


Efectos de inductores de resistencia sobre enfermedades foliares en el cultivo de arroz de secano favorecido en la zona de CEDEGE, Babahoyo.

Effects of resistance inducers on foliar diseases in the dryland rice crop favored in the CEDEGE area, Babahoyo.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18625667>

Omar Yáñez Zambrano ¹

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador
 <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>
oyanezo492@faciag.utb.edu.ec


Orlando Olvera Contreras ²

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-6050-1059>
orlandoolvera@utb.edu.ec

Nessar Rojas Jorge ³

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>
nrojas@utb.edu.ec

Eduardo Colina Navarrete ⁴

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador
 <https://orcid.org/0000-0002-9739-9235>
ncolina@utb.edu.ec

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: ncolina@utb.edu.ec

Fecha de recepción: 15/04/2025

Fecha de aceptación: 24/06/2025

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa*), es uno de los cereales de mayor importancia en la alimentación humana. Las enfermedades se encuentran entre los factores limitantes más importantes de la productividad, estos organismos son responsables del 37 % al 50 % de las pérdidas

reportadas. La producción en el Ecuador de arroz es sembrada en Guayas y Los Ríos, representando el 83 % del total nacional ambas. La estrategia más eficiente de los productores arroceros para reducir pérdidas causadas por enfermedades consiste en la aplicación de fungicidas. En este sentido, la aplicación de productos que generen respuestas de defensa en las plantas, ayuda al cultivo a controlar y prevenir enfermedades limitantes; por lo que encontrar alternativas de control es ideal. Esta investigación planteo evaluar el efecto de inductores de resistencia sobre enfermedades foliares en el cultivo de arroz en la zona de Babahoyo. Para el efecto se sembró en campo la variedad FL-01, en un diseño experimental de “Bloques Completos al Azar”, con ocho tratamientos, dividido en tres repeticiones. La comparación de las medias en los tratamientos se hizo con la prueba de Scheffé al 1%. Los productos fueron: Ácido Salicílico, Quitosano y Poli-Glucosarina en diferentes dosis, además un testigo. Las evaluaciones mostraron una reducción de la severidad de daño (formula y tabla diagramática) con la aplicación de ácido salicílico y quitosano en dosis de 1,5 l/ha, con 70% menos con relación al testigo. En el caso de incidencia esta fue menor con la aplicación de ácido salicílico y quitosano en dosis de 1,5 l/ha, con un 72% menos con relación al testigo. La aplicación de Quitosano 1,5 l/ha (7850,0 kg/ha) y ácido salicílico 1,5 l/ha (7843,33 kg/ha) presentaron los mayores rendimientos, con un menor valor en el testigo (4803,33 kg/ha).

Palabras clave: Fungicidas, Acido salicílico, Quitosano, Control Biológico, Arroz.

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa*) is one of the most important cereals in human nutrition. Diseases are among the most important limiting factors of productivity, with these organisms responsible for 37 % to 50 % reported losses. Rice production in Ecuador is planted in Guayas and Los Ríos, both representing 83% of the national total. The most efficient strategy for rice producers to reduce losses caused by diseases consists of the application of fungicides. In this sense, the application of products that generate defense responses in plants helps the crop to control and prevent limiting diseases; so, finding control alternatives is ideal. This research aimed to evaluate the effect of resistance inducers on foliar diseases in rice cultivation in the Babahoyo area. For this purpose, the FL-01 variety was planted in the field, in an experimental design of “Random Complete Blocks”, with eight treatments, divided into three repetitions. The comparison of the means in the treatments was done with the Scheffé test at 1 %. The products were: Salicylic Acid,

Chitosan and Poly-Glucosarin in different doses, plus a control. The evaluations showed a reduction in the severity of damage (formula and diagrammatic table) with the application of salicylic acid and chitosan at a dose of 1,5 l/ha, with 70 % less compared to the control. In the case of incidence, this was lower with the application of salicylic acid and chitosan at a dose of 1,5 l/ha, with 72 % less compared to the control. The application of Chitosan 1.5 l/ha (7850,0 kg/ha) and salicylic acid 1.5 l/ha (7843,33 kg/ha) presented the highest yields, with a lower value in the control (4803,33 kg/ha).

Keywords: Fungicides, Salicylic acid, Chitosan, Biological Control, Rice.

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa*), es uno de los cereales de mayor importancia en la alimentación humana, por lo que es consumido por más de la mitad de la población del mundo y reconocido como el cultivo de mayor antigüedad en la historia. En el 2016 la producción de arroz en el mundo alcanzó 488,2 millones de toneladas de arroz procesado con un promedio de 4,44 toneladas por hectárea (FAO, 2016).

Las enfermedades se encuentran entre los factores limitantes más importantes de la productividad de los sistemas agroforestales y pecuarios. Trátese de hongos, bacterias o virus, estos organismos son responsables del 37% al 50% de las pérdidas reportadas en la agricultura mundial. Además, a lo largo de la historia, con el propósito de eliminar o contrarrestar estas pérdidas, el ser humano ha desarrollado diversas tecnologías y ha implementado infinidad de programas de control en todo el mundo (Barrera, 2007).

La producción en el Ecuador de esta gramínea ocupa el puesto 26 a nivel mundial, con un rendimiento promedio de 4,22 toneladas por hectárea. Mayormente es sembrada en las provincias del Guayas y Los Ríos, representando el 83 % del total nacional ambas. En Los Ríos se tiene un rendimiento de 4,04 t/ha. La siembra de arroz se realiza en dos ciclos productivos: secano y bajo riego, resultando el mejor ciclo para su producción en época de invierno (MAGAP, 2023).

El arroz es el cultivo más extenso del Ecuador, ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país. Según el Censo Nacional Agropecuario del 2002, el arroz se sembró anualmente en alrededor de 340000 ha cultivadas por 75000

unidades de producción agropecuarias, las cuales el 80% son productores de hasta 20 ha. Apenas dos provincias, Guayas y Los Ríos, representan el 83% de la superficie sembrada en el Ecuador. Otras provincias importantes son Manabí (11%), Esmeraldas, Loja y Bolívar con 1% cada una; mientras que el restante 3% se distribuye en otras provincias (Ecuaquímica 2021).

La estrategia más eficiente para los productores arroceros hacia la reducción de las pérdidas causadas por las enfermedades en el cultivo consiste en la elaboración de planes de manejo integrado óptimos. En este sentido, hoy en día la aplicación de productos que generen respuestas de defensa en las plantas, ayuda al cultivo a controlar y prevenir enfermedades limitantes.

Una óptima producción del cultivo de arroz depende de un manejo eficiente, y de las condiciones climáticas presentes en cada zona productiva. La aplicación de fungicidas, en la actualidad, constituye uno de los pilares fundamentales de toda producción agrícola, debido a que con un eficaz método y modo de aplicación se puede conseguir, mejorar la capacidad productiva de la planta obteniendo el resultado de producción esperado.

Uno de los factores que limita seriamente los rendimientos y la calidad del arroz es el ataque de enfermedades, que son ocasionadas por un sin número de microorganismos: hongos, bacterias y virus. Lo cual se ha visto agudizado por la aparición de nuevas enfermedades muy agresivas. La presencia de enfermedades en los cultivos de arroz supone un grave problema a los agricultores ya que estos pueden llegar a sufrir pérdidas económicas importantes. Por ello, para evitar que estas enfermedades dañen los cultivos, se debe saber identificar y seguir métodos de control preventivos adecuados.

Los problemas que se manifiestan en los cultivos de arroz responden al accionar simultáneo de varios factores en los que intervienen bacterias, hongos, abuso en la aplicación de agroquímicos y de fertilizantes. Además, se utiliza grano comercial sin tratamiento ni selección, como semilla reciclada y maquinaria agrícola contaminada, que se moviliza de una zona a otra, sin ningún control ni limpieza de estas, lo que contribuye a la diseminación de enfermedades que se manifiestan.

Las enfermedades que mayor impacto económico han generado en el arroz son: *Pyricularia grisea* (quemazón), Tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani*), mancha circular (*Helminthosporium oryzae*), pudrición de la panícula (*Sarocladium oryzae*) y virus de hoja blanca (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria [INIAP], 2022).

En la actualidad el uso inductor de resistencia bioquímicos, de acuerdo con las características, condiciones y recursos locales, que reduzcan al mínimo la contaminación ambiental, además de, el manejo preventivo e integrado de enfermedades, con una atención especial al empleo con estos fines, de los recursos de la diversidad biológica, hacen que la producción del cultivo de arroz preste interés en su uso.

Las plantas desarrollan frente a los organismos patógenos mecanismos de defensas muy complejos y variados. Estos mecanismos pueden ser constitutivos o inducibles. Los inducibles se pueden activar sistémicamente en células y tejidos alejados, adquiriendo la planta una inmunidad fisiológica. En este sentido, el resultado es la inducción de Resistencia Sistémica Adquirida (SAR) y con ello, de un conjunto de proteínas y compuestos de defensa como fenilpropanoides (PAL); Chalcona sintasa (CHS), Peroxidasas (PO), glicoproteínas ricas en hidroxiprolina (HyP), y Glucanasas-Quitinasas que hidrolizan las paredes celulares de los hongos (Reymond y Farmer, 2018).

Durante la interacción entre las plantas y los patógenos, estos últimos requieren la expresión de diferentes genes para evitar la detección de la planta y de esta manera poder efectuar la colonización del hospedero vegetal. Para esto requieren una serie de procesos como adherirse a su superficie, secretar enzimas que contribuyan a la descomposición de barreras físicas e inactivar los mecanismos de defensa que se activan en la planta por respuesta a la infección (Ngou et al., 2022).

Pese a que aún queda mucho por explorar en materia de inducción de resistencia y prácticas agronómicas ambientalmente amigables que ayuden a combatir enfermedades fúngicas, la idea siempre es generar luces en torno a que existen posibilidades de facilitar a los agricultores métodos inocuos que les permitan -desde una perspectiva de manejo integrado-, prevenir o atenuar los daños causados por patógenos que generan cuantiosas pérdidas sobre sus cosechas.

En este sentido, el uso de inductores de resistencia presenta gran potencial como un elemento benéfico que favorece el desarrollo de especies cultivables gracias a que contribuye al despliegue de sus estrategias de defensa. En función de esto se planteo evaluar el efecto de inductores de resistencia sobre enfermedades foliares en el cultivo de arroz bajo secano favorecido en la zona de CEDEGE, Babahoyo.

El despliegue de toxinas por parte del patógeno permite la detección de la amenaza invasiva a través de proteínas receptoras del hospedero, inmediatamente después se genera una compleja serie de reacciones de señalización molecular (patrones moleculares asociados a la patogenicidad, PAMP), que regulan la activación de mecanismos bioquímicos cuya misión es contener el proceso infeccioso (desencadenamiento de patrones de inmunización, PTI) (Day et al., 2021).

Estas respuestas están directamente asociadas con la expresión de genes de resistencia que codifican actividad enzimática y síntesis de metabolitos secundarios con función antimicrobiana, tales como fitoalexinas, compuestos fenólicos y flavonoides (derivados de la ruta de los fenilpropanoides) (Shetty et al., 2021).

Dentro de este tipo de compuestos, se destacan vitaminas como la riboflavina, el ácido fólico, la tiamina y el ácido ascórbico, las cuales se les ha demostrado tener un efecto inductor de resistencia en diferentes interacciones planta-patógeno (Kheyri et al., 2022).

De la misma manera, otros compuestos inorgánicos como el fosfito de potasio (K_3PO_3), fosfato diácido de potasio (KH_2PO_4), o de aluminio ($AlPO_4$), u orgánicos como el ácido β -aminobutírico (BABA), benzotiadiazol (BTH), ácido hexanoico, ácido oleico, ácido indolacético (IAA), entre otros, pueden tener efectos positivos para el control de diferentes enfermedades causadas por patógenos (Zarandi et al., 2021).

El fenómeno denominado resistencia sistémica adquirida (SAR), comprende todo el conjunto de respuestas descritas, las cuales son inducidas hormonalmente y acontecen de manera generalizada -a través de la transmisión de señales moleculares-, en un organismo vegetal sometido a condiciones de estrés biótico o abiótico, con el objetivo de

contrarrestar la amenaza invasiva y prevenir el subsecuente proceso infeccioso, incluso en el largo plazo (Camarena & De La Torre, 2017).

Sin embargo, la efectividad en las respuestas de defensa y el grado de resistencia varían en función de factores externos, tales como condiciones ambientales favorables o una nutrición adecuada. Difícilmente un inductor logra suprimir completamente los síntomas de una enfermedad, en la mayoría de los casos se llega a un rango de control máximo de un 85% a 90%, lo que se refleja por ejemplo en la reducción del número de lesiones o del tamaño de estas (Walters et al., 2005).

La idea de acelerar la respuesta de la planta mediante la aplicación de inductores de resistencia sistémica resulta atractiva y se presenta como una alternativa biológica, ambiental y comercialmente viable frente a la creciente necesidad de disminuir el uso de plaguicidas químicos en el control de agentes causantes de plagas. Por lo tanto, la demanda social de elicitores de respuestas de defensa de las plantas y compatibles con el medio ambiente, es cada vez mayor. Otro aspecto que puede favorecer el uso de estos compuestos es su procedencia, a partir de subproductos de un proceso o industria, lo cual abarata su obtención (Riveros et al., 2021).

El control de patógenos en plantas es un aspecto crítico en agricultura, sobre todo por el impacto negativo de estos organismos en la producción de los cultivos. Por su parte, los métodos convencionales de control, como el uso de plaguicidas, presentan desventajas relacionadas a sobrecostos en la producción e impacto negativo a nivel medioambiental, que han estimulado la búsqueda de métodos alternativos que contribuyan al manejo integrado de las enfermedades infecciosas en plantas (Pérez et al., 2023).

Dependiendo del tipo de agente inductor, existen dos tipos de inducción de resistencia. Una considera que la resistencia puede ser activada por la presencia, sobre el tejido vegetal, de organismos como hongos, virus, bacterias, nematodos e incluso de insectos herbívoros, conocida ésta como inducción biótica. Por otro lado, imitando la presencia de un patógeno o insecto, la resistencia también puede ser generada por la presencia de moléculas sintéticas depositadas sobre los órganos vegetales, denominada inducción abiótica (Kuc, 2011).

La SAR requiere de moléculas señal como ácido salicílico, salicilato de metilo, ácido azelaico, monoterpenos, derivados de glicerol-3-fosfato, entre otros (Gao, Ma, Ji, Pan, Wang et al., 2022), y está asociada con la acumulación de cierto grupo de proteínas relacionadas con la patogénesis (PRs, Pathogenesis Related por sus siglas del inglés), para las cuales se ha descrito un papel importante en la resistencia de la planta. Por otro lado, la ISR se induce por microorganismos a nivel de la raíz, funcionando independientemente de ácido salicílico; se ha encontrado que depende principalmente de la ruta ácido jasmónico/etileno y desencadena la inducción de otro grupo diferente de proteínas PRs (Fernandes & Ghag 2022).

El reconocimiento de un patógeno a menudo desencadena una reacción de resistencia localizada, conocida como la respuesta hipersensible (HR), que se caracteriza por la muerte celular rápida en el sitio de la infección. Se ha comprobado que, ante una segunda infección en un tejido distal de la misma planta, esta presenta un mayor grado de resistencia, denominada resistencia inducida (IR) (Gao, Ma, Ji, Pan, Wang et al., 2022).

En plantas, se han descrito dos formas de IR; la resistencia sistémica adquirida (SAR) que se basa principalmente en la vía de señalización del ácido salicílico (SA) y la resistencia sistémica inducida (ISR) que se basa en las vías de señalización del ácido jasmónico (JA) y del etileno (ET) y está asociada al reconocimiento de microorganismos no patógenos como las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) y los hongos micorrízicos (Orozco-Mosqueda et al., 2023).

Varios inductores bióticos (por ejemplo, a través de una infección controlada por microorganismos patógenos, inoculación con patógenos avirulentos, o inoculación con microorganismos no patógenos), e inductores abióticos (por ejemplo, inductores químicos y físicos) pueden desencadenar resistencia en las plantas, que se ha descrito como eficaz contra un amplio espectro de patógenos que incluyen virus, hongos, bacterias y nemátodos (Gao, Ma, Ji, Pan, Wang et al., 2022).

El ácido salicílico desempeña un papel importante en la señalización de la SAR. Estudios en plantas de *A. thaliana* han mostrado que los niveles de esta fitohormona están

regulados durante la inducción de SAR. La acumulación de ácido salicílico se inicia mediante el reconocimiento de proteínas R con dominios CC-NBS-LRR y TIR-NBS-LRR, que inducen la biosíntesis de ácido salicílico a través de proteínas específicas. Además, el ácido salicílico puede convertirse en salicilato de metilo, una forma móvil que se desmetila en tejidos distales para generar una respuesta sistémica. Después de una defensa exitosa, el ácido salicílico activo se glicosila para inactivarse (Mhlongo et al., 2017).

Diferentes metabolitos, como el ácido salicílico, el ácido jasmónico, el ácido abscísico, las vitaminas, los polifenoles y los flavonoides, y otros compuestos de origen biológico y productos químicos sintéticos, actúan como inductores de resistencia en las plantas. Estos compuestos pueden activar la resistencia local y/o sistémica mediante la inducción de SAR o resistencia sistémica inducida (ISR). Los inductores de resistencia ofrecen una opción para el control de enfermedades infecciosas en las plantas mientras se mantiene la sostenibilidad de la producción (Boubakri, 2020).

La aplicación exógena de ácido salicílico induce la resistencia sistémica adquirida (SAR) en muchas especies vegetales, lo cual conduce a la expresión de proteínas relacionadas con patogénesis (PR) y propiedades antimicrobianas. El tratamiento con ácido salicílico afecta diversos procesos fisiológicos, como la transpiración, el cierre estomático, el crecimiento de la planta y la capacidad antioxidante (Yang et al., 2022).

Por ejemplo, la aplicación exógena de jasmonato de metilo en el banano redujo la incidencia de la enfermedad causada por *Fusarium oxysporum*, y se observó un aumento en las actividades enzimáticas antioxidantes y enzimas relacionadas con la defensa como la quitinasa, la fenilalanina amonio liasa y la β -1,3-glucanasa. Este tipo de respuesta se ha relacionado con la inducción de resistencia sistémica inducida similar a la generada por microorganismos benéficos como rizobacterias y micorrizas (Bertini et al., 2019).

Los resultados mostraron que la aplicación de Poliglucosarina QST 713 en dosis de 1,5 L ha⁻¹, disminuye el daño causa por el complejo de manchado de grano en arroz (7,6 %) con relación al testigo sin aplicación (43,7 %) y también la incidencia de este en las panículas evaluadas. Los promedios del rendimiento de grano presentaron aumentos en torno al 75,8 % (6429,2 kg ha⁻¹) comparando con el testigo no tratado (3657,1 kg ha⁻¹),

esto debido al aumento de granos no afectados por el complejo de manchado de grano y a la disminución del porcentaje de vaneamiento (5,6 %) (Colina et al., 2017).

DESARROLLO

La investigación fue realizada en campo en la finca arrocera “Macondo 2” ubicada en el km 6 de la vía Babahoyo- Montalvo. En el trabajo de campo se empleó el diseño experimental de “Bloques Completos al Azar”, con ocho (8) tratamientos, dividido en tres (3) repeticiones. El análisis de varianza se determinó con la significancia entre los tratamientos evaluados. La comparación de las medias en los tratamientos se hizo con la prueba de Scheffé al 1%.

Tabla 1. Tratamientos

Código	Tratamientos	Dosis l/ha	Época de aplicación d.d.s
AC1	Ácido Salicílico	1,0	30-45
AC2		1,5	30-45
Q1	Quitosano	1,0	30-45
Q2		1,5	30-45
PG1	Poli-Glucosamina	1,0	30-45
PG2		1,5	30-45
CQ	Difenoconazole + Axosystrobina	0,5	30-45
CT	Control	N.A	N.A

N.A: sin aplicación de productos

La preparación de suelo se realizó pasando el romplow una vez y 2 pases con gavias (fanguero), para dejar el suelo listo y obtener una buena cama de trasplante. La siembra se hizo manualmente por trasplante a los 21 de germinadas las semillas en el semillero, se emplearon 45 kg/ha de semilla certificada. La variedad utilizada fue FL-01.

El control de malezas se realizó después del trasplante aplicando pendimetalin en dosis de 3 L/ha y butaclor 4 L/ha sobre suelo drenado. A los 25 días después del trasplante se aplicó 0,30 l/ha de bispyribac sodium, 0,15 g/ha de pyrazosulfuron y 0,3 l/ha de Amina, con la adición de un fijador adherente.

Cuando el cultivo presentó los 65 días después del trasplante de aplicará cyhalafop en dosis de 1,0 l/ha. Para el control de insectos se realizaron aplicaciones de Lamdacihalotrina en dosis de 0,3 l/ha a los 10 y 30 días después del trasplante. A los 45 días después del trasplante se aplicó lufenuron en dosis de 0,5 l/ha, posterior a esto no se aplicaron más agroquímicos, en especial fungicidas.

Los requerimientos hídricos del cultivo fueron cubiertos de la manera más adecuada posible, para el efecto se mantuvo una lámina de agua sobre el suelo de 5 cm durante todas las etapas previas a cosecha, en la cual el agua se drenó. El programa de fertilización estuvo basado en el cálculo para un nivel de productividad de 6,5 t/ha (IPNI, 2011).

Los productos utilizados fueron fuentes disponibles en el medio. La fertilización química establecida para el ensayo fue: 120 kg N/ha, 50 kg P/ha, 80 kg K/ha, 25 kg S/ha, 1 kg B/ha y 1 kg Zn/ha. Los fertilizantes se aplicaron al cultivo a los 10, 35 y 45 días después del trasplante, fragmentado las dosis en partes iguales con excepción del fósforo que se aplicó todo en el trasplante. Las fuentes de B y Zn se aplicarán a los 10 días después del trasplante totalmente, en forma de ácido bórico y sulfato de zinc al suelo. Con el fin de no alterar el efecto de los productos aplicados no se aplicaron fertilizantes foliares.

Variables estudiadas

Número de macollos/m²

Dentro del área útil de cada parcela se contó en 1 m² los macollos efectivos, esto se hizo a la cosecha del cultivo.

Número de panículas/m²

En el mismo metro cuadrado en que se evaluó los macollos, se contabilizó las panículas efectivas.

Rendimiento por hectárea

Se pesó los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental, el porcentaje de humedad se ajustó al 13 % y su peso se transformó a kilogramos por hectárea. Se empleó la siguiente fórmula para ajustar los pesos.

Incidencia de la enfermedad

Se realizó observaciones periódicas al ensayo, desde la emergencia de las plantas para inspeccionar la presencia de enfermedades foliares. Para determinar el porcentaje de incidencia del complejo, se evaluó cada 7 días a partir de la presencia de estas hasta 7 días después de la aplicación de tratamientos, se contó el número de plantas enfermas del área útil y se dividió para el número total de plantas de la misma área, estos valores se multiplicaron por 100 para expresarlo en porcentaje, utilizando la fórmula que a continuación se describe (Pinto *et al.*, 2018).

$$\% \text{ de Incidencia (I)} = \frac{\text{Total, observadas (sanas + enfermedades)}}{\# \text{ de plantas enfermas por unidad}} \times 100$$

Severidad de la enfermedad

La severidad de la enfermedad se obtuvo mediante una evaluación visual objetiva del área enferma sobre el área total, utilizando la siguiente formula (Pinto *et al.*, 2018):

$$\% \text{ de Severidad (S)} = \frac{\text{Área total (sana + enferma)}}{\text{Superficie (área) de tejido enfermo}} \times 100$$

Escala diagramática de severidad para enfermedades foliares de arroz

Esta variable estuvo determinada por la escala logarítmica diagramática de severidad constituida por siete clases. Para el efecto se valoró cada 7 días las plantas que presenten el proceso patológico, con la siguiente escala (tabla 2) establecida por Hernández & Sandoval (2015):

Tabla 2. Escala diagramática de severidad, Babahoyo. 2025.

Clasificación	% Severidad
Clase 0	0%
Clase 1	1-6%
Clase 2	7-22%
Clase 3	23-55%
Clase 4	56-84%
Clase 5	85-95%
Clase 6	96-10%

CONCLUSIONES

Número de macollos por metro cuadrado

La aplicación de quitosano en dosis de 1,5 l/ha generó la mayor cantidad de macollos por metro cuadrado con 544,33, siendo estadísticamente igual a los tratamientos ácido salicílico 1,5 l/ha (516,33 macollos) y ácido salicílico 1,0 l/ha (483,67), pero superior al resto de tratamientos. El menor registro de macollos se dio en el testigo-control (352,33 macollos) (Tabla 3).

Tabla 3. Número de macollos por metro cuadrado con la aplicación de inductores de resistencia sobre enfermedades foliares en el cultivo de arroz de secano favorecido. Babahoyo, 2025.

Tratamientos	Dosis l/ha	Número de macollos
Ácido Salicílico	1,0	483,67 abc
Ácido Salicílico	1,5	516,33 ab
Quitosano	1,0	453,33 cd
Quitosano	1,5	544,33 a
Poli-Glucosamina	1,0	413,00 de
Poli-Glucosamina	1,5	424,67 cd
Difenoconazole + Axosystrobina	0,5	471,00 bcd
Control	N.A.	352,33 e
Promedio		457,33
Significancia estadística		**
C.V. (%)		3,83

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Sheffé $\leq 0,05$

** : Altamente significativo

Número de panículas por metro cuadrado

La aplicación de quitosano en dosis de 1,5 l/ha generó la mayor cantidad de panículas por metro cuadrado con 462,68, siendo estadísticamente igual a los tratamientos ácido salicílico 1,5 l/ha (438,88 panículas) y ácido salicílico 1,0 l/ha (411,12 panículas), pero superior al resto de tratamientos. El menor registro de macollos se dio en el testigo-control (299,48 panículas) (Tabla 4).

Tabla 4. Número de panículas por metro cuadrado con la aplicación de inductores de resistencia sobre enfermedades foliares en el cultivo de arroz de secano favorecido. Babahoyo, 2025.

Tratamientos	Dosis l/ha	Número de panículas
Ácido Salicílico	1,0	411,12 abc
Ácido Salicílico	1,5	438,88 ab
Quitosano	1,0	385,33 cd
Quitosano	1,5	462,68 a
Poli-Glucosamina	1,0	351,05de
Poli-Glucosamina	1,5	360,97 cd
Difenoconazole + Axosystrobina	0,5	400,35 bcd
Control	N.A.	299,48 e
Promedio		388,73
Significancia estadística		**
C.V. (%)		3,81

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Sheffé $\leq 0,05$

** : Altamente significativo

Rendimiento por hectárea

La aplicación de Quitosano 1,5 l/ha (7850,0 kg/ha) fue estadísticamente igual a ácido salicílico 1,5 l/ha (7843,33 kg/ha), pero también con Quitosano 1,0 l/ha (6566,67 kg/ha) y ácido salicílico 1,5 l/ha (6610,0 kg/ha), pero superiores al resto de tratamientos. En el testigo-control se presentó un menor peso de granos (4803,33 kg/ha) (Tabla 5).

Tabla 5. Rendimiento por hectárea con la aplicación de inductores de resistencia sobre enfermedades foliares en el cultivo de arroz de secano favorecido. Babahoyo, 2025.

Tratamientos	Dosis l/ha	Kg/ha
Ácido Salicílico	1,0	6610,00
Ácido Salicílico	1,5	7843,33
Quitosano	1,0	6566,67
Quitosano	1,5	7850,00
Poli-Glucosamina	1,0	5730,00
Poli-Glucosamina	1,5	5913,33
Difenoconazole + Axosystrobina	0,5	6223,33
Control	N.A.	4803,33
Promedio		6442,50
Significancia estadística		**
C.V. (%)		6,16

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Sheffé $\leq 0,05$

** : Altamente significante

Incidencia de enfermedades foliares en arroz

Las especies reportadas en la zona de estudio fueron: *Rhizoctonia solani*, *Pyricularia oryzae*, *Alternaria padwickii*, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia spp.* y *Sarocladium oryzae*.

La incidencia de enfermedades a los 35 días después de la siembra tuvo en los tratamientos Quitosano 1,5 l/ha y Poli-Glucosamina 1,0 l/ha el mayor registro de incidencia (23,33 %), con menor registro en Ácido Salicílico 1,0 l/ha, Ácido Salicílico 1,5 l/ha, Quitosano 1,0 l/ha y Difenoconazole + Axosystrobina, con 21,33 % en su orden.

Los tratamientos en Ácido Salicílico 1,5 l/ha, Quitosano 1,0 l/ha y Difenoconazole + Axosystrobina, con 25,67% en su orden, tuvieron el mayor registro. Los tratamientos Ácido Salicílico 1,0 l/ha y Poli-Glucosamina 1,0 l/ha el mayor registro de incidencia (23,33 %), con menor registro.

El tratamiento control tuvo la mayor incidencia de enfermedades con 31,67 % a los 49 y 56 días después de la siembra, siendo estadísticamente igual a Poli-Glucosamina 1,0 l/ha, Poli Glucosamina 1,5 l/ha y Difenoconazole + Axosystrobina. La aplicación de Quitosano 1,5 l/ha y ácido salicílico 1,5 l/ha dio menor incidencia.

El testigo-control presentó la mayor incidencia de enfermedades con 39,0 % en 63 días después de la siembra, siendo estadísticamente superior al resto de tratamientos. La aplicación de Quitosano 1,5 l/ha y ácido salicílico 1,5 l/ha tuvo la menor incidencia.

Tabla 6. Incidencia de enfermedades foliares con la aplicación de inductores de resistencia en el cultivo de arroz de secano favorecido. Babahoyo, 2025.

Tratamientos	Dosis l/ha	Porcentaje de incidencia				
		35 dds	42 dds	49 dds	56 dds	63 dds
Ácido Salicílico	1,0	21,33 ^{ns}	23,33 ^{ns}	18,33 bc	18,33 bc	15,67 cd
Ácido Salicílico	1,5	21,33	25,67	11,67 c	11,67 c	10,00 d
Quitosano	1,0	21,33	25,67	21,67 b	21,67 b	15,00 cd
Quitosano	1,5	23,33	24,67	12,33 c	12,33 c	11,33 d
Poli-Glucosamina	1,0	22,33	23,33	26,67 ab	26,67 ab	24,67 b
Poli-Glucosamina	1,5	23,33	24,67	27,33 ab	27,33 ab	21,67 bc
Difenoconazole + Axosystrobina	0,5	21,33	25,67	23,67 ab	23,67 ab	24,33 b
Control	N.A.	22,33	25,33	31,67 a	31,67 a	39,00 a
Promedio		22,08	24,79	21,67	21,67	20,21
Significancia estadística		Ns	Ns	**	**	**
C.V. (%)		10,50	8,47	11,98	11,18	11,07

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Sheffé $\leq 0,05$

** : Altamente significativo

dds: días después de la siembra

Severidad de enfermedades foliares en arroz

La severidad de enfermedades a los 35 días después de la siembra tuvo en el tratamiento Ácido Salicílico 1,5 l/ha (6,0 %) el mayor registro. Sin embargo, los tratamientos Quitosano 1,0 l/ha (3,33%), Quitosano 1,5 l/ha (3,33%) y Poli-Glucosamina 1,0 l/ha (3,33%) tuvieron valores menores.

La evaluación de severidad a los 42 días después de la siembra dio mayor valor en los tratamientos Poli-Glucosamina 1,5 l/ha, Difenoconazole + Axosystrobina y Control (15,67 %). Siendo el tratamiento Ácido Salicílico 1,5 l/ha quien tuvo menor registro (12,67).

El tratamiento control tuvo la mayor severidad de enfermedades con 38,67 % a los 49 y 56 días después de la siembra, siendo estadísticamente superior al resto de tratamientos. La aplicación de Quitosano 1,5 l/ha y ácido salicílico 1,5 l/ha mostro menor severidad de daños.

El testigo-control presentó la mayor severidad de daños de enfermedades con 34,0 % en 63 días después de la siembra, siendo estadísticamente superior al resto de tratamientos.

La aplicación de Quitosano 1,5 l/ha y ácido salicílico 1,5 l/ha tuvo la menor severidad (9,67 y 9,33 %, en su orden).

Tabla 7. Severidad de enfermedades foliares con la aplicación de inductores de resistencia en el cultivo de arroz de secano favorecido. Babahoyo, 2025.

Tratamientos	Dosis l/ha	Porcentaje de severidad				
		35 dds	42 dds	49 dds	56 dds	63 dds
Ácido Salicílico	1,0	4,67	13,33	15,00 de	13,33 d	11,33 de
Ácido Salicílico	1,5	6,00	12,67	12,67 e	10,67 d	9,33 e
Quitosano	1,0	3,33	14,00	16,00 cde	14,67 cd	12,67 cde
Quitosano	1,5	3,33	15,00	12,67 e	11,00 d	9,67 e
Poli-Glucosamina	1,0	3,33	15,33	20,00 c	19,33 c	16,33 cd
Poli-Glucosamina	1,5	4,00	15,67	19,33 cd	19,67 c	16,67 c
Difenoconazole + Axosystrobina	0,5	4,67	15,67	26,00 b	29,00 b	25,00 b
Control	N.A.	4,00	15,67	38,67 a	38,67 a	34,00 a
Promedio		4,17	14,67	20,04	19,54	16,88
Significancia estadística		Ns	Ns	**	**	**
C.V. (%)		4,8	9,63	6,94	7,48	8,49

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Sheffé $\leq 0,05$

** : Altamente significativa

dds: días después de la siembra

Escala diagramática de severidad para enfermedades foliares de arroz

El valor de daño según escala fue mayor a los 35 días después de la siembra con el tratamiento Ácido Salicílico 1,5 l/ha (1,33). Los menores registros fueron visibles en los tratamientos Ácido Salicílico 1,0 l/ha, Quitosano 1,0 l/ha, Quitosano 1,5 l/ha, Poli-Glucosamina 1,0 l/ha y Control (0,67%).

La evaluación de severidad a los 42 días después de la siembra presentó igual valor para todos los tratamientos evaluados (2,00).

El tratamiento Control y Difenoconazole + Axosystrobina tuvieron el mayor registro (3) en los 49 días después de la siembra, siendo estadísticamente superiores al resto de tratamientos. Los demás tratamientos mostraron un valor en tabla de 2.

El tratamiento Control y Difenoconazole + Axosystrobina tuvieron el mayor registro (3) en los 56 días después de la siembra, siendo estadísticamente igual al tratamiento Poli-Glucosamina 1,5 l/ha, pero superiores al resto de tratamientos. Los demás tratamientos mostraron un valor en tabla de 2.

El tratamiento Control y Difenconazole + Axosystrobina tuvieron el mayor registro (3) en los 63 días después de la siembra, siendo estadísticamente igual al tratamiento Poli-Glucosamina 1,0 l/ha, Poli-Glucosamina 1,5 l/ha, Quitosano 1,0 l/ha y ácido salicílico 1,0 l/ha; pero superiores al resto de tratamientos. La aplicación de Quitosano 1,5 l/ha y ácido salicílico 1,5 l/ha tuvo el menor valor de la escala (1,33).

Tabla 8. Daño por escala diagramática de enfermedades foliares con la aplicación de inductores de resistencia en el cultivo de arroz de secano favorecido. Babahoyo, 2025.

Tratamientos	Dosis l/ha	Porcentaje de severidad				
		35 dds	42 dds	49 dds	56 dds	63 dds
Ácido Salicílico	1,0	0,67	2,00	2,00 b	2,00 b	2,00 ab
Ácido Salicílico	1,5	1,33	2,00	2,00 b	2,00 b	1,33 b
Quitosano	1,0	0,67	2,00	2,00 b	2,00 b	2,00 ab
Quitosano	1,5	0,67	2,00	2,00 b	2,00 b	1,33 b
Poli-Glucosamina	1,0	0,67	2,00	2,00 b	2,00 b	2,00 ab
Poli-Glucosamina	1,5	1,00	2,00	2,00 b	2,33 ab	2,00 ab
Difenconazole + Axosystrobina	0,5	1,00	2,00	3,00 a	3,00 a	3,00 a
Control	N.A.	0,67	2,00	3,00 a	3,00 a	3,00 a
Promedio		0,83	2,00	2,25	2,29	2,08
Significancia estadística		Ns	Ns	**	**	**
C.V. (%)		8,80	0	3,07	8,91	14,34

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Sheffé $\leq 0,05$

** : Altamente significativo

dds: días después de la siembra

A través de los datos obtenidos es importante establecer que las enfermedades más recurrentes foliares presentes en los sistemas productivos de arroz, en especial las reportadas en la zona de estudio fueron: *Rhizoctonia solani*, *Pyricularia oryzae*, *Alternaria padwickii*, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia* spp. y *Sarocladium oryzae*, esto es respaldado por lo mencionado por Paz (2023).

Es importante señalar que todas las variables agronómicas presentaron significancia estadística, lo que indica que existe un efecto por las aplicaciones de los inductores de resistencia, los cuales generan diferentes respuestas en función de su localización bioquímica, lo cual es corroborado por Shetty et al. (2021).

La aplicación de agroquímicos para el control de enfermedades, si bien puede generar una respuesta rápida en control inicial, este tiende a disminuir en el tiempo. Sin embargo, el uso de productos SIR (Resistencia Sistémica Inducida) entre los cuales el ácido salicílico, aminosacáridos y glicoproteínas pueden activar sistémicamente las plantas,

adquiriendo la planta una inmunidad fisiológica, lo cual es manifestado por Reymond y Farmer (2018).

Los resultados indican que la aplicación de inductores de resistencia genera una disminución tanto en la incidencia de las enfermedades foliares en el cultivo, así como, una desaceleración de la severidad de daño en el tejido, lo cual en un principio reduce el daño y en un segundo punto lo disminuye en el tiempo, lo cual coincide con lo manifestado por Yang et al. (2022).

La utilización de inductores de resistencia vegetal en arroz representa una estrategia para mejorar la productividad de este cultivo. Estos fortalecen las defensas naturales del arroz, lo que disminuye la necesidad de aplicar fungicidas. La eficacia de los inductores de resistencia puede variar según el tipo de inductor, la variedad de arroz y las condiciones ambientales. Es importante seleccionar los inductores adecuados para cada situación específica, lo cual coincide con lo encontrado por Colina et al. (2017).

Es necesario entonces considerar que, en la mayoría de las plantas no inducidas, la infección alcanzó el grado 3 de la escala entre los 56 y 63 dds, lo cual se ve igualmente reflejado en promedios de severidad más altos según los resultados de las evaluaciones llevadas a cabo en tales fechas, mientras que la severidad promedio en plantas inducidas con quitosano y ácido salicílico en dosis alta, apenas llegó al grado 1 de la escala. Una explicación plausible para ello podría ser que la enfermedad se aumentó a causa de dos factores: un nuevo procedimiento de inoculación en la zona basal de las plantas y la entrada inminente en etapa de floración, lo que concuerda con Bertini et al. (2019).

Las evaluaciones con la escala diagramática presentaron un valor promedio bajo 35 dds con 0,83. Estos valores aumentaron a un rango de 2 en las evaluaciones subsecuentes, sin embargo, estos valores fueron de 1,33 para los tratamientos ácido salicílico y quitosano en dosis de 1,5 l/ha

Las evaluaciones mostraron una reducción de la severidad de daño (formula y tabla diagramática) con la aplicación de ácido salicílico y quitosano en dosis de 1,5 l/ha, 70% menos con relación al testigo. En el caso de incidencia esta fue menor con la aplicación de ácido salicílico y quitosano en dosis de 1,5 l/ha, con un 72% menos con relación al testigo. La aplicación de Quitosano 1,5 l/ha (7850,0 kg/ha) y ácido salicílico 1,5 l/ha (7843,33 kg/ha) presentaron los mayores rendimientos, con un menor valor en el testigo (4803,33 kg/ha).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrera, J. F. (2007). *Manejo holístico de plagas: más allá del MIP*. En: Memorias XXX Congreso Nacional de Control Biológico Simposio del IOBC. Noviembre 2007, Mérida, Yucatán, México.
- Bertini, L., Palazzi, L., Proietti, S., Pollastri, S., Arrigoni, G., de Laureto, P. P., & Boubakri, H. (2020). *Induced resistance to biotic stress in plants by natural compounds: Possible mechanisms*. In M. A. Hossain, F. Liu, D. J. Burritt, M. Fujita, & B. Huang (Eds.), *Priming Mediated Stress and Cross-Stress Tolerance in Crop Plants*. Academic Press Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817892-8.00005-2>
- Camarena, G. & De La Torre, R. (2017). *Resistencia sistémica adquirida en plantas, estado actual*. Revista Chapingo, 13(3):157-162.
- Caruso, C. (2019). *Proteomic analysis of MeJa-induced defense responses in rice against wounding*. International Journal of Molecular Sciences, 20(2025):1–24. <https://doi.org/10.3390/ijms20102525>
- Colina, E., Castro, C., Santana, D., Garcipia, G. (2006). *Evaluación de cepas comerciales de Bacillus subtilis sobre el complejo manchado de grano en arroz bajo riego*. Archivos Académicos, 10(1):68. ISBN: 978-9978-68-113-8
- Day, B., Henty, J., Porter, K. & Staiger, C. (2011). *The pathogen-actin connection: a platform for defense signaling in plants*. Annual Review of Phytopathology, 49 (1):483-506.
- Ecuauquímica. (2021). *Arroz del Ecuador*. Manual técnico 15. Departamento arroz Ecuauquímica. Guayaquil, Ecuador. 14p.
- FAO. (2016). *La biodiversidad para el mantenimiento de los agroecosistemas*. FAO, Editorial. Roma. 2016. 15p.
- Fernandes, L. B., & Ghag, S. B. (2022). *Molecular insights into the jasmonate signaling and associated defense responses against wilt caused by Fusarium oxysporum*. Plant Physiology and Biochemistry, 174(January): 22–34. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.032>
- Gao, H., Ma, K., Ji, G., Pan, L., & Zhou, Q. (2022). *Lipid transfer proteins involved in plant– pathogen interactions and their molecular mechanisms*. Molecular Plant Pathology, 23(12):1815–1829. <https://doi.org/10.1111/mpp.13264>

- Hernández Ramos, Lervin, & Sandoval Islas, José Sergio. (2015). *Escala Diagramática de Severidad para el Complejo Mancha de grano en arroz*. Revista mexicana de fitopatología, 33(1), 95-103. Recuperado en 29 de diciembre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092015000100095&lng=es&tlng=es.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP. (2022). *Guía para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades en el cultivo de arroz en el Ecuador*. Boletín Divulgativo N°426. Estación Experimental Litoral Sur.12p.
- Kheyri, F., Taheri, P., & Jafarinejad-Farsangi, S. (2022). *Thiamine and Piriformospora indica induce bean resistance against Rhizoctonia solani: The role of polyamines in association with iron and reactive oxygen species*. Biological Control, 172(2):1–13. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104955>
- Kuc J. (2001). *Concepts and direction of induced systemic resistance in plants its application*. European Journal of Plant Pathology, 107(3):7-12.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) - Sistema Nacional de Gestión Agropecuaria (SINAGAP). (2023). *Reporte anual de estadísticas agropecuarias en el Ecuador Continental*. Quito, EC. 14p. Disponible en www.agricultura.gob.ec/docpdf/estagrop.
- Mhlongo, M. I., Tugizimana, F., Piater, L. A., Steenkamp, P. A., Madala, N. E., & Dubery, I. A. (2017). *Untargeted metabolomics analysis reveals dynamic changes in azelaic acid- and salicylic acid derivatives in LPS-treated Nicotiana tabacum cells*. Biochemical and Biophysical Research Communications, 482(4): 1498–1503. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.12.063>
- Ngou, B. P. M., Ding, P., & Jones, J. D. G. (2022). *Thirty years of resistance: Zig-zag through the plant immune system*. The Plant Cell, 34(3):1447–1478. <https://doi.org/10.1093/plcell/koac041>
- Orozco-Mosqueda, M. del C., Fadji, A. E., Babalola, O. O., & Santoyo, G. (2023). *Bacterial elicitors of the plant immune system: An overview and the way forward*. Plant Stress, 7(3):1–8. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100138>
- Paz, L. 2023. *Enfermedades comunes en el cultivo de arroz en Ecuador*. Yaguachi, EC, Estación Experimental Litoral Sur. 20p. (Manual No.118).
- Pérez, W., Melgarejo, L., Ericsson, C., Ardila, H. (2023). *Aplicación de inductores de resistencia para el control del marchitamiento vascular*. Consultado 4-11-2024.

Disponible en: <https://redagricola.com/aplicacion-de-inductores-de-resistencia-para-el-control-del-marchitamiento-vascular/>

Pinto, M., Colina, E., Castro, C., García, G., León, J. (2018). *Interacción fungicidas y fertilizantes, sobre el complejo manchado de grano en arroz de secano*. Journal of Science and Research, 3(11):10-17. ISSN: 2764-0973

Reymond P, Farmer E. (2018). *Jasmonate and salicylate as global signals for defense gene expression*. Curse. Opinion. Plant Biology. 2018(1):404-411.

Riveros AS, Rosales FE, Pocasangre LE. (2021). *Manejo alternativo de Mycosphaerella fijiensis a través de la inducción de resistencia y uso de bioproductos*. XVI Reunión Internacional Acorbat 2021(4):47-52. Recuperable de: http://musalit.inibap.org/pdf/IN050666_es.pdf

Shetty, R., Fretté, X., Jensen, B., Jorgensen, H., Newman, M. & Christensen, L. (2011). *Silicon induced changes in antifungal phenolic acids, flavonoids and key phenylpropanoid pathway genes during the interaction between miniature roses and the biotrophic pathogen Podosphaera pannosa*. Plant Physiology, 157(2):2194-2205.

Walters, D., Walsh, D., Newton, A. & Lyon, G. (2005). *Induced resistance for plant disease control: maximizing the efficacy of resistance elicitors*. Phytopathology, 95(12):1368-1373.

Yang X., Wang B., Chen L., Li P., Cao C. (2019). *Las diferentes influencias del estrés hídrico durante la floración en las características fisiológicas, el rendimiento y la calidad del grano del arroz*. Sci. Rep. 9, 3742. doi: 10.1038/s41598-019-40161-0

Zarandi- Ebrahimi, M., Riseh, RS, Gholizadeh Vazvani, M., Skorik, YA (2021). *Reducción del estrés hídrico en plantas mediante la encapsulación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal con polisacáridos*. Int. J. Mol. Sci. 22, 12979. doi: 10.3390/ijms222312979