esenciales sobre hongos asociados al manchado del arroz. *Revista Protección Vegetal*. 29(1), 62-65. (PDF) Efecto de cuatro aceites esenciales sobre hongos asociados al manchado del arroz ([researchgate.net](https://www.researchgate.net)).
- Endah, Y., Dhiya Syafira Dhiya Syafira, Widiyanti Fitri & Kurniawan Wawan. (2019). Assessment of *Sarocladium oryzae* growth inhibition, the causal agent of rice sheath rot disease, using methanol extract of Binahong leaves. *Journal Cropsaver*, 2(1),15-

21. <https://jurnal.unpad.ac.id/cropsaver/article/view/22301/10631>. Doi: <https://doi.org/10.24198/cs.v2i1.22301>.
- Ghani, A., Saharkhiz, M., Hassanzadeh, M. & Msaada, K. (2009). Changes in the essential oil content and chemical compositions of *Echinophora platyloba* DC. during three different growth and developmental stages. *J. Essential Oil Bear. Plant.* 12(2), 162-171. Doi: 10.1080/0972060X.2009.10643706.
- González-Espíndola, L. A., Pedroza-Sandoval, A., García-González, F., Samaniego-Gaxiola, J. F. (2020). Diversidad de extractos vegetales para control de enfermedades en la agricultura. Una revisión y análisis prospectivo. [Presentación de paper]. XVI Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas, Texcoco, México. https://congresorebiza.mx/wp-content/uploads/2020/12/33-E2_Cartel.pdf.
- Gopalakrishnan, C., Kamalakannan, A., & Valluvaparidasan, V. (2010). Effect of seed-borne *Sarocladium oryzae*, the incitant of rice sheath rot on rice seed quality. *Journal of Plant Protection Research*, 50(1), 98-102. <https://doi.org/10.2478/v10045-010-0017-1>.
- Hasbullah, U. H. A. (2016). Kandungan senyawa saponin pada daun, batang dan umbi tanaman binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis). *Planta Tropika Journal of Agro Science*. 4(1), 20-24. <https://journal.umy.ac.id/index.php/pt/article/view/2166/2821>. <https://doi.org/10.18196/pt.2016.052.20-24>.
- Jozivan, F., Texeira, E., de Mesquita, L., de Oliveira, A., & Costa, T. (2008). Extractos vegetales en el control de plagas. *Revista Verde*, 3(3):1-5. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7484143>.
- Kilanii, S., Morakchi, H., & Sifi, K. (2021). Azadirachtin-Based Insecticide: Overview, Risk Assessments, and Future Directions. In *Frontiers in Agronomy*. (3). <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.676208>.
- Kumar, Y. Sunil., & Patibanda, A. K. (2015). Bioefficacy of fungicides, botanicals and biocontrol agents against *Sarocladium oryzae*, incitant of rice sheath rot. 8(12),52-56. <https://www.iosrjournals.org/iosr-javs/papers/vol8-issue12/Version-2/J081225256.pdf>. Doi: 10.9790/2380-081225256

- Mew, T., & Gonzales, P. (2002). A handbook of rice seedborne fungi. AgEcon. Search. 35p. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.281818>.
- Mora, D. (2016). Efecto de la aplicación de extractos vegetales sobre algunas enfermedades y componentes en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*). [Tesis de pregrado. Universidad de Los Llanos]. <https://repositorio.unillanos.edu.co/server/api/core/bitstreams/3b332dec-88c6-448e-8c48-b1771d43f0f1/content>.
- Mvuyekure, S.M., Sibiya, J., Derera, J., Nzungize, J., & Nkima, G. (2017). Genetic analysis of mechanisms associated with inheritance of resistance to sheath rot of rice. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/pbr.12492>. Doi: <https://doi.org/10.1111/pbr.12492>
- Naqvi, S.A.H., U.D. Umar, A. Hasnain, A. Rehman & R. Perveen. (2018). Effect of botanical extracts: A potential biocontrol agent for *Xanthomonas oryzae* P v. *Oryzae*, causing bacterial leaf blight disease of rice. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 32(1): 59-72. DOI: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2019/32.1.59.72>.
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R. & De Feo, V., (2013). Effect of Essential Oils on Pathogenic Bacteria. *Pharmacology*, 6, 1451-1474. Doi: 10.3390/ph6121451.
- Ramírez-Quipe, N. (2021). Formulación de extractos vegetales para el control de enfermedades agrícolas. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5d909f5c-e239-4450-bb50-954a73ed1020/content>.
- Sawant, Shraddha & Mishra, Mihira & S. R, Prabhukarthikeyan & Senapati, Akshaya & Samal, Kailash & Behura, Ankita. (2022). Molecular characterization of *Sarocladium oryzae* causing sheath rot disease in Rice (*Oryza sativa* L.). *Annals of Phytomedicine: An International Journal*. 11. 10.54085/ap.2022.11.2.82. https://www.researchgate.net/publication/367293190_Molecular_characterization_of_Sarocladium_oryzae_causing_sheath_rot_disease_in_Rice_Oryza_sativa_L.
- Shamsi, S., & Chowdhury, P. (2016). In vitro evaluation of fungicides and some plant extracts against rice sheath rot pathogen *Sarocladium oryzae*. *Bangladesh Journal of*

- Scientific Research. 29(1), 47-54. Doi: 10.3329/bjsr.v29i1.29757.
<https://www.banglajol.info/index.php/BJSR/article/view/29757/0>.
- Valbuena, D., Cely, M., & Obregón, D. (2021). Agrochemical pesticide production, trade, and hazard: Narrowing the information gap in Colombia. *Journal of Environmental Management*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112141>.
- Wulff, E. G., Sorensen, J. L., Lubeck, M., Nielsen, K. F., Thrane, U., & Torp, J. (2010). *Fusarium* spp. associated with rice Bakanae: ecology, genetic diversity, pathogenicity and toxigenicity. *Environmental Microbiology*, 12(3), 649-657. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2009.02105.x>.
- Yesuraja, I.; V. Mariappan; K. Sethuraman. (1995). Field Evaluation on Efficacy of Neem Products on Management of Fungal Diseases of Rice. *Neem for the Management of Crop Diseases*, Mariappan, V., Ed. Associated Publishing, India, pp. 11-17. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=MRFHxFcAAAAJ&citation_for_view=MRFHxFcAAAAJ:aqIVkmm33-oC.