



## Eficacia comparativa de fungicidas biológicos y químicos en el control *Rhizoctonia solani* en tres variedades de arroz en Ecuador

### Comparative efficacy of biological and chemical fungicides against *Rhizoctonia solani* in three rice varieties in Ecuador

Ramírez-González Gualberto Isaúl<sup>1</sup> , Pino-Meléndez Vanessa Elizabeth<sup>1,2\*</sup> , Belezaca-Pinargote Carlos<sup>1,3</sup> , Sánchez-Jaime Luis Enrique<sup>4</sup> , Cobos-Mora Fernando Javier<sup>1</sup> , Troya-Guerrero Germán Reinaldo<sup>1,2</sup> 

#### Datos del Artículo

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Babahoyo.  
Av. Universitaria km 2.5 vía Babahoyo - Montalvo,  
Edificio sin número.  
Babahoyo, Los Ríos.  
Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad del Zulia.  
Av. 16 Guajira, Ciudad Universitaria "Dr. Antonio  
Borjas Romero".  
Núcleo Agropecuario 15205.  
Maracaibo, Zulia.  
Venezuela.

<sup>3</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo.  
Av. Jaime Roldós Aguilera y 22ava.  
Edificio sin número.  
Quevedo, Los Ríos.  
Ecuador.

<sup>4</sup> Consultor Agrícola.  
Parroquia Barreiro, Calle tercera y vía alterna S/N.  
Babahoyo, Los Ríos.  
Ecuador.

#### \*Dirección de contacto:

Vanessa Elizabeth Pino-Meléndez  
Universidad Técnica de Babahoyo.  
Av. Universitaria km 2.5 vía Babahoyo - Montalvo,  
Edificio sin número.  
Babahoyo, Los Ríos.  
Ecuador.  
Universidad del Zulia.  
Av. 16 Guajira, Ciudad Universitaria "Dr. Antonio Borjas Romero".  
Núcleo Agropecuario 15205.  
Maracaibo, Zulia.  
Venezuela.

E. mail: [vpino@utb.edu.ec](mailto:vpino@utb.edu.ec)

#### Palabras clave:

Condiciones climáticas,  
control,  
manchado de grano,  
manejo fitosanitario.

**J. Selva Andina Biosph.**  
**2025; 13(1):5-20.**

ID del artículo: 160/JSAB/2024

#### Resumen

La investigación evaluó la eficacia comparativa de fungicidas biológicos y químicos para el control de *Rhizoctonia solani* Kühn, agente causal del tizón de la vaina en arroz (*Oryza sativa L.*), utilizando tres variedades peruanas bajo condiciones de campo en Babahoyo, Ecuador. Se aplicaron doce tratamientos con productos como Serenade Max, Timorex Gold, Renaste, Propiconazol y Tebuconazol, más un testigo absoluto, bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial y tres repeticiones. Las variables evaluadas incluyeron incidencia y severidad de la enfermedad, eficacia de los tratamientos, número de macolllos, porcentaje de granos vanos y rendimiento. Los resultados indicaron que las parcelas tratadas presentaron menor incidencia y severidad de *R. solani* respecto al testigo, aunque la eficacia no superó el 30 %. La variedad A<sub>3</sub>, combinada con B<sub>1</sub>, alcanzó el mayor rendimiento (6749.49 kg ha<sup>-1</sup>) y menor porcentaje de granos vanos (16.14 %), sugiriendo una interacción positiva entre variedad y manejo fitosanitario. Se concluye que el uso combinado de fungicidas biológicos y químicos, junto con variedades adaptadas, puede fortalecer un manejo fitosanitario integrado en arroz, reduciendo la dependencia de agroquímicos sintéticos y mejorando la productividad.

*2025. Journal of the Selva Andina Biosphere®. Bolivia. Todos los derechos reservados.*

#### Abstract

The research evaluated the comparative efficacy of biological and chemical fungicides for the control of *Rhizoctonia solani* Kühn, the causal agent of sheath blight in rice (*Oryza sativa L.*), using three Peruvian varieties under field conditions in Babahoyo, Ecuador. Twelve treatments were applied with products such as Serenade Max, Timorex Gold, Renaste, Propiconazole and Tebuconazole, plus an absolute control,

**Historial del artículo**

Recibido noviembre, 2024.  
Devuelto febrero, 2025.  
Aceptado abril, 2025.  
Disponible en línea, mayo 2025.

**Editado por:**  
**Selva Andina**  
**Research Society**

**Keywords:**

Climatic conditions,  
control,  
grain staining,  
phytosanitary management.

under a randomised complete block design with factorial arrangement and three replications. Variables evaluated included disease incidence and severity, treatment efficacy, number of tillers, percentage of empty kernels and yield. The results indicated that the treated plots showed lower incidence and severity of *R. solani* compared to the control, although the efficacy did not exceed 30 %. Variety A<sub>3</sub>, combined with B<sub>1</sub>, achieved the highest yield (6749.49 kg ha<sup>-1</sup>) and the lowest percentage of empty grains (16.14 %), suggesting a positive interaction between variety and phytosanitary management. It is concluded that the combined use of biological and chemical fungicides, together with adapted varieties, can strengthen integrated phytosanitary management in rice, reducing dependence on synthetic agrochemicals and improving productivity.

2025. Journal of the Selva Andina Biosphere®. Bolivia. All rights reserved.

**Introducción**

*Oryza sativa*, un alimento esencial para más de la mitad de la población global, en Ecuador, se cultivan alrededor de 308211 ha, con una producción 1,546 523 t, un rendimiento promedio de 5.05 t ha<sup>-1</sup>. En la provincia de Los Ríos, se siembran cerca de 79379 ha, produciendo 358501 t con un rendimiento promedio de (4.52 t ha<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>.

A nivel mundial, el cultivo de arroz enfrenta importantes desafíos fitosanitarios debido a la incidencia de agentes bióticos como bacterias, hongos, virus, espiroplasmas, micoplasmas, nemátodos y protozoarios. Estos patógenos, afectan de manera significativa el desarrollo del cultivo, provocando pérdidas considerables en su rendimiento, reduciendo la rentabilidad de los productores que dependen económicamente de esta gramínea como fuente principal de sustento<sup>2</sup>. Estudios realizados en Asia tropical, evidenciaron que la disminución del rendimiento varía según el tipo de enfermedad, en casos individuales, las pérdidas oscilan entre 1 y 10 %, mientras que la interacción simultánea de múltiples enfermedades, insectos y malezas pueden generar pérdidas promedio del 37.2 %, alcanzando hasta un 41 % en condiciones severas, dependiendo de la composición del sistema patológico y el entorno productivo<sup>3</sup>.

Esta gramínea de gran importancia agrícola es afectada por más de 40 enfermedades y trastornos de ori-

gen microbiano, que representan una amenaza considerable para su productividad a nivel global<sup>4</sup>. La magnitud de pérdidas económicas depende tanto, de la vulnerabilidad de las variedades cultivadas como del tipo de manejo agronómico aplicado<sup>5</sup>. En este contexto, es imprescindible validar la resistencia de variedades introducidas desde otras regiones, teniendo en cuenta que su desempeño fitosanitario puede diferir, según las condiciones agroclimáticas.

Uno de los patógenos más agresivos del arroz es el hongo necrótrico *Rhizoctonia solani* Kühn (teleomorfo *Thanatephorus cucumeris*), pertenece a la familia Corticiaceae, orden Homenomycetales, de clase Basidiomycetes, este fitoparásito secreta una gran variedad de metabolitos secundarios que incluyen toxinas selectivas del hospedero y moléculas biológicamente activas<sup>6</sup>. *R. solani* habita en el suelo e impac- ta negativamente diversos cultivos de gran relevancia económica a nivel mundial, por esta razón, sigue siendo objeto de investigación en distintas regiones del mundo<sup>7</sup>. Los principales cultivos que son afectados pertenecen a las familias: Poaceae (maíz, arroz, trigo, cebada, avena), Fabaceae (soya, maní, fréjol, alfalfa, lenteja, guisante), Solanaceae (tabaco, papa), Amaranthaceae (remolacha azucarera), Brassicaceae (canola), Rubiaceae (café), Malvaceae (algodón), Asteraceae (lechuga), Araceae (potos), Mo-

raceae (ficus) y Linaceae (lino)<sup>8</sup>.

*R. solani* es responsable de la enfermedad conocida como tizón de la vaina (TV), que a nivel mundial está considerada la segunda enfermedad más importante en el cultivo del arroz, después del añublo del arroz<sup>9</sup> y puede reducir considerablemente su rendimiento<sup>10</sup>. En países como Filipinas, las pérdidas ocasionadas por TV varían desde un 10 % en condiciones normales, hasta el 25-80 % en zonas altamente infectadas<sup>11</sup>. Este problema se agrava con la utilización de variedades de arroz semi-enanas de mayor rendimiento, alta densidad de siembra y uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, además, el amplio rango de hospedantes de este patógeno y su capacidad para sobrevivir y persistir en estado latente bajo condiciones desfavorables dificulta su control<sup>12</sup>.

El TV afecta principalmente la vaina foliar y láminas de hojas, pudiendo afectar toda la planta, incluyendo panojas emergentes<sup>13</sup>. Los síntomas se manifiestan en la fase de macollamiento tardío y comienzos de la floración<sup>14</sup>. Un síntoma característico de la enfermedad es la formación de lesiones con apariencia húmeda, de color verde grisáceo sobre la vaina foliar, cerca del nivel del agua. Estas lesiones, inicialmente de forma circular, oblonga o elipsoidal, alcanzan cerca de 1 cm de largo, posteriormente se agrandan y adoptan formas irregulares, con un centro de color blanco grisáceo y bordes marrones. Las lesiones pueden aparecer en cualquier parte de la vaina y unirse hasta rodear el tallo. Bajo condiciones favorables, la infección se propaga hacia hojas superiores, lo que provoca la pudrición de la vaina y el secado completo de la hoja<sup>15</sup>. En fases avanzadas, esta enfermedad provoca un deficiente llenado de los granos<sup>16</sup>.

El manejo de enfermedades implica la combinación de métodos como, la resistencia genética, prácticas culturales, control químico y biológico, estrategias integradas que promueven la sostenibilidad, disminuyen el impacto ambiental y contribuyen a fortale-

cer la seguridad alimentaria<sup>17</sup> y, que tienen como propósito disminuir la cantidad de inóculo patogénico a niveles tolerables<sup>18</sup>. Una de las prácticas más utilizadas en la agricultura moderna, es el uso de los fungicidas químicos, ya que estos productos han sido integrados de manera esencial en la producción eficiente de alimentos, por lo que su aplicación en muchas ocasiones resulta ser una solución rápida, práctica y rentable desde el punto de vista económico<sup>19</sup>. Aunque el control químico es uno de los métodos más empleados, presenta desafíos relacionados con la sostenibilidad, debido al aumento de costos, desarrollo de tolerancia a fungicidas, y preocupaciones por la toxicidad residual<sup>20,21</sup>, no obstante, el uso de fungicidas triazoles (Propiconazol, Tebuconazol y otros) fueron una de las estrategias más comunes durante años para controlar hongos del suelo<sup>22,23</sup>. Adicionalmente, los productos de origen sintético provocan efectos tóxicos en el ser humano y contaminan el ambiente<sup>24,25</sup>. Es por ello, que se promovió la utilización de alternativas sostenibles como los fungicidas biológicos<sup>26-28</sup>, extractos vegetales<sup>29</sup> y el control con antagonistas microbianos<sup>30-32</sup>.

Estudios realizados por Bauzón et al.<sup>26</sup> en el que se evaluó *in vitro* la eficacia de 5 biofungicidas, un agente biológico, un tratamiento químico y un control (sin tratamiento) frente a *R. solani*, señalaron que *Melaleuca alternifolia* + terpenos (3 mL L<sup>-1</sup>), *Aloe vera* + aceite de Melaleuca (3 mL L<sup>-1</sup>), *Aloe vera* (2 mL L<sup>-1</sup>) y *Melaleuca alternifolia* (2 mL L<sup>-1</sup>) resultaron altamente eficaces contra la enfermedad, comparables al tratamiento químico (Propiconazol+Difenconazol), por lo que sugirieron validar estos hallazgos bajos condiciones *in vivo* con el fin de disminuir el uso de fungicidas y fomentar la sostenibilidad ambiental.

Serenade es un biofungicida a base de *Bacillus subtilis* cepa QST 713, actúa por antibiosis y resistencia inducida y ha sido evaluado junto con sus filtrados

del producto y suspensión bacteriana en el control de la enfermedad clubroot (hernia de la raíz) en canola, cuyo agente causal es el hongo *Plasmodiophora brassicae*, obteniendo alta eficacia contra *P. brassicae* cuando se realizan 2 aplicaciones, logrando eliminar los síntomas de esta patología<sup>33</sup>. Timorex Gold es un biofungicida basado en el aceite esencial de árbol del té, derivado la planta *Melaleuca alternifolia*, que funciona eficazmente contra hongos fitopatógenos en diversos cultivos y ha señalado ser efectivo en el control de Sigatoka Negra, por lo que se destaca su potencial como una herramienta en programas de manejo integrado de plagas<sup>34</sup>.

Dentro del enfoque integrado, el empleo de variedades resistentes es muy efectivo para controlar enfermedades causadas por hongos, ya que, patologías graves como las royas, los marchitamientos vasculares y pudriciones radiculares se manejan de manera eficiente con dichas variedades. Estudios realizados en 10 cultivares de arroz bajo condiciones de invernadero refieren diferencias significativas entre los cultivares respecto a la susceptibilidad y resistencia al patógeno, señalando distintos niveles de incidencia y severidad de acuerdo a la variedad evaluada<sup>35</sup>.

Debido a que algunas variedades se cultivan en países vecinos, es crucial verificar si éstas son resistentes a diversas enfermedades cuando se cultivan en nuestro país, considerando que las nuevas variedades pueden presentar menor incidencia y severidad a enfermedades lo que permitirá la reducción de aplicación de plaguicidas.

En este contexto, es crucial adoptar tecnologías como el uso de productos biológicos y nuevas variedades que se encuentren adaptadas a nuestra zona de estudio, con el fin de disminuir el uso de pesticidas y aumentar rendimientos agrícolas. Por lo tanto, este estudio se centró en evaluar el impacto de diversos fungicidas en el control de *R. solani* en 3 variedades de

arroz de origen peruano que son cultivadas en el cantón Babahoyo.

## Materiales y métodos

La investigación se llevó a efecto en el km 9.0 de la vía Babahoyo - Montalvo, Ecuador, entre las coordenadas geográficas (UTM) 672845.34 de longitud Este y 9796946.78 de latitud Sur. El área experimental se encuentra a una altitud de 8 m. La zona presenta un clima tropical húmedo con una temperatura media anual de 25.6° C, precipitación anual 2329.8 mm, humedad relativa del 82 % y un promedio anual de 998.2 h de heliofanía. El suelo es de topografía plana, con textura arcillo-limosa y drenaje regular. El experimento se efectuó durante el ciclo agrícola comprendido entre los meses de marzo-julio del 2021, en condiciones de campo. Como material vegetal se utilizaron 3 variedades de arroz de origen peruano conocidas como HP 102 FL- El Valor, Feron e INIA 515- Capoteña.

Los fungicidas que se utilizaron en la investigación fueron adquiridos en distribuidores certificados en el país. A continuación, se detallan los productos utilizados con su codificación respectiva, de acuerdo con su ficha técnica: i) Renaste (Epoxiconazol 50 g L<sup>-1</sup> + Pyraclostrobin 133 g L<sup>-1</sup>), código: RNST-EPY 133, fabricado por la BASF, Alemania. ii) Serenade Max (*Bacillus subtilis* cepa QST 713), código: SRND-BSQ 713, registrado y distribuido por Bayer CropScience, EE.UU. iii) Timorex Gold (Extracto de *Melaleuca alternifolia* 26.8 %), código: TMRX-MEL 268, distribuido por STK Bio-ag Tecnologies, Israel. iv) Propiconazol 250 EC, código: PRPC-250 EC, de uso común y procedencia nacional, distribuido por diversas empresas locales. v) Tebuconazol 250 EW, código TBCN-250, formulado por Adama Agricultural Solutions Israel, con distribución local bajo licencia.

Las variables dependientes de la investigación fueron

la incidencia y severidad de la enfermedad, eficacia de fungicidas y rendimiento del cultivo de arroz,

mientras que las variables independientes incluyeron las variedades y los fungicidas Tabla 1.

**Tabla 1 Descripción de tratamientos empleados en el estudio**

Tratamiento	Factor A (Variedades de arroz)	Factor B (Fungicidas + Dosis)
T <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	(B <sub>1</sub> ) (Epoxiconazol + Pyraclostrobin) F <sub>1</sub> +( <i>Bacillus subtilis</i> QST 713) F <sub>2</sub> + (Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i> ) F <sub>3</sub> (150 mL ha <sup>-1</sup> ) + (500 mL ha <sup>-1</sup> ) + (1000 mL ha <sup>-1</sup> ).
T <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	(B <sub>2</sub> ) (Epoxiconazol + Pyraclostrobin) + ( <i>Bacillus subtilis</i> QST 713) + (Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i> ) (300 mL ha <sup>-1</sup> ) + (1000 mL ha <sup>-1</sup> ) + (1500 mL ha <sup>-1</sup> ).
T <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	(B <sub>3</sub> ) Como lo maneja el agricultor (Propiconazol) F <sub>4</sub> +(Tebuconazol) F <sub>5</sub> (500 mL ha <sup>-1</sup> ) + (500 mL ha <sup>-1</sup> ).
T <sub>4</sub>	A <sub>1</sub>	(B <sub>4</sub> ) Sin aplicación de fungicidas (0)
T <sub>5</sub>	A <sub>2</sub>	(B <sub>1</sub> ) (Epoxiconazol + Pyraclostrobin) F <sub>1</sub> +( <i>Bacillus subtilis</i> QST 713) F <sub>2</sub> + (Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i> ) F <sub>3</sub> (150 mL ha <sup>-1</sup> ) + (500 mL ha <sup>-1</sup> ) + (1000 mL ha <sup>-1</sup> ).
T <sub>6</sub>	A <sub>2</sub>	(B <sub>2</sub> ) (Epoxiconazol + Pyraclostrobin) + ( <i>Bacillus subtilis</i> QST 713) + (Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i> ) (300 mL ha <sup>-1</sup> ) + (1000 mL ha <sup>-1</sup> ) + (1500 mL ha <sup>-1</sup> ).
T <sub>7</sub>	A <sub>2</sub>	(B <sub>3</sub> ) Como lo maneja el agricultor (Propiconazol) F <sub>4</sub> +(Tebuconazol) F <sub>5</sub> (500 mL ha <sup>-1</sup> ) + (500 mL ha <sup>-1</sup> ).
T <sub>8</sub>	A <sub>2</sub>	(B <sub>4</sub> ) Sin aplicación de fungicidas (0)
T <sub>9</sub>	A <sub>3</sub>	(B <sub>1</sub> ) (Epoxiconazol + Pyraclostrobin) F <sub>1</sub> +( <i>Bacillus subtilis</i> QST 713) F <sub>2</sub> + (Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i> ) F <sub>3</sub> (150 mL ha <sup>-1</sup> ) + (500 mL ha <sup>-1</sup> ) + (1000 mL ha <sup>-1</sup> ).
T <sub>10</sub>	A <sub>3</sub>	(B <sub>2</sub> ) (Epoxiconazol + Pyraclostrobin) + ( <i>Bacillus subtilis</i> QST 713) + (Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i> ) (300 mL ha <sup>-1</sup> ) + (1000 mL ha <sup>-1</sup> ) + (1500 mL ha <sup>-1</sup> ).
T <sub>11</sub>	A <sub>3</sub>	(B <sub>3</sub> ) Como lo maneja el agricultor (Propiconazol) F <sub>4</sub> +(Tebuconazol) F <sub>5</sub> (500 mL ha <sup>-1</sup> ) + (500 mL ha <sup>-1</sup> ).
T <sub>12</sub>	A <sub>3</sub>	(B <sub>4</sub> ) Sin aplicación de fungicidas (0)

A<sub>1</sub>= HP 102 FL- El Valor, A<sub>2</sub>= Feron, A<sub>3</sub>= INIA 515- Capoteña, F<sub>1</sub> = El fungicida Renaste (Epoxiconazol + Pyraclostrobin) se aplicó a la semilla antes de la siembra.

F<sub>2</sub> = El fungicida Serenade Max (*Bacillus subtilis*) cepa QST 713 se aplicó a los 35 días después de la siembra, F<sub>3</sub> = El fungicida Timorex Gold (Extracto de la planta *Melaleuca alternifolia*) se aplicó a los 90 días del cultivo (máximo embuchamiento), F<sub>4</sub> = El fungicida Propiconazol se aplicó a los 40 días del cultivo (como lo hace tradicionalmente el agricultor), F<sub>5</sub> = El fungicida Tebuconazol se aplicó a los 90 días del cultivo (máximo embuchamiento), (como lo hace tradicionalmente el agricultor).

El experimento consistió en 12 tratamientos organizados en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial A (variedades) x B (fungicidas), y 3 repeticiones. El Factor A correspondió a las variedades de arroz, mientras que el Factor B incluyó los tratamientos fungicidas con sus respectivas dosis. Cada unidad experimental (UE) estuvo constituida por un área de 4 m<sup>2</sup> (2 m x 2 m), con una separación de 1.0 m entre bloques y de 0.5 m entre parcelas. Para evaluar los efectos de los tratamientos, se midieron los siguientes parámetros: Incidencia y severidad de la enfermedad, eficacia de los fungicidas, número de macollos, porcentaje de granos por panícula, peso de 1000 granos y rendimiento de grano.

La incidencia y severidad de las enfermedades se determinó a los 60 días después de la siembra (dds). La incidencia se refiere a la proporción de individuos enfermos, para ello, se registró el número de plantas enfermas por área útil y se dividió este número entre el

total de plantas en la misma área, multiplicando el resultado por 100)<sup>36</sup>.

La severidad se determinó a través de observaciones visuales del área afectada por la enfermedad, y los datos obtenidos se aplicaron en la ecuación propuesta por Ivancovich et al.<sup>37</sup>.

$$\% \text{ de severidad (S)} = \frac{\text{área del tejido enfermo}}{\text{área total (sana+enfermas)}} \times 100$$

La eficacia de los fungicidas se calculó utilizando la fórmula de Abbott<sup>38</sup>:

$$E = \frac{IT - It}{IT} \times 100$$

Donde E representa la eficacia de los fungicidas, IT es la infección en el testigo y It es la infección en el tratamiento.

Para calcular el número de macollos en el área útil de cada parcela experimental, una vez que el arroz alcanzó su madurez fisiológica, se utilizó un marco de 1 m<sup>2</sup>. En este marco se contaron los macollos presentes, y se empleó el mismo procedimiento que se utilizó para contar el número de panículas en cada UE.

Para determinar el porcentaje de granos vanos por panícula, se seleccionaron al azar 5 panículas de cada UE y se registró el porcentaje de granos llenos y vanos.

El peso de 1000 granos se obtuvo al seleccionarlos de cada parcela experimental, asegurándose de que estuvieran libres de daños por insectos y enfermedades. Los resultados se expresaron en gramos.

El rendimiento de grano se calculó a partir del peso de los granos recolectados del área útil de cada parcela experimental. Este peso se ajustó al 14 % de humedad y se transformó a kg ha<sup>-1</sup>. Los pesos se uniformizaron utilizando la fórmula de Azcón-Bieto & Talon<sup>39</sup>:

$$Pu = Pa \cdot (100-ha) / (100-hd)$$

Donde: Pu es el peso uniformizado, Pa es el peso actual, ha es la humedad actual y hd es la humedad deseada.

Para el análisis estadístico, los datos recolectados fueron organizados en planillas electrónicas. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se aplicó por cada variable evaluada. Posteriormente, para analizar el efecto de los tratamientos, se empleó la prueba de Tukey con un 95 % de probabilidad. Para los análisis se usó el software estadístico SigmaPlot<sup>40</sup>, los datos se sometieron a la prueba de correlación de Pearson (r) a fin de determinar la relación existente entre las variables evaluadas.

## Resultado

**Incidencia de *R. solani*.** Las variedades A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> y A<sub>3</sub>, cuando se combinaron con fungicidas y dosis específicas, redujeron la incidencia de *R. solani*, en comparación con el testigo absoluto. La incidencia de *R. solani* osciló entre 39.42 y 41.38 %, siendo la variedad A<sub>3</sub> que expresó el menor número de plantas afectadas, mientras que la variedad A<sub>1</sub> presentó el mayor valor, respectivamente. La mayor incidencia de *R. solani* fue del 50.56 %. En las parcelas tratadas, la

incidencia varió entre 36.61 y 37.17 %. En la interacción variedades con fungicidas y dosis, no se observaron diferencias significativas en la incidencia. En las parcelas tratadas con fungicidas y distintas dosis, la incidencia fluctuó entre 35.00 y 38.67 %, sin diferencias significativas entre tratamientos. En contraste, las 3 variedades estudiadas sin tratamientos presentaron incidencias entre 49.33 y 51.33 %, valores que fueron superiores a los observados con los tratamientos y dosis, así como la interacción de estos factores. En la Tabla 2 se observa la incidencia de *R. solani* en función a los tratamientos aplicados.

**Severidad de *R. solani*.** No se observaron diferencias en la severidad entre los tratamientos con fungicidas y dosis, aunque se notó una leve disminución de daños en comparación con el testigo absoluto. La severidad fluctuó entre 38.25 y 39.75 %, siendo el valor más alto registrado en la variedad A<sub>1</sub>. Los tratamientos reportaron severidades que variaron entre 34.11 y 39.56 %. La menor afectación se observó con B<sub>3</sub>, comúnmente utilizado por los productores locales. La severidad entre los tratamientos no fue diferente.

En contraste, las plantas sin tratamientos B<sub>4</sub> presentaron un mayor porcentaje de severidad, 43.67 %. No se observaron diferencias en la severidad entre las interacciones de variedad con fungicidas y dosis. Las variedades A<sub>2</sub> y A<sub>3</sub> que recibieron el tratamiento B<sub>3</sub> reportaron la menor severidad con un porcentaje de 33.00 %, que fue inferior al de otros fungicidas, incluyendo las parcelas sin tratar (Tabla 2).

**Eficacia de los fungicidas.** El porcentaje de control de *R. solani* según los tratamientos analizados, Figura 1, reveló que B<sub>3</sub> alcanzó una eficacia 27.60 %. B<sub>2</sub> y B<sub>1</sub> presentaron 26.80 y 26.46 %, respectivamente. Comparados entre sí, estos valores no difieren. El coeficiente de variación fue 22.08 %. En las variedades evaluadas, ninguna eficacia superó el 30 % con

fungicidas y dosis aplicadas para el control de *R. solani*.

**Tabla 2 Incidencia y severidad de *R. solani* en función a variedades y fungicidas**

Variedades	Fungicidas y dosis	Incidencia de <i>R. solani</i> (%)	Severidad de <i>R. solani</i> (%)
(A <sub>1</sub> )	-	41.38	39.75
(A <sub>2</sub> )	-	40.25	38.25
(A <sub>3</sub> )	-	39.42	39.42
-	(B <sub>1</sub> )	37.17 b	39.22
-	(B <sub>2</sub> )	37.06 b	39.56
-	(B <sub>3</sub> )	36.61 b	34.11
-	(B <sub>4</sub> )	50.56 a	43.67
(A <sub>1</sub> )	(B <sub>1</sub> )	38.67	36.00
(A <sub>1</sub> )	(B <sub>2</sub> )	38.00	43.33
(A <sub>1</sub> )	(B <sub>3</sub> )	37.83	36.33
(A <sub>1</sub> )	(B <sub>4</sub> )	51.00	43.33
(A <sub>2</sub> )	(B <sub>1</sub> )	36.17	44.00
(A <sub>2</sub> )	(B <sub>2</sub> )	36.50	41.00
(A <sub>2</sub> )	(B <sub>3</sub> )	37.00	33.00
(A <sub>2</sub> )	(B <sub>4</sub> )	51.33	35.00
(A <sub>3</sub> )	(B <sub>1</sub> )	36.67	37.67
(A <sub>3</sub> )	(B <sub>2</sub> )	36.67	34.33
(A <sub>3</sub> )	(B <sub>3</sub> )	35.00	33.00
(A <sub>3</sub> )	(B <sub>4</sub> )	49.33	52.67
<b>Significancia Estadística</b>			
Variedades		ns	ns
Fungicidas y dosis		**	ns
Variedades* fungicidas y dosis		ns	ns
<b>Coeficiente de variación</b>		10.10	15.39

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > .05$ ) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

\*\* Altamente significativo ( $p < .01$ ), ns: No significativo ( $p > .05$ ).

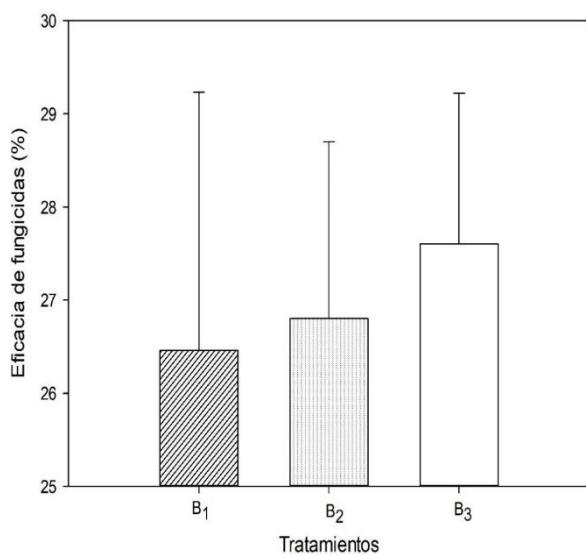
La interacción entre variedades y fungicidas no fue diferente, no obstante, en la Figura 2 se puede ver que para A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub> logró un control del 29.49 %. Este resultado fue similar a los obtenidos con 28.99 % y B<sub>3</sub> 27.98 % en la misma variedad. Por otro lado, en las variedades A<sub>1</sub> y A<sub>3</sub>, los tratamientos con fungicidas reportaron eficacias que variaron entre 24.05 y 29 %. Estos valores no fueron diferentes. Además, el periodo de persistencia de los fungicidas superó los 20 días.

**Número de macollos.** Tabla 3 según los tratamientos evaluados, la variedad A<sub>1</sub> presentó mayor número, con un promedio de 293.92, seguida por A<sub>3</sub> con 286.08. B<sub>4</sub> tuvieron un promedio de 306.67 por m<sup>-2</sup>. B<sub>2</sub> y B<sub>1</sub> resultaron en 289.67 y 280.56, respectivamente, mientras B<sub>3</sub> produjo 277.67 macollos por m<sup>-2</sup>. Este último no difirió del número observado en las parcelas sin aplicación de fungicidas.

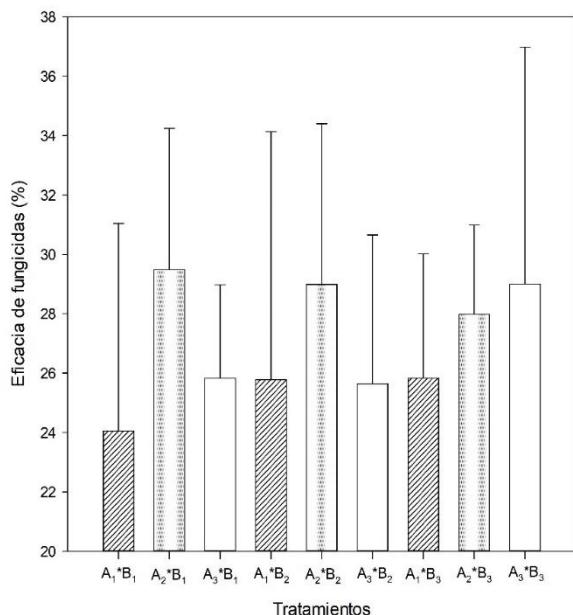
Al considerar la interacción entre variedades y fungicidas, el mayor número de macollos por m<sup>-2</sup> se obtuvo en A<sub>1</sub> sin fungicidas, con 316.33, seguido por A<sub>2</sub> con B<sub>3</sub>, que reportó 309.67, y A<sub>3</sub> sin fungicidas, con 306.00. La menor cantidad de macollos por m<sup>-2</sup> se registró en la variedad A<sub>2</sub> con B<sub>2</sub> (261.33 macollos). Este valor fue similar al observado en A<sub>3</sub> con B<sub>3</sub> (261.67), A<sub>1</sub> con B<sub>3</sub> (261.67), A<sub>3</sub> con B<sub>1</sub> (267.67) y A<sub>2</sub> con B<sub>1</sub> (275.00).

**Producción.** Tabla 3 kg ha<sup>-1</sup> de los diferentes tratamientos analizados. Los rendimientos de las variedades oscilaron entre 5192.32 y 6395.67 kg, destacando A<sub>3</sub> como la mayor producción por unidad de superficie. La producción de A<sub>3</sub> fue diferente de la obtenida con A<sub>2</sub> y A<sub>1</sub>, cuyas producciones fueron similares entre sí.

**Figura 1 Eficacia de fungicidas y dosis en el control de *R. solani***



**Figura 2 Interacción de variedades con fungicidas en el control de *R. solani***



En cuanto al factor de fungicidas y dosis, B<sub>3</sub> y B<sub>1</sub> lograron la mayor producción, con 5968.98 y 5786.79 kg, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, el rendimiento en B<sub>3</sub> con 5968.98 kg fue diferente al B<sub>2</sub> con 5231.15 kg y al del testigo absoluto con 5500.44 kg.

En la interacción entre variedades y tratamientos con fungicidas y dosis, la variedad A<sub>3</sub> combinada B<sub>3</sub> B<sub>1</sub> y

B<sub>2</sub>, mostraron las mayores producciones por hectárea, con 6891.73, 6749.49 y 6257.44 kg, respectivamente. No obstante, la producción de LAP-003-2020 con B<sub>1</sub> no varió en comparación con el testigo absoluto 5684.00 kg.

Por otro lado, las menores producciones por hectárea se obtuvieron con A<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, A<sub>2</sub> y B<sub>2</sub> y A<sub>1</sub> y B<sub>1</sub>, alcanzaron 4692.05, 4743.95 y 4804.05 kg, en su orden. Estos valores no fueron diferentes de la producción de los testigos absolutos correspondientes.

**Granos vanos.** Figura 3A, la variedad A<sub>3</sub> presentó el menor número de granos vanos por panícula, con 16.14 %. La Figura 3B muestra el porcentaje de granos vanos en respuesta a los distintos tratamientos con fungicidas y sus dosis. En esta variable, el porcentaje de granos vacíos por panícula osciló entre 18.79 y 23.85 %. El valor más bajo se registró en B<sub>3</sub>, fue diferente de B<sub>1</sub>, que reportó 23.85 % de granos vanos. El testigo absoluto reportó un 22.17 % de vaciamiento, pero esta cifra no difirió de los demás valores.

En la interacción entre variedades y tratamientos con fungicidas y dosis (Figura 3C), A<sub>3</sub> sin fungicidas presentó 14.68 % de granos vanos, seguido por A<sub>3</sub> con B<sub>2</sub> que reportó 15.66 %, A<sub>3</sub> con B<sub>1</sub> reportó 16.26 % y A<sub>1</sub> con B<sub>3</sub> obtuvo 16.28 %. Los porcentajes alcanzados en estos tratamientos no manifestaron diferencias entre sí.

## Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que la integración de fungicidas biológicos y químicos, combinados con la selección adecuada de variedades de arroz, puede desempeñar un papel clave en la reducción de la incidencia y severidad de *R. solani* en condiciones de campo. Aunque ningún tratamiento superó el 30 % de eficacia, B<sub>1</sub> y B<sub>3</sub> destacaron frente al testigo absoluto, lo que respalda su incorporación como estrategia complementaria dentro de programas de ma-

nejo integrado. Esta moderada eficacia puede atribuirse a factores como la presión del inóculo en ambientes tropicales, el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados y la susceptibilidad varietal, que enfatiza la necesidad de abordajes multifactoriales<sup>41-44</sup>. Es por ello, es imprescindible la aplicación de medidas integrales para el control de enfermedades, estas estrategias incluyen el uso de materiales resistentes o tol-

rantes, elección de épocas de siembra, nutrición balanceada, rotación de cultivos, incorporación de microorganismos antagonistas y la aplicación racional de fungicidas<sup>45-48</sup>, dado que estas medidas en conjunto han referido la menor incidencia de síntomas de *R. solani*, aproximadamente 8 % debajo del control químico, especialmente en la etapa inicial y durante el desarrollo vegetativo del cultivo<sup>49</sup>.

**Tabla 3 Número de macollos y producción en función a los tratamientos estudiados**

Variedades	Fungicidas y dosis	Número de macollos m <sup>-2</sup>	Producción (kg/ha <sup>-1</sup> )
(A <sub>1</sub> )	-	293.92	5192.32 b
(A <sub>2</sub> )	-	285.92	5277.53 b
(A <sub>3</sub> )	-	286.08	6395.67 a
-	(B <sub>1</sub> )	280.56 ab	5786.79 ab
-	(B <sub>2</sub> )	289.67 ab	5231.15 c
-	(B <sub>3</sub> )	277.67 b	5968.98 a
-	(B <sub>4</sub> )	306.67 a	5500.44 bc
(A <sub>1</sub> )	(B <sub>1</sub> )	299.67 a	4804.05 d
(A <sub>1</sub> )	(B <sub>2</sub> )	298.00 a	4692.05 d
(A <sub>1</sub> )	(B <sub>3</sub> )	261.67 b	5818.40 bc
(A <sub>1</sub> )	(B <sub>4</sub> )	316.33 a	5454.77 bcd
(A <sub>2</sub> )	(B <sub>1</sub> )	275.00 b	5806.83 bc
(A <sub>2</sub> )	(B <sub>2</sub> )	261.33 b	4743.95 d
(A <sub>2</sub> )	(B <sub>3</sub> )	309.67 a	5196.80 cd
(A <sub>2</sub> )	(B <sub>4</sub> )	297.67 a	5362.56 cd
(A <sub>3</sub> )	(B <sub>1</sub> )	267.67 b	6749.49 a
(A <sub>3</sub> )	(B <sub>2</sub> )	309.67 a	6257.44 ab
(A <sub>3</sub> )	(B <sub>3</sub> )	261.67 b	6891.73 a
(A <sub>3</sub> )	(B <sub>4</sub> )	306.00 a	5684.00 bc
<b>Significación Estadística</b>		ns	**
Fungicidas y dosis		**	**
Variedades* fungicidas y dosis		**	**
<b>Coeficiente de variación</b>		3.13	4.87

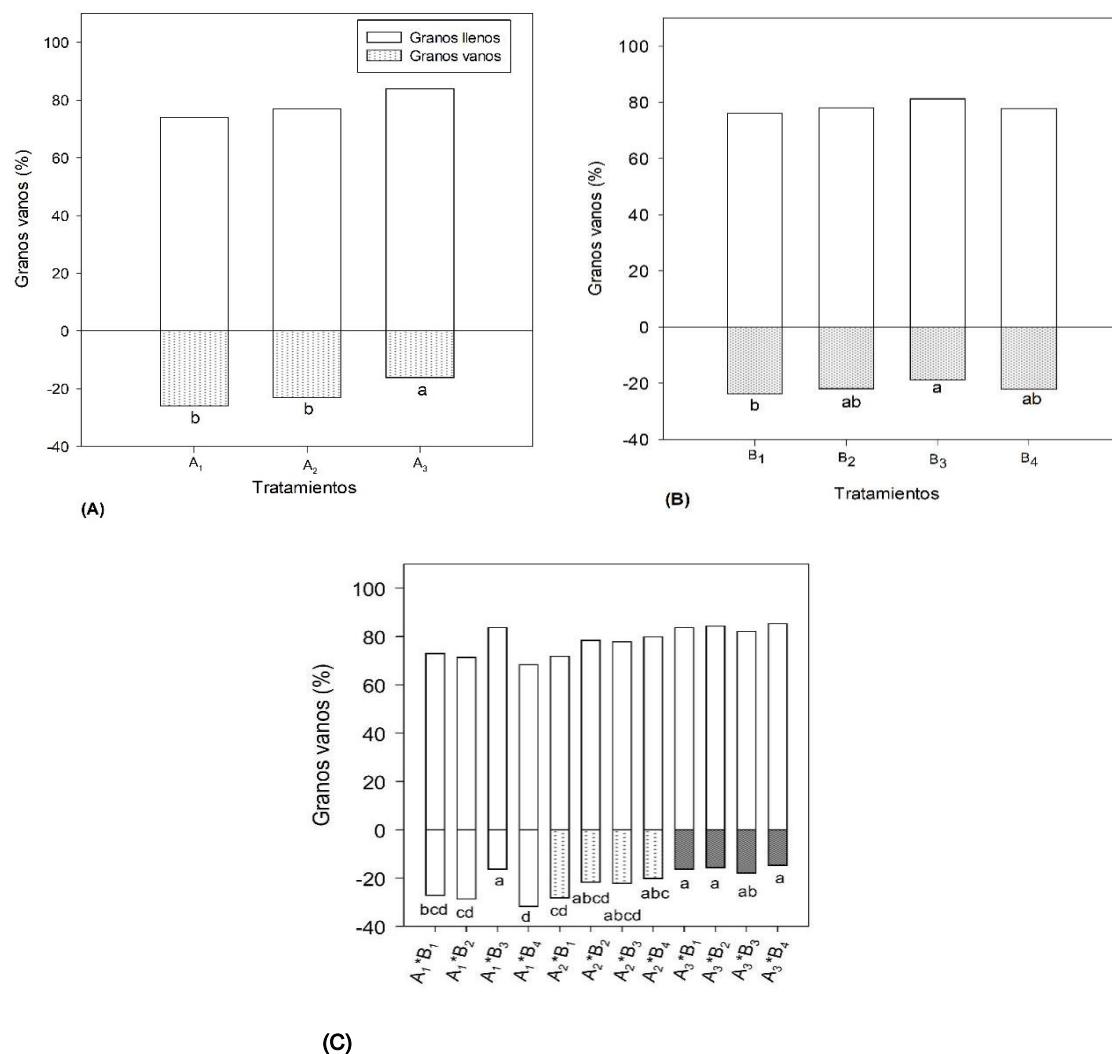
La menor incidencia y severidad de la enfermedad se obtuvo con B<sub>1</sub> y B<sub>3</sub>, en concordancia con estudios anteriores, su eficacia observada de *B. subtilis* y del extracto de *M. alternifolia* que destacan su capacidad de control mediante antibiosis, inducción de resistencia sistémica y competencia por nicho ecológico<sup>26,33,34</sup>.

Diversos estudios confirmaron que el uso de *B. subtilis* como biofungicida puede mejorar significativamente la resistencia del arroz a patógenos del suelo. Por ejemplo, Lahlali et al.<sup>33</sup> señalaron que Se-

renade Max, a base de *B. subtilis* cepa QST 713, induce resistencia sistémica y reduce la severidad de enfermedades en canola. De igual forma, Boukaew et al.<sup>28</sup> señalaron que la combinación de agentes biocontroladores con fungicidas químicos puede incrementar la eficacia del control sobre *R. solani* sin generar efectos adversos sobre el ambiente ni inducir resistencia. En otro estudio, Rashid et al.<sup>27</sup> reportaron que el uso de biopesticidas a base de extractos vegetales y bacterias beneficiosas fue eficaz en reducir la incidencia de la enfermedad del TV en

arroz en Bangladesh, con resultados comparables a los tratamientos convencionales.

**Figura 3 Granos vanos (%) y granos llenos (%) en las variedades (A), tratamientos con fungicidas y dosis (B) e interacción variedades con fungicidas y dosis (C). Barras con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ ) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad**



Además, Yang et al.<sup>29</sup> señalaron que cepas bacterianas aisladas de estiércol bovino tenían potencial como agentes de control biológico contra *R. solani*, destacando la viabilidad de aprovechar microorganismos autóctonos como una solución sostenible y local. Este conjunto de evidencias fortalece la noción de que el enfoque de manejo integrado, basado en productos biológicos y su interacción con el material vegetal, constituye una estrategia sólida para dismi-

nuir el impacto de patógenos y mejorar la estabilidad productiva en sistemas arroceros tropicales.

La variedad A<sub>3</sub> manifestó menor afectación, la misma que combinada con B<sub>1</sub> presentó mayor rendimiento 6749.49 kg ha<sup>-1</sup> y el menor porcentaje de granos vacíos (16.14 %) lo que evidencia una interacción favorable entre el material vegetal y la estrategia fitosanitaria empleada. Hallazgos similares fueron reportados previamente en los que se resalta la

importancia de integrar prácticas de manejo, incluyendo la selección adecuada de variedades con niveles de tolerancia y complementar su manejo con fungicidas que tengan diferentes modos de acción para reducir sustancialmente la incidencia de enfermedades en campo<sup>50</sup>.

Esto sugiere que la selección de la variedad, junto con el fungicida biológico correspondiente, es crucial para maximizar el control de *R. solani*. La interacción entre el hospedador, el patógeno y el agente biológico debe ser objeto de más investigaciones para comprender mejor estos mecanismos, esto concuerda con lo señalado por Quiroz Ojeda et al.<sup>7</sup>, quienes mencionaron que *R. solani* interactúa con sus hospederos desde perspectivas biológicas, genéticas y patogénicas, fundamental para entender la relación entre el hospedador y el patógeno en distintos patosistemas.

El porcentaje de granos vacíos afecta el rendimiento del cultivo al comprometer la fotosíntesis, la traslocación de nutrientes y el llenado de grano<sup>51</sup>. La variedad A<sub>3</sub> reportó menor porcentaje de granos vacíos, sin importar el tratamiento aplicado, y un comportamiento similar se observó en la variedad A<sub>1</sub> con la aplicación de Propiconazol y Tebuconazol, que reportó el 16.28 % de granos vacíos en la panícula. Esto sugiere que el porcentaje de granos vacíos podría estar influenciados por factores bióticos (patógenos, insectos plagas y factores genéticos) y abióticos (baja temperatura, humedad relativa y nubosidad)<sup>45,52</sup>.

Por otra parte, los fungicidas sintéticos como el Propiconazol y el Tebuconazol continúan presentando cierto nivel de efectividad, así como lo evidencian investigaciones efectuadas por Pérez Vicente et al.<sup>53</sup>, aunque su uso continuo representa riesgos de generación de resistencia por parte del patógeno y pueden producirse impactos ambientales indeseables. Por lo mencionado, los resultados obtenidos en el presente estudio respaldan la transición progresiva

de las moléculas sintéticas por bioproductos, en concordancia con enfoques agroecológicos.

Esta investigación se distingue por integrar en campo productos biológicos con variedades que están siendo actualmente utilizadas por los agricultores, lo que no solo genera información valiosa, sino que fortalece las decisiones de los productores interesados en prácticas agrícolas más sostenibles en zonas arroceras del litoral ecuatoriano.

## Fuente de financiamiento

La presente investigación fue realizada con fondos propios. No obstante, se contó con el apoyo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, que facilitó el uso de sus instalaciones/terrenos para la ejecución de este estudio.

## Conflictos de intereses

Los autores declaramos que no existen conflictos de intereses.

## Agradecimientos

Los autores del presente trabajo agradecemos a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo por las instalaciones facilitadas para la ejecución de esta investigación.

## Consideraciones éticas

En la presente investigación se ha tenido en cuenta algunas consideraciones éticas que aseguren la integridad científica, el bienestar del medio ambiente, así como la seguridad de las personas involucradas en el estudio. En la investigación se utilizaron fungicidas biológicos para el manejo de la enfermedad, los cuales no han evidenciado desequilibrios ecológicos en

el ecosistema. El estudio fomenta el uso de productos que no solo sean eficaces contra *R. solani*, sino que sean sostenibles a largo plazo, es decir, que no degraden la calidad del suelo ni contribuyan a la pérdida de biodiversidad. Durante la aplicación de estos productos se garantizó la seguridad de la aplicación. Adicionalmente, los fungicidas probados cuentan con la aprobación de las autoridades pertinentes y se verificó que los productos estén certificados como seguros. En cuanto a los resultados obtenidos en la investigación, estos han sido reportados de manera honesta, sin manipulación de datos, lo cual garantiza la validez de la investigación y la confianza de la comunidad científica.

### Limitaciones en la investigación

El costo y la disponibilidad de los fungicidas biológicos pueden limitar la adopción por parte de los agricultores locales, especialmente si estos productos son más costosos que los fungicidas químicos tradicionales.

### Contribución de los autores

*Gualberto Isaúl Ramírez-González*, aportó en la recopilación de datos, realizó la investigación a nivel de campo y colaboró en la redacción del artículo. *Vanessa Elizabeth Pino-Meléndez*, aportó con la redacción del manuscrito, escribiendo el borrador del artículo, incluyendo la introducción, metodología, resultados y discusión. *Carlos Belezaca-Pinargote*, aportó revisando y editando el manuscrito para garantizar la claridad, precisión y coherencia, garantizando además el rigor científico y conceptual del artículo. *Luis Enrique Sánchez-Jaime*, aportó con el análisis e interpretación de datos, utilizando técnicas estadísticas y herramientas de software. *Fernando Javier Cobos-Mora*, aportó articulando los hallazgos

en un formato comprensible y adecuado para la publicación, elaboró las tablas y gráficos del manuscrito. *Germán Reinaldo Troya-Guerrero*, aportó en la revisión de literatura, verificando referencias y ajustando el formato.

### Acceso a los datos

Los datos e información de esta investigación están presente en el artículo.

### Consentimiento para la publicación

Los autores después de revisar el documento, damos por aprobado para su publicación.

### Uso de la Inteligencia Artificial

Damos por sentado que todo el documento fue redactado en base a los criterios éticos y profesionales, y no se utilizó la IA para realizar las imágenes o texto.

### Literatura Citada

1. Cifras Agroproductivas [Internet]. Ministerio de Agricultura y Ganadería - Sistema de Informacion Publica Agropecuaria. 2023 [citado 10 de abril de 2021]. Recuperado a partir de: <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
2. Garcés Fiallos FR, Aguirre Calderón AJ, Díaz Coronel TG. Severidad de la quemazón (.) *Pyricularia oryzae* Cav en germoplasma de arroz F1 en la zona central del litoral ecuatoriano. Ciencia y Tecnología 2013;5(2):1-6. DOI: <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i2.125>
3. Savary S, Willocquet L, Elazegui FA, Castilla NP, Teng PS. Rice pest constraints in tropical Asia: quantification of yield losses due to rice pests in a range of production situations. Plant Dis 2000;84

- (3):357-69. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.3.357>
4. Naqvi SAH, Umar UD, Hasnain A, Rehman A, Perveen R. Effect of botanical extracts: A potential biocontrol agent for *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, causing bacterial leaf blight disease of rice. Pak J Agric Res 2018;32(1):59-72. DOI: <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2019/32.1.59.72>
  5. Facuy-Delgado J, Molina-Oleas W, Ortega-Ponce L. Revisión sistemática de los algoritmos para detección de enfermedades fúngicas en el arroz. MQRInvestigar 2022;6(4):608-20. DOI: <https://doi.org/10.56048/MQR20225.6.4.2022.608-620>
  6. Li D, Li S, Wei S, Sun W. Strategies to manage rice sheath blight: lessons from interactions between rice and *Rhizoctonia solani*. Rice (NY) 2021;14(1):21. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12284-021-00466-z>
  7. Quiroz Ojeda CM, Salazar González CE, Betancourt García CA. Revisión del estado actual de las investigaciones sobre *Rhizoctonia solani* Kühn. Rev Fac Cienc Básicas 2023;18(1):61-74. DOI: <https://doi.org/10.18359/rfcb.6523>
  8. Ajayi-Oyetunde OO, Bradley CA. *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. Plant Pathol 2018;67(1):3-17. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.12733>
  9. Albornoz Buchelli R. Tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani*) una enfermedad potencialmente importante en el cultivo de arroz en Colombia [Internet]. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario-ICA; 1988. [citado 10 de octubre de 2021]. 12 p. Recuperado a partir de: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/30516>
  10. Lee FN, Rush MC. Rice sheath blight: a major rice disease. Plant Dis 1983;67(7):829-32. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-67-829>
  11. Mew TW, Gonzales P. A handbook of rice seed-borne fungi [Internet]. Metro Manila: International Rice Research Institute; 2002 [cited September 10, 2021]. 91 p. Retrieved from: [http://books.irri.org/9712201740\\_content.pdf](http://books.irri.org/9712201740_content.pdf)
  12. Martínez B, Reyes Y, Infante D, González E, Baños H, Cruz A. Selección de aislamientos de *Trichoderma* spp. candidatos a biofungicidas para el control de *Rhizoctonia* sp. en arroz. Rev Protección Veg 2008;23(2):118-25.
  13. Rangaswami G., Mahadevan A. Diseases of Crop Plants in India. 4th ed. New Delhi: PHI Learning Pvt, Ltd; 1999.
  14. González-Vera A, Graterol E, Borges B, Hernández F. Métodos de evaluación y reacción de cultivos para resistencia al añublo de la vaina del arroz causado por *Rhizoctonia solani* AG-1 IA. Bioagro 2011;23(1):3-12.
  15. Senapati M, Tiwari A, Sharma N, Chandra P, Bashyal BM, Ellur RK, et al. *Rhizoctonia solani* Kühn pathophysiology: status and prospects of sheath blight disease management in rice. Front Plant Sci 2022;13:881116. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.881116>
  16. Pérez Iglesias HI, Rodríguez Delgado I, García Batista RM. Principales enfermedades que afectan al cultivo del arroz en Ecuador y alternativas para su control. Agroecosistemas 2018;6(1):16-27.
  17. Sun W. The battle against rice blast: Strategies for control. J Plant Physiol Pathol 2024;12:1. DOI: <https://doi.org/10.4172/2329-955X.1000320>
  18. Martínez de la Parte E, Abreu Fundora J, García D. Presencia de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* y *Magnaporthe salvinii* en variedades de arroz cultivadas en Cuba. Fitosenidad 2014;18(3):163-8.
  19. Carmona M, Sautua F. La problemática de la resistencia de hongos a fungicidas. Causas y efectos

- en cultivos extensivos. *Agronomía y Ambiente*. Agron Ambiente 2017;37(1):1-19.
20. Yellareddygari SKR., Reddy MS., Kloepper JW, Lawrence KS, Fadamiro, H. Rice sheath blight: a review of disease and pathogen management approaches. *J Plant Pathol Microbiol* 2014; 5:1000241. DOI: <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000241>
21. Datta A, Vurukonda SSKP. Rice sheath blight: a review of the unsung fatal disease. *Trends Biosci* 2017;10(45):9216-9.
22. Novo RJ, Viglianco A, Pérez MA, Cavallo A. Efficiency of fungicides in the control of seedborne fungi of carrot seeds (*Daucus carota L.*) and physiologic quality of seeds. *Rev Bras Sementes* 2009; 31(4):160-7. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000400019>
23. Salman M, Abuamsha R. Potential for integrated biological and chemical control of damping-off disease caused by *Pythium ultimum* in tomato. *BioControl* 2012;57(5):711-8. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9444-4>
24. Regueiro J, Olguín N, Simal-Gándara J, Suñol C. Toxicity evaluation of new agricultural fungicides in primary cultured cortical neurons. *Environ Res* 2015;140:37-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.03.013>
25. Costa NO, Vieira ML, Sgarioni V, Pereira MR, Montagnini BG, Mesquita Sde F, Gerardin DC. Evaluation of the reproductive toxicity of fungicide propiconazole in male rats. *Toxicology* 2015; 335:55-61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2015.06.011>
26. Bauzon-Cantila IM, Silvestre JC, Evangelista RE, Catubay E. *In vitro* efficacy of five biofungicidas against *Rhizoctonia solani* Kuhn in rice. *BioRxiv* 2020;7.22:216325. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.07.22.216325>
27. Rashid MM, Bhuiyan MR, Dilzahan HA, Hamid MA, Hasan N, Khan MA, et al. Biological control of rice sheath blight disease (*Rhizoctonia solani*) using bio-pesticides and bio-control agents. *Bangladesh Rice J* 2021;24(1):47-58. DOI: <https://doi.org/10.3329/brj.v24i1.53239>
28. Boukaew S, Klinmanee C, Prasertsan P. Potential for the integration of biological and chemical control of sheath blight disease caused by *Rhizoctonia solani* on rice. *World J Microbiol Biotechnol* 2013;29(10):1885-93. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1353-x>
29. Yang JH, Zhang WW, Zhuang YQ, Xiao T. Biocontrol activities of bacteria from cowdung against the rice sheath blight pathogen. *J Plant Dis Prot* 2017;124(2):131-41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41348-017-0080-1>
30. Narváez-Montaño M de J, Mendoza-López MR, Sánchez-Viveros G, Almaraz-Suarez JJ, Arguado-Delira R. Actividad inhibitoria de extractos alcohólicos de hongos comestibles contra *Rhizoctonia solani*. *Rev Mex Cienc Agric* 2023;14(4): 615-25. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3200>
31. Kabdwal BC, Sharma R, Kumar A, Kumar S, Singh KP, Srivastava, RM. Efficacy of different combinations of microbial biocontrol agents against sheath blight of rice caused by *Rhizoctonia solani*. *Egypt J Biol Pest Control* 2023;33:29. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00671-6>
32. Garrido Rondoy M, Vilela Severino N. Capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* frente a *Rhizoctonia*, *Nakatea sigmoidea* y *Sclerotium rolfsii* y su efecto en cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de cultivos de arroz. *Scientia Agropecuaria* 2019;10(2):199-206. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.05>

- 33.Lahlali R, Peng G, Gossen BD, McGregor L, Yu FQ, Hynes RK, et al. Evidence that the biofungicide serenade (*Bacillus subtilis*) suppresses clubroot on canola via antibiosis and induced host resistance. *Phytopathology* 2013;103(3):245-54. DOI: [https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-12-012\\_3-R](https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-12-012_3-R)
- 34.Reuveni M, Blachinsky D, Pascholati SF, Dalio RJD, Chayat E. El uso de DF Timorex Gold<sup>TM</sup> para la sigatoka negra reduce el riesgo de desarrollo de la marchitez por *Fusarium* en el banano [Internet]. London: STK-bio-Ag Tecnologies; 1998 [cited September 10, 2021]. 34 p. Retrieved from: <https://stk-ag.com/wp-content/uploads/2022/05/Acrobat-2022-Printable-brochure-Spanish.pdf>
- 35.Moreano N, Vivas L. Incidencia y severidad de *Rhizoctonia* sp. en 10 cultivares de arroz en condiciones de invernadero. *Rev Univ Guayaquil* 2011;110(1):13-8. DOI: <https://doi.org/10.53591/rug.v110i1.431>
- 36.Agríos GN. Plant Pathology. 5th ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press; 2005.
- 37.Ivancovich A, Botta G, Ploper DA, Laguna L, Annone JG. Diagnóstico y manejo de enfermedades en soja. En: Libro de conferencias: IV Curso de diagnóstico y manejo de enfermedades de soja. Pergamino; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; 1998. p. 54.
- 38.Abbott WS. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 1925; 18(2):265-7. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- 39.Azcón-Bieto J, Talón M. Fundamentos de fisiología vegetal. 2<sup>a</sup> ed. Madrid: McGraw-Hill. Interamericana; 2008.
- 40.Monks S. SigmaPlot 8.0. Biotech Software & Internet Report 2002;3(5-6):141-5. DOI: <https://doi.org/10.1089/152791602321105816>
- 41.Miah SA, Shahjahan AKM, Hossain MA, Sharma NR. Survey of rice diseases in Bangladesh. *Trop Pest Manag* 1985;31(3):208-13. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670878509370984>
- 42.Ludwig J, Moura AB, Santos ASD, Ribeiro AS. Microbiolização de sementes para o controle da mancha-parda e da escaldadura em arroz irrigado. *Trop Plant Pathol* 2009;34(5):322-8. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762009000500005>
- 43.Hu XF, Cheng C, Luo F, Chang YY, Teng Q, Men DY, Liu L, Yang MY. Effects of different fertilization practices on the incidence of rice pests and diseases: A three-year case study in Shanghai, in subtropical southeastern China. *Field Crops Res* 2016;196:33-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.06.004>
- 44.Naik RG, Jayalakshmi K, Naik TB. Efficacy of fungicides on the management of sheath blight of rice. *Int J Curr Microbiol App Sci* 2017; 6(9): 611-4. DOI: [https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.609\\_075](https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.609_075)
- 45.Vivas Vivas L, Intriago Mendoza D. Guía para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades en el cultivo de arroz en Ecuador [Internet]. Guayaquil: Estacion Experimental Litoral Sur - Departamento Nacional de Protección Vegetal; 2012 [citado 22 de mayo de 2021]. 12 p. Recuperado a partir de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2009>
- 46.Harish S, Saravanakumar D, Radjacommare R, Ebenezar EG, Seetharaman K. Use of plant extracts and biocontrol agents for the management of brown spot disease in rice. *BioControl* 2008; 53(3):555-67. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9098-9>
- 47.Groth DE, Bond JA. Effects of cultivars and fungicides on rice sheath blight, yield, and quality. *Plant Dis* 2007;91(12):1647-50. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-12-1647>

- 48.Prasanna Kumar MK, Sidde Gowda DK, Rishikan Moudgal N, Kumar Kumar KT, Pandurange Gowda KT, Vishwanath K. Impact of fungicides on rice production in india. In: Nita M, editor. Fungicides-Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World. London: IntechOpen; 2013. p. 76-9. DOI: <https://doi.org/10.5772/51009>
- 49.Betancourth CA, Sañudo BA, Flórez CA, Salazar CE. Alternativas para el manejo integrado de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de papa. Inf Tecnol 2023;34(3):1-10. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642023000300001>
- 50.Uppala S, Zhou XG. Field efficacy of fungicides for management of sheath blight and narrow brown leaf spot of rice. Crop Prot 2018;104:72-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.01>
- 51.Jasrotia S, Salgotra RK, Sharma M. Efficacy of bioinoculants to control of bacterial and fungal diseases of rice (*Oryza sativa* L.) in northwestern Himalaya. Braz J Microbiol 2021;52(2):687-704. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00442-1>
- 52.López-Hernández MB, López-Castañeda C, Kohashi-Shibata J, Miranda-Colín S, Barrios-Gómez EJ, Martínez-Rueda CJ. Tolerancia a sequía y calor en arroz (*Oryza sativa*). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 2018;5(15):373-85. DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1558>
- 53.Pérez-Vicente L, Cordero V, Fabret-Leal L. Eficiencia del Azoxystrobin y diferentes triazoles en el control en campo de las principales enfermedades fúngicas del arroz en Cuba. Centro Agrícola 2009; 36(2):15-23.

---

7

**Nota del Editor:**

*Journal of the Selva Andina Biosphere (JSAB).* Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.