



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo Experimental, presentado al H. Consejo Directivo, como
requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Evaluación de la eficacia de Plata Coloidal sobre el complejo de
enfermedades en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*. L)”

AUTOR:

Marco Paul Figueroa Planas

TUTOR:

Ing. Luis Enrique Sánchez Jaime, MSc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo Experimental, presentado al H. Consejo Directivo, como
requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Efectos del fertilizante edáfico en diferentes dosis, en el cultivo de
arroz en el Cantón Babahoyo”

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Orlando Olvera Contreras, MBA.

PRESIDENTE

Ing. Agr. Yary Ruiz Parrales, MSc.

PRIMER VOCAL

Ing. Agr. Gustavo Vasconez Galarza, MSc.

SEGUNDO VOCAL

Los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidas en el presente trabajo pertenecen de manera única exclusiva del autor.

Marco Paul Figueroa Planas

AGRADECIMIENTO

Una vez concluido el trabajo experimental, agradezco en primer lugar a mis padres por el impulso dado a través de mis años de estudio, para así culminar con mi carrera, a la Universidad Técnica de Babahoyo por permitirme formarme como profesional y por el aprendizaje obtenido.

Al Ing. Marat Rodríguez por haberme ayudado a conseguir tema, por todo su apoyo constante en el proceso de realización del proyecto y por su amistad brindada y siempre valorada.

Al Ing. Luis Sánchez por ser una gran guía y tutor de mi trabajo experimental, ya que gracias a él logré comprender y seguir los pasos necesarios para culminar el proyecto y a todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en general, porque fueron un pilar importante dentro de mi formación profesional.

DEDICATORIA

A mis padres, Paulina Planas, Paul Figueroa, quienes me motivaron a seguir adelante en la carrera y culminarla, cumpliendo así la primera de muchas metas.

A mis abuelos, Concepción Gavilánez, Martha Llaguno, Omar Figueroa quienes siempre estuvieron presentes en todo momento de necesidad y consejo, incluso brindando su gran apoyo.

A mi pareja, Arien Robalino García, quien me dió las fuerzas, dedicación y apoyo necesario para continuar siendo cada día mejor.

ÍNDICE

Contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	2
1.2. Objeto	2
1.3. Campo de acción	2
1.4. Objetivos	2
1.5. Hipótesis	2
II. REVISIÓN LITERARIA	3
2.1. Importancia del cultivo de arroz	3
2.2. Problemas fitosanitarios en el cultivo de arroz	4
2.2.1. <i>Rhizoctonia solani</i> Kühnes	4
2.2.2. <i>Pyricularia oryzae</i>	5
2.2.3. <i>Sarocladium oryzae</i>	6
2.2.4. <i>Gaeumannomyces graminis</i> var <i>graminis</i>	6
2.2.5. <i>Bipolaris oryzae</i>	7
2.3. Plata coloidal	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. Ubicación y descripción del sitio experimental	10
3.2. Material genético	10
3.3. Factores a estudiar	10
3.4. Métodos	10
3.5. Tratamientos	11
3.6. Diseño experimental	11
3.7. El análisis de varianza	11
3.8. Características del área experimental	11
3.9. Manejo del ensayo	12
3.9.1. Preparación del suelo	12
3.9.2. Semillero y Siembra	12
3.9.3. Riego	12
3.9.4. Control de malezas	12
3.9.5. Control de plagas	13
3.9.6. Fertilización	13

3.9.7	Control de enfermedades	13
3.9.8	Cosecha	14
3.10	VARIABLES A EVALUAR	14
3.10.1	Altura de planta	14
3.10.2	Número de macollos por planta	14
3.10.3	Granos manchados	14
3.10.4	Granos vanos.....	14
3.10.5	Granos por espiga.....	15
3.10.6	Incidencia	15
3.10.7	Relación grano – biomasa aérea (índice de cosecha)	15
3.10.8	Rendimiento	15
IV.	RESULTADOS	16
4.1	Altura de planta.....	16
4.2	Macollos por planta	17
4.3	Granos manchados	18
4.4	Granos vanos	18
4.5	Granos por espiga	19
	El coeficiente de variación fue 27,13 %.	20
4.6	Incidencia de <i>Gaumannomyces graminis</i>	20
4.7	Incidencia de <i>Rhizoctonia solani</i>	21
4.8	Incidencia de <i>Sarocladium sp.</i>	21
4.9	Rendimiento	22
4.10	Análisis económico	23
V.	CONCLUSIÓN	25
VI.	RECOMENDACIÓN	25
	RESUMEN.....	26
	SUMMARY	27
	BIBLIOGRAFÍA	28

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa*), es la principal fuente de carbohidratos para más de la mitad de la población mundial. Es el segundo cereal más cultivado en el mundo, ocupando aproximadamente 150 millones de hectáreas, alcanzando una producción de alrededor de 746,7 millones de toneladas de arroz paddy, correspondiendo al 29 % del total de granos usados en la alimentación humana (De Almeida Monteiro et al. 2013).

En Ecuador, es el cultivo que presenta la mayor área cultivada y ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país, ya que en el país este cultivo se realiza en dos ciclos productivos: invierno y verano. Las provincias que ocupan la mayor área cultivada son: Los Ríos y Guayas con el 83%, seguido por Manabí con 11%, Esmeraldas, Bolívar y Loja con el 1% de su superficie sembrada de esta gramínea.

Durante el ciclo de producción, el cultivo de arroz es afectado por diferentes patógenos, los mismos que causan mermas significativas en la productividad. Entre los patógenos que causan mayor impacto en la productividad están: *Rhizoctonia solani*, *Sarocladium oryzae*, *Burkholderia glumae*, *Gaeumannomyces graminis*, entre otros. La incidencia y severidad de estos patógenos están en función de las condiciones edafoclimáticas y manejo del cultivo (Vivas y Intriago 2012).

Sin embargo, el desconocimiento por parte de la gran mayoría de los productores de síntomas asociados a las diferentes enfermedades que afectan el cultivo de arroz, resulta en el uso indebido de agroquímicos, lo que conlleva a daños en la salud de los agricultores, consumidores y al ecosistema.

En la actualidad existe mayor interés en la búsqueda de alternativas de combate que contribuyan significativamente en el manejo integral de patógenos que afecten en el cultivo de arroz. En este contexto, el siguiente trabajo experimental tiene como objetivo evaluar la eficacia de Plata Coloidal como parte del manejo integrado de enfermedades en el cultivo de arroz.

1.1. Problema

Bajo rendimiento ocasionado por alta incidencia de enfermedades en el cultivo de arroz

1.2. Objeto

Disminuir la incidencia del complejo de enfermedades en el cultivo de arroz

1.3. Campo de acción

Manejo del complejo de enfermedades en el cultivo de arroz con diferentes dosis y frecuencia de aplicación de Plata Coloidal.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Evaluar la eficacia de la plata coloidal sobre el complejo de enfermedades en el cultivo de arroz, en la zona de Babahoyo.

1.4.2. Específico

- Identificar síntomas asociados a *Rhizoctonia solani*, *Sarocladium oryzae* y *Gaeumannomyces graminis*, en el cultivo de arroz.
- Determinar la dosis de aplicación de la plata coloidal más influyente en el combate de *Rhizoctonia solani*, *Sarocladium oryzae* y *Gaeumannomyces graminis*, en el cultivo de arroz.
- Realizar análisis económico de los tratamientos.

1.5. Hipótesis

H₀: La plata coloidal no reduce la incidencia de enfermedades en el cultivo de arroz

H₁: La plata coloidal reduce la incidencia de enfermedades en el cultivo de arroz

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1 Importancia del cultivo de arroz

El arroz, símbolo de identidad cultural y unidad mundial, es el alimento más popular del mundo (FAO 2000) y es considerado alimento básico en muchas culturas culinarias (en especial la cocina Ecuatoriana), así como en algunas partes de América Latina y el mundo (Alvarez 2016).

En Ecuador, es el cultivo que presenta la mayor área cultivada y ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país, ya que en el país este cultivo se realiza en época lluviosa (secano y secano favorecido) y época seca (bajo riego). Las provincias que ocupan la mayor área cultivada son: Los Ríos y Guayas con el 83%, seguido por Manabí con 11%, Esmeraldas, Bolívar y Loja con el 1% de su superficie sembrada de esta gramínea (FAO 2016).

La producción de arroz en el Ecuador como en varios países de la región depende mucho de la estación climática en la que se encuentre. Donde cada año los agricultores locales tienen que lidiar con los cambios climatológicos y con la falta de recursos económicos para lograr obtener una producción suficiente para cubrir sus necesidades básicas y la demanda del mercado local (Burgos y Garófalo 2018).

El rendimiento promedio nacional de arroz es 3.92 t/ha. Siendo la provincia de Loja la que reporta los mejores rendimientos con 9.54 t/ha; mientras que Los Ríos reporta los rendimientos más bajo con 3.05 t/ha, en el país los materiales más utilizados son Las variedades más utilizadas fueron: SFL-09 (33%), INIAP 14 (28%) y SFL-11 (15%), con rendimientos promedios de 3.72, 4.05 y 4.46 (t/ha), respectivamente. (Castro Marcelo 2017).

2.2. Problemas fitosanitarios en el cultivo de arroz

Las enfermedades mayor impacto económico hasta hace poco, era la quemazón causada por el hongo *Pyricularia grisea*, manchado del grano (complejo hongos, bacterias e insecto), virus de la hoja blanca o “cinta blanca”; sin embargo, en la actualidad se ha observado incremento de otras como tizón de la vaina y pudrición de la panícula causado por especies de *Rhizoctonia* y *Sarocladium oryzae* en su orden y la mancha parda por *Bipolaris oryzae*, actualmente, la pudrición negra del pie cuyo causal es el hongo de suelo *Gaumannomyces graminis* var. *graminis*; ocasionalmente, falso carbón (*Ustilagoidea virens*) (INIAP 2012).

2.2.1. *Rhizoctonia solani* Kühnes

El organismo causal del tizón de la vaina, es una de las enfermedades económicamente más importantes del cultivo del arroz en todo el mundo, afecta gravemente los índices de rendimiento y la calidad (Sayler y Yang 2007).

Esta enfermedad está considerada como la segunda en importancia económica después de la *Pyricularia*. Este incremento se debe a la intensidad del cultivo, al amplio uso de variedades tempranas o semi tempranas y al aumento en el uso de fertilizantes nitrogenados (Ramos-Molina et al. 2016).

Según Sayler y Yang (2007), es complicado identificar al agente patógeno en la fase temprana de la infección como para poder cuantificar con precisión el desarrollo de este organismo fungoso sobre la base del reconocimiento visual. Antes de que ocurra la etapa de la floración los síntomas no se pueden ver desde fuera de la parcela, pero al observar los macollos es sencillo reconocerlos. Los síntomas iniciales son lesiones de color grises verdosas que se desarrollan en las vainas al nivel del agua.

La principal fuente de diseminación de este patógeno, es ocasionado por el resto de cosechas pasadas en el suelo, así mismo, existen malezas hospederas que mantienen vivas las fuentes de inoculo, tal y como es la *Echinochloa colona*. La condición favorable para el desarrollo de este hongo son, temperaturas que oscilen entre 28 a 32°C, con una humedad relativa superior al 90% (Kouzai et al. 2018).

2.2.2. *Pyricularia oryzae*

P. grisea Sacc., y *P. oryzae* Cav., son causantes de la quemazón o brusone, la cual constituye una de las enfermedades fungosas más importantes en las zonas arroceras de Ecuador. La gravedad de los síntomas, la fase de desarrollo en que el cultivar es afectado, los materiales sembrados y el manejo, presentan alta influencia sobre las pérdidas causadas por esta enfermedad. En ese contexto, esta enfermedad ha sido considerada de importancia económica en el arroz debido a su amplia distribución y poder destructivo bajo condiciones favorables (Klaubauf et al. 2014).

El patógeno se presenta en todas las partes aéreas de la planta de arroz (hojas, tallo, panícula) acentuándose en el cuello de la espiga. Inicialmente se presentan lesiones que varían desde pequeños puntos color café hasta llegar a formas romboides o diamante, de color gris rodeado de una zona de color más claro y de bordes amarillo-anaranjado que limita con el tejido que se encuentra normal o sano. Este síntoma también afecta el cuello de las hojas. (Garcés Fiallos et al. 2013).

En la última década, las infecciones de *Pyricularia* se han producido en regiones o áreas aisladas. Se desarrolla cuando las temperaturas oscilan entre 22° - 29° y se alcanzan elevadas humedades relativas en torno al 90%. Si las concentraciones en Nitrógeno del agua

de riego son elevadas se favorece el desarrollo del hongo (Debona et al. 2014).

2.2.3. *Sarocladium oryzae*

Esta enfermedad es transmitida por semilla, el hongo sobrevive en residuos de cosecha, es favorecida por altas densidades de siembra, deficiencias nutricionales, daños por mala aplicación de herbicidas. Los síntomas solamente son visibles cuando la panícula emerge, también se observan manchas oscuras, granos vanos y manchados. (Ou et al. 2020).

Es un patógeno vegetal común que causa la pudrición de la vaina del arroz en todo el mundo. *Sarocladium attenuatum* ha sido identificado como uno de los agentes causales de la pudrición de la vaina del arroz y fue sinónimo de *S. oryzae*. (Ou et al. 2020).

El micelio de *S. oryzae* tiene la capacidad de poder sobrevivir en los residuos de cosecha, en las semillas y en cierto grupo de arvenses que sirven de hospederos al hongo. Este patógeno se introduce por las estomas y lesiones provocados por insectos-plaga, en especial los ácaros; además, los barrenadores del tallo y ciertas chinches también contribuyen al desarrollo de esta enfermedad. Otros factores como altas densidades de siembra, alto porcentaje de humedad relativa y temperaturas entre los 20 y 25°C, favorecen la proliferación del patógeno (*Sarocladium oryzae*: agente causal de la pudrición de la vaina del arroz en Venezuela 2013).

2.2.4. *Gaeumannomyces graminis* var *graminis*

Este patógeno es uno de los responsables de la “pudrición del pie” o de la enfermedad también conocida como podredumbre de la vaina. Este hongo causa daños en plantaciones de arroz de tierras altas

y en arroz inundado causando mermas considerables en la productividad (Freeman y Ward 2004).

G. graminis penetra e infecta a través del tallo y la base de las hojas por del micelio a través del hifopodio, luego del periodo de incubación, aparecen los primeros síntomas como parches cloróticos irregulares que pueden variar desde unos pocos centímetros hasta varios metros de diámetro. Los parches se adelgazan gradualmente a medida que las plantas se vuelven marrones y necróticas.

En plantas individuales, las hojas inferiores son las primeras en volverse cloróticas. Las raíces con infecciones tempranas son delgadas con lesiones negras aisladas. A medida que avanzan las infecciones de las raíces, las raíces se vuelven negras y quebradizas, lo que resulta en raíces cortas y podridas.

También aparecen lesiones de color marrón oscuro a negro en los estolones y ganglios. El hongo se presenta típicamente en las raíces y partes aéreas de la planta como hifas con hifopodios lobulados. Los peritecios, si están presentes, se encuentran en la vaina de la hoja inferior (PRABHU y FILIPPI 2002).

Existen varias condiciones, descritas internacionalmente que favorecen la incidencia de *Gaeumannomyces*, como son monocultivo repetido de arroz por más de tres años, condiciones de clima cálido (temperaturas entre los 25 a 30°C) y con alta humedad en el suelo, suelos livianos y con pH bajos en los que la descomposición de materia orgánica sea lenta, deficiencias nutricionales o excesos de fertilizantes nitrogenados y situaciones de estrés en la planta, como sobreutilización de herbicidas graminícolas (Hernández-Restrepo et al. 2016).

2.2.5. *Bipolaris oryzae*

Según SALTIREZ SANTOS et al. (2017), el hongo *B. oryzae* es una de las enfermedades más importantes del cultivo de arroz bajo riego y su crecimiento es moderadamente rápido. Los síntomas característicos de la enfermedad se presentan como lesiones de color gris a marrón negruzco. Estas lesiones pueden avanzar desde las hojas hasta la espiga pudiendo comprometer los granos o semilla.

En lotes de producción de semillas se han observado lesiones irregulares, pudiendo alcanzar su totalidad y tomando una coloración pardo rojiza. Además, la formación de los conidios sobre las lesiones foliares ocurre principalmente con una humedad relativa superior al 90 %. La transmisión del patógeno se produce principalmente por las semillas infectadas, así como por el viento y los restos de plantas en el suelo SALTIREZ SANTOS et al. (2017).

La enfermedad es más severa en campos pobremente fertilizados y en especial cuando la relación N: K sobrepasa los valores 1:1,2. Las plantaciones con adecuado suministro de agua de riego son menos afectadas por la enfermedad (Lenz et al. 2010).

B. oryzae puede infectar todas las partes de la planta. Básicamente, el proceso de infección de un conidio de *B. oryzae* implica la formación de un tubo de línea germinal, apresorio, clavija de penetración y posterior formación de hifas que colonizan las células de la epidermis y el mesófilo de la hoja. La temperatura favorable a la infección está entre 16 y 36°C con la temperatura óptima en el rango de 25 a 32°C, en condiciones de duración de mojado de la hoja por más de 16 horas, baja luminosidad (6-15 $\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$) y humedad relativa superior al 90% (Picco y Rodolfi 2002).

2.3. Plata coloidal

La plata coloidal (Pc) se compone de partículas de plata muy pequeñas cargadas eléctricamente, que varían de 1 a 10 nm de diámetro. Existen reportes que consideran a la Pc como inmunomodulador o como un segundo mecanismo de defensa inmune, se ha utilizado desde hace siglos con fines medicinales y preventivos;

ya que debido a sus propiedades ayuda a combatir hongos, virus, bacterias, microorganismos o levaduras (Coutiño Rodríguez 2015).

En un trabajo realizado en el cultivo de fresas en la ciudad de Cuenca donde se evaluó el la eficacia de 3 dosis de aplicación de plata coloidal para el control de enfermedades y se llegó a la conclusión que la Pc actúa como bactericida y fungicida debido a que tiene mayor adhesión con bacterias y hongos; por lo que en su forma coloidal es estable y se dispersa fácilmente (Marcelo y Benavides 2018).

Resultados de investigaciones realizadas por Rocío (2015) corroboran que la plata coloidal es un compuesto ampliamente utilizado como bactericida de frutas y legumbres. Además de contribuir en el crecimiento de las plantas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y descripción del sitio experimental

El ensayo se realizó en la Granja Experimental “El Palmar” de la Universidad Técnica de Babahoyo, Proyecto CEDEGE, localizada en el Km 12 de la vía Babahoyo – Montalvo, con ubicación geográfica (UTM) 668 255 de longitud occidental y 9 796 094 de latitud Sur con una altitud de 17 m.

El promedio anual de precipitación es de 2329,8 mm, humedad relativa próxima al 82 %; heliofanía 998,2 horas y la temperatura 25,6°C.

3.2 Material genético

El material genético usado en el estudio fue SFL-011, siendo este de mayor acogida por los productores de la zona.

Esta variedad se desarrolla bien en los climas cálidos y los suelos con fácil drenaje. Se cultiva en las provincias de Guayas, Manabí, Los Ríos y El Oro. Sus principales características agronómicas son las siguientes:

- Porcentaje de germinación: mayor a 90%.
- Altura de la planta: 126cm.
- Macollamiento: intermedio.
- Ciclo de cultivo: 127 – 131 días promedio.
- Rendimiento de cultivo: 6 a 8 t ha⁻¹.
- Grano largo: 7.5mm descascarado.
- Tiempo de cosecha: En invierno 122 días y en verano 131 días”.

3.3 Factores a estudiar.

Variable dependiente: Incidencia de las principales enfermedades en el cultivo de arroz.

Variable independiente: Dosis de plata coloidal.

3.4 Métodos.

Los métodos a utilizar fueron: Deductivo – Inductivo; Inductivo – Deductivo; Experimental.

¹ Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/19364/Clima-promedio-en-Babahoyo-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

3.5 Tratamientos.

Los tratamientos se detallan a continuación:

Dosis de plata coloidal (ml ha ⁻¹)	Época de aplicación
0	-
200	V4, V9
250	V4, V9
300	V4, V9

3.6 Diseño experimental

En la siguiente investigación, los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de "Bloques completos al azar" con 3 repeticiones. Las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia y para determinar la diferencia estadística entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

3.7 El análisis de varianza

Se desarrolló bajo el siguiente esquema:

Fuente de variación	Grados de libertad
Repetición	: 2
Tratamiento	3
Error experimental	6
Total	: 11

3.8 Características del área experimental

Descripción	Dimensión
Ancho de parcela	: 3,0 m

Longitud de parcela	: 3,0 m
Área de la parcela	: 9,0 m ²
Área total del experimento	: 108,0 m ²

3.9 Manejo del ensayo

3.9.1 Preparación del suelo

En la preparación del suelo se la realizó dos pases de rastra, seguido de la niveladora, dejando el suelo en condiciones adecuadas para la siembra.

3.9.2 Semillero y Siembra

El semillero se lo realizó a un lado del sitio designado a la siembra, después de que el terreno haya sido debidamente preparado. Este semillero se lo trasplantó a los 20 días después de sembrado.

La siembra se la realizó por medio de trasplante a los 20 días después de haberse realizado el semillero, a una distancia de 30 cm entre hileras y 20 cm entre plantas.

3.9.3 Riego

Siendo que el requerimiento hídrico del arroz es de 600 a 1500 mm por hectárea (Solano et al. 2015). En el sitio experimental no fue necesario regar ya que la investigación inició en época lluviosa.

3.9.4 Control de malezas

Herbicidas	Tiempo De Aplicación	Días De Aplicación	Dosis
Buthaclor + Pendimetalin	Preemergencia	8/3/2020	2,5 L ha ⁻¹ + 2,5 L ha ⁻¹
Metsulfuron-Metil + 2-4D Amina	Pos-emergencia	25/3/2020	120 g ha ⁻¹ a + 500 ml ha ⁻¹
Pyrazosulfuron - Ethyl	Pos-emergencia	30/3/2020	120 g ha ⁻¹

PyraEosulfuron - Ethyl	Pos-emergencia	3/4/2020	120 g ha ⁻¹
------------------------	----------------	----------	------------------------

control de las poblaciones de malezas se realizó mediante la aplicación de herbicidas, los mismos que son detallados a continuación.

Cuadro N°5. Control de malezas con herbicidas.

Luego de la floración, las malezas que se escaparon del control químico fueron eliminadas de forma manual.

3.9.5 Control de plagas

Para determinar la incidencia de insectos plagas se realizaron monitoreos constantes y conforme a los niveles de daños establecidos, se tomaron decisiones en el uso de herramientas químicas para controlar las poblaciones.

3.9.6 Fertilización

La aplicación de fertilizantes edáficos se realizó de acuerdo a los requerimientos nutricionales para alcanzar una producción de 7 t ha⁻¹. Considerando que para producir 1 t ha⁻¹ de arroz paddy el cultivo requiere 22,2 kg N; 3,1 kg P; 26,2 kg K; 2,8 kg Ca y 2,4 kg Mg (Garcia 2003).

3.9.7 Control de enfermedades

Para el control preventivo de enfermedades no se realizó aplicación de fungicidas en el área experimental. En su lugar se realizó la aplicación de plata coloidal en dosis variada para medir su efecto en la incidencia de las principales enfermedades en el cultivo de arroz.

3.9.8 Cosecha

La cosecha se realizó una vez las plantas en las unidades experimentales alcanzaron la madurez fisiológica requerida del grano, dicha labor se realizó de forma manual y ordenada. Con la ayuda de una hoz se cortó a 30 cm de altura del tallo y luego se procedió a desprender los granos de las plantas mediante el “chicoteo”, los granos cosechados fueron identificados, secados y luego se registró el peso de acuerdo a los tratamientos.

3.10 Variables a evaluar

3.10.1 Altura de planta

La altura de plantas se registró en 10 plantas tomadas al azar, al momento de la cosecha con ayuda de un flexómetro.

3.10.2 Número de macollos por planta

Dentro del área útil se escogieron 10 plantas al azar y luego se contó el número de macollos por planta. Esta variable fue evaluada a los 60 días después de la siembra.

3.10.3 Granos manchados

Se colectaron 20 panículas al azar y se contó las espigas que presentaron granos manchados. Los datos fueron registrados en %, para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Granos manchados (\%)} = \left(\frac{\text{granos manchados}}{\text{total de granos por espiga}} \right) * 100.$$

3.10.4 Granos vanos

En las 20 espigas colectadas para medir el % de granos manchados, se contaron las espigas que presenten granos vanos, para expresar los datos de esta variable, se aplicó la siguiente fórmula:

Granos manchados (%) = $(\text{granos vanos} / \text{total de granos por espiga}) * 100$.

3.10.5 Granos por espiga

Se contaron los granos de diez panículas al azar por cada tratamiento, para lo cual se utilizó el total en cada panícula.

3.10.6 Incidencia

La incidencia de los patógenos se evaluó en la etapa de maduración del grano. La evaluación se realizó en 10 plantas al azar por unidad experimental. Previo registro de datos se contaron las plantas que presenten síntomas asociados a los patógenos evaluados divididos para el total de plantas y con la finalidad de presentar los resultados en porcentaje se multiplicó por 100.

% de incidencia (I) = $(\# \text{ plantas enfermas} / \text{total de plantas evaluadas}) * 100$

3.10.7 Relación grano – biomasa aérea (índice de cosecha)

La relación grano – biomasa aérea se determinó obteniendo el peso de los granos dividido para el peso de la biomasa aérea (tallos, hoja, espiga). Se colectó al azar con ayuda de un marco de madera de 1 m² toda la biomasa producida en las unidades experimentales.

3.10.8 Rendimiento

Se evaluó con el peso de los granos derivados del área útil de cada unidad, con un porcentaje de humedad ajustado al 14 % y su peso se transformó a kilogramos por hectárea.

IV. RESULTADOS

4.1 Altura de planta

En la Figura 1 se presenta la altura de planta en función a las dosis de plata coloidal evaluadas.

La altura de planta registrada en las unidades experimentales estuvo entre 1,23 m y 1,36 m. La mayor altura se registró en las plantas tratadas con 0,25 L ha⁻¹ de plata coloidal. Esta altura fue diferente ($p < 0,01$) a las demás encontradas. La menor altura se observó en plantas tratadas con 0,20 L ha⁻¹. Sin embargo, esta no fue diferente de los tratamientos 0,30 L ha⁻¹ y testigo absoluto.

El coeficiente de variación fue 1,52 %.

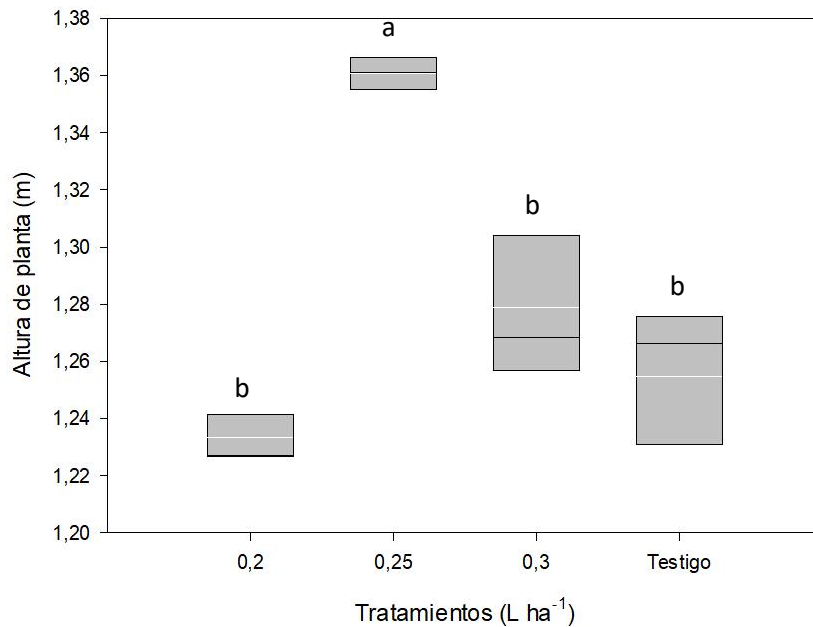


Figura 1. Altura de planta como respuesta a dosis de plata coloidal en el cultivo de arroz.

4.2 Macollos por planta

Respecto al número de macollos por planta, en la Figura 2 se observa que las parcelas tratadas con 0,25 L ha⁻¹ de plata coloidal obtuvieron un promedio de 26 macollos por plantas, seguido por el tratamiento 0,20 L ha⁻¹, 0,30 L ha⁻¹ y testigo absoluto que registraron 25, 24 y 23 macollos respectivamente. La diferencia encontrada en los tratamientos no fue significativa ($p > 0,05$) entre sí.

El coeficiente de variación fue 7,74 %.

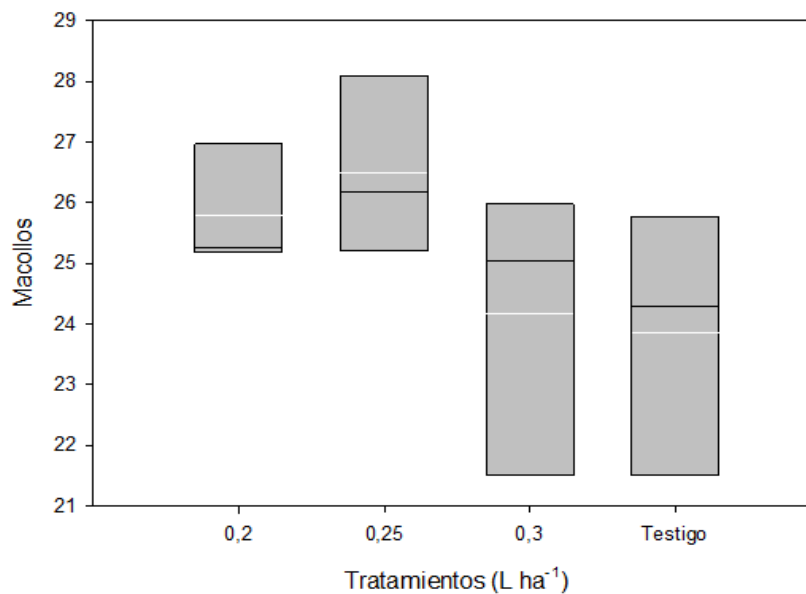


Figura 2. Macollos por planta como respuesta a dosis de plata coloidal en el cultivo de arroz.

4.3 Granos manchados

En la Figura 3 se observa el porcentaje de granos manchados en los tratamientos estudiados.

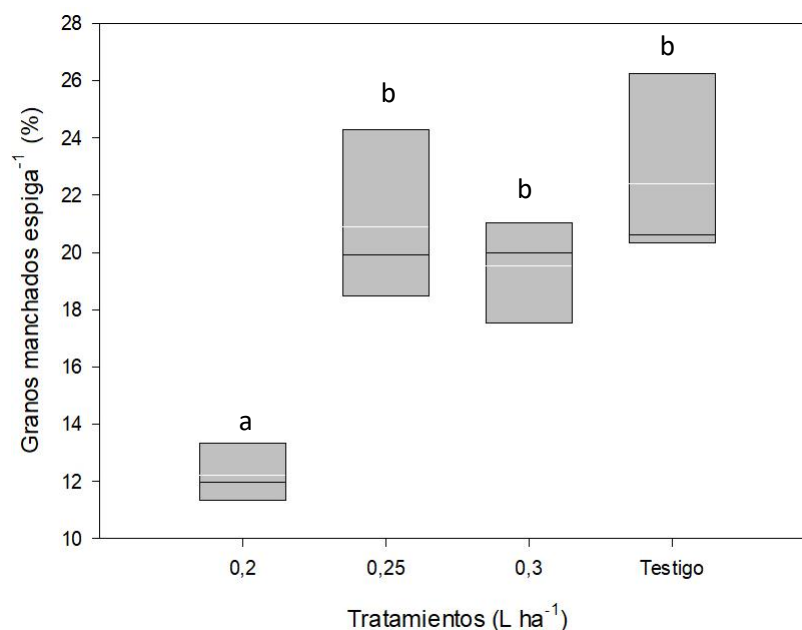


Figura 3. Granos manchados como respuesta a dosis de plata coloidal en el cultivo de arroz.

En mayor porcentaje de granos manchados fue encontrado en el testigo absoluto con 22,39 %, seguido por el tratamiento 2 (0,25 L ha⁻¹) con 20,90 % y tratamiento 3 (0,30 L ha⁻¹). La diferencia encontrada en estos tratamientos no fue significativa entre sí. Sin embargo, en tratamiento 1 (0,20 L ha⁻¹) con 12,22 % presentó el menor porcentaje de granos manchados.

El coeficiente de variación fue 11,80 %.

4.4 Granos vanos

Respecto a la variable granos vanos, en la Figura 4 se observa que el mayor porcentaje de vaneamiento se obtuvo en el testigo absoluto con 19,76 %, seguido por el tratamiento 0,25 L ha⁻¹ con 16,57 % y tratamiento 0,30 L ha⁻¹ con 14,65 %. Estos valores no son diferentes

($p > 0,05$). El menor porcentaje de vaneamiento fue encontrado en el tratamiento $0,20 \text{ L ha}^{-1}$ con $12,32 \%$, este valor fue diferente ($p < 0,05$) apenas con el testigo absoluto.

El coeficiente de variación fue $11,80 \%$.

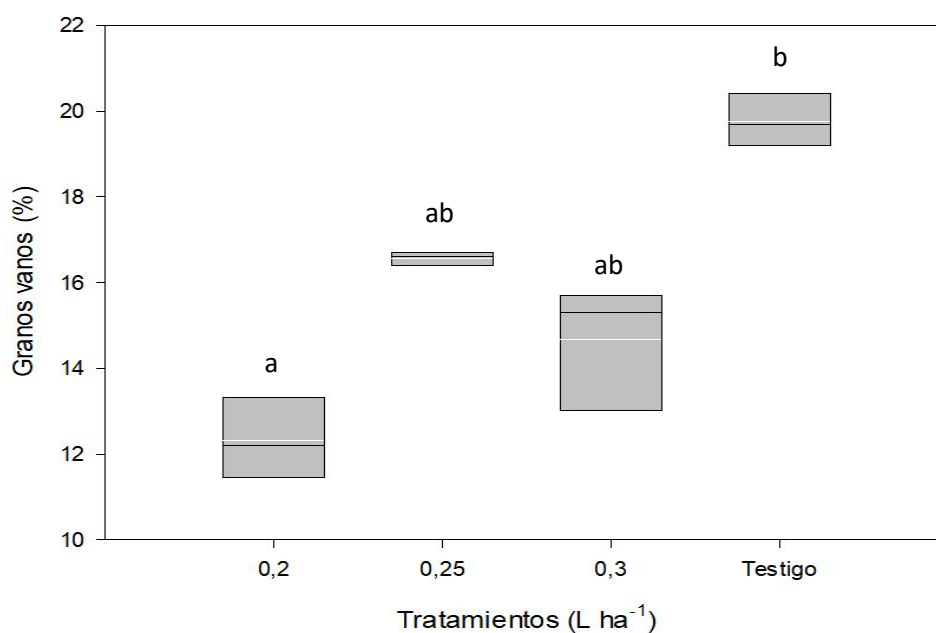


Figura 4. Granos vanos como respuesta a dosis de plata coloidal en el cultivo de arroz.

4.5 Granos por espiga

En la Figura 5 son presentados los granos por espiga como respuesta a la aplicación de diferentes dosis de plata coloidal en el cultivo de arroz.

El mayor número de granos por espiga fue registrado en el testigo absoluto con 170, mientras que el tratamiento que presentó menor de granos por espiga fue el tratamiento $0,30 \text{ L ha}^{-1}$ con 110. La diferencia encontrada no fue significativa ($p > 0,05$) entre sí.

El coeficiente de variación fue 27,13 %.

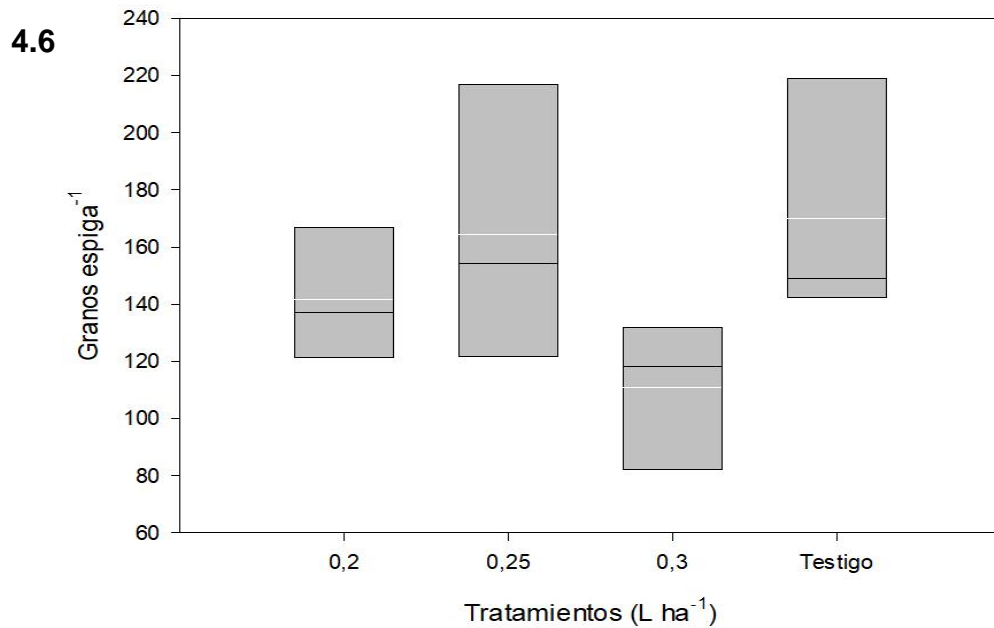


Figura 5. Granos por espiga como respuesta a dosis de plata coloidal en el cultivo de arroz.

Gaeumannomyces graminis

Dada las condiciones favorables para la infestación de *G. graminis*, en la Figura 6 se observa que la incidencia de este patógeno en los tratamientos estudiados estuvo entre 51 % y 55 %. Siendo el tratamiento 0,25 L ha⁻¹ el que presentó mayor número plantas con síntomas asociados a este hongo. La diferencia encontrada entre los tratamientos y testigo absoluto no fue diferente ($p > 0,05$).

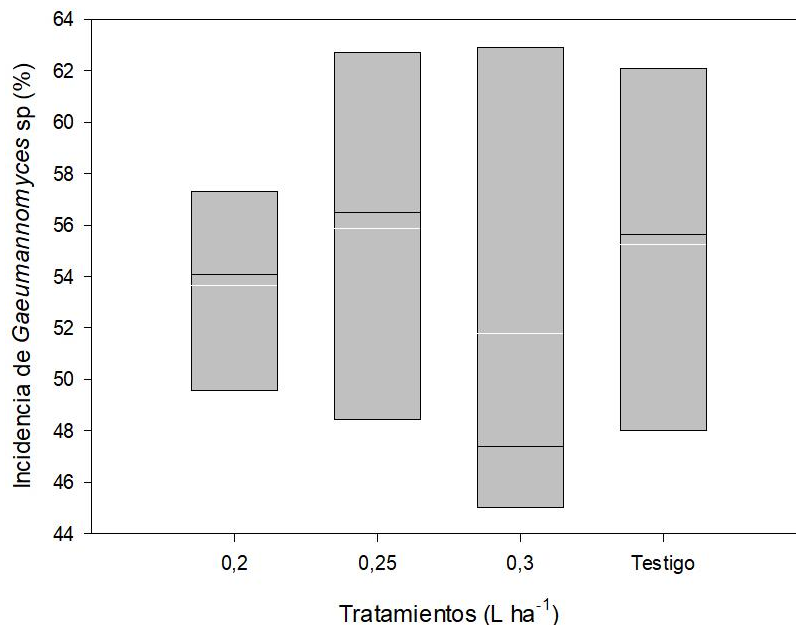


Figura 6. Incidencia de *Gaumannomyces graminis* como respuesta a dosis de plata coloidal en el cultivo de arroz.

4.7 Incidencia de *Rhizoctonia solani*

La incidencia de *R. solani* en función a los tratamientos estudiados es presentada en la Figura 7.

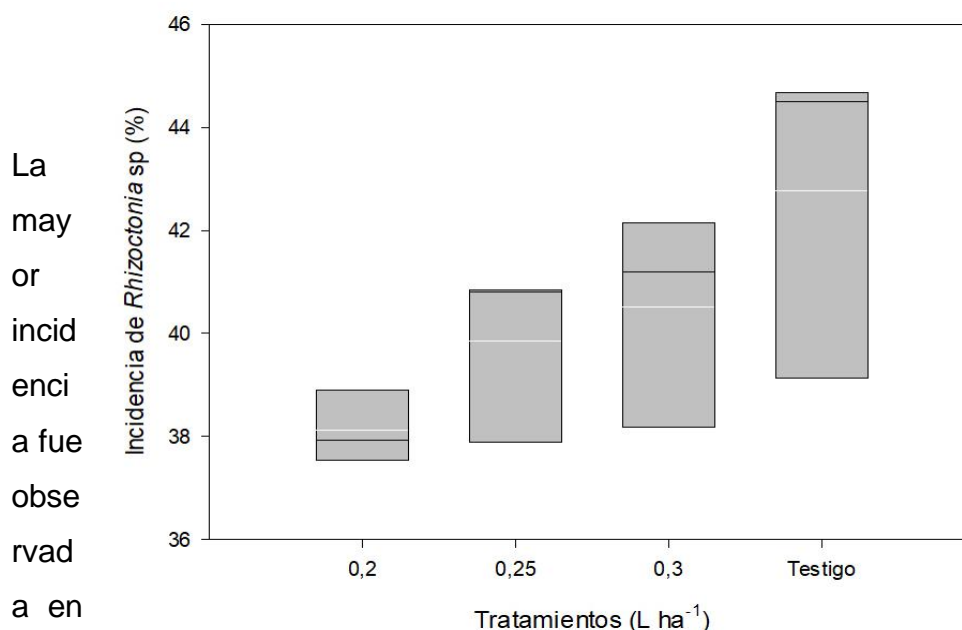


Figura 7. Incidencia de *Rhizoctonia solani* como respuesta a dosis de plata coloidal en el cultivo de arroz

go absoluto con 42 %, mientras que las unidades experimentales tratadas con diferentes dosis de plata coloidal presentaron incidencias próximas al testigo.

Sin embargo, el tratamiento 0,20 L ha⁻¹ presentó la menor incidencia de este patógeno con 38 %. La diferencia encontrada en los tratamientos no fue significativa ($p > 0,05$) entre sí.

4.8 Incidencia de *Sarocladium* sp.

En la Figura 8 se observa la incidencia de *Sarocladium* sp como respuesta a la aplicación de diferentes dosis de plata coloidal.

La incidencia registrada en los tratamientos evaluados y testigo absoluto estuvo entre 11 % y 9 %. Siendo el tratamiento 0,25 L ha⁻¹ y testigo absoluto los que registraron la mayor incidencia con 11 %, mientras que el tratamiento 0,30 L ha⁻¹ presentó el menor número de plantas afectadas. La diferencia encontrada entre los tratamientos no fue diferente ($p>0,05$).

El coeficiente de variación fue 13,09 %.

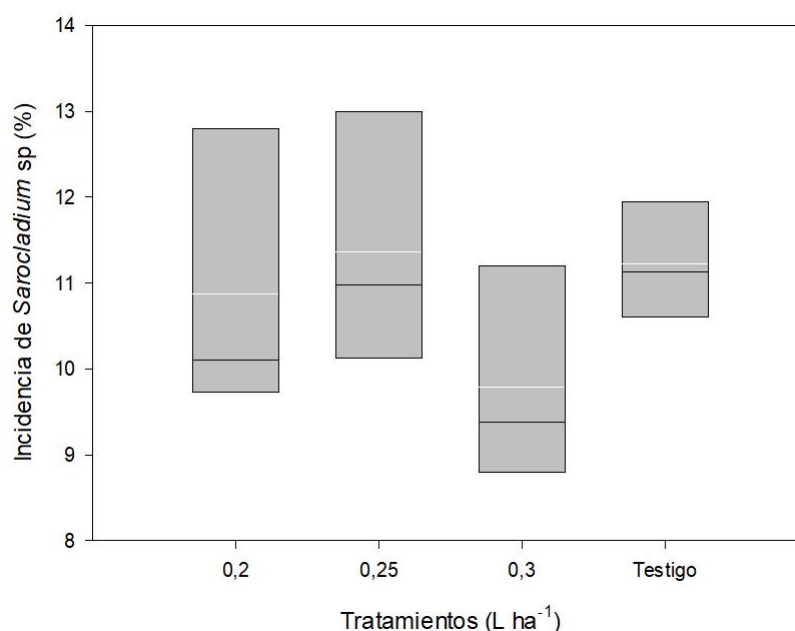


Figura 8. Incidencia de *Sarocladium* sp. Como respuesta a dosis de plata coloidal en el cultivo de arroz.

4.9 Rendimiento

En la Figura 9 se presentan los rendimientos en función a los tratamientos estudiados.

El mayor rendimiento de arroz paddy ha⁻¹ fue observado en el tratamiento 0,30 L ha⁻¹ con 5,10 t, mientras que tratamiento 0,20 L ha⁻¹ presentó la menor producción con 4,50 t, valor inferior al reportado en el testigo absoluto (4,60 t). La diferencia observada en los tratamientos y testigo absoluto no fue significativa ($p>0,05$).

El coeficiente de variación fue 9,15 %.

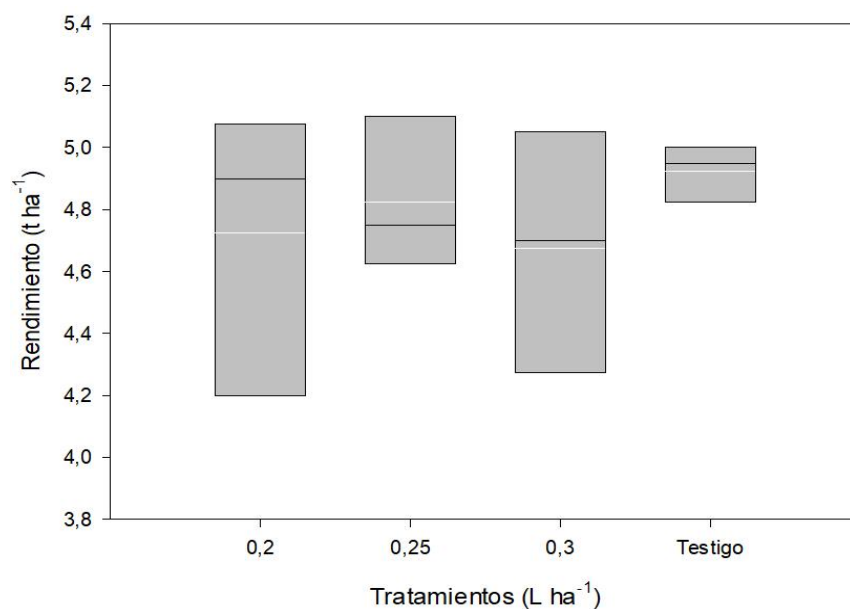


Figura 9. Rendimiento del cultivo de arroz en como respuesta a la aplicación de dosis de plata coloidal.

4.10 Análisis económico

En el Cuadro 1 se presenta el análisis económico de los tratamientos estudiados.

Los ingresos netos en los tratamientos estudiados y testigo absoluto variaron de \$ 502,88 y 617,00. Siendo el tratamiento 0,30 L ha⁻¹ el que presentó la mayor utilidad neta. Sin embargo, el tratamiento que recibió menor dosis de plata coloidal presentó utilidad neta próxima al testigo absoluto.

Cuadro 1. Análisis económico de los tratamientos estudiados.

Tratamientos (L ha⁻¹)	Producción (t ha⁻¹)	Producción (kg ha⁻¹)	Precio comercial (\$)	Costo Fijo (\$)	Costo Variable (\$)	Costo total (\$)	Ingreso Bruto (\$)	Utilidad Neta (\$)
0,20	4,53	4525	29	853,15	25,00	878,15	1382,63	504,48
0,25	4,90	4900	29	853,15	25,00	878,15	1436,66	558,51
0,30	5,10	5100	29	853,15	25,00	878,15	1495,30	617,15
Testigo Absoluto	4,63	4625	29	853,15	0,00	853,15	1356,03	502,88

V. CONCLUSIÓN

Respecto a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye:

- Las condiciones edafoclimáticas durante el desarrollo de la investigación fueron propicias para la infestación de *Rhizoctonia solani*, *Sarocladium oryzae* y *Gaeumannomyces graminis*.
- Las dosis evaluadas de plata coloidal no minimizaron la incidencia de *R. solani*, *S. oryzae* y *G. graminis*.
- Las dosis evaluadas de plata coloidal incidieron en el rendimiento del cultivo.

VI. RECOMENDACIÓN

- Realizar estudios con diferentes dosis de plata coloidal en diferentes condiciones edafoclimáticas a la del cantón Babahoyo.
- Combinar la aplicación de plata coloidal con fungicidas que permitan minimizar la incidencia de hongos fitopatógenos.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Granja Experimental “El Palmar” de la Universidad Técnica de Babahoyo, localizada en el Km 12 de la vía Babahoyo – Montalvo. El trabajo experimental tuvo como objetivo evaluar la eficacia de Plata Coloidal sobre el complejo de enfermedades en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*. L). los tratamientos estudiados fueron 0,20 Lha⁻¹, 0,25 Lha⁻¹ y 0,30 Lha⁻¹ el diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. El ensayo se realizó durante los meses de enero a mayo y las condiciones edafoclimáticas durante el desarrollo de la investigación fueron propicias para la infestación de *Rhizoctonia solani*, *Sarocladium oryzae* y *Gaeumannomyces graminis*. Sin embargo, las dosis de plata coloidal que fueron evaluadas no minimizaron la incidencia de estos patógenos.

Palabras Claves: hongos, arroz de secano, producción.

SUMMARY

The present work was carried out in the Experimental Farm "El Palmar" of the Technical University of Babahoyo, located at Km 12 of the Babahoyo - Montalvo road. The objective of the experimental work was to evaluate the efficacy of Colloidal Silver on the disease complex in rice cultivation (*Oryza sativa*. L). The treatments studied were 0.20 Lha-1, 0.25 Lha-1 and 0.30 Lha-1. The experimental design used was completely randomized blocks with 4 treatments and 3 repetitions. The test was carried out during the months of January to May and the edaphoclimatic conditions during the development of the research were conducive to the infestation of *Rhizoctonia solani*, *Sarocladium oryzae* and *Gaeumannomyces graminis*. However, the doses of colloidal silver that were evaluated did not minimize the incidence of these pathogens.

Keywords: mushrooms, upland rice, production.

BIBLIOGRAFÍA

- De Almeida Monteiro, JEB; Da Costa Azevedo, L; Assad, ED; Sentelhas, PC. 2013. Rice yield estimation based on weather conditions and on technological level of production systems in Brazil. Pesquisa Agropecuaria Brasileira . DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200001>.
- Alvarez, E. 2009. Cultivo de Arroz. Guía Tecnológica agropecuaria y forestal .
- Burgos, G; Garófalo, C. 2018. Producción sostenible de arroz en la provincia del Guayas (en línea). Contribuciones a las Ciencias Sociales (2018-03). Consultado 5 sep. 2020. Disponible en <https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html>.
- Castro Marcelo. 2017. Rendimiento de arroz en cáscara, primer cuatrimestre 2017. Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información Coordinación General del Sistema de Información Nacional Ministerio de Agricultura, Ganadería. .
- Coutiño Rodríguez, E. 2015. Plata Coloidal: Xenobiótico, Antígeno y Disruptor Hormonal. REB. Revista de educación bioquímica .
- Debona, D; Rodrigues, FÁ; Rios, JA; Martins, SCV; Pereira, LF; DaMatta, FM. 2014. Limitations to photosynthesis in leaves of wheat plants infected by *pyricularia oryzae*. Phytopathology . DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-13-0024-R>.
- FAO. (2000). ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO) MANUAL DE MANEJO POSTCOSECHA DE FRUTAS TROPICALES (Papaya, piña, plátano, cítricos) Tomado el 26 de junio de 2007 de: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304> (en línea). s.l., s.e. Consultado 4 sep. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>.
- _____. 2016. Seguimiento al mercado del arroz. Rice Network .
- Freeman, J; Ward, E. 2004. *Gaeumannomyces graminis*, the take-all fungus and its relatives. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2004.00226.x>.

- Garcés Fiallos, FR; Aguirre Calderón, ÁJ; Díaz Coronel, TG. 2013. SEVERIDAD DE LA QUEMAZÓN (*Pyricularia oryzae* Cav.) EN GERMOPLASMA DE ARROZ F1 EN LA ZONA CENTRAL DEL LITORAL ECUATORIANO. *Ciencia y Tecnología* . DOI: <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i2.169>.
- García, F. (2003). Requerimiento nutricionales de los cultivos (en línea). s.l., s.e. Consultado 12 sep. 2020. Disponible en [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB666503257967007DD076/\\$FILE/AA3.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB666503257967007DD076/$FILE/AA3.pdf).
- Hernández-Restrepo, M; Groenewald, JZ; Elliott, ML; Canning, G; McMillan, VE; Crous, PW. 2016. Take-all or nothing. *Studies in Mycology* . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2016.06.002>.
- INIAP. 2008. ENFERMEDADES, NEMATODOS E INSECTOS PLAGA DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum Betaceum* Cav.). INIAP .
- Klaubauf, S; Tharreau, D; Fournier, E; Groenewald, JZ; Crous, PW; de Vries, RP; Lebrun, MH. 2014. Resolving the polyphyletic nature of *Pyricularia* (*Pyriculariaceae*). *Studies in Mycology* . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.004>.
- Kouzai, Y; Kimura, M; Watanabe, M; Kusunoki, K; Osaka, D; Suzuki, T; Matsui, H; Yamamoto, M; Ichinose, Y; Toyoda, K; Matsuura, T; Mori, IC; Hirayama, T; Minami, E; Nishizawa, Y; Inoue, K; Onda, Y; Mochida, K; Noutoshi, Y. 2018. Salicylic acid-dependent immunity contributes to resistance against *Rhizoctonia solani*, a necrotrophic fungal agent of sheath blight, in rice and *Brachypodium distachyon*. *New Phytologist* . DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.14849>.
- Lenz, G; Balardin, RS; Corte, GD; Marques, LN; Debona, D. 2010. Escala diagramática para avaliação de severidade de mancha-parda em arroz. *Ciencia Rural* . DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-84782010005000061>.
- Marcelo, L; Benavides, V. (2018). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA INDUSTRIAL «RESPUESTA FITOSANITARIA DEL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria* spp.) BAJO CUBIERTA A LA APLICACIÓN DE PLATA COLOIDAL A TRES DOSIS». AUTOR (en línea). s.l., s.e. Consultado 5 sep. 2020. Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15521>.

- Ou, JH; Lin, GC; Chen, CY. 2020. Sarocladium species associated with rice in Taiwan. *Mycological Progress* . DOI: <https://doi.org/10.1007/s11557-019-01543-w>.
- Picco, AM; Rodolfi, M. 2002. *Pyricularia grisea* and *Bipolaris oryzae*: A preliminary study on the occurrence of airborne spores in a rice field. *Aerobiologia* . DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020654319130>.
- PRABHU, AS; FILIPPI, MC. 2002. Ocorrência do mal-do-pé causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, uma nova enfermidade em arroz no Brasil. *Fitopatologia Brasileira* . DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-41582002000400016>.
- Ramos-Molina, LM; Chavarro-Mesa, E; Pereira, DA dos S; Silva-Herrera, M del R; Ceresini, PC. 2016. *Rhizoctonia solani* AG-1 IA infects both rice and signalgrass in the Colombian Llanos. *Pesquisa Agropecuária Tropical* . DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4638696>.
- Rocío, CREM del. 2015. Plata Coloidal: Xenobiótico, Antígeno y Disruptor Hormonal. *REB. Revista de educación bioquímica* .
- SALTIRE SANTOS, J; TEIXEIRA DO AMARAL JÚNIOR, A; VIVAS, M; MAGANHA SILVA VIVAS, J; NASCIMENTO FERREIRA KUROSAWA, R; FELIPE DA SILVEIRA, S. 2017. CARACTERÍSTICAS CULTURAIS E PATOLÓGICAS DE *Bipolaris maydis* EM DIFERENTES MEIOS DE CULTURA. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* . DOI: <https://doi.org/10.18512/rbms.v15i3.583>.
- Sarocladium oryzae*: agente causal de la pudrición de la vaina del arroz en Venezuela. 2013. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* .
- Sayler, RJ; Yang, Y. 2007. Detection and quantification of *Rhizoctonia solani* AG-1 IA, the rice sheath blight pathogen, in rice using real-time PCR. *Plant Disease* . DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-12-1663>.
- Solano, JM; Barros Henríquez, JA; Roncallo Fandiño, B; Arrieta Pico, G. 2015. Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente del agua en el Caribe seco colombiano. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* . DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:399.
- Vivas, L; Intriago, D. 2012. Guía para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades en el cultivo de arroz en Ecuador. s.l., s.e. p. 12.

ANEXO



Foto 1: Designación y preparación del terreno.



Foto 2: Semilla certificada, SFL-011.



Foto 3: Realización del semillero.



Foto 4: Revisión de semillero, 10 DDS.



Foto 5: Sulfato de amonio.



Foto 6: Aplicación de sulfato de amonio en semillero.



Foto 7: Selección de plantas para trasplante.



Foto 8: Trasplante a campo definitivo.



Foto 9: Estaquillamiento de las parcelas.



Foto 10: Revisión de cultivo.



Foto 11 y 12: Dosificación de plata coloidal.



Foto 13: Aplicando plata coloidal.



Foto 14: Preparación para aplicar fertilizante foliar.



Foto 15: Urea.



Foto 16: Aplicación fertilizante foliar + urea.



Foto 17: Visita del Ing. Luis Sanchez.





Fotos 18-19-20: Reconocimiento de patogenos.



Foto 21-22: Cosecha y recolección de muestras.