

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

“Evaluación de la aplicación de un pesticida a base de Neem en cultivos
ubicados en el cantón Santa Lucía”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Químico

Presentado por:

Marcelo Xavier Benavides Mendoza

Bruno German Paucar Pantaleón

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico principalmente a Dios, ya que, me ha sostenido y acompañado en esta etapa de mi vida.

Así mismo, dedico este trabajo a mi papá, Marcelo Benavides Ramos, quien con su ejemplo me ha enseñado a no rendirme pese a las adversidades del camino. A mi mamá, Miryam Mendoza Chávez, de quien he recibido siempre su amor infinito y apoyo incondicional. Me ha acompañado en mis peores momentos y me ha ayudado a ser un mejor hombre. En general, a mi familia quienes me han brindado todo su apoyo y fuerzas para que siga adelante y alcance mis metas propuestas.

Por último, a mis grandes amigos que desde el primer momento me han hecho saber que están conmigo en las buenas y sobre todo en las malas.

Marcelo Xavier Benavides Mendoza

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi madre.

Bruno Germán Paucar Pantaleón.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida.

A mis padres por todo el apoyo y enseñanzas que me han inculcado en los momentos indicados.

A mis maestros que he tenido durante toda la carrera. A mi tutora que me ha sabido orientar durante cada etapa de este proyecto. A mi amigo Bruno por todo el apoyo brindado en este proceso de titulación.

A mis amigos más cercanos que me han apoyado de forma incondicional durante cada paso que he dado.

Marcelo Xavier Benavides Mendoza

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mi familia, en especial a mi madre, abuela, mis tías y a mi novia Gloria por su apoyo incondicional. A mis amigos, ayudantes, docentes y a mí mismo, por lograr culminar la carrera a pesar de todas las dificultades.

Bruno Germán Paucar Pantaleón

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Marcelo Xavier Benavides Mendoza y Bruno German Paucar Pantaleón* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Marcelo Benavides



Bruno Paucar

EVALUADORES

.....
Nadia Flores Manrique, MSc.

PROFESOR DE LA MATERIA



.....
Lorena Quinchuela, MSc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El uso de insecticidas frente al control de plagas presenta una problemática para el medio ambiente, la salud y economía de los agricultores. Este proyecto se trabajó en cooperación con la comunidad de Paipayales-Santa Lucía con el fin de comprobar la efectividad del extracto de Neem en el control de plagas. Se desarrolló un insecticida orgánico a base de hojas de Neem mediante un proceso de bajo costo y casero, donde, se llevó a cabo dos etapas experimentales, la obtención del extracto de Neem que comprende 1) pretratamiento de la materia prima, 2) extracción sólido-líquido, 3) caracterización UV-Vis y la aplicación del extracto en los cultivos de arroz (método de parcelas divididas). Se realizó un análisis granulométrico, una curva de secado de las hojas y un análisis de espectrofotometría (190- 450 nm) de los extractos de Neem. Se registró un porcentaje de control de plagas por medio de Abbott y se evaluó la efectividad del bioinsecticida por medio de las variables cuantitativas panículas/m², tallos/m², profundidad de raíces, altura de la planta y cualitativas como insectos observados, malezas presentes y color de hojas. Finalmente, se encontró que el área tratada con la dosis diluida presentó mayor eficiencia en el porcentaje de control de plagas, y el grupo tratado con dosis concentrado tuvo una mayor cantidad de tallos y panículas por metro cuadrado. Se determinó que el uso de bioinsecticida a base de Neem es económicamente más rentable en los cultivos de arroz en comparación con los insecticidas comunes.

Palabras Clave: Extracto de Neem, cultivos de arroz, porcentaje de control de insectos, efectividad de bioinsecticida.

ABSTRACT

The use of insecticides against pest control is a problem for the environment, health and economy of farmers. The community of Paipayales-Santa Lucía cooperated with this project to verify the effectiveness of the Neem extract in pest control. An organic insecticide based on Neem leaves was developed through a low-cost and homemade process, where, two experimental stages were developed, obtaining the Neem extract, that comprises 1) pretreatment of raw material, 2) solid-liquid extraction, 3) UV-Vis characterization and the application of the extract in rice paddy crops (split plot method). A granulometric analysis, a drying curve of the leaves and a spectrophotometric analysis (190-450 nm) of the neem extracts were performed. The percentage of pest control was carried out through Abbott and the effectiveness of the bioinsecticide was evaluated through the quantitative variables panicles/m², tillers/m², root depth, plant height and qualitative variables such as insects observed, weeds presents and leaves' color. Finally, it was found that the area treated with the diluted dose presented greater efficiency in the percentage of pest control, and the group treated with the concentrated dose had a greater number of tillers and panicles per square meter. It was established the use of Neem-based bioinsecticide is economically more profitable in rice crops compared to common insecticides.

Keywords: *Neem extract, rice paddy crops, percentage of pest control, bioinsecticide effectiveness.*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	7
RESUMEN.....	8
<i>ABSTRACT</i>	9
ÍNDICE GENERAL	10
ABREVIATURAS.....	13
SIMBOLOGÍA.....	14
ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE TABLAS.....	16
ÍNDICE DE APÉNDICE A.....	17
ÍNDICE DE APÉNDICE B.....	17
ÍNDICE DE APÉNDICE C.....	17
ÍNDICE DE APÉNDICE D.....	19
CAPÍTULO 1.....	20
1. Introducción	20
1.1 Descripción del problema	20
1.2 Justificación del problema	21
1.3 Objetivos	23
1.3.1 Objetivo General.....	23
1.3.2 Objetivos Específicos.....	23
1.4 Marco teórico.....	23
1.4.1 Cultivos de arroz y control de plagas	23
1.4.2 Bioinsecticida	24
1.4.3 Generalidades del Neem	25
1.4.4 Extracto de Neem	26
1.4.5 Proceso de obtención del Extracto de Neem.....	29

1.4.6	Caracterización del extracto acuoso de Neem.....	30
1.4.7	Efectividad de Neem en cultivos de arroz.....	31
1.4.8	Técnicas estadísticas para la determinación de diferencias significativas en las variables del proceso.....	32
CAPÍTULO 2.....		34
2.	Metodología	34
2.1	Materiales y equipos.....	34
2.1.1	Materiales	34
2.1.2	Equipos.....	34
2.2	Diagrama del proceso de obtención de extracto acuoso insecticida	35
2.3	Etapas experimentales.....	35
2.3.1	Pretratamiento de materia prima.....	35
2.3.2	Extracción sólida – líquido: Maceración.....	39
2.3.3	Caracterización	40
2.4	Diseño Experimental: Parcelas divididas.....	40
2.4.1	Aplicación del bioinsecticida	42
2.4.2	Efectividad del cultivo	43
2.5	Análisis estadístico	44
2.6	Análisis económico.....	44
CAPÍTULO 3.....		45
3.	Resultados Y ANÁLISIS	45
3.1	Secado	45
3.2	Análisis granulométrico	48
3.3	Caracterización de extracto de Neem	49
3.4	Datos descriptivos y Análisis de varianza.....	51
3.4.1	Porcentaje de control	53
3.4.2	Número de Panículas/m ²	55

3.4.3	Número de tallos/m ²	56
3.4.4	Profundidad de las raíces	57
3.4.5	Altura de la planta	57
3.5	Análisis de correlación.....	59
3.6	Peso de granos del cultivo	60
3.7	Análisis cualitativo	61
3.7.1	Huevos de novias de arroz	64
3.7.2	Malezas	64
3.7.3	Plantas con hojas amarillentas	65
3.8	Análisis económico.....	66
CAPÍTULO 4.....		70
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	70
	Conclusiones.....	70
	Recomendaciones.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....		73
APÉNDICES.....		80
APÉNDICE A.....		81
	Ecuaciones para granulometría.....	81
	Ecuación para calcular el porcentaje de la muestra	81
	Ecuación para calcular el estadístico de prueba de Jarque-Bera.....	81
APÉNDICE B.....		83
	Resultados reportados en las etapas del Proyecto: Secado, Granulometría, Caracterización y variables de estudio de las etapas del cultivo	83
APÉNDICE C.....		96
	Tratamiento estadístico de datos.....	96
APÉNDICE D.....		105
	Análisis económico del proyecto	105

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral
FCNM Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
UV-Vis Ultravioleta visible
INEC Instituto Nacional de Estadística y Censos
MIP Manejo Integral de Plagas
MIV Manejo Integrado de Vectores
ONU Organización de las Naciones Unidas
ANOVA Análisis de varianza
ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible
GC Grupo concentrado
GD Grupo diluido
ASTM Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
VHB Virus de la Hoja Blanca
VAN Valor Actual Neto
TIR Tasa interna de retorno

SIMBOLOGÍA

m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
g	Gramo
Kg	Kilogramo
ppm	Partes por millón
d	Días
L	Litros
mL	Mililitro
μL	Microlitro
°C	Grados Celsius
D ₈₀	Diámetro característico con el tamaño de partícula pasante al 80%
Ha	Hectárea

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Estructura química de la Azadiractina</i>	27
Figura 2	<i>Estructura química de la Salanina</i>	28
Figura 3	<i>Estructura química de la nimbina</i>	29
Figura 4	<i>Etapas experimentales del proceso</i>	35
Figura 5	<i>A) Recolección, B) Lavado y C) Hojas escurridas y colocadas en bandeja del prototipo de secador</i>	36
Figura 6	<i>Hojas en bandejas y el secador solar</i>	37
Figura 7	<i>A) Hojas secas en el vaso de licuadora, b) Hojas trituradas</i>	38
Figura 8	<i>Equipo para análisis granulométrico</i>	38
Figura 9	<i>A) Hojas molidas pesadas. B) Envases ámbar del macerado</i>	39
Figura 10	<i>Filtración del macerado</i>	39
Figura 11	<i>Extractos para caracterizar</i>	40
Figura 12	<i>Cultivo de arroz</i>	42
Figura 13	<i>Delimitación del área de cultivo de arroz y separación de parcelas para muestreo del triplicado y duplicado</i>	43
Figura 14	<i>Curva de humedad. Ensayos 1, 2, 3 y 4</i>	46
Figura 15	<i>Masa vs tiempo. Ensayos 1, 2, 3 y 4</i>	47
Figura 16	<i>Curva granulométrica del Ensayo 1</i>	48
Figura 17	<i>Espectro UV-Vis de los cuatro extractos obtenidos</i>	50
Figura 18	<i>Rendimiento de los componentes para cada grupo</i>	52
Figura 19	<i>Evolución del crecimiento del arroz</i>	58
Figura 20	<i>Correlación del Peso de granos y número de granos para el Arroz cosechado</i>	61
Figura 21	<i>A) sogata, B) huevo de caracol manzanero, C) mosca caminadora, D) huevos de novia de arroz y E) novia de arroz</i>	62
Figura 22	<i>Evolución de la aparición de malezas, huevos de novias de arroz y plantas con hojas amarillentas</i>	63
Figura 23	<i>Producción anual de arroz en quintales</i>	66
Figura 24	<i>Flujo de efectivo anual en un período de 5 años por cada escenario</i>	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Coordenada de los árboles de Neem</i>	35
Tabla 2	<i>Características y dimensiones del prototipo del secador</i>	37
Tabla 3	<i>Descripción del Diseño experimental</i>	41
Tabla 4	<i>Concentraciones para aplicar bioinsecticida a cultivo de arroz</i>	42
Tabla 5	<i>Estadísticos descriptivos para los componentes de los grupos: concentrado, diluido y control</i>	51
Tabla 6	<i>Mortalidad de Abbott promedio por parcela</i>	53
Tabla 7	<i>Mortalidad de Abbott promedio para los grupos: Concentrado, Diluido y Testigo no tratado</i>	55
Tabla 8	<i>Número de panículas con aplicación de las dosis del pesticida: concentrado y diluido</i>	56
Tabla 9	<i>Número de tallos por grupo: Concentrado, diluido y control</i>	56
Tabla 10	<i>Profundidad de raíces por grupo: Concentrado, diluido y control</i>	57
Tabla 11	<i>Altura de la planta por grupos</i>	58
Tabla 12	<i>Comparación entre el grupo concentrado (GC) y diluido (GD) por el coeficiente de correlación entre varios componentes de rendimiento en arroz</i>	59
Tabla 13	<i>Huevos de novias de arroz reportados por grupos</i>	64
Tabla 14	<i>Número de malezas reportados por grupos</i>	65
Tabla 15	<i>Cantidad de plantas con hojas amarillentas por grupos</i>	65
Tabla 16	<i>Ingresos esperados en un período de 5 años por cada escenario planteado</i>	67
Tabla 17	<i>TIR, TMAR y VAN reportados por cada escenario</i>	69

ÍNDICE DE APÉNDICE A

Apéndice A1 <i>Lote agregado al prototipo de secador solar para los Ensayos 2,3 y 4</i> ...	82
Apéndice A2 <i>Lote 2: Charol plástico</i>	82

ÍNDICE DE APÉNDICE B

Apéndice B1 <i>Datos de humedad del Ensayo 1 de Secado</i>	83
Apéndice B2 <i>Datos de humedad del Ensayo 2 de Secado</i>	83
Apéndice B3 <i>Datos de humedad del Ensayo 3 de Secado</i>	84
Apéndice B4 <i>Datos de humedad del Ensayo 4 de Secado</i>	84
Apéndice B5 <i>Prueba de normalidad de las Humedades finales de cada Ensayo de Secado</i>	85
Apéndice B6 <i>Tabla ANOVA de los datos de humedades finales de cada Ensayo de Secado</i>	85
Apéndice B7 <i>Datos del Ensayo de granulometría por tamizado</i>	86
Apéndice B8 <i>Porcentaje de control reportado en las parcelas por días</i>	86
Apéndice B9 <i>Datos reportados de la altura de la planta por día</i>	87
Apéndice B10 <i>Valores de absorbancia entre 190 y 450 nm para las muestras de cada extracto</i>	87
Apéndice B11 <i>Datos reportados del Número de Panículas/m² por unidades experimentales</i>	93
Apéndice B12 <i>Datos reportados del número de tallos/m² por grupos</i>	94
Apéndice B13 <i>Datos reportados de la Profundidad de raíces por grupos</i>	94
Apéndice B14 <i>Datos reportados del Peso de granos para el arroz cosechado</i>	95

ÍNDICE DE APÉNDICE C

Apéndice C1 <i>Prueba de normalidad de los datos de Porcentaje de control por grupos</i>	96
Apéndice C2 <i>Prueba de normalidad de los datos de Porcentaje de control a los 50ddt</i>	96
Apéndice C3 <i>Tabla ANOVA de los datos de Porcentaje de control 10ddt para el triplicado</i>	96

Apéndice C4 <i>Tabla ANOVA de los datos de Porcentaje de control 22ddt para el triplicado</i>	97
Apéndice C5 <i>Tabla ANOVA de los datos de Porcentaje de control 12ddt para el duplicado</i>	97
Apéndice C6 <i>Tabla ANOVA de los datos de Porcentaje de control 50ddt para las 5 unidades experimentales</i>	98
Apéndice C7 <i>Prueba de normalidad de los datos de Panículas/m²</i>	98
Apéndice C8 <i>Tabla ANOVA de los datos de Panículas/m² para los grupos: concentrado, diluido y control</i>	99
Apéndice C9 <i>Prueba de normalidad de los datos de Número de tallos/m²</i>	99
Apéndice C10 <i>Prueba de normalidad de los datos de Profundidad de raíces</i>	99
Apéndice C11 <i>Tabla ANOVA de los datos de Número de tallos/m² para los grupos: concentrado, diluido y control</i>	100
Apéndice C12 <i>Tabla ANOVA de los datos de Profundidad de raíces para los grupos: concentrado, diluido y control</i>	100
Apéndice C13 <i>Prueba de normalidad para los datos de Altura de la planta para los grupos</i>	101
Apéndice C14 <i>Tabla ANOVA de los datos de Altura de la planta para los grupos: concentrado, diluido y control</i>	101
Apéndice C15 <i>Valores-p de los coeficientes de correlación entre los rasgos por grupos</i>	102
Apéndice C16 <i>Prueba de normalidad para los datos reportados de huevos de novias de arroz por grupos</i>	102
Apéndice C17 <i>Prueba de normalidad para los datos reportados de número de malezas por grupos</i>	102
Apéndice C18 <i>Prueba de normalidad para los datos reportados de cantidad de plantas con hojas amarillentas por grupos</i>	103
Apéndice C19 <i>Tabla ANOVA de los datos de huevos de novias de arroz por grupos</i>	103
Apéndice C20 <i>Tabla ANOVA de los datos de malezas presentes por grupos</i>	104
Apéndice C21 <i>Tabla ANOVA de los datos de plantas con hojas amarillentas por grupos</i>	104

ÍNDICE DE APÉNDICE D

Apéndice D1 <i>Detalle de la inversión inicial</i>	105
Apéndice D2 <i>Flujo de caja usando bioinsecticida</i>	106
Apéndice D3 <i>Flujo de caja usando insecticida común</i>	107
Apéndice D4 <i>Flujo de cada sin utilizar insecticida</i>	108

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Las Naciones Unidas pronostica que para el 2050 la población mundial aumente a 9.700 millones, lo que significa que, se incrementará la necesidad de producir más alimentos y la agricultura será determinante para abordar una mayor producción de frutas, cereales, vegetales, tubérculos, entre otros. Sin embargo, la aparición de plagas ha causado muchas pérdidas en la producción de cultivos (Kilani-Morakchi et al., 2021). Por tal motivo, se ha recurrido al uso extensivo de plaguicidas sintéticos disponibles en el mercado contra varias plagas. Esto siempre ha sido la alternativa para evitar el hambre y el incumplimiento de la demanda de alimentos para las generaciones (Chaudhary et al., 2017a).

En el Ecuador debido a su tierra fértil y productiva, existen cultivos en todo el país cosechando una amplia gama de hortalizas, cereales, tubérculos y frutas de casi todas las clases que las condiciones climáticas y la ubicación brindan, por lo que, como todo cultivo, la presencia de plagas es inevitable recurriendo al uso de agroquímicos. De acuerdo a (Ramírez & Lacasaña, 2001) el 47% del agroquímico aplicado en el cultivo se dispersa en el aire, agua o suelo provocando daños en el ecosistema. Todos los plaguicidas pueden ser altamente tóxicos y perjudiciales al ser aplicados continuamente y en forma excesiva a los cultivos. Además, su uso desmedido en las actividades diarias de los agricultores plantea riesgos severos a la salud ocupacional y la seguridad alimentaria de los consumidores.

Nuestro proyecto se llevará a cabo en la comunidad de Paipayales, que se encuentra ubicada en el cantón Santa Lucía de la provincia del Guayas. Se sustentan mediante el cultivo de arroz (monocultivos) y secundarios como frutas y vegetales. Dadas las condiciones climáticas (temperatura promedio de 26°C), se ha identificado que la plaga que comúnmente causa mayor daño

a los cultivos de arroz es la *Rupela albinella* conocida también como “novia de arroz” (Delgado-Plaza & Peralta-Jaramillo, 2020). Otro de los insectos que suele aparecer es el gusano cogollero causando daños considerables en los cultivos afectando hasta el 50% de la producción. Para contrarrestar estas plagas, los agricultores de la Asociación de arroceros “Dios con Nosotros”, pertenecientes a Paipayales, se han visto en la necesidad de hacer uso de agroquímicos y hace tres años han implementado mezclas de insumos orgánicos con agroquímicos para tratar sus campos (Delgado-Plaza & Peralta-Jaramillo, 2020) sin embargo, persiste el desgaste del suelo por el uso excesivo de agroquímicos en los últimos 20 años y la exposición de químicos tóxicos hacia los operarios.

Por otro lado, la práctica de la agricultura sigue siendo una actividad poco rentable debido al capital alto que se invierte en fertilizantes/pesticidas con respecto a las ganancias bajas que se obtienen por cada cultivo. Por ejemplo, en Estados Unidos, país considerado como potencia en las últimas décadas han presentado un déficit de producción con respecto a lo invertido: en el año 2015 se invirtió 689\$ en las granjas dedicadas a la cosecha de granos de maíz obteniéndose como producción 601\$ lo que significa un déficit de 86\$ no recuperado (FAO, 2016). En Ecuador, país en vía de desarrollo, se evidencia mucho más la poca inversión que aporta el Gobierno en el sector agrícola, representando apenas el 7% en la economía del país (del Pilar et al., 2018).

1.2 Justificación del problema

Según el INEC, en Ecuador existen 81.248,36 hectáreas que emplean bioplaguicidas, las cuales corresponden solo al 4.23% de la superficie de cultivos perennes, y al 1.26% del total de la superficie de cultivos transitorios. Esto quiere decir que, no se alcanza el 20% de agroindustrias que implementen en sus monocultivos un sistema MIP (Manejo Integral de Plagas) y MIV (Manejo Integrado de Vectores) (INEC, 2014).

En los últimos años, las especies vegetales han sido objeto de estudio por sus componentes bioactivos, ya que, permiten la obtención de pesticidas totalmente orgánicos y de baja toxicidad. Algunos de esos componentes activos son: la Azadiractina, Nimbina y Salanina, que provienen de los extractos de Neem y poseen múltiples efectos en las plagas: afectan el desarrollo y crecimiento, propiedades antialimentarias, no permiten una muda completa de los insectos. Por otro lado, son compuestos altamente biodegradables y no tóxicos para especies animales (Khalequzzaman & Nahar, 2008; Shah et al., 2019). Por lo tanto, la aplicación de los extractos de Neem como plaguicida es una alternativa rentable y sostenible, para el MIP (Manejo Integral de Plagas) y MIV (Manejo integrado de vectores) en comunidades rurales de bajo nivel tecnológico como Paipayales.

Nuestra propuesta aborda la elaboración casera de un pesticida orgánico a base de extractos de Neem y aplicación en cultivos de arroz de la Comunidad de Paipayales – Santa Lucía. Esta investigación podría extenderse a la aplicación del pesticida en otros cultivos como vegetales y frutas, de diferentes comunidades del país. Así mismo, podría ser objeto de estudio para verificar su eficacia en una población de insectos en común.

Por lo tanto, se desea lograr la sustitución de forma parcial o total de pesticidas e insecticidas que sean perjudiciales para la salud y medio ambiente generando un consumo de alimentos saludables y así, prevenir que los agricultores adquieran enfermedades ocupacionales a largo plazo. Por otro lado, se pretende lograr que la agricultura sea un negocio sustentable promoviendo inclusive la recuperación del suelo fértil que se ha ido degradando con los años por el uso de agroquímicos (Gonzalez-Coloma et al., 2010). Apuntando hacia lo que plantean los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que nombra la ONU que son: 2) Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición y promover la agricultura sostenible. 12) Garantizar las pautas de consumo y producción sostenible. 15) Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica (Organización de las Naciones Unidas, 2016).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un insecticida orgánico a base de hojas de Neem mediante un proceso de bajo costo y casero para su posterior dosificación en los cultivos de arroz de la Comunidad de Paipayales-Santa Lucía.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar un pesticida orgánico a base de Neem con dos dosis diferentes para su posterior aplicación en los cultivos de arroz de la Comunidad de Paipayales.
- Construir un diseño experimental para la identificación de la dosis de insecticida capaz de controlar las plagas en los cultivos de arroz del recinto Paipayales.
- Evaluar los datos experimentales obtenidos mediante un estudio estadístico y económico para la determinación de la viabilidad del proyecto.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Cultivos de arroz y control de plagas

El arroz es un alimento básico para casi la mitad de la población mundial para la cual es la principal fuente de proteínas y calorías. La tasa de consumo de arroz en América Latina se estima en 80 g/persona-día; sin embargo, esta aproximación se supera en países como Ecuador y Perú, donde el consumo de arroz per cápita es el más alto de América Latina (134 g/persona-día 123 g/persona- día) (Otero et al., 2020).

Las principales zonas arroceras del Ecuador se concentran en las provincias de Guayas y Los Ríos, que comprenden el 87% de la producción nacional. En estas provincias, el arroz se cultiva en condiciones de inundación (Atiaga-Franco et al., 2019). Como el arroz se cultiva en ambientes húmedos y cálidos, donde las plagas prosperan rápidamente y dañan el cultivo. En todo el mundo, las plagas del arroz destruyen cerca del 35% de la producción, donde el 12% corresponde a los insectos dañinos (Rodríguez et al., 2018).

El cultivo de arroz puede ser atacado en las diferentes etapas, por enfermedades, malezas, insectos, vertebrados e invertebrados que sin un manejo adecuado pueden ocasionar serios problemas en el cultivo, afectando la producción y economía de los agricultores. Uno de los principales insectos es la “Novia del Arroz” (*Rupela albinella Cramer*). Estas atacan al cultivo en sus diferentes etapas, se posan en las hojas y depositan sus huevos para reproducirse y debilitar a la planta, sin embargo, el mayor ataque se ve reflejado a los 30 o 45 días de la edad de la planta. En otros países es considerado plaga y se presentan con mayor frecuencia en cultivos cuya modalidad de riego es por inundación (Carreram Deivi & Colina, 2022).

Se han practicado una gran cantidad de enfoques físicos y químicos para controlar las plagas, pero el rociado químico es la práctica más utilizada para controlar las plagas, esto, debido a su fácil manejo y efectividad en corto plazo. La producción agrícola podría incrementarse con la aplicación de pesticidas químicos, pero la aplicación recurrente es posible que conlleve a problemas ecológicos y relacionados con la salud (Kamarulzaman et al., 2018a, 2018b; Ramli Yusof et al., 2018a; Ramli Yusof et al., 2018b).

1.4.2 Bioinsecticida

Los bioplaguicidas son compuestos o agentes naturales que se obtienen de animales, plantas y microorganismos como bacterias, cianobacterias y microalgas y se utilizan para controlar plagas y patógenos agrícolas (Chaudhary et al., 2017b). El uso de bioplaguicidas presenta ventaja frente a sus equivalentes sintéticos, ya que son amigables con el medioambiente y específicos para el huésped, por lo tanto, se han convertido en una parte clave en los programas de manejo integral de plagas y manejo biointensivo de plagas (Samada & Tambunan, 2020). El uso y la aplicación de agroquímicos para el control de plagas puede mejorarse mucho empleando bioplaguicidas y tener un impacto multivariado en el sector agrícola (Kumar et al., 2021). Algunas de las plantas utilizadas para elaborar biopesticidas

son: *Azadirachta indica* (Neem), *Euphorbia hirta* (Golondrina), *Curcuma longa* (Cúrcuma), *Allium sativum* (Ajo), *Cinnamomum verum* (Árbol de canela), *Jatropha curcas* (Piñon de tempate), *Vitex negundo* (Sauzgatillo chino), entre otros (Bhat et al., 2021).

1.4.3 Generalidades del Neem

El Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) es un árbol de hoja perenne de la familia de la caoba Meliaceae; también llamado árbol sagrado, lila india, treenim, nimba (Benelli et al., 2017) "sarvarognivarini" en sánscrito que significa "el curador de todas las dolencias", ya que tiene propiedades para el control de insectos y para el área medicinal (Kale et al., 2020).

Esta especie se dispersó por el viejo mundo de forma natural o siendo introducida, además de que lleva por los últimos 2000 años siendo comercializada desde la India hacia regiones subtropicales como el Caribe, América Central, América del sur, Asia, África y Australia (Benelli et al., 2017). El Neem se caracteriza por ser un árbol de tamaño pequeño a mediano (10 a 20 m), con una gran capacidad para sobrevivir en lugares con suelos pobres, degradados, altas temperaturas (hasta 50 °C) y baja precipitación anual (de 400 a 800 mm), sin embargo, su desarrollo se ve afectado a temperaturas por debajo de los 14 °C, y las heladas (Fernandes et al., 2019).

El interés común que posee el Neem y su justa distribución por el globo se debe a que cada parte de la planta (corteza, hojas, semillas y flor) posee más de 200 aleloquímicos (su concentración varía según la parte de la planta), de modo que han sido utilizadas en diferentes formulaciones ayurvédicas desde el inicio de su comercialización y en los últimos años para control de insectos (Kale et al., 2020). La corteza es reconocida por tener un efecto antiulceroso (Bandyopadhyay et al., 2004), hepatoprotector (Sutiningsih, 2021), antimicrobiano y anticancerígeno; la flor por su efecto anticancerígeno y anticonceptivo (Abraham A Osinubi, 2008a; Patil et al.,

2021); las semillas contienen aproximadamente 40% de aceite con azadiractina como principal ingrediente activo, que es el principal responsable de la actividad insecticida del Neem; y las hojas de Neem se han empleado durante siglos contra las plagas debido a sus propiedades repelentes (Chaudhary et al., 2017b), ya que se ha demostrado que existe azadiractina en las hojas en menor cantidad, y de forma tradicional se las ha tratado para elaborar biopesticidas y ser aplicados con atomizadores en cultivos de arroz, tomate y tabáco. (Lim & Bottrell, 1994a).

La azadiractina A se considera el componente principal en las formulaciones comerciales (Lim & Bottrell, 1994b) de pesticidas a base de Neem, disponibles en el mercado mundial para el control de insectos en la agricultura ecológica. Los componentes secundarios como los triterpenoides salanina y nimbina, y los nortetratritpenoides hidroxiazadiradiona, epoxinimonicinol y deacetilnomicinol (Hallur et al., 2002) presentan características que podrían mejorar las propiedades de los pesticidas, ya que pueden ser buenos quimiomarcadores para la evaluación de germoplasma. Esto significa que estos limonoides son indicadores que permiten evaluar la variabilidad genética de la especie vegetal de interés (Sidhu et al., 2004).

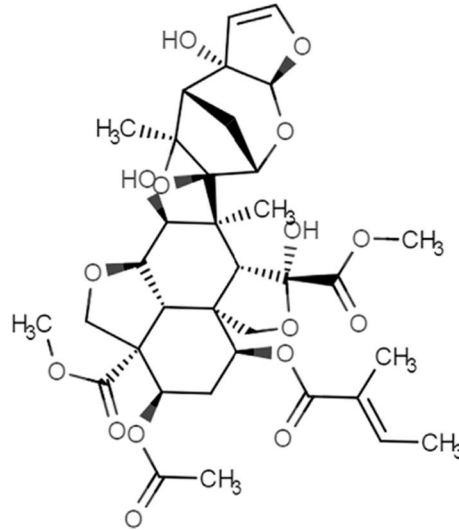
1.4.4 Extracto de Neem

1.4.4.1 Azadiractina

La azadiractina es un complejo triterpenoide de la clase de los limonoides que presenta la fórmula química $C_{35}H_{44}O_{16}$ y un peso molecular de 720,71 g/mol (Fernandes et al., 2019). La molécula está compuesta por un acetato, un éster tiglato, dos ésteres metílicos, un alcohol secundario y terciario, un epóxido, un éter vinílico que forma parte de un acetal, y un hemiacetal (Mordue et al., 2005).

Figura 1

Estructura química de la Azadiractina



Fuente: (Fernandes et al., 2019)

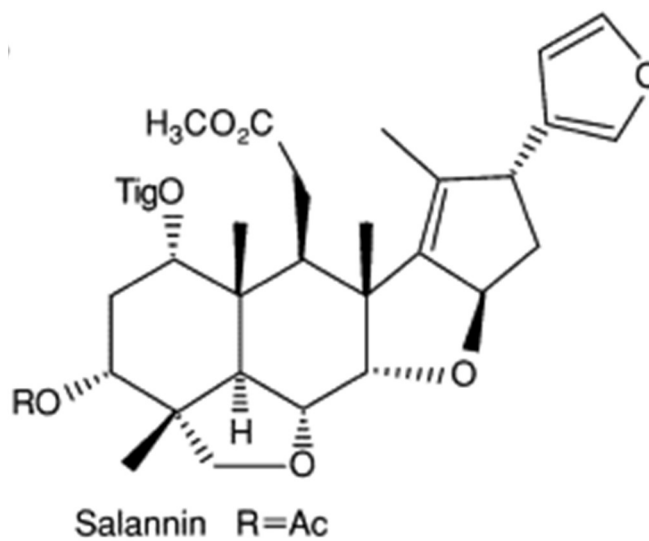
La azadiractina es un compuesto biodegradable que posee componentes activos y está presente en varias partes de la planta. Por ejemplo, el aceite extraído de las semillas, la corteza y de las hojas de Neem exhibe propiedades insecticidas y puede usarse como pesticida, herbicida y fungicida (Chaudhary et al., 2017b). Se ha evidenciado que la azadiractina es eficaz contra plagas clave, como moscas blancas, minadores de hojas, mosquitos de los hongos, pulgones y ciertas orugas (Mordue et al., 2005), ya que interfiere en la actividad neuro-endócrina de los insectos (modificar o suprimir dos hormonas principales que causan mal formación o una falla en el crecimiento), en su etapa reproductiva (posible interferencia de la azadiractina con la síntesis de proteínas de la yema y su captación en los ovocitos (Boulahbel et al., 2015)) y en su proceso de alimentación (actúa en la inhibición de la tasa de activación de las células detectoras del alimento) (Fernandes et al., 2019).

1.4.4.2 Salanina

La salanina, también, se trata de un complejo triterpenoide de la clase de los limonoides que presenta la fórmula química $C_{34}H_{44}O_9$ y un peso molecular de 596,70 g/mol. Así mismo, puede ser considerado un éster de acetato, miembro de los furanos y éster metílico (Morgan & Wilson, 1999).

Figura 2

Estructura química de la Salanina



Fuente: (Mordue et al., 2005)

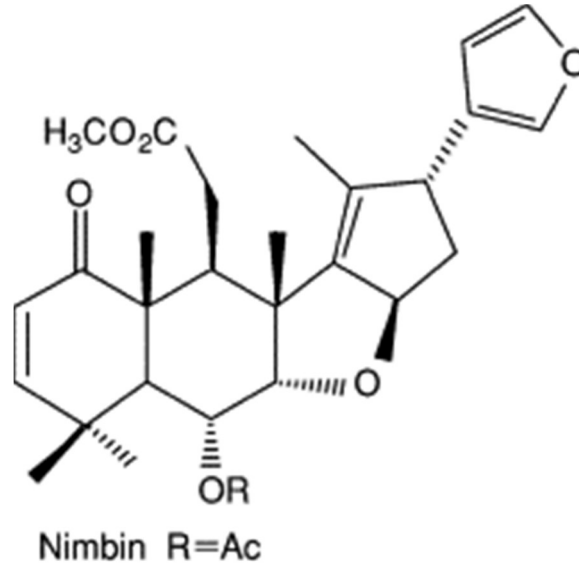
La salanina es un triterpenoide extraíble del aceite de Neem, y tiene propiedades antialimentarias moderadas y disruptoras del crecimiento (Morgan & Wilson, 1999). Además, se considera que la bioactividad de este componente aislado puede asemejarse al de la azadiractina (Sidhu et al., 2004).

1.4.4.3 Nimbina

La Nimbina, también es un complejo triterpenoide de la clase de los limonoides que presenta la fórmula química $C_{30}H_{36}O_9$ y un peso molecular de 540,60 g/mol. Al igual que la salanina, puede ser considerado un éster de acetato, miembro de los furanos y éster metílico (Morgan & Wilson, 1999).

Figura 3

Estructura química de la nimbina



Fuente: (Mordue et al., 2005)

La nimbina es otro principio activo aislado del aceite de Neem, y tiene propiedades antiinflamatorias, antipiréticas y antiartríticas (Sidhu et al., 2004). Así mismo, se lo considera un metabolito vegetal y su efecto en los insectos no es tan significativo como la salanina y la azadiractina (Morgan & Wilson, 1999).

1.4.5 Proceso de obtención del Extracto de Neem

El proceso de extracción se divide en: pretratamiento de las hojas de Neem y extracción.

1.4.5.1 Pretratamiento de las hojas de Neem.

Las hojas de Neem se las puede recoger de diferentes árboles, luego para ser lavadas usando agua de la llave, seguido de agua destilada para remover polvo y restos de metales pesados. Posteriormente las muestras deben ser secadas, entre 48 h, 3 días o 5 días como se menciona en (Hossain et al., 2013; Subramanian et al., 2019; Tulashie et al., 2021), ya que son secadas a temperaturas constantes usando secadores, o en

cuartos oscuros a temperatura ambiente. Una vez seca las hojas, estas deben ser molidas hasta obtener un polvo, ya que proporciona un área superficial mayor para la extracción.

1.4.5.2 Método de extracción: maceración.

Existen distintos tipos de procesos para obtener la azadiractina, como la extracción Soxhlet, maceración fría (Hossain et al., 2013; Mordue et al., 2005; Subramanian et al., 2019), entre otros procesos, los cuales se pueden resumir y clasificar según (Copping & Menn, 2000), de acuerdo a la parte del Neem que se utiliza para la extracción.

En este proceso, la materia prima entera o en polvo se coloca en un recipiente tapado con el solvente y se deja reposar a temperatura ambiente por un período de al menos 3 días con agitación frecuente hasta que la materia soluble se haya disuelto (Swami et al., 2008). En el caso de las hojas de Neem deberían ser secadas y trituradas para aumentar la superficie de contacto entre las hojas y el solvente, y éste pueda penetrar la pared celular y acelerar el proceso de extracción. Se utilizará el solvente adecuado para el tipo de compuesto en mayor cantidad a obtener como el n-hexano para sustancias no polares, acetato de etilo para semi polares y metanol o agua (Ibarra & Pérez, 2022; Lim & Bottrell, 1994b) para compuestos polares (Kurniati et al., 2018).

1.4.6 Caracterización del extracto acuoso de Neem

En cuanto a la caracterización de compuestos presentes en los extractos de Neem, la mayoría de los estudios reportan el uso de la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), la cromatografía de gases (GC), cromatografía de capa fina (TLC) y espectrometría UV-VIS (Morgan, 2009). Además, es común combinar el uso en conjunto de varias técnicas para identificar dichos compuestos, como la combinación del TLC-fluorescencia y la cromatografía líquida y espectrometría de masas (LC-MS) (Fernandes et al., 2019).

En la caracterización por espectrofotetría UV-Vis se compara la intensidad de luz a lo largo del espectro visible en presencia y ausencia de una muestra (Grasse et al., 2016). Este método es comúnmente empleado debido a la disponibilidad del patrón estándar. La azadiractina presenta una absorción de longitud de onda menores a 220 nm, donde, una gran cantidad de otros compuestos como la salanina (longitud de onda alrededor de 215 nm) (Agrawal et al., 2005), incluidos los solventes pueden absorber la luz en similares longitudes de onda, dificultando así la identificación de la azadiractina (Fernandes et al., 2019). Por otro lado, la nimbina presenta una absorción de longitud de onda alrededor de 257 nm (Agrawal et al., 2005; Schaaf et al., 2000).

1.4.7 Efectividad de Neem en cultivos de arroz

Para medir la efectividad del Neem como bioinsecticida se realiza un análisis de correlación, mediante la evaluación de dependencias y la asociación entre los componentes del rendimiento y la productividad del arroz. Uno de los caracteres cuantitativos, el rendimiento del grano de arroz está muy influenciado por numerosos factores ambientales, tales como la altura de la planta, porcentaje de espiguillas productivas, y peso de granos (Kamarulzaman et al., 2018a). Además, también existe la correlación sobre el crecimiento y desarrollo del arroz por medio del número de hojas, ancho de las hojas, altura de la planta y número de macollos (Ramli et al., 2018). Otra de las alternativas es la utilización de la ecuación de Abbott.

1.4.7.1 Ecuación de Abbott

Existen diversas metodologías para evaluar el efecto de un pesticida sobre un grupo de plagas, donde, una de ellas es hacer uso de la ecuación de Abbott (S Abbott, 1925). La ecuación tiene dos parámetros medibles dentro de un área determinado, que son: el número de plagas vivas y el número de plagas totales, es decir, se cuantifica la cantidad de plagas vivas más la cantidad de plagas muertas. Este simple método se utiliza para identificar la eficacia del insecticida empleado en el cultivo. Es muy importante notar

que las muertes de plagas por causa natural se consideran en el método de Abbott al realizar el control de plagas en el área blanco (Paramasivam, 2017; Senthil-Nathan et al., 2009).

$$\% \text{ control} = \frac{\% \text{ supervivencia}_{\text{controles no tratados}} - \% \text{ supervivencia}_{\text{insectos tratados}}}{\% \text{ supervivencia}_{\text{insectos tratados}}} * 100 \quad (1.1)$$

1.4.8 Técnicas estadísticas para la determinación de diferencias significativas en las variables del proceso

Dentro de las técnicas estadísticas más utilizadas para el tratamiento de datos y evaluación de la relación entre variables, se encuentran las siguientes: Prueba de normalidad, Prueba ANOVA y Prueba de hipótesis de Tukey. Adicionalmente, si se desea previamente los datos pueden ser tratados rápidamente por medio de un análisis descriptivo. Por otro lado, si se requiere obtener el grado de covariación entre distintas variables relacionadas es posible emplear el uso del Coeficiente de correlación lineal de Pearson.

1.4.8.1 Prueba de normalidad.

Cuando se tiene una gran cantidad de datos se analiza la distribución por lo que, la inspección visual se puede utilizar para evaluar la normalidad, sin embargo, este enfoque suele ser poco fiable y no garantiza que la distribución sea normal. Muchos de los análisis emplean métodos inferenciales donde un supuesto es la normalidad (Ghasemi & Zahediasl, 2012). Estas pruebas se complementan con la inspección visual previamente mencionada. Algunos de estos métodos son: Kolmogorov-Smirnov (KS), la prueba de KS corregida de Lilliefors, la prueba de Shapiro-Wilk, la prueba de Anderson-Darling, la prueba de Cramer-von Mises, prueba de asimetría de D'Agostino, prueba de curtosis de Anscombe-Glynn, prueba ómnibus de D'Agostino-Pearson y prueba de Jarque-Bera (Ghasemi & Zahediasl, 2012).

Los métodos anteriormente mencionados comparan las puntuaciones de la muestra con un conjunto de puntuaciones distribuidas normalmente con la

misma media y desviación estándar; además, la hipótesis nula es que “la distribución de la muestra es normal”. Si la prueba tiene significancia, se concluye que la distribución no es normal (Ghasemi & Zahediasl, 2012).

1.4.8.2 Prueba ANOVA (Análisis de varianzas).

La prueba ANOVA o también conocida como prueba F se utiliza para comparar las medias poblacionales entre tres o más grupos. La hipótesis nula que se utiliza es que “la media y varianza son estadísticamente iguales en cada grupo”. Cuando el valor de F es muy alto se concluye que al menos una media poblacional es diferente a las demás. Así mismo, el valor p es un valor que indica la probabilidad de que las medias de las poblaciones sean iguales. Es importante mencionar que, este método no indica cuál de las medias poblacionales son diferentes a las demás. El nivel de significancia generalmente utilizado es del 5% (Mishra et al., 2019).

1.4.8.3 Coeficiente de correlación lineal de Pearson.

El coeficiente de correlación de Pearson indica el índice de covariación entre distintas variables cuantitativas linealmente. Esto quiere decir, que este método solo indica si hay linealidad entre variables. Su valor oscila entre 1 y -1. Cuando el valor tiende a 1 significa que las variables de estudio poseen una relación lineal fuerte y que su asociación es positiva, sin embargo, si el valor se aproxima a -1 indica una asociación negativa, lo que quiere decir que, mientras una variable crece la otra tiende a decrecer. También, se puede dar el caso donde el valor del coeficiente se acerque a 0, lo que indica que no hay una relación lineal entre las variables de estudio. Es importante que, las variables sigan una distribución semejante a la de la curva normal (Profillidis & Botzoris, 2019)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Materiales y equipos

2.1.1 Materiales

- Botellas de color ámbar
- Papel filtro
- Botellas de plástico vacías
- Cinta de medir, marca Ingco de 20 m
- Piola cableada N° 18, marca Ponte Selva
- Atomizador de 1000 mL, marca Yardsmith
- Jarra milimetrada de 500 mL, marca Reyware
- Matraz volumétrico de 10 mL
- Matraz Erlenmeyer de 50 mL
- Tubos de ensayo
- Celdas de cuarzo de 4 cm
- Micropipeta, marca Thermo Fisher Scientific (100- 1000 μ L)

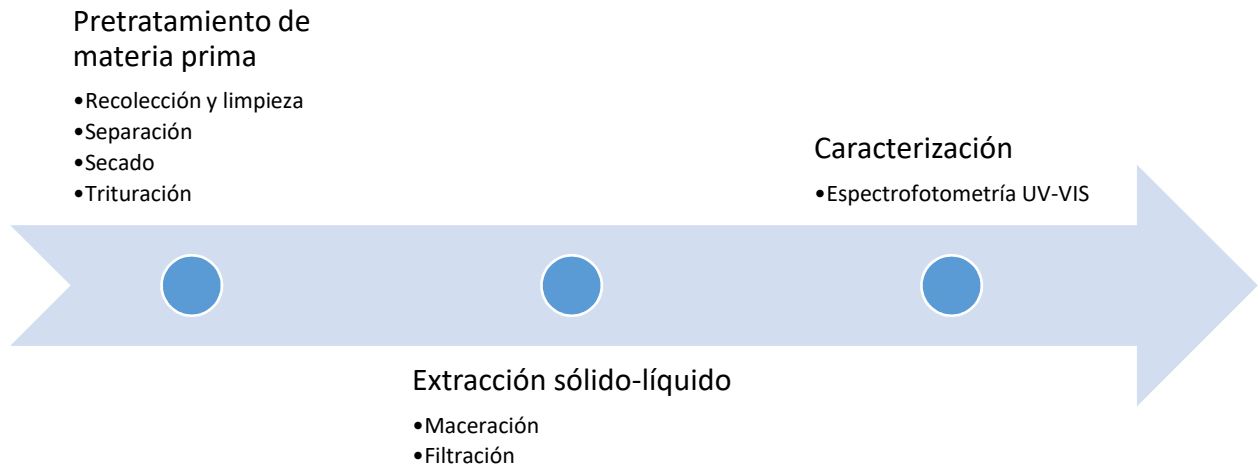
2.1.2 Equipos

- Licuadora, marca Osterizer
- Balanza electrónica de cocina, capacidad 5 kg y precisión 0.5 kg, marca Camry
- Equipo para análisis granulométrico con tamices, marca Ele International
- Tamiz N° 10, abertura 2000 μ m
- Tamiz N° 45, abertura 355 μ m
- Tamiz N° 50, abertura 300 μ m
- Tamiz N° 70, abertura 212 μ m
- Espectrofotómetro UV-Vis, marca Thermo Fisher Scientific, modelo Genesys 10S
- Secador solar

2.2 Diagrama del proceso de obtención de extracto acuoso insecticida

Figura 4

Etapas experimentales del proceso



2.3 Etapas experimentales

2.3.1 Pretratamiento de materia prima

2.3.1.1 Recolección y limpieza

Las hojas de Neem fueron recogidas en dos partes alrededor de la autopista Narcisca de Jesús (Tabla 1). Los árboles presentaban una diferencia en la edad entre ellos.

Tabla 1

Coordenada de los árboles de Neem

Árboles de Neem	1	2
Coordenadas UTM	623391.1 9767839.4	623980.3 9766419.5

Nota. Las coordenadas fueron tomadas de Google Maps

Las hojas fueron recolectadas tomando el tallo que presentaba la mayor cantidad de hojas en mejor condición, evitando que posean distintos colores, puntos blancos, estén mordidas, entre otros estados no favorables. Posteriormente se las lavó con agua de la

llave y se las dejó sobre fundas plásticas bien distribuidas para que se eliminara la mayor cantidad de agua de lavado (ver Figura 5).

Figura 5

A) Recolección, B) Lavado y C) Hojas escurridas y colocadas en bandeja del prototipo de secador



2.3.1.2 Secado

Los ensayos de secado se los llevó a cabo usando el prototipo de secador solar (especificaciones Tabla 2 y figura 6) y otro secador casero. Los valores de secado se los puede ver en el Apéndice B. En el primer ensayo se utilizó el secador solar, las dos bandejas (Lote 1: bandeja de abajo y Lote 2: bandeja de arriba), y en la parte superior (el espacio de forma triangular) se utilizó una bandeja de plástico (Lote 3) (Apéndice A2). El proceso se realizó en cuatro tiempos, la primera desde 10/10/2022 hasta 18/10/2022 (Ensayo 1), la segunda de 19/10/2022 hasta 27/10/2022 (Ensayo 2), la tercera de 28/10/2022 hasta 04/11/2022 (Ensayo 3), y, la última desde 13/11/2022 hasta 21/11/2022 (Ensayo 4). Durante los meses que se realizó el secado, la humedad relativa promedio fue de 67,74% (Felix-Achor & Opute, 2015; Septiyani & Wibowo, 2019), con temperatura promedio de 28 °C, con una mínima de 21° C por la noche y máxima al medio día de 32 °C.

Tabla 2

Características y dimensiones del prototipo del secador

Descripción	Material	Dimensiones
Estructura	Madera	147 cm x 64 cm
Cobertura	Polietileno transparente	84 cm x 64 cm
Bandejas	Madero, lienzo	Área de 57 x31 cm con un grosor de 4 cm, con una distancia entre bandejas de 25 cm

El prototipo se lo colocó en un área abierta con sombra donde tuviera una buena ventilación para evitar la proliferación de bacterias en las hojas a secar.

Figura 6

Hojas en bandejas y el secador solar



Se llevó a cabo un control del peso de las hojas durante 9 días, que fue el tiempo en el que la masa de las hojas llegó a mantenerse constante. Con este registro de pérdida de masa por la disminución de agua de las hojas, se elaboró una curva de humedad.

2.3.1.3 Trituración

Para la trituración de las hojas se utilizó una licuadora, como se observa en las siguientes ilustraciones.

Figura 7

A) Hojas secas en el vaso de licuadora, b) Hojas trituradas



Se realizó un análisis granulométrico de las hojas de Neem trituradas por tamizado en el laboratorio de Servicios Generales de ESPOL, siguiendo las especificaciones de la norma U.S.A. estándar para tamices de prueba ASTM E-11. Se utilizó el equipo tamizador durante 5 minutos para agitar 106.7 g de muestra correspondiente al primer ensayo. Los tamices que se utilizaron fueron los siguientes N°10, N°45, N°50 y N° 70, con aberturas de 2 mm, 355 μm , 300 μm y 212 μm respectivamente. Se determinó el diámetro característico con el tamaño de partícula que pasa al 80% más conocido como D80, los datos que se obtuvieron se presentan en la curva granulométrica como un porcentaje acumulado pasante vs el diámetro de partículas de la muestra.

Figura 8

Equipo para análisis granulométrico



2.3.2 Extracción sólida – líquido: Maceración

La extracción por maceración se la realizó utilizando agua potable como solvente, en el cual se tomó las concentraciones base de 10g/200mL y 20g/200mL para preparar los macerados. Primero se pesó las hojas, se las agregó a las botellas ámbar y finalmente se agregó la cantidad de agua por cada concentración.

Figura 9

A) Hojas molidas pesadas. B) Envases ámbar del macerado



2.3.2.1 Filtración

Para la obtención del extracto del macerado, se procedió a tomar dos botellas vacías de plástico, se las cortó por la mitad y se las acopló usando cinta adhesiva a las boquillas de las botellas ámbar, así, con papel filtro se armó un sistema de filtración como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Filtración del macerado



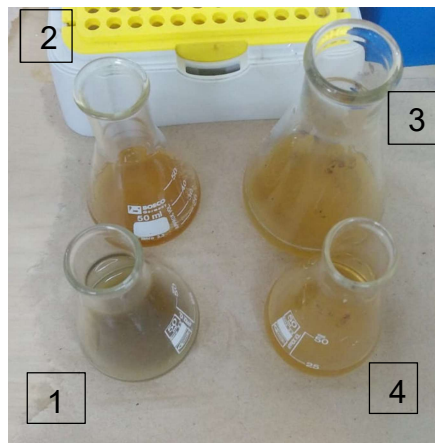
Para el ensayo 1, se obtuvieron dos botellas de macerado, mientras tanto, para los siguientes ensayos (2, 3 y 4) se obtuvieron cinco botellas de macerado.

2.3.3 Caracterización

Para caracterizar el extracto acuoso de las hojas de Neem se utilizó un espectrofotómetro UV-Vis Thermo Scientific modelo GENESYS 10 S con un rango espectral de 190 nm a 600 nm. Inicialmente se obtuvo los espectros de los cuatro ensayos utilizados realizando una dilución de 500 μL en 100.000 μL .

Figura 11

Extractos para caracterizar.



Nota. Las muestras 1,2,3 y 4 corresponden a los extractos obtenidos de cada Ensayo realizado.

2.4 Diseño Experimental: Parcelas divididas

En el trabajo de campo se empleó el diseño experimental de “Parcelas Divididas”, con una (1) unidad grande (Extracto de Neem) y dos (2) unidades menores (dosis del insecticida), dividido en cinco repeticiones obtenido un total de 10 unidades experimentales (sin contar las parcelas establecidas como blanco/control). Dicho de otro modo, el tratamiento se lo realiza con el insecticida a base de extracto de Neem y se emplean dos dosis diferentes destinadas para cinco parcelas cada una (10 parcelas en total). Adicionalmente, se realiza un control utilizando tres parcelas “en blanco” donde no

se aplica el tratamiento. En la Tabla 3 se detallan las variables medibles y cualitativas que se escogieron para estudiar el desarrollo del cultivo en cada parcela establecida.

Tabla 3

Descripción del Diseño experimental

Descripción		
Unidad grande	Insecticida a base de extractos de Neem	
Unidades menores	Variable independiente:	75 mL de extracto / 2.2 L por cada 20m ²
	Dosis del insecticida	150 mL de extracto / 2.2 L por cada 20m ²
Variables dependientes	Cuantitativas	<ul style="list-style-type: none"> • Mortalidad de Abbott • Número de panículas • Peso de 1000 granos • Altura de la planta • Número de tallos • Profundidad de las raíces
	Cualitativas	<ul style="list-style-type: none"> • Color de tallos y hojas <ul style="list-style-type: none"> • Malezas • Beneficiarios

Nota. En la Tabla se observan las variables cuantitativas y cualitativas que se analizarán en las unidades experimentales.

2.4.1 Aplicación del bioinsecticida

La aplicación del extracto de Neem como bioinsecticida, se lo realizó en un cultivo de arroz (Figura 12) dentro de la comunidad de Paipayales, Santa Lucía.

Figura 12

Cultivo de arroz



Una vez obtenido el extracto de los macerados, se planteó aplicar en dos áreas de 20 m² con concentraciones diferentes según (Escalante et al., 2004; Merejildo et al., 2021; Subramanian et al., 2019) muestran valores teóricos de referencia, a estos se le añadió un porcentaje extra del 50% a cada valor tomando en cuenta las condiciones en que se obtienen los extractos y la falta de purificación, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Concentraciones para aplicar bioinsecticida a cultivo de arroz

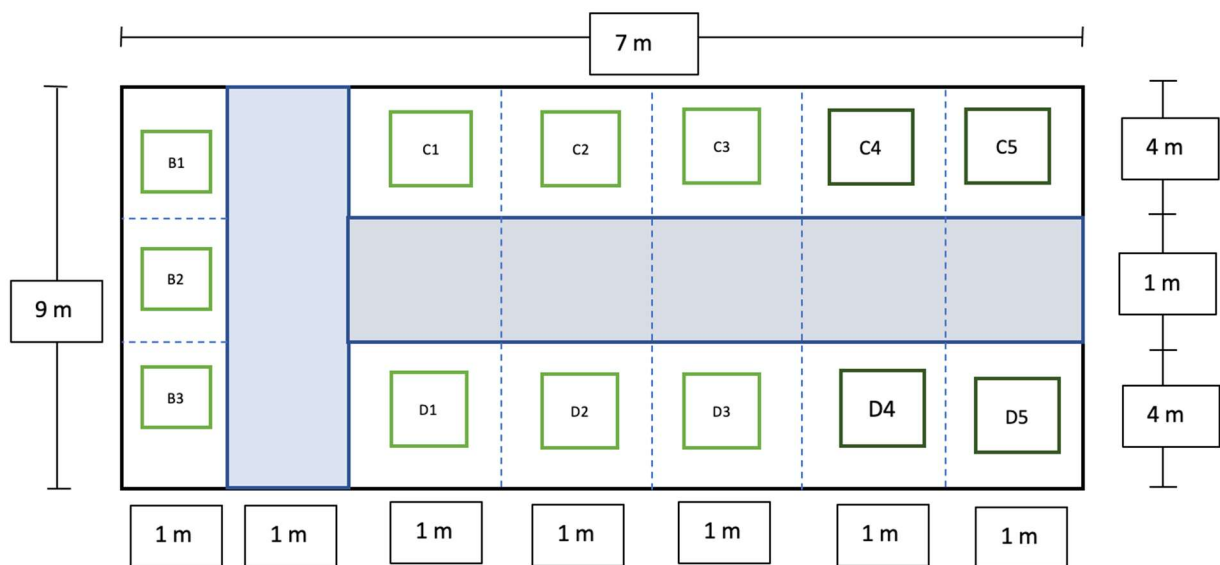
Tipo de preparado	Relación masa solvente	Solución teórica para los 20 m²	Solución más el 50% para los 20 m²
Diluido	10g/200 mL	42.1 mL de extracto / 2.2 L solución	75 mL de extracto / 2.2 L solución
Concentrado	20g/200 mL	84.4 mL de extracto / 2.2 L solución	150 mL de extracto / 2.2 L solución

Nota. La solución que considera el 50% adicional, es la que se utilizó para la aplicación de las parcelas.

El área proporcionada fue delimitada, según la Figura 13, se designó áreas blanco (B1, B2 y B3) donde no se aplicaría el bioinsecticida, las áreas para la sección concentrada (C1, C2, C3, C4 y C5) y diluida (D1, D2, D3, D4 y D5) separadas por espacios vacíos (zona azul).

Figura 13

Delimitación del área de cultivo de arroz y separación de parcelas para muestreo del triplicado y duplicado



Para el control de plagas se siguió la metodología de Abbott a cada una de las parcelas segmentadas, donde se contaría el número de plagas, en este caso, novias de arroz vivas y muertas en espacios donde se haya aplicado y no un insecticida. Para cuantificar la mortalidad de Abbott (Porcentaje de control) se utilizará la ecuación 1.1. Esto se lo realizó antes de aplicar el bioinsecticida, y a las 24 horas de haber sido aplicado, se mantuvo el control durante el mes de octubre desde el 22 hasta el 10 de diciembre (50 días desde la primera aplicación).

2.4.2 Efectividad del cultivo

Para medir la efectividad del cultivo se evidenció la correlación de variables cuantitativas (Altura de la planta, Número de panículas, Número de tallos y Profundidad de raíces

(Carreram Deivi & Colina, 2022)) por medio del coeficiente de correlación de Pearson, y además, se realizaron observaciones cualitativas (Color de tallos y hojas, presencia de beneficiarios, pestes y malezas).

- Número de tallos/m²: Se seleccionaron diez plantas de arroz, en el blanco, diluido y concentrado, donde, se contabilizaron el número de tallos de cada una. Posteriormente se expresó el resultado en número de tallos por metro cuadrado.
- Profundidad de las raíces: De las diez plantas seleccionadas del blanco, diluido y concentrado, se midió la profundidad promedio de sus raíces.
- Altura de la planta: Se midió de forma aleatoria la altura de una planta por cada unidad experimental.
- Número de panículas/m²: Se escogió un metro cuadrado útil de cada unidad experimental, y se contabilizaron el número de panículas presentes.
- Peso de 1000 semillas: Se pesó de forma general 1000 granos del arroz cosechado en tres repeticiones, precautelando que los mismos no tuvieran daño por insectos o enfermedades; posteriormente se expresó la variable en unidades de gramos y se comparó con el peso de 1000 granos del Arroz marca Flor.

2.5 Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico se empleó el análisis de varianza (ANOVA) por medio de Microsoft Excel, herramienta de Office. Se determinó la significancia entre las dosis aplicadas a cada parcela para cada variable cuantitativa. Además, se realizó un análisis descriptivo de los datos recopilados para cada variable cuantitativa y se efectuó un análisis de correlación entre las variables por medio del Coeficiente de correlación de Pearson.

2.6 Análisis económico

Obtenido los rendimientos y los costos del ensayo, se realizó un análisis económico basado en el costo del tratamiento y la productividad comparada con cosechas anteriores.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Secado

Como se puede ver en la Figura 14, durante los primeros 3 días de secado corresponde al periodo de secado a velocidad constante, donde se observa la mayor pérdida de agua superficial, mientras que los posteriores (período de velocidad decreciente (McCabe & Smith, 2007)) comienza a estabilizarse el peso de las hojas hasta lograr su peso constante al noveno día.

Por otro lado, se realizó un análisis de varianza de los datos de humedades finales reportadas en cada ensayo (ver el Apéndice B6) y se concluyó estadísticamente la existencia de una diferencia significativa entre los procesos de secado. Esto se debe a que, se agregó un secador casero adicional al prototipo, que permitió que 2/4 lotes estén dentro del rango de humedad ideal entre 8 % y 14 % (Carrera, 2019) (ver Apéndices B2 - B4) contrario a lo que sucede con el primer ensayo, además, se logró una mejor distribución de las hojas en las bandejas permitiendo una menor dispersión entre las humedades finales (ver desviación estándar del Apéndice B5).

Figura 14

Curva de humedad. Ensayos 1, 2, 3 y 4

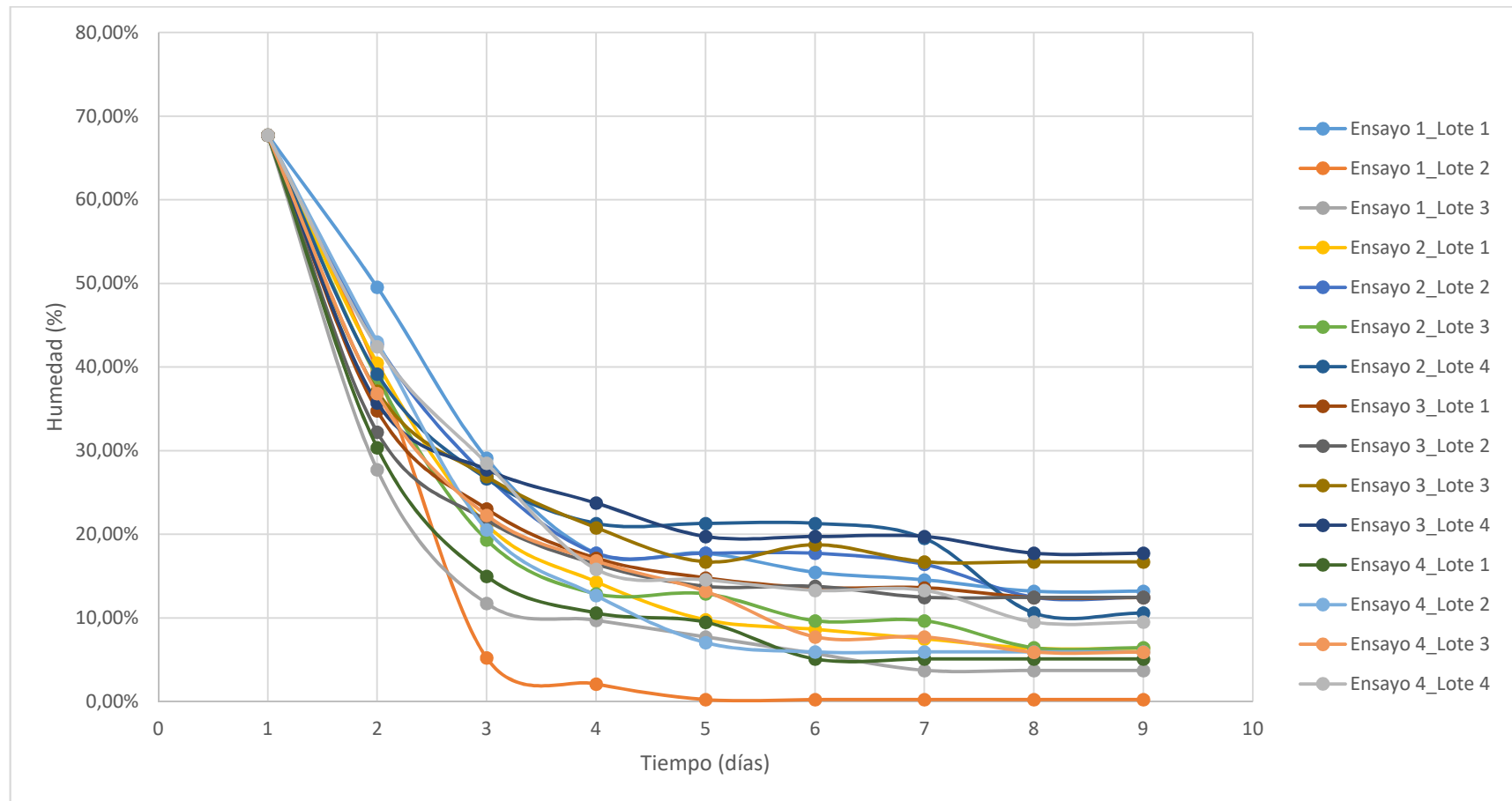
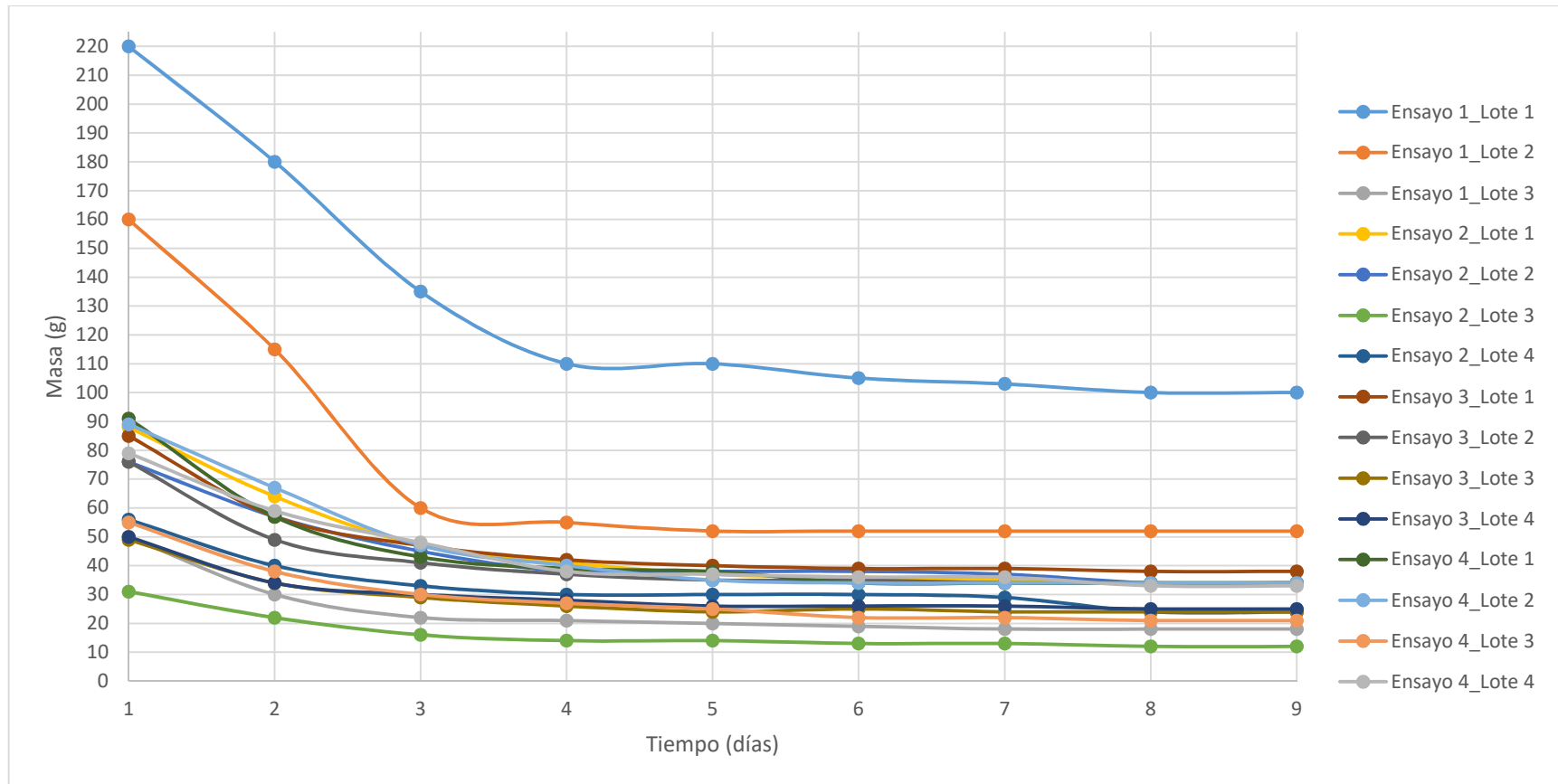


Figura 15

Masa vs tiempo. Ensayos 1, 2, 3 y 4

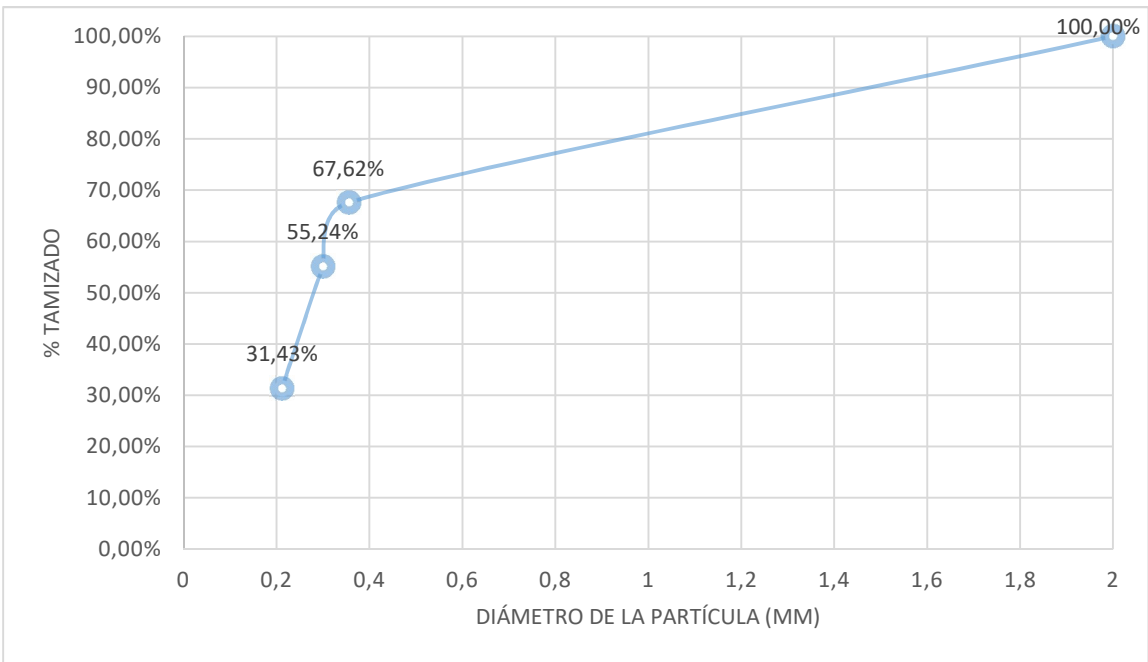


3.2 Análisis granulométrico

Esto se lo realizó con las hojas secas y trituradas del primer ensayo, donde se obtuvo el tamaño de partícula que pasó el 80 % de la muestra y los porcentajes de partículas retenidas y acumulados (ver Apéndice B7). De acuerdo a (Subramanian et al., 2019), el diámetro de las partículas debería estar entre 0.425 mm y 0.710 mm para obtener el mayor contenido de extracto posible, utilizando como solvente etanol, sin embargo, así como el autor menciona, la cantidad de extracto depende de la humedad del triturado obtenido, tamaño de partícula, tiempo de extracción y el solvente que se utiliza. Considerando el proceso de secado, trituración, filtración y maceración, el D_{80} de acuerdo con la Figura 16 se encuentra entre 0.9 mm y 1 mm siempre y cuando se tenga un comportamiento lineal el tamizado del triturado, pero como no se tiene otros tamices intermedios entre el 67 % y 100% no se puede asegurar que el diámetro característico está en ese rango, solo se puede afirmar con seguridad que este se encuentra entre los tamices N°10 (2 mm) y n° 45 (0.355 mm).

Figura 16

Curva granulométrica del Ensayo 1

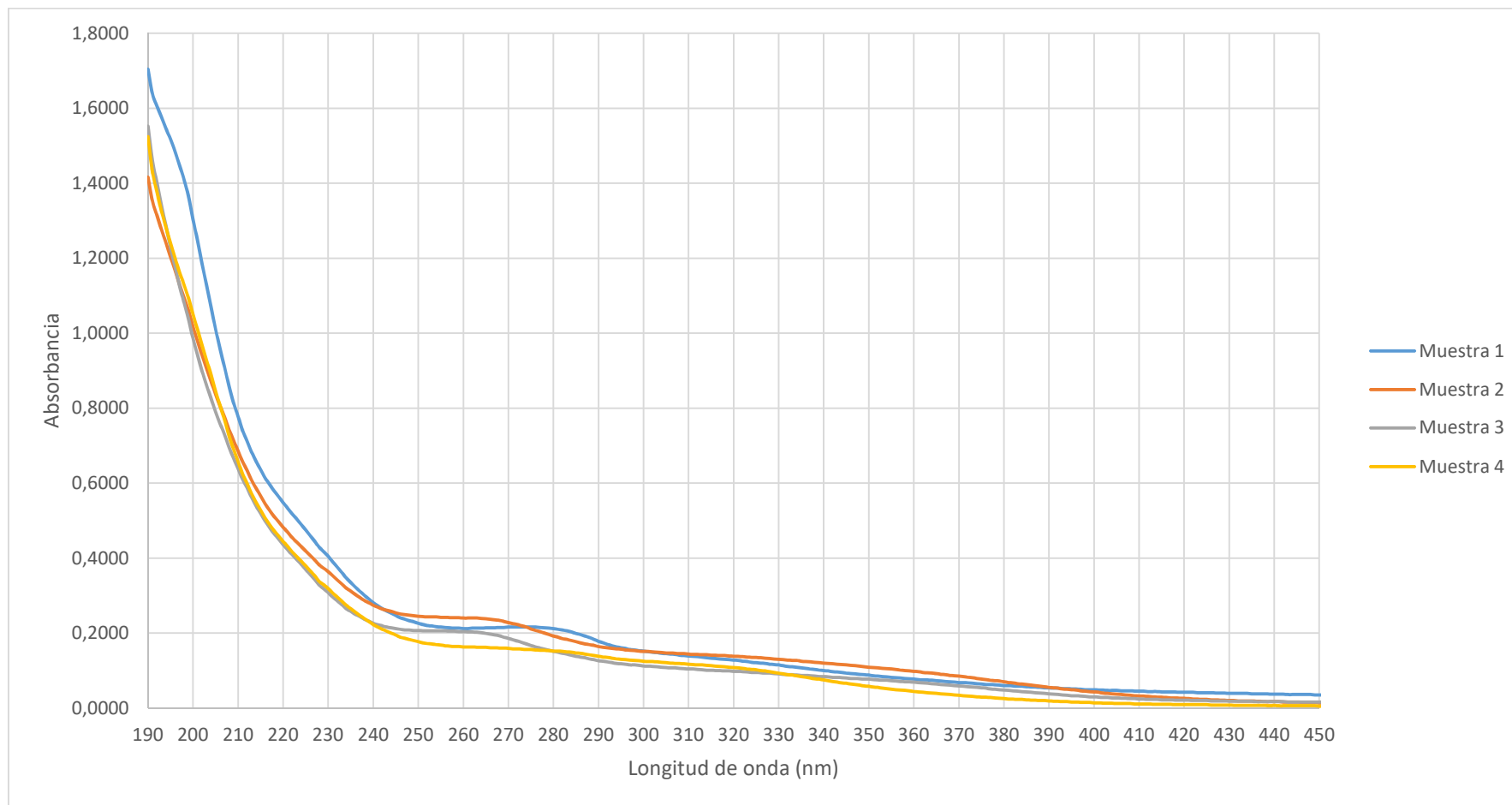


3.3 Caracterización de extracto de Neem

Para la caracterización del extracto acuoso de Neem, se tomó una muestra de cada uno de los ensayos (ver Figura 11). Todas las muestras fueron preparadas en una relación masas solvente de 20g / 200mL. Como se observa en la Figura 17, no existen picos significativos de una posible presencia de Azadiractina (Max 220 m), ni de salanina (215 nm), sin embargo, la nimbina (a 257 nm) se encuentra dentro de la curva que se observa desde 240 nm a 290 nm. Adicionalmente, se sabe que tres triterpenoides característicos del extracto se encuentran entre 239 nm y 246 nm (Hallur et al., 2002), pero, estar dentro de ese rango no garantiza la posible presencia específica de ciertos componentes caracterizados conocidos por la literatura. (Sidhu et al., 2004) demuestra que la concentración de componentes del extracto de Neem depende de la genética que posee el árbol, mas no de las condiciones climáticas en las que se encuentra, siendo así la variación de las concentraciones de los componentes de acuerdo a donde sea proveniente la especie de la que se tomó la muestra. Además, como el proceso de extracción pretende ser accesible para todos los agricultores del cantón Santa Lucía, no se tiene ninguna etapa técnica rigurosa y equipos avanzados, por lo que el extracto tendrá todos los componentes afines al agua. En la tabla 1 de (Awadh et al., 2022) se detalla los terpenoides que son posibles de extraer con solventes polares, y la mayoría de estos tienen actividades espermicidas, insecticidas, fungicidas y antibacteriales. Así mismo. (Ali et al., 2014) enlista las bacterias que pueden ser tratadas con el extracto de Neem. Esto permite comprender la importancia de la filtración y purificación del extracto obtenido, de modo que para caracterizar los compuestos del extracto se necesita de otros métodos para su identificación y afirmar con la debida confianza su existencia.

Figura 17

Espectro UV-Vis de los cuatro extractos obtenidos



3.4 Datos descriptivos y Análisis de varianza

A continuación, se muestra un recuento de los parámetros estadísticos más importantes de las variables cuantitativas analizadas.

Tabla 5

Estadísticos descriptivos para los componentes de los grupos: concentrado, diluido y control

Componentes	Grupos	Promedio \pm SE	Min – Max	Std. Dev
Porcentaje de control	Concentrado	39,59 \pm 5,99	26,77 – 58,69	13,39
	Diluido	51,37 \pm 6,67	34,13 – 75,03	14,93
	Control	0 \pm 0	0	0
Número de panículas/m²	Concentrado	194,4 \pm 6,01	180 – 208	13,45
	Diluido	185,6 \pm 6,01	172 – 200	13,45
	Control	128,8 \pm 29,73	64 – 208	66,48
Número de tallos/m²	Concentrado	540,64 \pm 30,77	434,78 – 718,34	97,29
	Diluido	412,10 \pm 49,28	226,84 – 642,72	155,83
	Control	359,17 \pm 52,57	189,04 – 718,34	166,24
Profundidad de raíces [cm]	Concentrado	11,83 \pm 0,52	9,2 – 14,2	1,63
	Diluido	12,33 \pm 0,33	10,8 – 14,1	1,04
	Control	10,94 \pm 0,56	8,8 – 13,6	1,76
Altura de la planta [cm]	Concentrado	69,8 \pm 1,59	66 – 74	3,56
	Diluido	71,6 \pm 2,42	65 – 80	5,41
	Control	70 \pm 1,41	67 – 75	3,16

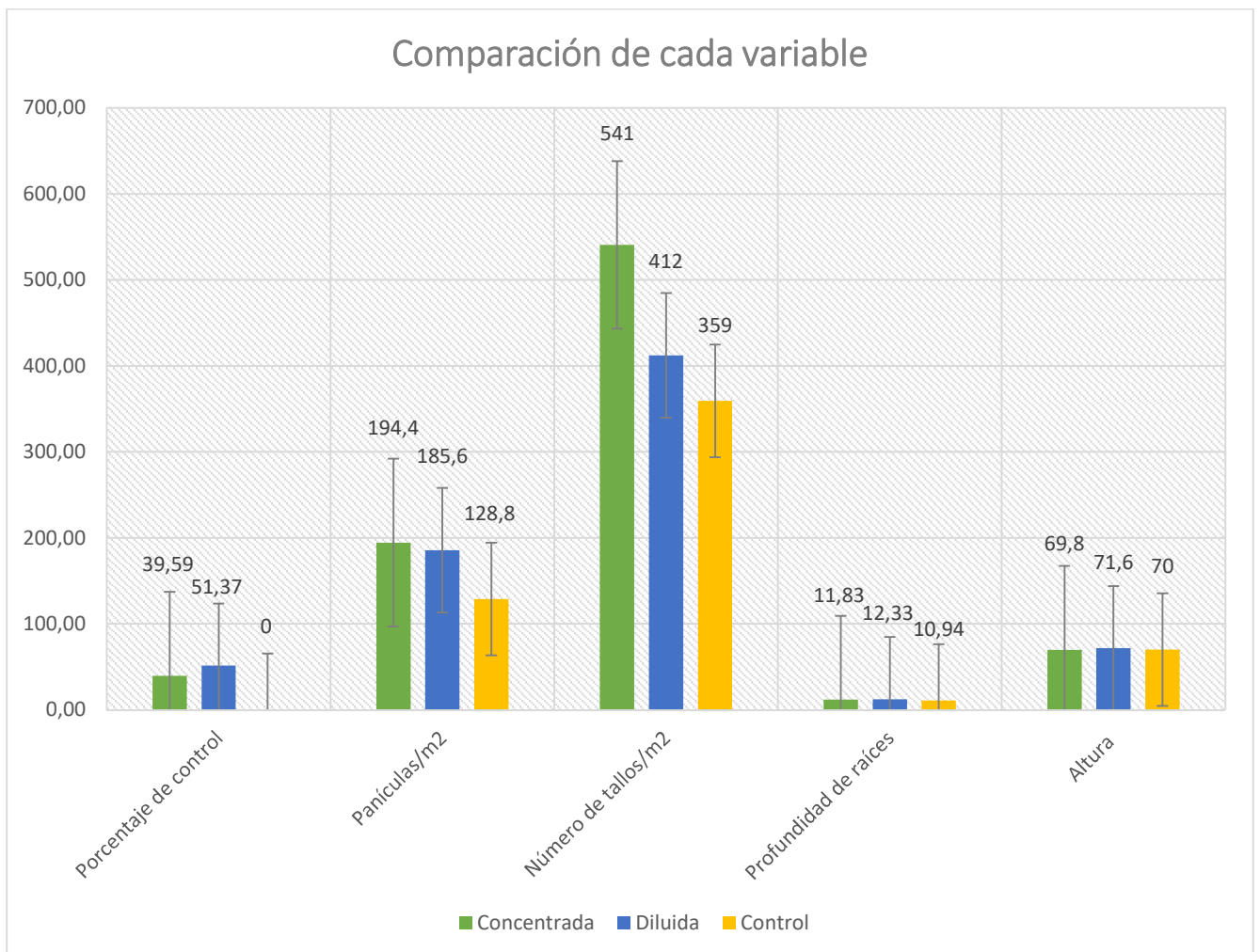
Nota. Los datos reportados fueron obtenidos del tratamiento descriptivo de cada variable de interés.

La Tabla 5 muestra la media aritmética, el rango y la desviación estándar de las variables tanto para el grupo concentrado, diluido y control. Los ANOVA (ver Apéndice C8 y Apéndice C11) reportados para las variables Número de panículas y Número de tallos por metro cuadrado, permiten concluir que existe diferencias significativas entre los grupos. Siguiendo esto, las características de crecimiento como número de panículas/m²

y número de tallos/m² presentan una mayor cantidad en el grupo concentrado en comparación con el grupo diluido y el testigo no tratado (Control). Por otro lado, el ANOVA (ver Apéndice C6) reportado para la variable Porcentaje de control concluye que existen diferencias significativas entre los grupos, arrojando un mayor porcentaje de control en el grupo diluido respecto al valor obtenido para el grupo concentrado y testigo no tratado. Así mismo, las características restantes (altura de la planta y profundidad de raíces) no difieren significativamente del uno con el otro (ver Figura 18), lo cual se concluyó con los resultados de los ANOVA (Apéndice C12 y Apéndice C14) para las variables mencionadas en cuestión.

Figura 18

Rendimiento de los componentes para cada grupo



Nota. Los datos fueron obtenidos del tratamiento descriptivo de cada variable de interés.

El rango del número de tallos/m² es amplio, lo que contribuye a una desviación estándar más alta, ya que el crecimiento de los tallos es una variable no controlada para cada planta de arroz. Los demás componentes no presentan un rango amplio lo que implica una desviación estándar baja.

3.4.1 Porcentaje de control

En el siguiente cuadro se observan los promedios de la mortalidad de Abbott encontrada para cada unidad experimental por dosis aplicada en el cultivo, al final del tratamiento (Tabla 6). Es importante, considerar que se obtuvieron datos de mortalidad de Abbott hasta el día 22 iniciado el tratamiento. Posteriormente, no se observó presencia de novias de arroz en las unidades experimentales. Se comprobó que los datos siguen una distribución normal, mediante la Prueba de Jarque-Bera con significancia del 5%. Las pruebas de normalidad de los datos de las diferentes variables se encuentran en el Apéndice C.

Tabla 6

Mortalidad de Abbott promedio por parcela

Parcela	Concentrado	Diluido
1	26,77	46,65
2	38,67	75,03
3	27,63	34,13
4	58,69	52,80
5	46,19	48,23

Nota. Los datos reportados son los porcentajes de control promedios de cada unidad experimental al final del tratamiento empleado por el pesticida orgánico en el cultivo de arroz.

Dado que, hay una diferencia de diez días entre la primera aplicación de insecticidas a las parcelas C1, C2, C3, D1, D2 y D3 con respecto a las parcelas C4, C5, D4 y D5; se analizó por separado la significancia de los datos obtenidos de mortalidad, es decir, se realizó una ANOVA para el triplicado con su dosis respectiva de aplicación y de igual forma para el duplicado.

El análisis de varianza realizado a los datos del triplicado a los 10 días del tratamiento (ddt) reflejó que las medias son estadísticamente diferentes, con un coeficiente de variación (CV) de 97,30%. Se reportó una mayor eficiencia de mortalidad de Abbott para el grupo de parcelas tratadas con la dosis diluida. Así mismo, a los 22 días de tratamiento nuevamente se evidenció que las medias entre los grupos son estadísticamente diferentes, presentando esta vez, un CV de 90,98%. Al igual que el caso anterior, se reportó un mayor valor de esta variable en el grupo diluido.

Por otra parte, el ANOVA realizada a los datos del duplicado a los 12 días de tratamiento reflejó que sí hay diferencias significativas en las medias. El CV obtenido para los datos fue de apenas el 78,46%. A diferencia de los análisis anteriores los valores promedios de mortalidad de Abbott son muy similares para las unidades experimentales del grupo diluido y concentrado, sin embargo, esta vez el valor de esta variable es ligeramente superior en el grupo concentrado.

Por último, se realizó un ANOVA con la mortalidad de Abbott promedio de cada unidad experimental al final del tratamiento. El análisis reportó que sí existe diferencias significativas en las medias, con un CV de 82,92%. Se reportó que la mayor eficiencia de mortalidad de Abbott se alcanzó en las unidades experimentales del grupo diluido siendo 51,37%. Esto difiere con lo investigado por (Carreram Deivi & Colina, 2022) donde la eficiencia de la dosis concentrada es significativamente mayor a la eficiencia de la dosis diluida de Neem (1 y 0,5 L/ha) siendo 80,27 y 23% al final del tratamiento respectivamente.

El resumen de estos resultados se muestra en la Tabla 7, y los ANOVA correspondientes se encuentran en el Apéndice C.

Tabla 7

Mortalidad de Abbott promedio para los grupos: Concentrado, Diluido y Testigo no tratado

Grupos	<i>Triplicado a los 10 ddt</i>	<i>Triplicado a los 22 ddt</i>	<i>Duplicado a los 10 ddt</i>	<i>Final del tratamiento</i>
<i>Concentrado</i>	24,20	31,02	52,44	39,59
<i>Diluido</i>	50,24	51,94	50,52	51,37
<i>Control</i>	0	0	0	0
<i>Valor-p</i>	0,006623447	0,00695167	0,003823439	3,59917E-05
<i>CV</i>	97,30	90,98	78,46	82,92

ddt: días de tratamiento

Nota. Datos obtenidos del tratamiento estadístico

3.4.2 Número de Panículas/m²

Esta variable se evaluó días después de las primeras apariciones de panículas en el cultivo. Los datos del Número de Panículas/m² por grupos, siguen una distribución normal de acuerdo a la prueba de Jarque-Bera. El promedio del número de panículas para cada grupo se registra en la Tabla 8, en el cual se reportó que sí existe diferencias significativas en las medias. El coeficiente de variación fue de 28,10% y su altura promedio es 65cm.

Se reportó que el mayor número de panículas se presentó en el grupo concentrado siendo 194,4. Por otro lado, el número de panículas para el grupo diluido (185,60) fue significativamente mayor al reportado en el testigo no tratado.

Tabla 8

Número de panículas con aplicación de las dosis del pesticida: concentrado y diluido

Grupos	Panículas/m²
<i>Concentrado</i>	194,4
<i>Diluido</i>	185,6
<i>Control</i>	128,8
<i>Valor-p</i>	0,047279141
<i>CV</i>	28,10

Nota. Datos obtenidos del tratamiento estadístico

3.4.3 Número de tallos/m²

Los datos fueron medidos al final de la cosecha una vez cortado el arroz en cascara (arroz pilado) y se comprobó que siguen una distribución normal para cada grupo mediante la prueba de Jarque-Bera. El promedio del número de tallos por planta para cada grupo se registra en la Tabla 9, en el cual se reportó que sí existe diferencias significativas entre los grupos. El coeficiente de variación fue de 36%. El grupo que presentó mayor número de tallos por planta fue el tratado por la dosis concentrada siendo superior estadísticamente (540,64). Por otro lado, el grupo diluido presentó un promedio de 412,10 tallos por plantas siendo mayor al testigo no tratado.

Tabla 9

Número de tallos por grupo: Concentrado, diluido y control

Grupos	Número de tallos/m²
<i>Concentrado</i>	540,64
<i>Diluido</i>	412,10
<i>Control</i>	359,17
<i>Valor-p</i>	0,024724518
<i>CV</i>	36

Nota. Datos obtenidos del tratamiento estadístico.

3.4.4 Profundidad de las raíces

Al igual que la anterior variable, los datos se midieron al final de la cosecha una vez cortado el arroz en cascaras. Los datos de Profundidad de raíces para los grupos: concentrado, diluido y control, siguen una distribución normal de acuerdo a la prueba de Jarque-Bera. La profundidad promedio de las raíces para cada grupo se registra en la Tabla 10, en el cual se reportó que no existe diferencias significativas entre los grupos evaluados. El coeficiente de variación fue de 13%.

Los valores promedio de profundidad para cada grupo son muy similares. El grupo tratado por la dosis diluida presentó una profundidad promedio de 12,33cm, el grupo concentrado 11,83cm y el testigo no tratado de 10,94cm.

Tabla 10

Profundidad de raíces por grupo: Concentrado, diluido y control

Grupos	Profundidad de raíces [cm]
<i>Concentrado</i>	11,83
<i>Diluido</i>	12,33
<i>Control</i>	10,94
<i>Valor-p</i>	0,133638053
<i>CV</i>	13

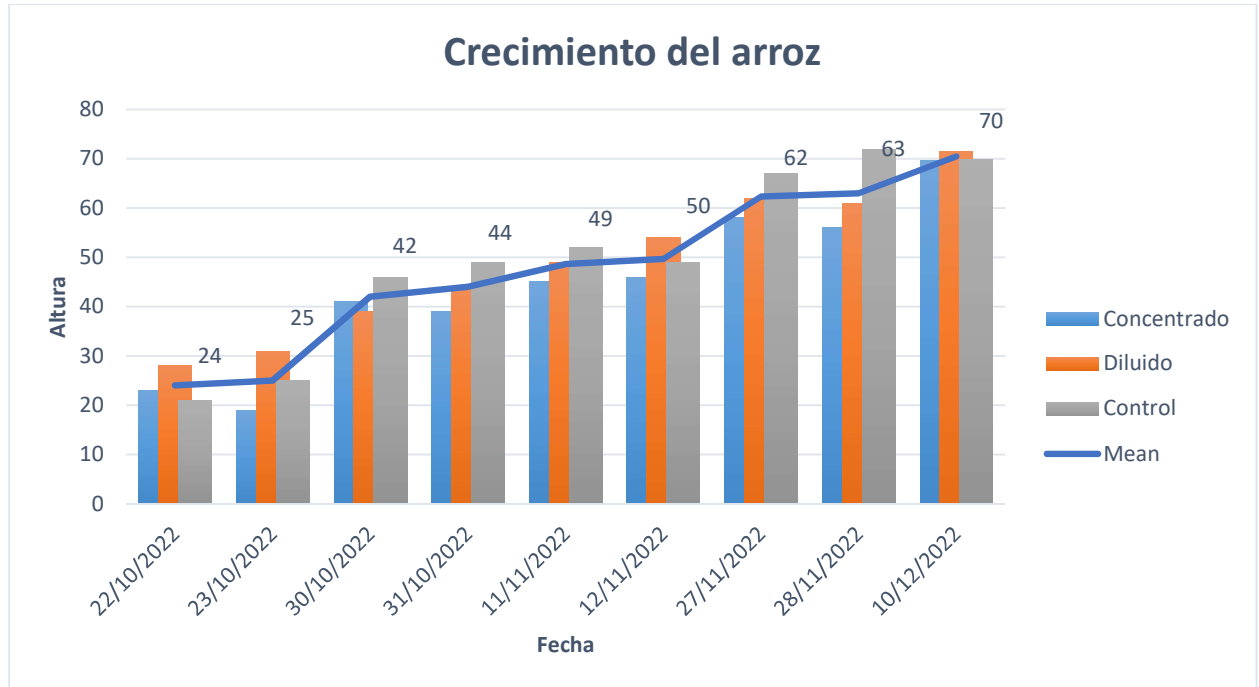
Nota. Datos obtenidos del tratamiento estadístico

3.4.5 Altura de la planta

Esta variable se midió durante todas las visitas realizadas al sector Paipayales. La evolución del crecimiento del arroz se muestra en la Figura 19. Cabe recalcar, que la variable solo se pudo medir hasta el mes de diciembre, por lo que no se cuenta con la altura final del arroz previo a ser pilado.

Figura 19

Evolución del crecimiento del arroz



Para el análisis de varianza se tomaron los datos finales recopilados que siguen una distribución normal, y, se pudo reportar que no existe diferencia significativa entre los grupos. Así mismo, el CV calculado fue de 5,60%. Por otro lado, las alturas promedio para cada grupo son muy similares entre sí, lo que evidencia que existe uniformidad en el crecimiento de la planta (ver Tabla 11).

Tabla 11

Altura de la planta por grupos

Grupos	Altura de la planta [cm]
<i>Concentrado</i>	69,8
<i>Diluido</i>	71,6
<i>Control</i>	70
<i>Valor-p</i>	0,760029556
<i>CV</i>	5,60

Nota. Datos obtenidos del tratamiento estadístico.

3.5 Análisis de correlación

El grado de correlación entre los rasgos es un factor importante para evaluar el rendimiento que es económico (Kamarulzaman et al., 2018b). Es importante recordar que, la correlación permite conocer la intensidad de asociación de los caracteres. Si es cercano a 1 o -1 se considera una fuerte asociación, además, si la correlación es positiva se considera progreso y si es negativa se le llama retroceso. En la Tabla 12 se revelan los resultados del análisis de correlación como lo muestran sus coeficientes para la comparación entre los grupos concentrado y diluido.

Tabla 12

Comparación entre el grupo concentrado (GC) y diluido (GD) por el coeficiente de correlación entre varios componentes de rendimiento en arroz

	Panículas/m ²		Número de tallos/m ²		Profundidad de raíces [cm]		Altura de la planta [cm]	
	GC	GD	GC	GD	GC	GD	GC	GD
Porcentaje de control	0,3886	0,1842	-0,3875	0,3566	0,2298	0,4554	0,4761	0,3204
Panículas/m²			-0,2250	0,7242	-0,0236	0,9030	0,0543	-0,6485
Número de tallos/m²					0,4293	0,6401	0,5338	-0,2414
Profundidad de raíces [cm]							0,8702	-0,6462

Nota. Los datos reportados pertenecen a los coeficientes de correlación entre rasgos.

Por otra parte, para comprobar que estos coeficientes de correlación sean significativos se calculó el valor-p para cada asociación y se concluyó que las correlaciones entre los rasgos no tienen base estadísticamente significativa para que sea válida (ver valores-p en el Apéndice C15), a excepción de la correlación entre los rasgos profundidad de raíces vs panículas/m² para el grupo diluido. Por lo tanto, los datos reportados por rasgos no tienen dependencia entre sí.

Esto también, se puede apreciar en los coeficientes de correlación obtenidos, ya que, la mayoría tienden más a 0 que a 1 o -1. Las excepciones son las correlaciones entre los rasgos: altura de la planta vs profundidad de raíces (cercano a 1 para el grupo concentrado), altura de la planta vs número de tallos/m² (para el grupo concentrado), profundidad de raíces vs número de tallos/m² (para el grupo diluido), profundidad de raíces vs panículas/m² (grupo diluido) y número de tallos/m² vs panículas/m². Pese a que estadísticamente se descarta dependencia alguna entre estos rasgos, se sabe que, la altura de la planta como el número de tallos, profundidad de raíces y panículas presentes están relacionadas. Esto debido a que, son características de la planta que se van desarrollando conforme se da el crecimiento y si bien es cierto, no son variables controladas no implica que no tengan influencia entre sí. Por ende, los coeficientes reportados para dichas asociaciones son hasta cierto punto lógicas pese a no existir respaldo estadístico.

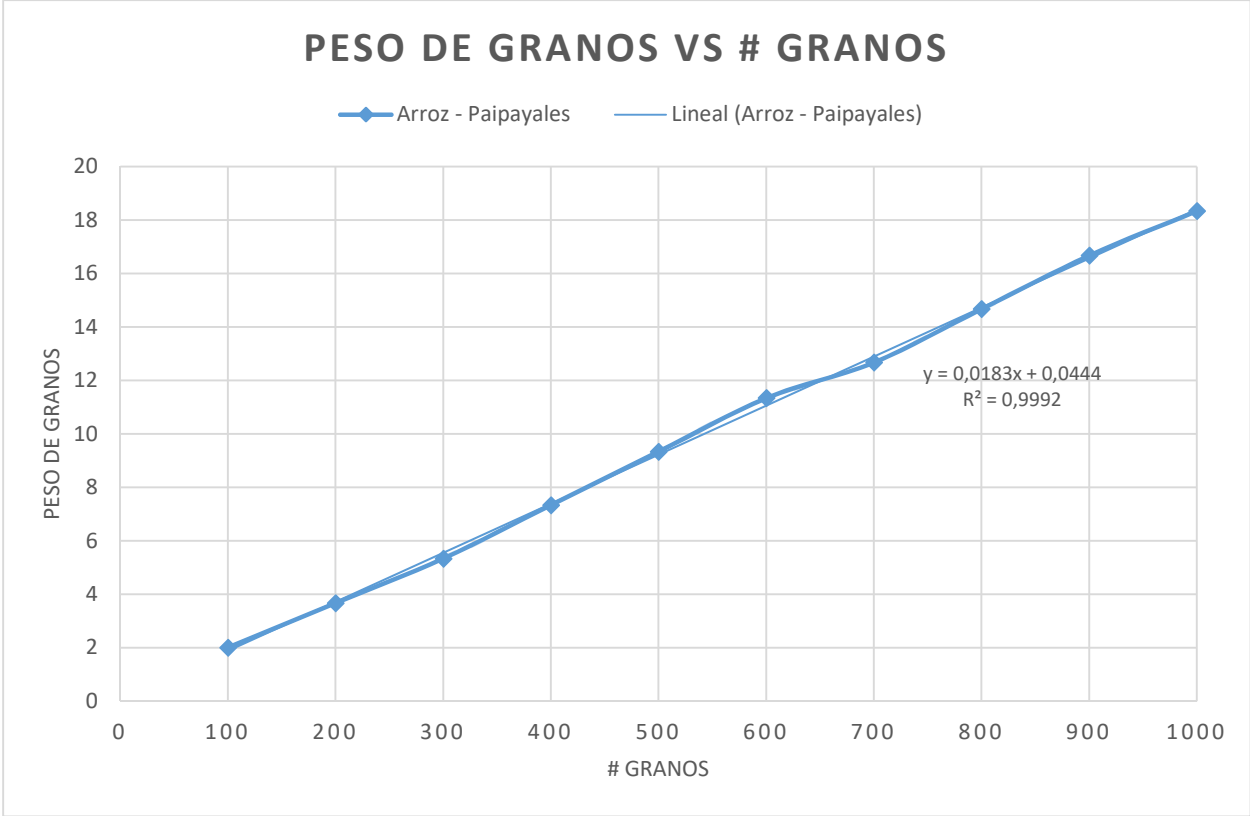
3.6 Peso de granos del cultivo

En la siguiente ilustración se observa una correlación lineal realizada con los datos de los pesos de los granos y el número de granos medidos para el arroz cosechado. Se puede apreciar que el coeficiente de correlación R es significativamente cercano a 1, así mismo, los datos recopilados (ver Apéndice B14) muestran paridad en el peso de los granos (100 granos pesan en promedio 2g), lo cual concuerda con el aspecto de uniformidad observado de los granos al ser casi todos del mismo tamaño.

Por otro lado, es importante mencionar que el peso promedio de 1000 granos de arroz cosechado (18,33g) es significativamente más bajo comparado con otros estudios realizados (Carreram Deivi & Colina, 2022; Kamarulzaman et al., 2018c) donde el peso promedio oscila entre 24 a 28g utilizando Neem como pesticida. Cabe recalcar, que se sospecha que el grano de arroz cultivado en Santa Lucía esté en el tamaño pequeño-mediano, contrario a lo reportado por el autor, donde el grano de arroz es de tamaño grande (7mm). Por lo tanto, siguiendo lo que dicen los autores el peso de los granos de Arroz dependen de la semilla utilizada al momento de cultivar, por lo que, no necesariamente el rendimiento del peso es bajo.

Figura 20

Correlación del Peso de granos y número de granos para el Arroz cosechado

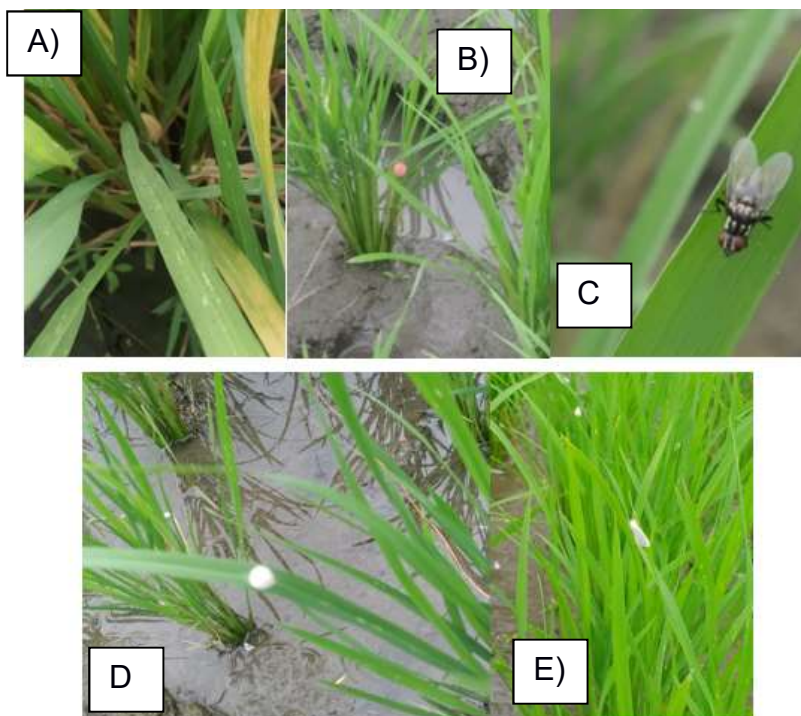


3.7 Análisis cualitativo

Durante todas las fases del cultivo de arroz, los insectos que más se observaron fueron: la sogata, huevo de caracol manzanero, mosca caminadora, huevos de novia de arroz y la infaltable novia de arroz. Cada una de estas plagas pudo ser contrarrestado en su mayoría por el biopesticida a excepción de la sogata que hasta el último día del cultivo estuvo presente. El daño más significativo en la planta causado es el denominado virus de la hoja blanca (VHB), problemática que ha estado apareciendo con mayor frecuencia en los últimos años dentro de los cultivos de arroz (Ruega, 2019). A continuación, se muestra en la Figura 21 las plagas mencionadas.

Figura 21

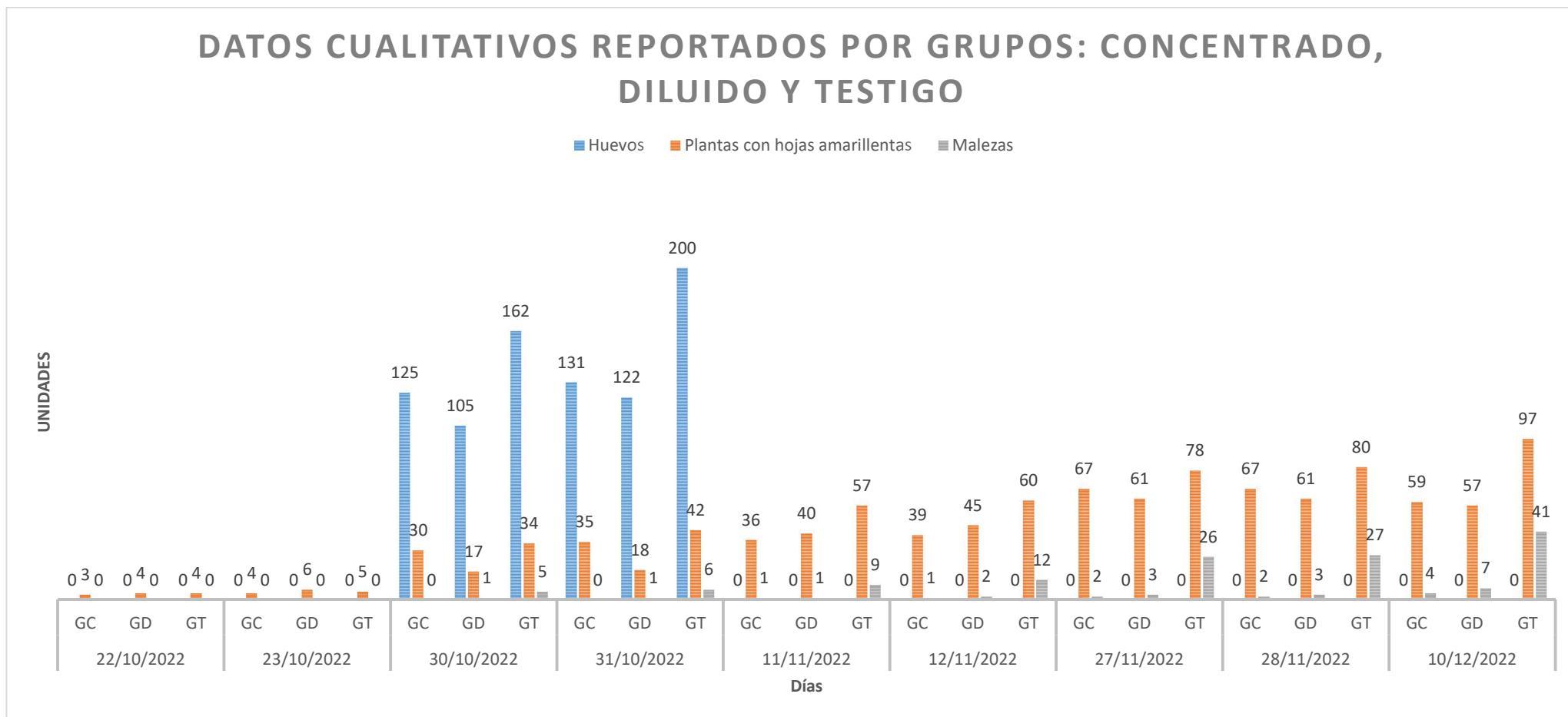
A) sogata, B) huevo de caracol manzanero, C) mosca caminadora, D) huevos de novia de arroz y E) novia de arroz



Por otra parte, las malezas y las hojas amarillentas también fueron características que se observaron en las plantas del cultivo. Ambas características fueron bien controladas por el biopesticida, sobre todo, las malezas donde apenas llegó a estar presentes en 4 plantas para el grupo concentrado y 7 para el grupo diluido en todas las fases del cultivo. Esto difiere con la cantidad de malezas reportadas en el grupo de control. De hecho, estadísticamente hay diferencias significativas entre los grupos de acuerdo a los resultados de un ANOVA. Así mismo, al final de la cosecha se observaron apenas 59 y 57 plantas respectivamente que tenían hojas amarillentas para los grupos concentrado y diluido, siendo un número bajo considerando el área de tratamiento implementado. No obstante, en el área no tratado se contabilizó 97 plantas con hojas amarillentas, siendo significativamente diferente a los grupos tratados con el pesticida. En la Figura 22 se observa la evolución de aparición de huevos de novias de arroz, malezas y plantas con hojas amarillentas en el cultivo, durante los días visitados en el sector de Paipayales para los grupos tratados y el testigo no tratado. Dentro de los beneficiarios que se hicieron presentes está la araña ya que se observó en cada día presencia de telaraña.

Figura 22

Evolución de la aparición de malezas, huevos de novias de arroz y plantas con hojas amarillentas



Nota. GT: Grupo Testigo no tratado. GC: Grupo concentrado. GD: Grupo diluido.

Para los ANOVAS realizados por cada variable cualitativa se escogieron los días donde se alcanzó el máximo reportado por cada grupo. A continuación, se describen los resultados del tratamiento estadístico empleado.

3.7.1 Huevos de novias de arroz

Se tomaron como datos de estudio los reportados el día 31/10/2022 donde se registraron los valores máximos por grupos. Se comprobó que los datos siguen una distribución normal por medio de la prueba de Jarque-Bera. El análisis de varianza permitió concluir que sí existen diferencias significativas entre los grupos. El coeficiente de covariación fue de 32,88%. Se puede apreciar que la mayor aparición de estos insectos se da en el grupo no tratado, lo cual tiene sentido porque no se llevó a cabo ningún tratamiento con el pesticida. En la Tabla 13 se observa un resumen del ANOVA (ver Apéndice C19).

Tabla 13

Huevos de novias de arroz reportados por grupos

Grupos	Huevos de novias de arroz
<i>Concentrado</i>	26,2
<i>Diluido</i>	24,4
<i>Control</i>	40
<i>Valor-p</i>	0,011103397
<i>CV</i>	32,88

3.7.2 Malezas

Esta variable fue analizada considerando los datos reportados el día 10/12/2022. Se comprobó que los datos siguen una distribución normal por el método de Jarque-Bera. El análisis de varianza permitió concluir que sí existen diferencias significativas entre los grupos. El coeficiente de covariación fue de 121,34%. Se puede apreciar que la mayor aparición de las malezas se da en el grupo no tratado. Nuevamente, esto tiene sentido dado que no se llevó a cabo ningún tratamiento con el biopesticida. En la Tabla 14 se observa un resumen del ANOVA (ver Apéndice C20).

Tabla 14*Número de malezas reportados por grupos*

Grupos	Malezas
<i>Concentrado</i>	0,8
<i>Diluido</i>	1,4
<i>Control</i>	8,2
<i>Valor-p</i>	0,00103574
<i>CV</i>	121,34

3.7.3 Plantas con hojas amarillentas

Al igual que la variable anterior, se consideraron los datos reportados el día 10/12/2022. Se comprobó que los datos siguen una distribución normal por el método de Jarque-Bera. El análisis de varianza permitió concluir que sí existen diferencias significativas entre los grupos. El coeficiente de covariación fue de 41,76%. Se puede apreciar que la mayor cantidad de plantas con hojas amarillentas se da en el grupo no tratado. Nuevamente, esto tiene sentido dado que no se llevó a cabo ningún tratamiento con el biopesticida. En la Tabla 15 se observa un resumen del ANOVA (ver Apéndice C21).

Tabla 15*Cantidad de plantas con hojas amarillentas por grupos*

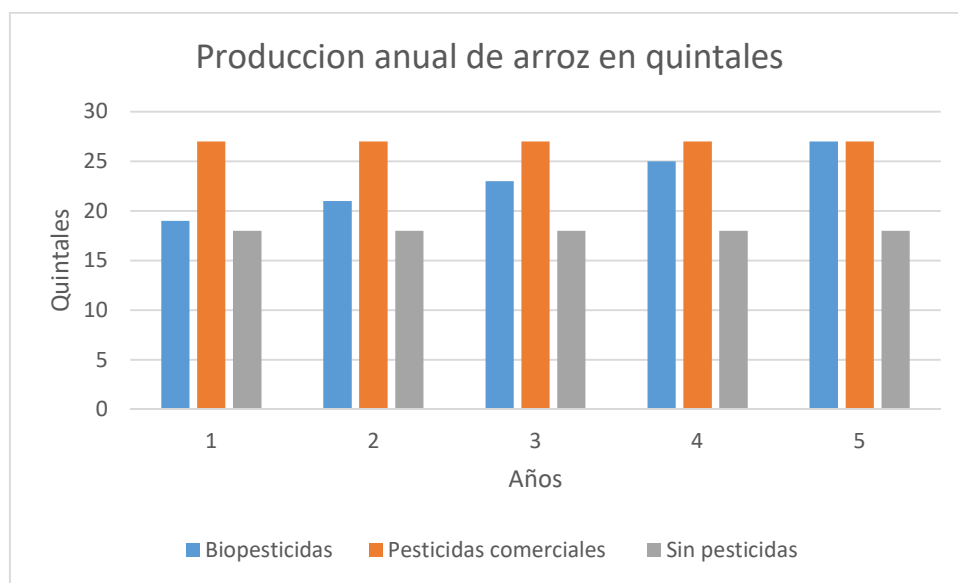
Grupos	Plantas con hojas amarillentas
<i>Concentrado</i>	11,8
<i>Diluido</i>	11,4
<i>Control</i>	19,4
<i>Valor-p</i>	0,041047004
<i>CV</i>	41,76

3.8 Análisis económico

Para este análisis se tomaron datos basados en cosechas anteriores, además se realizaron estimaciones en un periodo de 5 años con tres cosechas para poder determinar cuáles de las opciones representaría un mayor rendimiento.

Figura 23

Producción anual de arroz en quintales



Nota. Datos obtenidos del análisis económico.

Se elaboraron tres propuestas representadas en la Figura 23 en el cual se consideraron los valores entre el mínimo de 6 quintales y máximo de 9 quintales que se habían obtenido en cosechas anteriores. El uso del pesticida comercial representa la mayor producción contrario a lo que sucede, sin el uso de pesticidas donde se obtiene una baja producción, además, con el uso del pesticida a base de Neem se mejora la producción progresivamente, ya que el agricultor se irá adaptando al proceso de elaboración y aplicación del producto logrando realizar las aplicaciones correctamente y obteniendo mejores resultados llegando al máximo posible de producción de acuerdo a la extensión de terreno con el que cuenta.

Para obtener los ingresos esperados de la producción se consideró el precio de mercado del arroz orgánico de \$60 el cual es vendido en la feria agroecológica Bonaterra realizada

en Samborondón y precio del arroz grano medio de \$32, con un aumento pronosticado del 0,39% anual según datos del Banco Mundial en el año 2021. Este valor se multiplicó por el número de quintales que se obtendrían en el periodo.

Tabla 16

Ingresos esperados en un período de 5 años por cada escenario planteado

Pesticida	1	2	3	4	5
Cantidad	19	21	23	25	27
Precio	60	60,23	60,47	60,70	60,94
Ingresos	1140,00	1264,91	1390,78	1517,62	1645,42
Pesticida común	1	2	3	4	5
Cantidad	27	27	27	27	27
Precio	32	32,12	32,25	32,38	32,50
Ingresos	864,00	867,37	870,75	874,15	877,56
Sin pesticidas	1	2	3	4	5
Cantidad	18	18	18	18	18
Precio	32	32,12	32,25	32,38	32,50
Ingresos	576,00	578,25	580,50	582,77	585,04

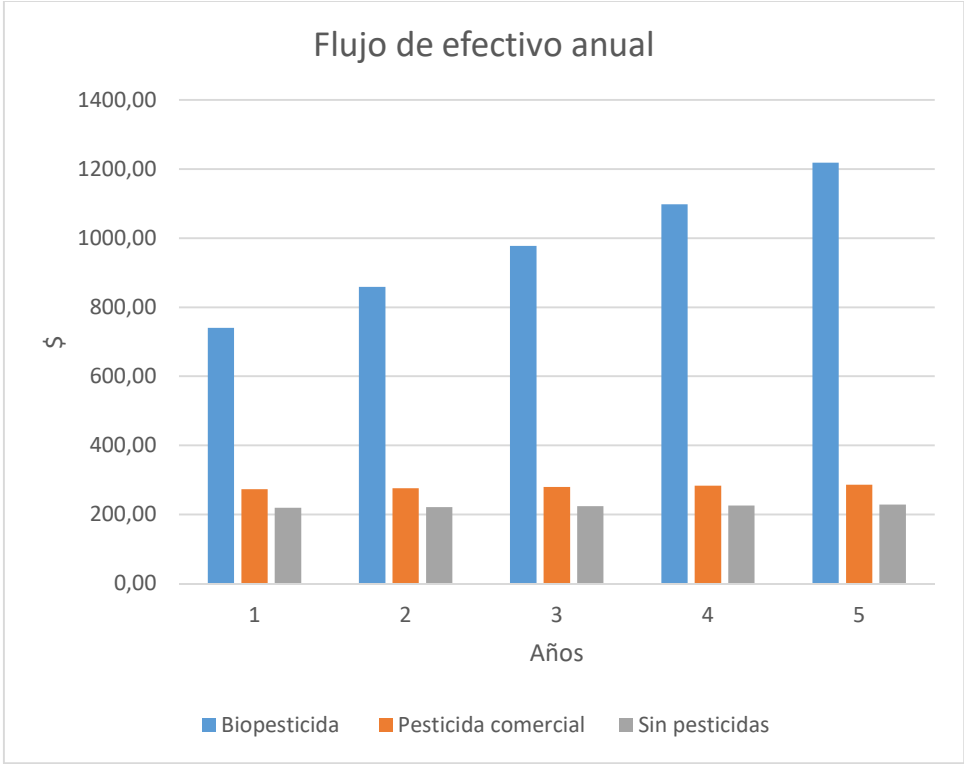
Nota. Los datos fueron obtenidos del análisis económico.

Dentro de los costos en el que se incurren tenemos: fertilizantes, mano de obra, transporte, motocultores, sacos, costo de la cosechadora y piladora. Además, en los tres proyectos se tiene una inversión inicial de \$80 en semillas certificadas para realizar semilleros que cuando alcanzan un tamaño adecuado son trasplantados, posteriormente para las siguientes cosechas las semillas serán obtenidas de la selección de los mejores granos para su posterior siembra, también, para el proyecto con el uso de extracto de Neem se tendrá una inversión adicional de \$169 dólares en materiales y equipo que permitan la elaboración del producto.

Bajo los parámetros mencionados anteriormente se obtuvo el flujo de efectivo anual correspondiente a la Figura 24 el cual permitió obtener la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

Figura 24

Flujo de efectivo anual en un período de 5 años por cada escenario



Nota. Datos obtenidos del análisis económico.

El flujo de efectivo con el uso de biopesticidas es superior a las otras opciones, ya que, los productores de arroz en Paipayales cuentan con árboles de Neem que permite disminuir sus costos y el precio del arroz orgánico es casi el doble en comparación con el arroz grano medio, sin embargo, el proceso de elaboración podría considerarse más largo puesto que, se necesitan cerca de 9 días de secado.

Tabla 17*TIR, TMAR y VAN reportados por cada escenario*

	TIR	TMAR	VAN
Biopesticida	312%	11,26%	\$3.250,89
Pesticida comercial	343%	11,26%	\$945,35
Sin pesticidas	275%	11,26%	\$743,12

El TIR de las tres opciones (Tabla 17) es mayor a la tasa mínima de retorno que considera la tasa máxima de interés anual para créditos de pymes establecidos por Banco Central del Ecuador, sin embargo, considerando el Valor Actual Neto de las tres opciones el uso de biopesticidas tiene un mayor valor actual neto, debido a que, el precio de venta es superior. Además, se debe tomar en cuenta que el proyecto representa un caso muy particular y se encuentra enfocado en las características de producción de nuestra muestra y bajo las condiciones de producción establecidas por nuestro agricultor.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se desarrolló un pesticida a base de extracto de Neem y fue aplicado en un cultivo de arroz de la Comunidad Paipayales de Santa Lucía. El biopesticida se aplicó en dos dosis establecidas en distintas partes del cultivo de arroz. Se reportaron diferencias significativas entre los grupos concentrado, diluido (dosis) y testigo no tratado, en el tratamiento estadístico realizado a cada variable de interés, a excepción de las variables profundidad de raíces y altura de la planta, donde no se observa significancia entre los grupos. En el área tratada con la dosis diluida se reporta el mejor rendimiento de mortalidad de Abbott siendo 51,37%. Por otro lado, el rendimiento más efectivo del número de tallos/m² y número de panículas/m² se registraron en el grupo tratado con la dosis concentrada del pesticida (541 y 194 respectivamente). Cabe recalcar, que el rendimiento de estas variables mencionadas para el grupo tratado con la dosis diluida fueron 412 y 186 respectivamente, por tanto, para elegir la dosis de trabajo es preciso estudiar su efecto sobre el rendimiento de la producción.

En segundo lugar, el análisis de correlación reporta que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar dependencia entre las variables altura de la planta, porcentaje de control, número de tallos/m², número de panículas/m² y profundidad de raíces dentro de los grupos. Sin embargo, de forma lógica se conoce que rasgos como altura, número de panículas y tallos están relacionados entre sí por el desarrollo y crecimiento progresivo de la planta. Los coeficientes de asociación de estos rasgos para el grupo concentrado fueron de mayor intensidad en sentido de progreso.

Por otro lado, la metodología propuesta permitió realizar un buen control de plagas. Las plagas que aparecieron se pudieron contrarrestar con la aplicación del pesticida orgánico, a excepción, de la sogata que hasta el día de la cosecha se mantuvo presente en el cultivo y que dejó como daño principal el VHB. Así mismo,

se reportó diferencias significativas entre los grupos concentrado, diluido y control para las variables huevos de novias de arroz, malezas presentes y plantas con hojas amarillentas. El testigo no tratado reportó significativamente mayor número de estas características mencionadas. Por tanto, también se concluye que, la acción de pesticida permitió mitigar el número de malezas y presencia de hojas con daños o cambios de pigmentación anormales en el cultivo de arroz.

Para finalizar, el costo de inversión inicial más bajo para aumentar la producción a su máxima capacidad se dará con el uso de pesticidas comunes, sin embargo, el precio de venta del arroz orgánico es mayor, por ello a pesar de tener un proceso más largo en la producción del biopesticida se obtendrán mayores ingresos y se promueve el cuidado de la salud del agricultor y del suelo. Además, la inversión en materiales y equipos puede ser utilizada en más de 5 años.

Recomendaciones

1. Durante el análisis granulométrico utilizar tamices que incluyan tamaños entre 0,355 mm y 2 mm para todos los triturados obtenidos de los ensayos de secado para tener un valor promedio del D_{80} característico.
2. Analizar más variables de interés como el rendimiento de grano por hectárea, número de espigas, porcentaje de espigas productivas, número de macollos, peso de 1000 granos, entre otras, para conocer con mayor exactitud el potencial de la aplicación del pesticida orgánico en diferentes dosis.
3. Realizar estudios con otros biopesticidas y bajo otras condiciones de manejo del cultivo de arroz donde la plaga *Rupella Albinella* esté presente, para establecer una comparación entre los insecticidas naturales y seleccionar el más eficiente.
4. Mejorar el prototipo de secador solar para poder secar una mayor cantidad de hojas y obtener un mayor contenido de extracto que pueda ser aplicado a terrenos más grandes.

5. Aplicar el biopesticida elaborado en diferentes cultivos y analizar su incidencia en insectos presentes con mayor frecuencia en dichos cultivos.
6. Replicar el mismo estudio, pero con una combinación del bioinsecticida y un insecticida común a lo largo de un año.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham A Osinubi, C. A. (2008a). Antifertility potential of Neem flower extract on adult female Sprague-Dawley rats. In *African Health Sciences* (Vol. 8, Issue 3).
- Abraham A Osinubi, C. A. (2008b). Antifertility potential of Neem flower extract on adult female Sprague-Dawley rats. In *African Health Sciences* (Vol. 8, Issue 3).
- Agrawal, H., Kaul, N., Paradkar, A. R., & Mahadik, K. R. (2005). Standardization of crude extract of neem seed kernels (*Azadirachta indica* A. Juss) and commercial neem based formulations using HPTLC and extended length packed-columns SFC method. *Chromatographia*, 62(3–4), 183–195. <https://doi.org/10.1365/s10337-005-0588-6>
- Ali, P., Chen, Y. F., & Sargsyan, E. (2014). Bioactive Molecules of Herbal Extracts with Anti-Infective and Wound Healing Properties. In *Microbiology for Surgical Infections: Diagnosis, Prognosis and Treatment* (pp. 205–220). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411629-0.00012-X>
- Atiaga-Franco, O. L., Otero, X. L., Gallego-Picó, A., Escobar-Castañeda, L. A., Bravo-Yagüe, J. C., & Carrera-Villacrés, D. (2019). Analysis of total arsenic content in purchased rice from Ecuador. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(6), 425–431. <https://doi.org/10.17221/183/2018-CJFS>
- Awadh, M. M., Kahindo, J. M., Swaleh, M. M., & Kiti, H. M. (2022). A Systematic Review of Terpenoids in *Azadirachta indica*: Classes, Structures and Medicinal Uses. *Chemical Science International Journal*, 27–43. <https://doi.org/10.9734/CSJI/2022/v31i4817>
- Bandyopadhyay, U., Biswas, K., Sengupta, A., Moitra, P., Dutta, P., Sarkar, D., Debnath, P., Ganguly, C. K., & Banerjee, R. K. (2004). Clinical studies on the effect of Neem (*Azadirachta indica*) bark extract on gastric secretion and gastroduodenal ulcer. *Life Sciences*, 75(24), 2867–2878. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2004.04.050>
- Benelli, G., Canale, A., Toniolo, C., Higuchi, A., Murugan, K., Pavela, R., & Nicoletti, M. (2017). Neem (*Azadirachta indica*): towards the ideal insecticide? In *Natural Product Research* (Vol. 31, Issue 4, pp. 369–386). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1214834>
- Bhat, S. S., Soni, K., Menasinakayi, V. S., Biswal, S. K., & Kumar, S. (2021). Plants used as a traditional biopesticide. *Medico-Biowealth of India*, September.

- Boulahbel, B., Aribi, N., Kilani-Morakchi, S., & Soltani, N. (2015). Insecticidal activity of azadirachtin on drosophila melanogaster and recovery of normal status by exogenous 20-hydroxyecdysone. *African Entomology*, 23(1), 224–233. <https://doi.org/10.4001/003.023.0104>
- Carrera, L. (2019). *EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS HOJAS SECAS DE NEEM (Azadirachta indica) ADMINISTRADAS POR VÍA ORAL EN CAPRINOS PARA EL CONTROL DE NEMÁTODOS GASTROINTESTINALES*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Carreram Deivi, & Colina, E. (2022). *Alternativas para el control de Rupella albinella co bioplaguicidas en cultivos de arroz (Oryza sativa) en la zona de Babahoyo*. Universidad técnica de Babahoyo Centro de estudios de postgrado.
- Chaudhary, S., Kanwar, R. K., Sehgal, A., Cahill, D. M., Barrow, C. J., Sehgal, R., & Kanwar, J. R. (2017a). Progress on Azadirachta indica based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 8). Frontiers Research Foundation. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00610>
- Chaudhary, S., Kanwar, R. K., Sehgal, A., Cahill, D. M., Barrow, C. J., Sehgal, R., & Kanwar, J. R. (2017b). Progress on Azadirachta indica based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 8). Frontiers Research Foundation. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00610>
- Copping, L. G., & Menn, J. J. (2000). Review Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Managment Sciewnce*. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1526-4998\(200008\)56:8<651::AID-PS201>3.0.CO;2-U](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1526-4998(200008)56:8<651::AID-PS201>3.0.CO;2-U)
- del Pilar, M., Vera, V., Carlos, M., & Toral, T. (2018). Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio. *Espacios*, 39(32).
- Delgado-Plaza, E., & Peralta-Jaramillo, J. (2020). Lifting of Habitat conditions within the framework of sustainable communities in the Paipayales, Canton Santa Lucia. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.583>
- Escalante, M. A. A., Gardea Béjar, A. A., Vélez De La Rocha, R., García Estrada, R. S., Fasio, A. C., Cháidez Quiroz, C., & Partida López, J. I. (2004). Contenido de azadiractina A en semillas de Nim (Azadiractina Indica A. JUSS) colectadas en

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61027402>

- FAO. (2016). Manual de Estadísticas sobre Costos de Producción Agrícola. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*, 127.
- Felix-Achor, & Opute. (2015). Extraction And Characterization Of Oil From Neem Seeds, Leaves And Barks. In *European International Journal of Science and Technology* (Vol. 4, Issue 7). www.eijst.org.uk
- Fernandes, S. R., Barreiros, L., Oliveira, R. F., Cruz, A., Prudêncio, C., Oliveira, A. I., Pinho, C., Santos, N., & Morgado, J. (2019). Chemistry, bioactivities, extraction and analysis of azadirachtin: State-of-the-art. In *Fitoterapia* (Vol. 134, pp. 141–150). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2019.02.006>
- Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality tests for statistical analysis: A guide for non-statisticians. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, 10(2), 486–489. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>
- Gonzalez-Coloma, A., Reina, M., Diaz, C. E., & Fraga, B. M. (2010). Natural Product-Based Biopesticides for Insect Control. In *Elsevier*.
- Graciano-obeso, L., Báez-hernández, G. E., & Humarán-sarmiento, V. (2022). *The insecticidal potential of neem extracts (Azadirachta indica JUUS) against whiteflies (B . tabaci) in tomato crops*. 101–103. <https://doi.org/10.15406/jabb.2022.09.00294>
- Grasse, E. K., Torcasio, M. H., & Smith, A. W. (2016). Teaching UV-Vis Spectroscopy with a 3D-Printable Smartphone Spectrophotometer. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 146–151. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00654>
- Hallur, G., Sivramakrishnan, A., & Bhat, S. v. (2002). Three new tetranortriterpenoids from neem seed oil. *Journal of Natural Products*, 65(8), 1177–1179. <https://doi.org/10.1021/np0105174>
- Hossain, M. A., Al-Toubi, W. A. S., Weli, A. M., Al-Riyami, Q. A., & Al-Sabahi, J. N. (2013). Identification and characterization of chemical compounds in different crude extracts from leaves of Omani neem. *Journal of Taibah University for Science*, 7(4), 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2013.05.003>
- Ibarra, V., & Pérez, J. (2022). *Determinación de la presencia de Azadiractina Indica. A. Juss en hojas y frutos de Neem*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- INEC. (2014). *Uso y Manejo de agroquímicos en la agricultura* (pp. 1–35). www.ecuadorencifras.gob.ec

- Kale, M., Dhanokar, S., Aher, A., Gawali, S., & Dhikale, R. (2020). Azadirachtin: Nature's Gift to Mankind. *Current Trends in Pharmacy and Pharmaceutical Chemistry*, 2(4), 40–44.
- Kamarulzaman, P. S. D., Yusup, S., Osman, N., Ramli@Yusof, N. H., Kueh, B. W. bin, & Talib, R. (2018a). Effectiveness of neem based biopesticide to enhance rice (*Oryza sativa*) productivity. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 7, 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2017.12.001>
- Kamarulzaman, P. S. D., Yusup, S., Osman, N., Ramli@Yusof, N. H., Kueh, B. W. bin, & Talib, R. (2018b). Effectiveness of neem based biopesticide to enhance rice (*Oryza sativa*) productivity. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 7, 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2017.12.001>
- Khalequzzaman, M., & Nahar, J. (2008). Relative toxicity of some insecticides and azadirachtin against four crop infesting aphid species. *Rajshahi Uiveristy Zoological Society*, 27, 31–34. <http://journals.sfu.ca/bd/index.php/UJZRU>
- Kilani-Morakchi, S., Morakchi-Goudjil, H., & Sifi, K. (2021). Azadirachtin-Based Insecticide: Overview, Risk Assessments, and Future Directions. In *Frontiers in Agronomy* (Vol. 3). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.676208>
- Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D., & Mishra, V. (2021). An overview of some biopesticides and their importance in plant protection for commercial acceptance. In *Plants* (Vol. 10, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants10061185>
- Kurniati, R., Saidi, N., & Nasution, R. (2018). ANTIFEEDANT ACTIVITY FROM NEEM LEAF EXTRACT (*Azadirachta indica* A Juss). *Jurnal Natural*, 18(1), 7–10. <https://doi.org/10.24815/jn.v18i1.8781>
- Lim, G. Soon., & Bottrell, D. G. (1994a). *Neem pesticides in rice : potential and limitations*. International Rice Research Institute.
- Lim, G. Soon., & Bottrell, D. G. (1994b). *Neem pesticides in rice : potential and limitations*. International Rice Research Institute.
- McCabe, W. L., & Smith, J. C. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química* (R. Huerta, Ed.; Séptima). Mc Graw Hill. www.FreeLibros.org
- Merejildo, E., Cañada, G., & Villalbal, R. (2021). *Producir insumos orgánicos y de prevención ante el COVID-19 para el mejoramiento de la calidad de vida en recintos agrícolas de Santa Lucía*. <http://www.fao.org/docrep/008/a0322s/a0322s04.htm>

- Mishra, P., Singh, U., Pandey, C., Mishra, P., & Pandey, G. (2019). Application of student's t-test, analysis of variance, and covariance. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 22(4), 407. https://doi.org/10.4103/aca.aca_94_19
- Mordue, J. A., Morgan, E. D., & Nisbet, J. A. (2005). Azadirachtin, a Natural Product in Insect Control. *Elsevier*, 117–135.
- Morgan, E. D. (2009). Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 17(12), 4096–4105. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2008.11.081>
- Morgan, E. D., & Wilson, I. D. (1999). Insect Hormones and Insect Chemical Ecology. In *Comprehensive Natural Products Chemistry* (pp. 263–375). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-091283-7.00053-9>
- Nanda, A., Mohapatra, Dr. B. B., Mahapatra, A. P. K., Mahapatra, A. P. K., & Mahapatra, A. P. K. (2021). Multiple comparison test by Tukey's honestly significant difference (HSD): Do the confident level control type I error. *International Journal of Statistics and Applied Mathematics*, 6(1), 59–65. <https://doi.org/10.22271/math.2021.v6.i1a.636>
- Organización de las Naciones Unidas. (2016). *Estadísticas sobre Costos de Producción Agrícola*.
- Otero, X. L., Atiaga, O., Estrella, R., Tierra, W., Ruales, J., Zayas, L., Souza, V., Ferreira, T. O., Nóbrega, G. N., Oliveira, D. P., Queiroz, H. M., & Nunes, L. M. (2020). Geographical variations in arsenic contents in rice plants from Latin America and the Iberian Peninsula in relation to soil conditions. *Environmental Geochemistry and Health*, 42(10), 3351–3372. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00581-8>
- Paramasivam, M. (2017). Laboratory bioassay methods to assess the insecticide toxicity against insect pests-A review M Paramasivam and C Selvi. ~ 1441 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3), 1441–1445.
- Patil, S. M., Shirahatti, P. S., v B, C. K., Ramu, R., & M N, N. P. (2021). Azadirachta indica A. Juss (neem) as a contraceptive: An evidence-based review on its pharmacological efficiency. In *Phytomedicine* (Vol. 88). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153596>
- Profillidis, V. A., & Botzoris, G. N. (2019). Statistical Methods for Transport Demand Modeling. In *Modeling of Transport Demand* (pp. 163–224). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811513-8.00005-4>

- Ramírez, J. A., & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. In *Arch Prev Riesgos Labor* (Vol. 4, Issue 2).
- Ramli, N. H., Yusup, S., Kueh, B. W. bin, Kamarulzaman, P. S. D., Osman, N., Abd. Rahim, M., Aziz, R., Mokhtar, S., & Ahmad, A. B. (2018). Effectiveness of biopesticides against brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) in paddy cultivation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 8, 16–20. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2018.01.001>
- Ramli Yusof, N. H., Yusup, S., Kueh, B. W. bin, Kamarulzaman, P. S. D., Osman, N., Abd. Rahim, M., Aziz, R., Mokhtar, S., & Ahmad, A. B. (2018). Effectiveness of biopesticides in enhancing paddy growth for yield improvement. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 7, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2017.11.002>
- Ramli@Yusof, N. H., Yusup, S., Kueh, B. W. bin, Kamarulzaman, P. S. D., Osman, N., Abd. Rahim, M., Aziz, R., Mokhtar, S., & Ahmad, A. B. (2018). Effectiveness of biopesticides in enhancing paddy growth for yield improvement. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 7, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2017.11.002>
- Rodriguez, I., Pérez, H., & Socorro, A. (2018). *Principales insectos plaga, invertebrados y vertebrados que atacan el cultivo del arroz en Ecuador* (Sexta, pp. 98–107). Revista Científica Agroecosistemas.
- S Abbott, B. W. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*.
- Samada, L. H., & Tambunan, U. S. F. (2020). Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: A review of their current and future status. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 20(2), 66–76. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2020.66.76>
- Schaaf, O., Jarvis, A. P., Andrew Van Der Esch, S., Giagnacovo, G., & Oldham, N. J. (2000). Rapid and sensitive analysis of azadirachtin and related triterpenoids from Neem (*Azadirachta indica*) by high-performance liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry a a b. In *Journal of Chromatography A* (Vol. 886). www.elsevier.com/locate/chroma
- Senthil-Nathan, S., Choi, M. Y., Paik, C. H., Seo, H. Y., & Kalaivani, K. (2009). Toxicity and physiological effects of neem pesticides applied to rice on the *Nilaparvata lugens* Stål, the brown planthopper. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(6), 1707–1713. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.04.024>

- Septiyani, R., & Wibowo, C. (2019). Identification of active compounds and testing the antioxidant properties of neem leaf extract. *AIP Conference Proceedings*, 2094. <https://doi.org/10.1063/1.5097503>
- Shah, F. M., Razaq, M., Ali, Q., Shad, S. A., Aslam, M., & Hardy, I. C. W. (2019). Field evaluation of synthetic and neem-derived alternative insecticides in developing action thresholds against cauliflower pests. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44080-y>
- Sidhu, O. P., Kumar, V., & Behl, H. M. (2004). Variability in triterpenoids (nimbin and salanin) composition of neem among different provenances of India. *Industrial Crops and Products*, 19(1), 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.07.002>
- Subramanian, S., Salleh, A. S., Bachmann, R. T., & Hossain, M. S. (2019). Simultaneous extraction and separation of oil and azadirachtin from seeds and leaves of *Azadirachta indica* using binary solvent extraction. *Natural Product Sciences*, 25(2), 150–156. <https://doi.org/10.20307/nps.2019.25.2.150>
- Sutiningsih, D. (2021). *Effectiveness of neem (Azadirachta indica a.juss) bark extract as a gastroprotector.*
- Swami, S., Preet, S., Longo, G., & Dutt, D. (2008). *Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants*. International Centre for Science and High Technology.
- Tulashie, S. K., Adjei, F., Abraham, J., & Addo, E. (2021). Potential of neem extracts as natural insecticide against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)). *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100130>

APÉNDICES

APÉNDICE A

Ecuaciones para granulometría

$$P_i \text{ corregido} = \frac{P_T}{\sum P_i} \times P_i$$
$$\%R_i = \frac{P_i \text{ corregido}}{\sum P_i \text{ corregido}} \times 100$$
$$\%Ra_i = \%R_i + \%Ra_{i-1}$$
$$\%Pasante_i = 100 - \%Ra_i$$

Donde:

P_T : Peso inicial de la muestra para ser tamizado

i : Número de tamiz

P_i : Peso de la muestra retenida en el tamiz i

$\%R_i$: Porcentaje total retenido en el tamiz i

$\%Ra_i$: Porcentaje retenido acumulado en el tamiz i

$\%Pasante_i$: Porcentaje pasante acumulado en el tamiz i

Ecuación para calcular el porcentaje de la muestra

$$\%Hum = \left(\frac{W_{H_2O}}{W_{hoja}} \right) * 100$$

Donde:

W_{hojas} : Peso de la muestra – Peso de la tabla; W_{hojas} es en base húmeda

W_{H_2O} : Peso inicial – Peso final; tomando como referencia el peso final del secado

Ecuación para calcular el estadístico de prueba de Jarque-Bera

$$JB = \left(\frac{n}{6} \right) * \left(S^2 + \left(\frac{C^2}{4} \right) \right)$$

Donde:

n : número de observaciones de la muestra

S : Asimetría de la muestra

C: Curtosis de la muestra

Apéndice A1

Lote agregado al prototipo de secador solar para los Ensayos 2,3 y 4



Apéndice A2

Lote 2: Charol plástico



APÉNDICE B

Resultados reportados en las etapas del Proyecto: Secado, Granulometría, Caracterización y variables de estudio de las etapas del cultivo

Apéndice B1

Datos de humedad del Ensayo 1 de Secado

Lotes	Lote 1		Lote 2		Lote 3	
Días	M1	Humedad	M2	Humedad	M3	Humedad
1	0,220	67,74%	0,160	67,74%	0,050	67,74%
2	0,180	49,56%	0,115	39,62%	0,030	27,74%
3	0,135	29,10%	0,060	5,24%	0,022	11,74%
4	0,110	17,74%	0,055	2,11%	0,021	9,74%
5	0,110	17,74%	0,052	0,24%	0,020	7,74%
6	0,105	15,47%	0,052	0,24%	0,019	5,74%
7	0,103	14,56%	0,052	0,24%	0,018	3,74%
8	0,100	13,19%	0,052	0,24%	0,018	3,74%
9	0,100	13,19%	0,052	0,24%	0,018	3,74%

Apéndice B2

Datos de humedad del Ensayo 2 de Secado

Lotes	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4	
Días	M1	Humedad	M2	Humedad	M3	Humedad	M4	Humedad
1	31,00	67,74%	88,00	67,74%	76,00	67,74%	56,00	67,74%
2	22,00	38,71%	64,00	40,47%	57,00	42,74%	40,00	39,17%
3	16,00	19,35%	47,00	21,15%	45,00	26,95%	33,00	26,67%
4	14,00	12,90%	41,00	14,33%	38,00	17,74%	30,00	21,31%
5	14,00	12,90%	37,00	9,79%	38,00	17,74%	30,00	21,31%
6	13,00	9,68%	36,00	8,65%	38,00	17,74%	30,00	21,31%
7	13,00	9,68%	35,00	7,51%	37,00	16,42%	29,00	19,53%
8	12,00	6,45%	34,00	6,38%	34,00	12,48%	24,00	10,60%
9	12,00	6,45%	34,00	6,38%	34,00	12,48%	24,00	10,60%

Apéndice B3

Datos de humedad del Ensayo 3 de Secado

Lotes	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4	
Días	M1	Humedad	M2	Humedad	M3	Humedad	M4	Humedad
1	50,00	67,74%	49,00	67,74%	76,00	67,74%	85,00	67,74%
2	34,00	35,74%	34,00	37,13%	49,00	32,21%	57,00	34,80%
3	30,00	27,74%	29,00	26,92%	41,00	21,69%	47,00	23,03%
4	28,00	23,74%	26,00	20,80%	37,00	16,42%	42,00	17,15%
5	26,00	19,74%	24,00	16,72%	35,00	13,79%	40,00	14,80%
6	26,00	19,74%	25,00	18,76%	35,00	13,79%	39,00	13,62%
7	26,00	19,74%	24,00	16,72%	34,00	12,48%	39,00	13,62%
8	25,00	17,74%	24,00	16,72%	34,00	12,48%	38,00	12,45%
9	25,00	17,74%	24,00	16,72%	34,00	12,48%	38,00	12,45%

Apéndice B4

Datos de humedad del Ensayo 4 de Secado

Lotes	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4	
Días	M1	Humedad	M2	Humedad	M3	Humedad	M4	Humedad
1	55,00	67,74%	89,00	67,74%	79,00	67,74%	91,00	67,74%
2	38,00	36,83%	67,00	43,02%	59,00	42,42%	57,00	30,38%
3	30,00	22,29%	47,00	20,55%	48,00	28,50%	43,00	14,99%
4	27,00	16,83%	40,00	12,68%	38,00	15,84%	39,00	10,60%
5	25,00	13,19%	35,00	7,07%	37,00	14,58%	38,00	9,50%
6	22,00	7,74%	34,00	5,94%	36,00	13,31%	34,00	5,10%
7	22,00	7,74%	34,00	5,94%	36,00	13,31%	34,00	5,10%
8	21,00	5,92%	34,00	5,94%	33,00	9,51%	34,00	5,10%
9	21,00	5,92%	34,00	5,94%	33,00	9,51%	34,00	5,10%

Apéndice B5

Prueba de normalidad de las Humedades finales de cada Ensayo de Secado

Prueba de normalidad - Humedad final				
Componentes	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4
Std Dev	0,067014759	0,03056382	0,02784424	0,01967548
Sample skewness	1,583284473	0,31656979	0,11489137	1,75542819
Sample kurtosis	2,28642696	-4,1958161	-5,33918774	3,34580949
JB test statistic	2,542484522	3,00095641	4,7599543	3,92009227
p-value	0,280482972	0,22302348	0,09255269	0,14085192

Apéndice B6

Tabla ANOVA de los datos de humedades finales de cada Ensayo de Secado

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Ensayo 1	3	0,17174545	0,05724848	0,00449098
Ensayo 2	4	0,35900026	0,08975007	0,00093415
Ensayo 3	4	0,59382316	0,14845579	0,0007753
Ensayo 4	4	0,26478855	0,06619714	0,00038712

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,019049591	3	0,00634986	4,57372845	0,02590034	3,5874337
Dentro de los grupos	0,015271676	11	0,00138833			
Total	0,034321267	14				

Apéndice B7

Datos del Ensayo de granulometría por tamizado

ENSAYO DE LABORATORIO: GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO U.S.A STANDAT TEST SIEVE ASTM E-11					
Fuente		Hojas Neem	Muestra		Ensayo 1
Fecha de ensayo		19/10/2022	Localización		Laboratorio instrumental- Espol
Equipo tamizador modelo		RX			
Tamiz		Peso retenido (g)	% Retenido		% Tamizado
N°	diámetro(mm)		Parcial	Acumulativo	
10	2	0	0,00%	0,00%	100,00%
45	0,355	34	32,38%	32,38%	67,62%
50	0,3	13	12,38%	44,76%	55,24%
70	0,212	25	23,81%	68,57%	31,43%
Base		33	31,43%	100,00%	0,00%
Total		105			

Apéndice B8

Porcentaje de control reportado en las parcelas por días

Parcelas tratadas con dosis concentrada	22/10/2022	23/10/2022	30/10/2022	31/10/2022	12/11/2022
C1	18,75	4,76	40,32	20	50
C2	10,4	61,9	25	54,39	41,67
C3	2,78	44,93	8,96	14,81	66,67
C4			50	59,41	66,67
C5			34,78	45,45	58,33
Parcelas tratadas con dosis diluida	22/10/2022	23/10/2022	30/10/2022	31/10/2022	12/11/2022
D1	35,71	26,05	99,3	3,45	68,75
D2	15,56	88,24	100	96,36	75
D3	10,83	41,67	34,83	3,33	80
D4			53,85	54,55	50
D5			40,91	45,45	58,33

Apéndice B9

Datos reportados de la altura de la planta por día

Altura [cm]	22/10/22	23/10/22	30/10/22	31/10/22	11/11/22	12/11/22	27/11/22	28/11/22	10/12/22
Concentrado	23	19	41	39	45	46	58	56	70
Diluido	28	31	39	44	49	54	62	61	72
Control	21	25	46	49	52	49	67	72	70
Mean	24	25	42	44	49	50	62	63	70

Apéndice B10

Valores de absorbancia entre 190 y 450 nm para las muestras de cada extracto

Muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
L. de onda	"Abs"	"Abs"	"Abs"	"Abs"
190	1,7040	1,416	1,552	1,524
191	1,6380	1,352	1,461	1,431
192	1,6060	1,314	1,400	1,376
193	1,5760	1,276	1,341	1,326
194	1,5460	1,241	1,285	1,281
195	1,5170	1,204	1,230	1,240
196	1,4850	1,168	1,178	1,201
197	1,4480	1,130	1,126	1,162
198	1,4100	1,095	1,082	1,129
199	1,3640	1,060	1,037	1,093
200	1,3040	1,017	0,986	1,050
201	1,2460	0,979	0,941	1,009
202	1,1860	0,941	0,899	0,968
203	1,1270	0,906	0,861	0,928
204	1,0700	0,872	0,826	0,889
205	1,0110	0,837	0,79	0,846
206	0,9580	0,806	0,759	0,807
207	0,9090	0,776	0,729	0,768
208	0,8580	0,743	0,696	0,726
209	0,8140	0,713	0,666	0,69
210	0,7780	0,686	0,639	0,658
211	0,7400	0,657	0,61	0,624
212	0,7120	0,634	0,588	0,599
213	0,6830	0,608	0,562	0,572
214	0,6580	0,586	0,539	0,548

215	0,6360	0,566	0,519	0,528
216	0,6140	0,545	0,499	0,507
217	0,5960	0,527	0,481	0,489
218	0,5790	0,511	0,465	0,473
219	0,5640	0,497	0,451	0,459
220	0,5480	0,482	0,436	0,444
221	0,5330	0,469	0,422	0,431
222	0,5180	0,455	0,409	0,417
223	0,5040	0,443	0,396	0,404
224	0,4900	0,431	0,384	0,392
225	0,4750	0,419	0,37	0,379
226	0,4600	0,407	0,357	0,366
227	0,4450	0,395	0,343	0,353
228	0,4290	0,382	0,328	0,338
229	0,4170	0,373	0,318	0,329
230	0,4050	0,364	0,308	0,319
231	0,3900	0,353	0,296	0,307
232	0,3760	0,342	0,286	0,296
233	0,3620	0,331	0,276	0,285
234	0,3470	0,32	0,265	0,274
235	0,3350	0,312	0,258	0,265
236	0,3230	0,303	0,25	0,256
237	0,3120	0,295	0,244	0,247
238	0,3010	0,287	0,237	0,239
239	0,2910	0,281	0,232	0,231
240	0,2810	0,274	0,226	0,223
241	0,2730	0,269	0,222	0,216
242	0,2650	0,264	0,219	0,21
243	0,2590	0,261	0,216	0,205
244	0,2530	0,258	0,214	0,2
245	0,2470	0,254	0,212	0,195
246	0,2410	0,251	0,21	0,189
247	0,2370	0,249	0,208	0,186
248	0,2330	0,248	0,208	0,183
249	0,2300	0,246	0,207	0,18
250	0,2260	0,245	0,207	0,177
251	0,2230	0,244	0,206	0,174
252	0,2200	0,243	0,206	0,172
253	0,2190	0,243	0,206	0,171
254	0,2170	0,243	0,206	0,169
255	0,2160	0,242	0,206	0,168
256	0,2150	0,242	0,206	0,166
257	0,2140	0,241	0,205	0,165

258	0,2130	0,241	0,205	0,164
259	0,2130	0,241	0,204	0,164
260	0,2120	0,24	0,204	0,163
261	0,2120	0,24	0,203	0,163
262	0,2130	0,24	0,203	0,163
263	0,2130	0,24	0,202	0,162
264	0,2130	0,239	0,201	0,162
265	0,2140	0,238	0,199	0,162
266	0,2140	0,237	0,197	0,161
267	0,2140	0,235	0,195	0,161
268	0,2150	0,234	0,193	0,16
269	0,2150	0,231	0,189	0,16
270	0,2160	0,228	0,186	0,159
271	0,2160	0,225	0,182	0,158
272	0,2160	0,223	0,179	0,158
273	0,2160	0,219	0,175	0,157
274	0,2160	0,216	0,171	0,156
275	0,2160	0,211	0,167	0,156
276	0,2160	0,207	0,163	0,155
277	0,2150	0,204	0,16	0,154
278	0,2140	0,2	0,157	0,154
279	0,2130	0,196	0,154	0,153
280	0,2120	0,192	0,151	0,152
281	0,2100	0,189	0,149	0,152
282	0,2080	0,185	0,146	0,151
283	0,2060	0,183	0,144	0,15
284	0,2030	0,18	0,141	0,149
285	0,1990	0,177	0,138	0,147
286	0,1960	0,174	0,136	0,146
287	0,1920	0,171	0,134	0,144
288	0,1880	0,169	0,131	0,142
289	0,1830	0,167	0,129	0,14
290	0,1780	0,164	0,126	0,138
291	0,1740	0,162	0,125	0,136
292	0,1700	0,161	0,123	0,135
293	0,1660	0,159	0,121	0,133
294	0,1630	0,158	0,119	0,131
295	0,1610	0,157	0,118	0,13
296	0,1590	0,155	0,117	0,129
297	0,1560	0,154	0,115	0,128
298	0,1550	0,153	0,115	0,127
299	0,1530	0,152	0,114	0,126
300	0,1520	0,151	0,112	0,125

301	0,1500	0,151	0,112	0,124
302	0,1490	0,15	0,111	0,124
303	0,1480	0,149	0,11	0,123
304	0,1460	0,148	0,109	0,122
305	0,1450	0,147	0,108	0,121
306	0,1440	0,147	0,107	0,12
307	0,1430	0,146	0,107	0,119
308	0,1410	0,145	0,106	0,119
309	0,1400	0,145	0,105	0,118
310	0,1390	0,144	0,104	0,117
311	0,1380	0,143	0,104	0,116
312	0,1370	0,143	0,103	0,115
313	0,1360	0,142	0,102	0,115
314	0,1340	0,142	0,101	0,114
315	0,1330	0,141	0,101	0,113
316	0,1320	0,141	0,1	0,112
317	0,1310	0,14	0,1	0,111
318	0,1300	0,14	0,099	0,11
319	0,1290	0,139	0,099	0,109
320	0,1280	0,138	0,098	0,108
321	0,1270	0,138	0,098	0,107
322	0,1250	0,137	0,097	0,106
323	0,1240	0,136	0,096	0,104
324	0,1220	0,135	0,095	0,103
325	0,1210	0,135	0,095	0,102
326	0,1200	0,134	0,094	0,1
327	0,1190	0,133	0,093	0,099
328	0,1170	0,132	0,093	0,097
329	0,1160	0,131	0,092	0,095
330	0,1150	0,13	0,091	0,093
331	0,1130	0,129	0,09	0,091
332	0,1110	0,128	0,089	0,089
333	0,1100	0,127	0,089	0,088
334	0,1090	0,127	0,088	0,086
335	0,1070	0,125	0,087	0,084
336	0,1060	0,124	0,087	0,082
337	0,1040	0,123	0,086	0,08
338	0,1030	0,122	0,085	0,078
339	0,1010	0,121	0,084	0,077
340	0,1000	0,12	0,084	0,075
341	0,0990	0,119	0,083	0,073
342	0,0970	0,118	0,082	0,071
343	0,0960	0,117	0,082	0,069

344	0,0950	0,116	0,081	0,067
345	0,0930	0,115	0,08	0,066
346	0,0920	0,114	0,079	0,064
347	0,0910	0,113	0,079	0,063
348	0,0900	0,112	0,078	0,061
349	0,0890	0,11	0,077	0,059
350	0,0880	0,109	0,077	0,058
351	0,0860	0,108	0,076	0,056
352	0,0850	0,107	0,075	0,055
353	0,0840	0,106	0,074	0,053
354	0,0830	0,105	0,074	0,052
355	0,0820	0,104	0,073	0,05
356	0,0810	0,103	0,072	0,049
357	0,0800	0,101	0,071	0,048
358	0,0790	0,1	0,07	0,047
359	0,0780	0,099	0,07	0,046
360	0,0770	0,098	0,069	0,044
361	0,0760	0,097	0,068	0,043
362	0,0750	0,095	0,067	0,042
363	0,0750	0,094	0,066	0,041
364	0,0740	0,093	0,065	0,04
365	0,0730	0,092	0,064	0,039
366	0,0720	0,09	0,063	0,038
367	0,0710	0,089	0,062	0,037
368	0,0700	0,087	0,061	0,036
369	0,0690	0,086	0,06	0,035
370	0,0680	0,085	0,059	0,034
371	0,0680	0,084	0,058	0,033
372	0,0670	0,082	0,057	0,032
373	0,0660	0,081	0,056	0,031
374	0,0650	0,079	0,055	0,03
375	0,0640	0,077	0,054	0,029
376	0,0630	0,076	0,053	0,029
377	0,0630	0,074	0,051	0,028
378	0,0620	0,073	0,05	0,027
379	0,0610	0,072	0,049	0,026
380	0,0600	0,07	0,048	0,025
381	0,0600	0,068	0,047	0,024
382	0,0590	0,067	0,046	0,024
383	0,0580	0,065	0,045	0,023
384	0,0580	0,064	0,044	0,023
385	0,0570	0,063	0,043	0,022
386	0,0560	0,061	0,042	0,021

387	0,0560	0,06	0,041	0,021
388	0,0550	0,058	0,04	0,02
389	0,0540	0,057	0,039	0,02
390	0,0540	0,055	0,038	0,019
391	0,0530	0,054	0,037	0,018
392	0,0530	0,053	0,036	0,018
393	0,0520	0,051	0,035	0,017
394	0,0520	0,05	0,034	0,017
395	0,0510	0,049	0,033	0,016
396	0,0510	0,048	0,033	0,016
397	0,0500	0,046	0,032	0,015
398	0,0490	0,045	0,031	0,015
399	0,0490	0,044	0,03	0,015
400	0,0490	0,043	0,03	0,014
401	0,0480	0,042	0,029	0,014
402	0,0480	0,04	0,028	0,013
403	0,0470	0,039	0,028	0,013
404	0,0470	0,038	0,027	0,013
405	0,0470	0,037	0,027	0,012
406	0,0460	0,036	0,026	0,012
407	0,0460	0,035	0,026	0,012
408	0,0460	0,034	0,025	0,012
409	0,0450	0,033	0,025	0,011
410	0,0450	0,032	0,024	0,011
411	0,0450	0,032	0,024	0,011
412	0,0440	0,031	0,023	0,011
413	0,0440	0,03	0,023	0,01
414	0,0440	0,029	0,023	0,01
415	0,0430	0,029	0,022	0,01
416	0,0430	0,028	0,022	0,01
417	0,0430	0,027	0,022	0,01
418	0,0430	0,027	0,021	0,009
419	0,0420	0,026	0,021	0,009
420	0,0420	0,026	0,021	0,009
421	0,0420	0,025	0,021	0,009
422	0,0420	0,024	0,02	0,009
423	0,0410	0,024	0,02	0,009
424	0,0410	0,023	0,02	0,009
425	0,0410	0,023	0,02	0,009
426	0,0410	0,022	0,019	0,008
427	0,0400	0,022	0,019	0,008
428	0,0400	0,021	0,019	0,008
429	0,0400	0,021	0,019	0,008

430	0,0390	0,02	0,018	0,008
431	0,0390	0,02	0,018	0,007
432	0,0390	0,019	0,018	0,007
433	0,0390	0,019	0,018	0,007
434	0,0390	0,019	0,018	0,007
435	0,0380	0,019	0,018	0,007
436	0,0380	0,018	0,017	0,007
437	0,0380	0,018	0,017	0,007
438	0,0380	0,017	0,017	0,007
439	0,0370	0,017	0,017	0,006
440	0,0370	0,017	0,017	0,007
441	0,0370	0,017	0,017	0,006
442	0,0370	0,016	0,017	0,006
443	0,0360	0,016	0,016	0,006
444	0,0360	0,016	0,016	0,006
445	0,0360	0,016	0,016	0,006
446	0,0360	0,015	0,016	0,006
447	0,0360	0,015	0,016	0,006
448	0,0360	0,015	0,016	0,006
449	0,0350	0,015	0,016	0,006
450	0,0350	0,014	0,016	0,005

Apéndice B11

Datos reportados del Número de Panículas/m² por unidades experimentales

Número de panículas/m ²			
# Parcela	Blanco	Concentrado	Diluido
1	192	180	180
2	80	180	200
3	208	204	200
4	64	200	176
5	100	208	172

Apéndice B12

Datos reportados del número de tallos/m² por grupos

Cantidad de tallos/m ²			
#Repetición	Blanco	Diluido	Concentrado
1	472,59	642,72	491,49
2	245,75	226,84	548,20
3	510,40	302,46	472,59
4	189,04	642,72	718,34
5	207,94	586,01	661,63
6	283,55	264,65	434,78
7	245,75	321,36	434,78
8	378,07	359,17	529,30
9	340,26	415,88	623,82
10	718,34	359,17	491,49

Apéndice B13

Datos reportados de la Profundidad de raíces por grupos

Profundidad raíces [cm]			
#Repetición	Blanco	Diluido	Concentrado
1	10,2	11,7	12,3
2	8,8	12,5	11,3
3	12,4	12,9	11
4	9,3	14,1	13,8
5	12,7	13,8	11,1
6	9,4	11,8	9,2
7	11,8	11,9	10
8	13,6	12,4	12
9	9,1	10,8	14,2
10	12,1	11,4	13,4

Apéndice B14

Datos reportados del Peso de granos para el arroz cosechado

Arroz - cultivo de Paipayales				
# Granos	M1 [g]	M2 [g]	M3 [g]	Promedio [g]
100	2	2	2	2
200	4	3	4	3,67
300	5	5	6	5,33
400	7	7	8	7,33
500	9	9	10	9,33
600	11	11	12	11,33
700	12	13	13	12,67
800	14	15	15	14,67
900	16	16	18	16,67
1000	17	18	20	18,33

APÉNDICE C

Tratamiento estadístico de datos

Apéndice C1

Prueba de normalidad de los datos de Porcentaje de control por grupos

Prueba de normalidad - Datos del Porcentaje de control		
Componentes	Concentrado	Diluido
Sample skewness	-0,24125739	0,07560831
Sample kurtosis	-1,36044357	-0,93560467
JB test statistic	1,823173829	0,78594474
p-value	0,401885959	0,6750474

Apéndice C2

Prueba de normalidad de los datos de Porcentaje de control a los 50 ddt

Prueba de normalidad - Porcentaje de control a los 50 días		
Componentes	Concentrado	Diluido
Sample skewness	0,597324515	1,00168241
Sample kurtosis	-0,89262729	2,13284479
JB test statistic	0,46332704	1,78385364
p-value	0,793212979	0,40986525

Apéndice C3

Tabla ANOVA de los datos de Porcentaje de control 10ddt para el triplicado

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Concentrado	3	72,6	24,2	52,2648778		
Diluido	3	150,73	50,24333333	385,705211		
Control	3	0	0	0		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3788,287756	2	1894,143878	12,9744742	0,00662345	5,14325285
Dentro de los grupos	875,9401778	6	145,9900296			
Total	4664,227933	8				

Apéndice C4

Tabla ANOVA de los datos de Porcentaje de control 22ddt para el triplicado

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Concentrado	3	93,068	31,0226667	44,0708493
Diluido	3	155,816	51,9386667	439,164133
Control	3	0	0	0

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4097,509998	2	2048,755	12,7189985	0,00695167	5,14325285
Dentro de los grupos	966,4699653	6	161,078328			
Total	5063,979964	8				

Apéndice C5

Tabla ANOVA de los datos de Porcentaje de control 12ddt para el duplicado

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Concentrado	2	104,88	52,44	78,2083556
Diluido	2	101,03	50,515	10,44245
Control	2	0	0	0

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3536,949633	2	1768,474817	59,8463197	0,00382344	9,5520945
Dentro de los grupos	88,65080556	3	29,55026852			
Total	3625,600439	5				

Apéndice C6

Tabla ANOVA de los datos de Porcentaje de control 50ddt para las 5 unidades experimentales

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Concentrado	5	197,948	39,5896	179,198164
Diluido	5	256,846	51,3692	222,800727
Control	5	0	0	0

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7241,483522	2	3620,74176	27,0205355	3,5992E-05	3,88529383
Dentro de los grupos	1607,995564	12	133,99963			
Total	8849,479085	14				

Apéndice C7

Prueba de normalidad de los datos de Panículas/m²

Prueba de normalidad - Panículas/m ²			
Componentes	Blanco	Concentrado	Diluido
Sample skewness	0,47801409	-0,410683196	0,410683196
Sample kurtosis	-2,92486843	-3,040958572	-3,040958572
JB test statistic	1,97267609	2,067098288	2,067098288
p-value	0,37293988	0,355742137	0,355742137

Apéndice C8

Tabla ANOVA de los datos de Panículas/m² para los grupos: concentrado, diluido y control

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Blanco	5	644	128,8	4419,2
Concentrado	5	972	194,4	180,8
Diluido	5	928	185,6	180,8

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	12678,4	2	6339,2	3,97791165	0,047279141	3,885293835
Dentro de los grupos	19123,2	12	1593,6			
Total	31801,6	14				

Apéndice C9

Prueba de normalidad de los datos de Número de tallos/m²

Prueba de normalidad - Cantidad de tallos/m ²			
Componentes	Blanco	Diluido	Concentrado
Sample skewness	1,194739643	0,65578624	0,758690958
Sample kurtosis	1,106439507	-1,21142748	-0,579762434
JB test statistic	2,889091517	1,3282412	1,099405151
p-value	0,235853187	0,51472598	0,577121435

Apéndice C10

Prueba de normalidad de los datos de Profundidad de raíces

Prueba de normalidad - Profundidad de raíces			
Componentes	Blanco	Diluido	Concentrado
Sample skewness	0,1289171	0,500827527	-0,015760511
Sample kurtosis	-1,80378883	-0,39388886	-0,876895502
JB test statistic	1,38338859	0,482692201	0,32080804
p-value	0,50072697	0,785569693	0,851799575

Apéndice C11

Tabla ANOVA de los datos de Número de tallos/m² para los grupos: concentrado, diluido y control

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Blanco	10	3591,68242	359,168242	27634,7402		
Diluido	10	4120,982987	412,0982987	24283,6309		
Concentrado	10	5406,427221	540,6427221	9465,692621		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	174194,16	2	87097,07775	4,256662354	0,0247245	3,35413083
Dentro de los grupos	552456,57	27	20461,35458			
Total	726650,73	29				

Apéndice C12

Tabla ANOVA de los datos de Profundidad de raíces para los grupos: concentrado, diluido y control

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Blanco	10	109,4	10,94	3,107111111		
Diluido	10	123,3	12,33	1,080111111		
Concentrado	10	118,3	11,83	2,664555556		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	9,914	2	4,957	2,170385626	0,1336381	3,35413083
Dentro de los grupos	61,666	27	2,283925926			
Total	71,58	29				

Apéndice C13

Prueba de normalidad para los datos de Altura de la planta para los grupos

Prueba de normalidad - Altura de la planta			
Componentes	Concentrado	Diluido	Blanco
Sample skewness	0,271768758	0,79067154	1,185854123
Sample kurtosis	-2,680265361	2,02180573	1,05
JB test statistic	1,558178216	1,37257174	1,4015625
p-value	0,45882376	0,50344245	0,496197498

Apéndice C14

Tabla ANOVA de los datos de Altura de la planta para los grupos: concentrado, diluido y control

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Concentrado	5	349	69,8	12,7
Diluido	5	358	71,6	29,3
Blanco	5	350	70	10

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	9,7333333	2	4,86666667	0,280769231	0,76002956	3,885294
Dentro de los grupos	208	12	17,3333333			
Total	217,73333	14				

Apéndice C15

Valores-p de los coeficientes de correlación entre los rasgos por grupos

	Panículas/m ²		Número de tallos/m ²		Profundidad de raíces [cm]		Altura de la planta [cm]	
	GC	GD	GC	GD	GC	GD	GC	GD
Porcentaje de control	0,5180	0,7668	0,5193	0,5557	0,7100	0,4409	0,4176	0,5991
Panículas/m²			0,7159	0,1665	0,9700	0,0357	0,9309	0,2365
Número de tallos/m²					0,4707	0,2447	0,3542	0,6957
Profundidad de raíces [cm]							0,0551	0,2388

Apéndice C16

Prueba de normalidad para los datos reportados de huevos de novias de arroz por grupos

Prueba de normalidad - Huevos de novias de arroz			
Componentes	Control	Concentrado	Diluido
Sample skewness	0,806335085	0,47737985	0,2745316
Sample kurtosis	1,456208128	-1,08449992	-2,52160218
JB test statistic	0,983593165	0,434938782	1,38748915
p-value	0,611526749	0,804552231	0,49970139

Apéndice C17

Prueba de normalidad para los datos reportados de número de malezas por grupos

Prueba de normalidad - Cantidad de malezas			
Componentes	Control	Concentrado	Diluido
Sample skewness	-0,09231363	0,512240833	1,74879169
Sample kurtosis	-2,55405357	-0,612244898	3,72400756
JB test statistic	1,36609935	0,296751354	5,43777538
p-value	0,50507433	0,86210718	0,06594807

Apéndice C18

Prueba de normalidad para los datos reportados de cantidad de plantas con hojas amarillentas por grupos

Prueba de normalidad - Cantidad de plantas con hojas amarillentas			
Componentes	Control	Concentrado	Diluido
Sample skewness	-0,878924295	-0,37863467	1,184576828
Sample kurtosis	0,503664242	-1,813096063	1,505056514
JB test statistic	0,696606111	0,804327955	1,641267533
p-value	0,705884921	0,668871057	0,440152612

Apéndice C19

Tabla ANOVA de los datos de huevos de novias de arroz por grupos

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Control	5	200	40	71,5
Concentrado	5	131	26,2	7,7
Diluido	5	122	24,4	83,8

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	728,4	2	364,2	6,70306748	0,0111034	3,88529383
Dentro de los grupos	652	12	54,33333333			
Total	1380,4	14				

Apéndice C20

Tabla ANOVA de los datos de malezas presentes por grupos

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Control	5	41	8,2	16,7
Concentrado	5	4	0,8	0,7
Diluido	5	7	1,4	2,3

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	168,933333	2	84,46666667	12,8629442	0,00103574	3,88529383
Dentro de los grupos	78,8	12	6,566666667			
Total	247,733333	14				

Apéndice C21

Tabla ANOVA de los datos de plantas con hojas amarillentas por grupos

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Control	5	97	19,4	46,3
Concentrado	5	59	11,8	13,7
Diluido	5	57	11,4	12,3

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	203,2	2	101,6	4,21576763	0,041047	3,88529383
Dentro de los grupos	289,2	12	24,1			
Total	492,4	14				

APÉNDICE D

Análisis económico del proyecto

Apéndice D1

Detalle de la inversión inicial

Materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Botellas de color ámbar	7	\$ 1.00	7.00
Pliego de papel filtro	2	\$ 1.99	3.98
Botellas de plástico vacías	2	\$ 2.00	4.00
Jarra milimetrada de 500 mL, marca reynolds	1	\$ 3.60	3.60
Equipos			
Licadora 3 velocidades, marca Osterizer	1	\$ 70.00	70.00
Balanza electrónica de cocina, capacidad 5 kg y precisión 0.5 kg, marca Camry	1	\$ 15.50	15.50
Secador solar			
Madera	1	\$ 10.88	10.88
Clavos	1	\$ 1.24	1.24
Plastico	1	\$ 6.00	6.00
malla de tela	1	\$ 48.20	48.20
Costo total			170.40

Apéndice D2

Flujo de caja usando bioinsecticida

Precio de saco de arroz	60	Crecimiento anual precio del arroz					0.39%
Periodo	0	1	2	3	4	5	
Unidades		19	21	23	25	27	
Precio		60	60.23	60.47	60.70	60.94	
Total de ingresos estimados		1140	1264.91	1390.78	1517.62	16.45.42	
Costos							
Fijos							
Bioinsecticida		40	40	40	40	40	
Fertilizantes		135	135	135	135	135	
Mano de obra		90	90	90	90	90	
Transporte de sacos a piladora		60	60	60	60	60	
Motocultores		10	10	10	10	10	
Variables							
Sacos de embasado		2.85	3.15	3.45	3.75	4.05	
Piladora		38	42	46	50	54	
Cosechadora		23.75	26.25	28.75	31.25	33.75	
Total de egresos estimados		399.6	406.4	413.2	420	426.8	
Inversion inicial							
Semillas certificadas, materiabes insecticida							
Flujo de efectivo		-249	740.40	858.51	977.58	1097.62	1218.62
TIR	312%						
TMAR	11.26%						
VAN	\$3250.89						

Apéndice D3

Flujo de caja usando insecticida común

Precio de saco de arroz		32	Crecimiento anual precio del arroz				0.39%
		0	1	2	3	4	5
Unidades			27	27	27	27	27
Precio			32	32.12	32.25	32.38	32.50
Ingresos			864.00	867.37	870.75	874.15	877.56
Costos							
	Fijos						
	Insecticida		204	204	204	204	204
	Fertilizantes		135	135	135	135	135
	Mano de obra		90	90	90	90	90
	Transporte de sacos a piladora		60	60	60	60	60
	Motocultores		10	10	10	10	10
	Variables						
	Sacos de embasado		4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
	Piladora		54	54	54	54	54
	Cosechadora		33.75	33.75	33.75	33.75	33.75
Total egresos			590.8	590.8	590.8	590.8	590.8
Inversion inicial							
	Semillas certificadas						
Flujo de efectivo		-80	273.20	276.57	279.95	283.35	286.76
TIR	343%						
TMAR	11.26%						
VAN	\$945.35						

Apéndice D4

Flujo de cada sin utilizar insecticida

Precio de saco de arroz	32	Crecimiento anual precio del arroz					0.39%
	0	1	2	3	4	5	
Unidades		18	18	18	18	18	
Precio		32	32.12	32.25	32.38	32.50	
Ingresos		576.00	578.25	580.50	582.77	585.04	
Costos							
	Fijos						
	Fertilizantes	135	135	135	135	135	
	Mano de obra	90	90	90	90	90	
	Transporte de sacos a piladora	60	60	60	60	60	
	Motocultores	10	10	10	10	10	
	Variables						
	Sacos de embasado	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	
	Piladora	36	36	36	36	36	
	Cosechadora	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	
Total egresos		356.2	356.2	356.2	356.2	356.2	
Inversion inicial							
	Semillas certificadas						
Flujo de efectivo		-80	219.80	222.05	224.30	226.57	228.84
TIR	275%						
TMAR	11.20%						
VAN	\$743.12						

