



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE
MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÍCOLA**

TEMA:

**EFFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN COMPLEMENTADA
CON ENMIENDAS, EN EL CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y
RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*)**

AUTORES:

**JOSÉ LUIS ZAMBRANO LOOR
JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARÍAS**

TUTORA:

ING. SOFÍA DEL ROCÍO VELÁSQUEZ CEDEÑO

CALCETA, JULIO DE 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARIAS**, con cédula de ciudadanía 131414202-5 y **JOSE LUIS ZAMBRANO LOOR**, con cédula de ciudadanía 131633967-8 declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN COMPLEMENTADA CON ENMIENDAS, EN EL CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*)** es de nuestra autoría, que nos ha sido previamente presentado para ningún grado o clasificación profesional, y que he consultado referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos de Creatividad en innovación.



JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARÍAS

1314142025



JOSÉ LUIS ZAMBRANO LOOR

1316339678

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARÍAS, con cédula de ciudadanía 1314142025 y **JOSÉ LUIS ZAMBRANO LOOR** , con cédula de ciudadanía 1316339678 autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN COMPLEMENTADA CON ENMIENDAS, EN EL CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*)**, cuyo contenido, idea y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARÍAS

1314142025



JOSÉ LUIS ZAMBRANO LOOR

1316339678

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. SOFÍA DEL ROCÍO VELÁSQUEZ CEDEÑO, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN COMPLEMENTADA CON ENMIENDAS, EN EL CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*)**, que ha sido desarrollado por **JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARÍAS Y JOSÉ LUIS ZAMBRANO LOOR**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. SOFÍA DEL ROCÍO VELÁSQUEZ CEDEÑO

1309938163

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN COMPLEMENTADA CON ENMIENDAS, EN EL CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*)**, que ha sido desarrollado por **JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARÍAS Y JOSÉ LUIS ZAMBRANO LOOR**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA, MG.

CC: 1311956831

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**ING. DILMO JOSE
GARCIA ARTEAGA, MG.**

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CC: 1717929283

**ING. SERGIO MIGUEL
VÉLEZ ZAMBRANO, MG.**
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CC: 1310476773

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

A Dios, por ofrecernos fortaleza, bendiciones y la perseverancia en nuestros estudios, y sobre todo por brindarnos la oportunidad haber obtenido uno de nuestro mayor anhelo;

A nuestros padres, por ser siempre nuestros principales educadores, por darnos amor y apoyo tanto económico como emocional en el transcurso de la carrera, gracias a ustedes hemos podido llegar hasta aquí:

A todos los ingenieros de la carrera de Ingeniería Agrícola por brindar de sus conocimientos que nos ayudaron en nuestra formación y ayudarán en nuestro futuro laboral, también al Ing. Galo Cedeño por brindar su ayuda, conocimientos y paciencia para que esta investigación se diera de la mejor manera;

Y de igual manera también agradecemos a nuestros amigos, familiares y docentes que aportaron con su granito de arena para nuestra formación académica.

JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARÍAS

JOSÉ LUIS ZAMBRANO LOOR

Empresa La Colina, expresamos nuestro más sincero agradecimiento por la calidad y eficacia de las enmiendas agrícolas que esta empresa nos ha proporcionado. Desde que empezamos a utilizar sus productos, hemos notado una mejora significativa en el crecimiento y rendimiento de nuestras plantas, lo que se ha traducido en una cosecha mas abundante y de mejor calidad.

Su compromiso con la excelencia y el servicio al cliente es evidente en cada proyecto. Apreciamos la atención personalizada y el asesoramiento técnico que nos brindaron, lo cual fue fundamental para realizar con éxitos nuestras prácticas agrícolas.

Gracias por ser un aliado confiable y por contribuir de manera tan positiva a nuestro éxito.

Atentamente:

JOSÉ LUIS ZAMBRANO LOOR

JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARÍAS

Estimada Ingeniera Sofía Del Rocío Velásquez Cedeño, queríamos expresarle nuestro mas sincero agradecimiento por su dedicación y liderazgo en la dirección de la carrera de Ingeniería Agrícola. Su compromiso con la educación y el desarrollo de los estudiantes ha sido una fuente de inspiración para todos nosotros.

Gracias a su incansable esfuerzo y visión, hemos tenido acceso a oportunidades de aprendizaje excepcionales y a una formación integral que nos prepara para enfrentar los desafíos del sector agrícola. Su apoyo y orientación han sido fundamentales para nuestro crecimiento personal y profesional.

Estamos profundamente agradecidos por su esfuerzo continuo y por ser una guía tan valiosa en nuestro camino educativo.

Atentamente:

JOSÉ LUIS ZAMBRANO LOOR

JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARÍAS

DEDICATORIA

Agradezco este trabajo investigativo a Dios y cada una de las personas que me han acompañado en este proceso educativo.

También a mi director de tesis y cada uno de mis docentes que me han ayudado a formarme como un profesional.

JHON MICHAEL SALDARRIAGA FARÍAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme la fortaleza necesaria para poder salir adelante, por iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino personas que han sido mi soporte fundamental durante todo el periodo estudiantil.

A mis queridos padres Ana María y Luis Alfredo, por darme la enseñanza, apoyarme en todo momento de mi vida, por ser mi pilar fundamental gracias a ellos he podido lograr esta meta la cual siempre he anhelado.

A mi compañera de vida que me ha ayudado en mis momentos difíciles, mis hermanos que me dieron palabras de aliento para poder seguir adelante, a mis amigos y familiares que siempre me apoyaron con su granito de arena.

JOSÉ LUIS ZAMBRANO LOOR

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	2
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	3
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	4
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	5
AGRADECIMIENTO	6
DEDICATORIA	9
DEDICATORIA	10
CONTENIDO GENERAL	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.4. HIPÓTESIS.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ A NIVEL GLOBAL, REGIONAL Y NACIONAL.....	18
2.2. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL ARROZ.....	19
2.3. TAXONOMÍA DE ARROZ (NOMBRE CIENTIFICO)	21
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD SFL 011	21
2.5. ENMIENDAS.....	22
2.6. PLANES NUTRICIONALES DEL ARROZ.....	22
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	25
3.1. UBICACIÓN	25
3.2. DURACIÓN.....	25

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	25
3.4. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL.....	26
3.5. VARIABLES RESPUESTA.....	26
3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSÓN.....	29
4.1. COMPONENTES DE CRECIMIENTO	29
4.2. COMPONENTES DE RENDIMIENTO	30
4.3. VARIABLES DE RENDIMIENTO	32
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
5.1. CONCLUSIONES	36
5.2. RECOMENDACIONES	36
BLIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXOS.....	42

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la efectividad de la fertilización complementada con enmiendas en el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Se desarrolló un experimento durante las temporadas 2022 y 2023. Los tratamientos evaluados fueron: **T1**: Fertilización convencional + Corrector salino, **T2**: Fertilización convencional + Vid minerales, **T3**: Fertilización convencional + Yesolina, **T4**: Fertilización convencional + Humiful, **T5**: Fertilización convencional + Wayra, **T6**: Fertilización de la Colina, **T7**: Fertilización convencional, **T8**: Control. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA). Las principales variables registradas fueron altura de planta (AP), clorofila (SPAD), macollos fértiles (MF), peso de 1000 granos (PMG), rendimiento de grano (RG) y rentabilidad económica (RE). Los datos fueron analizados mediante el ANOVA y la separación de medias con prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los tratamientos influyeron significativamente ($p < 0.05$) el crecimiento y rendimiento del arroz en ambas temporadas de siembra, donde los tratamientos de fertilización con enmiendas (T1-T5) fueron superiores a los tratamientos de fertilización convencional (T6-T7) y al tratamiento control (T8). En promedio el incremento de rendimiento con uso de enmiendas fue superior al 15% con relación a los tratamientos sin enmiendas y al control. La rentabilidad económica fue superior al 60% con enmiendas en 2022 y mayor al 30% en la temporada 2023. El uso de enmiendas es efectivo para potenciar el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del arroz, y su uso no representa una desventaja económica para el agricultor.

Palabras clave: *Oryza sativa*; Enmiendas del suelo; Desarrollo, Productividad, Beneficio económico

ABSTRACT

The objective of the work was to evaluate the effectiveness of fertilization supplemented with amendments on the growth, yield and profitability of the rice crop (*Oryza sativa*). An experiment was developed during the 2022 and 2023 seasons. The treatments evaluated were: T1: Fertilization conventional + Saline Corrector, T2: Conventional fertilization + Vine minerals, T3: Conventional fertilization + Plaster, T4: Conventional fertilization + Humiful, T5: Conventional fertilization + Wayra, T6: Hill Fertilization, T7: Conventional fertilization, T8: Control. A randomized complete block design (DBCA) was used. The main variables recorded were plant height (AP), chlorophyll (SPAD), fertile tillers (MF), 1000 grain weight (PMG), grain yield (RG) and economic profitability (RE). The data were analyzed using ANOVA and separation of means with Tukey's test ($\alpha = 0.05$). The treatments significantly influenced ($p < 0.05$) the growth and yield of rice in both planting seasons, where the fertilization treatments with amendments (T1-T5) were superior to the conventional fertilization treatments (T6-T7) and the control treatment. (T8). On average, the increase in yield with the use of amendments was greater than 15% in relation to the treatments without amendments and the control. The economic profitability was greater than 60% with amendments in 2022 and greater than 30% in the 2023 season. The use of amendments is effective in enhancing the growth, yield and profitability of rice, and their use does not represent an economic disadvantage for the farmer.

Keywords: *Oryza sativa*; Soil amendments; Development, Productivity, Economic Benefit

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En varios países en desarrollo, los procesos tradicionales de cultivo de arroz, basados en el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, generan un elevado nivel de costos de producción y no son compatibles con las nuevas tendencias de consumo de bienes más orgánicos. Esto se ve reflejado en mayores niveles de precios y menor competitividad, en comparación con economías con sectores agrícolas más industrializados (Zavala, 2022).

En Ecuador el arroz es un cultivo de importancia económica y social debido a la superficie sembrada en el año 2021 de acuerdo a la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2021) fue de 342,967 hectáreas a nivel nacional, con 62.53% en las provincias de Guayas y Los Ríos. La cadena genera un movimiento económico superior a los 146 millones de dólares que se inicia con el productor, luego el acopiador rural, pilador y/o agroindustrial, los comerciantes mayorista y minorista y al final el consumidor (Viteri y Zambrano, 2017).

La baja productividad y falta de competitividad de la producción arrocería ecuatoriana, se explica solo en parte por el rezago tecnológico, debido a que, el enfocarse en ese único factor causal se constituye en una visión reduccionista que deja por fuera del análisis a varias actividades conexas que forman parte de la cadena productiva, las cuales constituyen aspectos difíciles de manejar para las unidades de producción dispersas que caracterizan al sector arrocería, las mismas que enfrentan problemas ancestrales de asociatividad y escasa tecnificación (Calderon, 2022).

En la actualidad el uso de enmiendas orgánicas y minerales ha sido sugerido como una alternativa de recuperación de suelo degradados y en proceso de degradación.

En arroz el uso de enmiendas también está siendo recomendado como estrategia para mejorar la productividad del cultivo y evitar la contaminación por gases como el metano (Munive, 2018).

El uso de microorganismos como biofertilizantes es considerado en cierta medida una alternativa para el sector agrícola por su gran potencial para fijar nitrógeno ambiental, incorporar nutrientes, mejorar la producción de cultivos y la seguridad alimentaria. Igualmente, el uso de bioestimulantes se convirtió en una práctica frecuente en la agricultura orgánica, ya que esta facilita una serie de beneficios como incentivar el desarrollo vegetal y respaldar a las plantas del estrés biótico y abiótico (Molina, 2008).

Los sistemas orgánicos normalmente se encuentran escasos en nitrógeno y fósforo. La liberación de nitrógeno disponible de la planta de fuentes orgánicas es lenta y no puede mantenerse al día con la deprecación de nitrógeno durante el pico de cultivo etapa de crecimiento. La cantidad de fósforo conveniente en los sistemas orgánicos incluso es a veces defectuoso para reemplazar las cantidades perdidas a causa de la cosecha (Reines et al., 2019).

El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP, 2019) señala que los problemas que se manifiestan en los cultivos de arroz, responden al accionar simultáneo de varios factores en los que intervienen bacterias, hongos, abuso en la aplicación de agroquímicos y de fertilizantes. Con estos antecedentes, surge la pregunta de investigación: ¿Cómo la fertilización complementada con enmiendas puede incrementar el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del cultivo de arroz?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, las zonas productivas de arroz están siendo amenazados por los cambios climáticos y el mal uso de prácticas agrícolas, la cual afectan las propiedades físicas, químicas y biológicas, que reducen la fertilidad y el potencial productivo del suelo. Por lo cual la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales, biofertilizantes y bioestimulantes están siendo utilizado en la agricultura orgánica con la finalidad de recuperar la fertilidad del suelo, mejorar el rendimiento e ingresos económicos del productor. En estos tiempos, en el mercado ecuatoriano existe una

gran variedad de insumos permitidos en la agricultura orgánica, los cuales no han sido utilizados y validados experimentalmente de una forma adecuada en el cultivo de arroz, lo cual no se ha dado a emitir una buena recomendación de fertilización orgánica ajustada a la realidad de los suelos arroceros en Manabí. Bajo esta premisa, la propuesta de investigación se justifica totalmente.

Este proyecto de investigación se vincula con la Agenda 2030 de la ONU para el desarrollo sostenible, con su objetivo número 2 denominado “Poner fin al hambre” y su meta 2.5 “mantener la diversidad de la genética de las semillas, plantas cultivadas entre otras cosas mediante una buena gestión y diversificación de los bancos de semillas y plantas a nivel nacional, regional e internacional, y promover el acceso a los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales conexos y su distribución justa y equitativa, según lo convenido internacionalmente”.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar efectividad de la fertilización complementada con enmiendas en el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del cultivo de arroz (*Oryza sativa*).

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir la efectividad de la fertilización complementada con enmiendas sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de arroz.
- Comparar la eficacia de la fertilización complementada con enmiendas vs la fertilización convencional en el cultivo de arroz.
- Estimar las ventajas económicas de la fertilización complementada con enmiendas en el cultivo de arroz.

1.4. HIPÓTESIS

La fertilización combinada con enmiendas potencializa el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del cultivo de arroz.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ A NIVEL GLOBAL, REGIONAL Y NACIONAL

El arroz (*Oryza sativa*) es el alimento fundamental para casi la mitad de la población global, ya que representa el 21% del alimento con más calorías a nivel mundial y utiliza el 11% de las tierras de cultivos mundiales. Los aumentos del arroz han incrementado constantemente a principio de la Revolución Verde a fines de la década de los 1960, propulsado por la adopción en cultivos de arroz de alto beneficio, el uso determinado de insumos agrícolas y los costos de inversión en infraestructuras de riego. Se prevé que el consumo de arroz a nivel mundial incremente de 480 millones de toneladas (Mt) en el 2014 a un aproximado de 550 millones de toneladas para el año 2030, ya que esto impulsa tanto por el incremento de la población como por el aumento económico en los países desarrollados (Yuan et al., 2021).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura “FAO” definió al arroz como la vida para las principales poblaciones del mundo, profundamente integrado en el patrimonio cultural de muchas sociedades. Tradicionalmente, la importancia del arroz ha avanzado mucho más allá de su valor nutricional, y sus múltiples aspectos culturales se manifiestan también en el idioma. En algunos países asiáticos “comer” significa siempre “comer arroz”.

No menos común es utilizar al arroz como referencia de medida de tiempo y espacio, considerándose a su semilla, como semilla de la vida y regalo del cielo de origen divino, dando lugar a lo largo de los siglos a muchas culturas impregnadas de arroz en sus ceremonias y rituales. En la india se identifica al arroz con el prana o “aliento de la vida”. Antes de que la revolución verde introdujera monocultivos que destruyeron la diversidad de especies, se cultivaban más de doscientas mil variedades de arroz en la india. Es teniendo en cuenta esta realidad y otras, su

importancia ha ido creciendo en sus últimas décadas en otras zonas del globo fuera del continente asiático (Observatorio De Corporaciones Transnacionales, 2007).

La importancia del Sector Arrocerero del Ecuador radica que el arroz es uno de los productos más principales en la canasta básica en los hogares ecuatorianos. En la estructura productiva, la mayor parte de la Unidad de Producción Agropecuaria (UPA) les pertenece a los pequeños productores de arroz, además el 87% de la producción arrocerera es generada por las provincias de Guayas y Los Ríos. La participación en el Producto Interno Bruto (PBI) representa apenas el 1,55% en el promedio (2014 – 2017). La mayoría de la producción arrocerera se destina al consumo interno (96%), dejando muy poco producto para la exportación (Burgos y Garófalo, 2018).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO), informó que la productividad de arroz en el Ecuador se ubica en el puesto 26 a nivel internacional, además es uno de los países que más consumen arroz dentro de la comunidad Andina.

2.2. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL ARROZ

EL arroz cuyo nombre científico es "*Oryza Sativa*" es una gramínea, autógena, de gran talla, que se cultiva y crece con mayor facilidad en los climas tropicales. Existen dos especies de arroz que se cultivan, *Oryza Sativa* L. y *Oryza glaberrima* Steud. La primera es la que tiene mayor distribución a nivel global, mientras que la segunda es endémica del oeste de África. Originalmente, este cereal era una planta que se cultivaba en seco, pero con la evolución se convirtió en un cultivo semiacuático.

Es una planta muy adaptativa puesto a que puede crecer en medios bastante diversos, sin embargo, crecerá más rápidamente y con mayor vigor en un medio caliente y húmedo. Esta planta posee tallos muy ramificados y puede medir entre 0,6 y 1,8 metros de altura. Los tallos terminan en una "inflorescencia", una panícula de 20 a 30 cm, de largo. Cada panícula se compone de 50 y 300 flores

aproximadamente, a partir de las cuales surgirán los granos. Esta planta presenta una gran capacidad para ramificarse (Tinoco y Acuña, 2009).

El arroz es procedente de África Tropical, a partir de ahí fue trasladado a Asia donde se habituó de tal manera que ahora se considera a India e Indochina como núcleos de procedencia. El cultivo de este cereal se inició hace más de 6.500 años, desarrollándose paralelamente en varios países, los primeros cultivos aparecen en China 5.000 años antes de nuestra era, en el paraje de Hemu Du, así como en Tailandia hacia 4.500 años antes de J.C., para aparecer luego en Camboya, Vietnam y al sur de la India. De ahí, las especies derivadas se extendieron hacia otros países asiáticos: Corea, Japón, Myanmar, Pakistán, Sri Lanka, Filipinas e Indonesia. Hacia el año 800 años antes de J.C. el arroz asiático se aclimató en el Cercano Oriente y en Europa meridional.

Los musulmanes lo introdujeron en la Península Ibérica en el momento de la conquista de este territorio alrededor del siglo VIII de nuestra era. Más tarde, se propagó a Italia a partir de mediados del siglo XV, a Francia y, tras la época de la gran expansión oceánica, se implantó en todos los continentes. Es así como en 1694, el arroz llega a Carolina del Sur, proveniente probablemente de Madagascar y los españoles lo llevan a América del Sur a principios del siglo XVIII.¹² La especie africana llamada *Oryza glaberrima* se extendió desde su foco original, el delta del Níger, hasta el Senegal entre 1.500 y 800 años antes de J.C., pero nunca se desarrolló lejos de su zona de origen. Su cultivo incluso sufrió un declive en favor de la especie asiática, que probablemente fue introducida en el continente africano por las caravanas árabes que procedían de la costa oriental entre el siglo VII y el siglo XI (Pinciroli et al., 2015).

En el Ecuador el cultivo del arroz se puede realizar ya sea en invierno o temporada de verano, esto dependerá exclusivamente del agua de riego, las zonas de producción que posee en Ecuador se comprenden de varias provincias, de las cuales se destacan por su productividad la provincia del Guayas y los Ríos, esto se debe a la ubicación geográfica en donde se encuentran y por poseer suelos aptos para este tipo de cultivo. El arroz se cultiva en casi todas las provincias del Ecuador

por su amplio rango de adaptación con excepción a las provincias de Galápagos y del Tungurahua, ya que en estos lugares los suelos no son propios para cultivo de arroz ya sea por no permitir el ingreso de plantas que se consideren perjudicial al medio o por no poseer un clima adecuado. Del total de la superficie destinada al cultivo de arroz en nuestro país es el 96%, y se encuentra en la Costa, siendo la provincia del Guayas la que posee el 54% de la totalidad de la superficie, seguida por la provincia de Los Ríos con el 34% del total del hectareaje designado al cultivo de arroz.

2.3. TAXONOMÍA DEL ARROZ

El arroz pertenece a las Fanerógamas:

- Nombre científico: *Oryza sativa* L.
- Nombre vulgar: Arroz.
- Clases: Monocotiledónea
- Orden: Glumiflora
- Familia: Graminea
- Subfamilia: Panicoldeae
- Tribu: Oryzae
- Subtribu: Oryzieneae
- Género: *Oryza*
- Tipo: Espermatofita
- Subtipo: Angiosperma

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD SFL 011

Esta variedad de arroz presenta de 127 a 131 días de siembra directa para el periodo vegetativo, y de 117 a 140 días por trasplante. La altura de planta suele ser 126 cm con granos prolongados. Es resistente a *Pyricularia grisea*, hoja blanca y manchado del grano. Produce un macollamiento medio de 20 unidades, su extensión de panícula es de 23 cm, necesita de 800-1200 mm de lluvia y en sectores con demasiada luminosidad como mínimo 1000 horas de sol a lo largo de su periodo vegetativo, con drenaje idóneo. Semilla certificada de arroz cuya

particularidad la vuelve óptima para el agricultor que busca buena calidad y rentabilidad en cultivos bajo riego. Se lleva a cabo en suelos con sencillo drenaje y en provincias de Guayas, Manabí y los Ríos (Chávez et al., 2020).

2.5. ENMIENDAS

Atendiendo a la superficie que ocupa y a la cantidad de personas que dependen de su cosecha, el arroz es el cultivo más importante de nuestro planeta. La aplicación de enmiendas supone un aumento considerable del contenido en materia orgánica del suelo, favoreciendo en muchos casos la adsorción de plaguicidas y de metabolitos derivados de la degradación parcial del mismo. Entre los residuos sólidos empleados como enmiendas orgánicas, los procedentes de almazara han sido previamente aplicados al olivar obteniéndose resultados muy positivos. Sin embargo, existen pocos estudios sobre su posible aplicación a cultivos de arroz (Rodríguez y García, 2015).

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes y esenciales para el desarrollo de la vida, permitiendo la obtención de alimentos para el consumo humano y favoreciendo la producción agropecuaria. Para corregir terrenos agrícolas con bajo rendimiento se utilizan correctores de suelo, como las enmiendas orgánicas-minerales. Algunos emplean rocas y minerales presentes en la naturaleza, materiales que al ser calcinados o triturados facilitan su asimilación por los microorganismos presentes en el suelo (Chancay, 2016).

2.6. PLANES NUTRICIONALES DEL ARROZ

El aumento de materia orgánica del suelo en los ecosistemas agrícolas puede ayudar a mitigar el cambio climático al aumentar la captura de carbono (C) del suelo y, al mismo tiempo aumentar la productividad del suelo. Las opciones de manejo pueden afectar el ciclo de carbono ya sea positiva o negativamente (Lammerding et al., 2021).

El suelo actúa como un reservorio de nutrientes para las plantas, dichos nutrientes están presentes en la fracción inorgánica y orgánica del suelo, tanto en forma disponible como no disponible. La planta de arroz requiere de una variedad y cantidad de nutrientes esenciales para completar su ciclo de vida como el Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O) que son tomados del aire, el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), considerados como elementos mayores absorbidos del suelo, sin embargo, la mayoría de los suelos son deficientes de ellos y por consiguiente hay necesidad de aplicarlos como fertilizantes.

También se tiene los elementos secundarios como el Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S), además de los elementos menores o micronutrientes como el Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeso (Mn) y Boro (B). Igualmente existen otros elementos importantes para el cultivo de arroz como el Silicio (Si) y el Molibdeno (Mo). Estos elementos son demandados por la planta de arroz durante sus fases de crecimiento como son la vegetativa que inicia con la emergencia hasta inicio de primordio floral (IPF), la reproductiva desde IPF hasta inicio de floración (IF), y maduración que va de IF a cosecha; estas épocas varían en días después de emergencia de acuerdo al ambiente, por lo tanto se debe conocer la fenología de la planta de arroz de acuerdo a su condición ambiental para decidir sobre las épocas de aplicación de los diferentes nutrientes.

Las plantas fabrican su propio alimento por tal razón no dependen de otros seres para poder subsistir, la alimentación de las plantas se realiza en varias etapas como lo son: la absorción de sustancias del suelo, transformación de sustancias en alimento y distribución del alimento por toda la planta. Para lograr mayor productividad en los cultivos se requiere una adecuada nutrición y fertilización, donde se tiene un mejor aprovechamiento de las bondades genéticas de los materiales y alcanzar mayor eficiencia y optimización en los planes de manejo de las variedades existentes (Castilla y Tirado, 2019).

La concentración de los elementos en las hojas guarda correlación con la capacidad de producción del cultivo y sirve para identificar lo que por diferentes causas pueden

estar afectando el rendimiento del cultivo; así, da bases contables para hacer tratamientos con fertilizantes que corrijan el estado nutricional del cultivo, e incrementen la producción. Las curvas de absorción de nutrientes contribuyen en forma cuantitativa a dar solidez a la recomendación de los programas de fertilización ya que permiten conocer concretamente la cantidad de nutrimento en kg/ha, que es absorbida por un cultivo para producir cierto nivel de rendimiento en un tiempo definido.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se desarrolló durante la época lluviosa del 2023 en el sector “El Pueblito”, cantón Rocafuerte, Manabí, Ecuador, posicionado entre las coordenadas 0°54'51.1” Latitud Norte, 80°29'06.2” Longitud Oeste.

3.2. DURACIÓN

La investigación se desarrolló desde septiembre 2022 hasta septiembre 2023 con una duración de 12 meses.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MATERIAL VEGETAL

Para la investigación se utilizó el cultivar de arroz SFL-11.

3.3.2. TRATAMIENTOS

T₁: Fertilización convencional + Corrector salino (1 t ha⁻¹)

T₂: Fertilización convencional + Vid minerales (150 kg ha⁻¹)

T₃: Fertilización convencional + Yesolina (1 t ha⁻¹)

T₄: Fertilización convencional + Humiful (100 kg ha⁻¹)

T₅: Fertilización convencional + Wayra (20 kg ha⁻¹)

T₆: Fertilización empresa la colina

T₈: Fertilización del productor

T₉: Control

Aplicación de enmiendas y fertilizantes

Las enmiendas corrector salino, vid minerales, yesolina y humiful, fueron colocadas al suelo 30 días antes de la siembra con el último paso de la flanqueadora. La fertilización de la Colina se conformó de 200 kg ha⁻¹ de arroz inicio, 200 kg ha⁻¹ de arroz desarrollo y 200 kg ha⁻¹ de arroz finalizador, que fueron aplicados al trasplante, al macollaje y floración, respectivamente. La fertilización del productor se conformó de 100 kg ha⁻¹ de DAP, 100 kg ha⁻¹ de muriato de potasio, 200 kg ha⁻¹ de urea, 100 kg ha⁻¹ de sulfato de amonio y 100 kg ha⁻¹ de sulfato de Magnesio.

3.4. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con ocho tratamientos, tres réplicas y 24 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 12 m². A continuación se detalla el esquema del ANOVA:

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	7
Repeticiones	2
Error	14
Total	23

3.5. VARIABLES RESPUESTA

3.5.1. NÚMERO DE MACOLLOS FÉRTILES Y ESTÉRIL POR METRO CUADRADO

Se determinó al momento de la cosecha, dentro del área útil, se lanzó de un cuadrante con área de 1,0 m², procediéndose a contar los macollos que estuvieron dentro de esa superficie.

3.5.2. NÚMERO DE GRANOS LLENOS Y VANOS POR PANOJA

Se contabilizó el número de granos llenos y vanos de cada uno de los individuos de la población muestreada.

3.5.3. PESO DE 1000 GRANOS (g)

Se tomaron 1000 granos libres de daños de insectos y enfermedades de cada uno de los individuos de la población muestreada, luego se procedió a pesar en una balanza de precisión; cuyos pesos se expresaron en gramos.

3.5.4. RENDIMIENTO DE GRANO ($t\ ha^{-1}$)

Se registró el peso de los granos provenientes de la parcela útil, ajustada 13% de humedad y transformados a $kg\ ha^{-1}$. Para determinar el peso de los granos se empleó la siguiente fórmula:

$$PU(13\%) = \frac{Pa (100 - Ha)}{100 - Hd}$$

Donde:

PU = Peso uniformizado (kg)

Pa = Peso actual (kg)

Ha = Humedad actual (%)

Hd = Humedad deseada (13%)

Para expresar el rendimiento en $kg\ ha^{-1}$ se utilizará la fórmula siguiente;

$$Rend (kg\ ha^{-1}) = \frac{PU (10000\ m^2)}{\text{Área parcela útil (m}^2\text{)}}$$

Rentabilidad económica

La rentabilidad económica de los tratamientos fue estimada con las expresiones algebraicas aplicadas por Ayvar-Serna et al. (2020), basados en la teoría económica, donde el Costo total (CT) se obtuvo de sumar los costos

fijos (CF) más costos variables (CV), ($CT = CF + CV$). Para estimar el ingreso total (IT) se calculó el ingreso obtenido por la venta de la producción, empleando la fórmula: $IT = PV * Ren$, donde: PV es el precio de venta del producto, y Ren es el rendimiento por hectárea. El ingreso neto (IN) resultó de restar el ingreso total menos el costo total ($IN = IT - CT$). La relación Beneficio-Costo o Ganancia por dólar invertido (RBC) se obtuvo dividiendo el ingreso neto entre el costo total ($RBC = IN/CT$).

3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.6.1. SEMILLERO

La semilla fue sometida a proceso de pregerminación que consistió en colocar la semilla en un saco dentro de un tanque con agua dentro 24 horas. Posteriormente se extrajeron del saco y se ubicaron en un plástico con la finalidad de obtener la temperatura adecuada para la germinación. Seguidamente se fangueó el terreno donde se realizó el semillero.

3.6.2. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Se lo realizó de forma convencional con maquinaria, ejecutando un pase de arado de discos y dos de rastra, luego se procedió a humedecer y pasar la fangueadora y nivelar el terreno para su posterior siembra.

3.6.3. TRASPLANTE

El trasplante se lo realizó a los 26 días después de la siembra del semillero, se colocaron cuatro plántulas a una profundidad de 5 cm.

3.6.4. RIEGO

Se realizó riego por inundación dos veces cada semana, o cuando las necesidades hídricas del cultivo lo ameritaron.

3.6.5. FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó después de los 15, 30 y 45 días del trasplante, se aplicó combinada con los diferentes tratamientos de enmiendas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPONENTES DE CRECIMIENTO

Los componentes del crecimiento fueron influenciados significativamente ($p < 0.05$) por los tratamientos de fertilización evaluados en ambas temporadas de siembra (Tabla 1). La mayor altura de planta tanto en fase vegetativa y reproductiva fue lograda por los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 en la temporada 2022, donde en promedio superaron a los tratamientos de fertilización y al testigo en un 5,88 y 12,44%, respectivamente, etapa vegetativa.

En la etapa reproductiva, las enmiendas (T1-T5) incrementaron la altura de planta en un 6.15 y 12.41% con respecto a los tratamientos sin enmiendas y al control, en su orden respectivo (Tabla 1). El contenido de clorofila en etapa vegetativa durante la temporada 2022 fue aumentado en un 6.07 y 13.57% con relación a los tratamientos de fertilización sin enmienda y al tratamiento testigo. De manera similar, ocurrió para el contenido de clorofila en etapa reproductiva, donde los tratamientos de enmiendas superaron en promedio a los tratamientos de fertilización y al control en un 11.33 y 18.92%, respectivamente (Tabla 1).

En la temporada 2023, tanto en las etapas vegetativas como reproductivas, la altura de planta fue estadísticamente similar entre los tratamientos de fertilización con enmiendas y los que solo llevan fertilización, pero ambos grupos de tratamientos en promedio superaron al tratamiento control en un 16,46 y 14,19%, respectivamente para las etapas vegetativas y reproductivas (Tabla 1).

El contenido de clorofila en la etapa vegetativa durante la temporada 2023, fue aumentado por los tratamientos con enmiendas (T1-T5) en un 10,20 y 14,17% respecto a los tratamientos de fertilización sin enmienda (T6-T7) y al tratamiento testigo (T8). De igual manera, ocurrió para el contenido de clorofila en la etapa reproductiva, donde los tratamientos con enmiendas (T1-T6) superaron en promedio a los tratamientos de fertilización (T6-T7) y al control en un 10.65 y 21.76%, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto combinado de la fertilización con varias enmiendas sobre la altura de planta y contenido de clorofila en arroz.

Tratamientos	AP en fase vegetativa (cm)	AP en fase productiva (cm)	Clorofila en fase vegetativa (SPAD)	Clorofila en fase productiva (SPAD)
Año 2022				
T1: Fertilización del productor + Corrector salino	86,31 b	94,37 b	40,50 bcd	37,36 d
T2: Fertilización del productor + Vid minerales	87,79 b	93,90 b	41,64 d	35,34 bcd
T3: Fertilización del productor + Yesolina	86,50 b	94,43 b	41,31 cd	35,50 bcd
T4: Fertilización del productor + Humiful	83,30 ab	91,81 b	40,78 bcd	36,97 cd
T5: Fertilización del productor + Wayra	85,90 ab	92,82 b	41,09 bcd	34,60 bcd
T6: Fertilización la colina	80,48 ab	87,06 ab	38,75 bc	31,45 ab
T7: Fertilización del productor	81,33 ab	88,40 ab	38,38 b	32,30 abc
T8: Testigo absoluto	75,27 a	81,87 a	35,49 a	29,15 a
p-valor ANOVA	0.0169	0.0020	0.0001	0.0005
C.V. %	4.49	3.44	2.45	5.15
Año 2023				
T1: Fertilización del productor + Corrector salino	113,33 b	121,31 b	38,77 bc	36,19 b
T2: Fertilización del productor + Vid minerales	113,67 b	121,34 b	39,91 c	36,31 b
T3: Fertilización del productor + Yesolina	114,00 b	118,66 b	39,58 c	35,20 b
T4: Fertilización del productor + Humiful	114,00 b	117,32 b	39,05 c	35,80 b
T5: Fertilización del productor + Wayra	114,64 b	121,61 b	39,36 c	35,31 b
T6: Fertilización la colina	113,35 b	118,38 b	35,65 ab	32,11 ab
T7: Fertilización del productor	113,02 b	121,65 b	34,99 a	31,80 ab
T8: Testigo absoluto	95,00 a	103,00 a	33,76 a	27,98 a
p-valor ANOVA	0.0001	0.0011	0.0001	0.0003
C.V. %	2.58	3.50	3.09	5.10

4.2. COMPONENTES DE RENDIMIENTO

Los componentes del rendimiento fueron influenciados significativamente ($p < 0.05$) por los tratamientos de fertilización en ambas temporadas de siembra (Tabla 1). En la temporada 2022, la mayor cantidad de macollos fértiles fue alcanzada por los tratamientos de fertilización complementados con enmiendas (T1-T5), donde en promedio superaron a los tratamientos de fertilización sin enmiendas (T6-T7) y al testigo (T8) en un 23,11 y 47,45%, respectivamente. Así mismo, los tratamientos con enmiendas (T1-T5) redujeron la cantidad de macollos estériles en un 16,79 y 35,46 con respecto a los tratamientos sin enmiendas (T6-T7) y al control (T8), en su respectivo orden (Tabla 2). Por otra parte, el % granos vanos en la temporada 2022 fueron disminuidos por los tratamientos con enmiendas (T1-T5) en un 27.97

y 61,92% con relación a los tratamientos de fertilización sin enmienda (T6-T7) y al tratamiento testigo (T8). Por el contrario, el peso de 100 granos fue aumentado por los tratamientos con enmiendas (T1-T5) en un 8,72 y 17,73%, con respecto a los tratamientos de fertilización convencional (T6-T7) y al control (T8), en su orden respectivo (Tabla 2).

Para la temporada 2023, la mayor cantidad de macollos fértiles fue alcanzada por los tratamientos de fertilización con enmiendas (T1-T5) donde en promedio superaron a los tratamientos de fertilización sin enmiendas (T6-T7) y al testigo (T8) en un 8,70 y 32,60%, respectivamente. Por el contrario, los tratamientos con enmiendas (T1-T5) disminuyeron la cantidad de macollos estériles en un 30,57 y 41,60% con relación a los tratamientos de fertilización sin enmiendas (T6-T7) y el control (T8), respectivamente (Tabla 2).

Por otra parte, el % de granos vanos fue reducido en un 39.91 y 51.59% con los tratamientos de enmiendas (T1-T5) en comparación a los tratamientos de fertilización sin enmiendas (T6-T7) y al control (T8), respectivamente. De manera contraria, los tratamientos de fertilización con enmiendas (T1-T5) incrementaron el peso de 1000 granos en un 17.06 y 37,96%, sobre los tratamientos de fertilización sin enmiendas (T6-T7) y control (T8) respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto combinado de la fertilización con varias enmiendas sobre los componentes de rendimiento del arroz.

Tratamientos	Macollos fértiles	Macollos estériles	% de granos vanos	Peso de 1000 granos
Año 2022				
T1: Fertilización del productor + Corrector salino	522,58 cd	33,28 a	9,92 a	38,20 c
T2: Fertilización del productor + Vid minerales	532,00 cd	34,54 a	10,19 a	37,40 bc
T3: Fertilización del productor + Yesolina	533,32 cd	36,00 a	10,71 a	37,02 bc
T4: Fertilización del productor + Humiful	556,00 d	32,00 a	10,32 a	37,93 c
T5: Fertilización del productor + Wayra	520,00 cd	32,00 a	12,24 a	36,28 abc
T6: Fertilización la colina	435,51 bc	39,31 b	14,39 ab	34,20 ab
T7: Fertilización del productor	384,00 ab	41,34 b	16,42 ab	33,85 ab
T8: Testigo absoluto	280,00 a	52,00 c	27,26 b	30,67 a
p-valor ANOVA	0.0001	0.0282	0.0092	0.0010
C.V. %	8.24	16.6	17.82	3.50
Año 2023				
T1: Fertilización del productor + Corrector salino	416,00 bc	28,00 a	13,52 a	35,09 b
T2: Fertilización del productor + Vid minerales	418,65 bc	22,00 a	13,50 a	34,82 b
T3: Fertilización del productor + Yesolina	423,35 bc	25,30 a	15,39 a	36,86 b
T4: Fertilización del productor + Humiful	432,00 c	24,64 a	16,44 a	36,86 b

T5: Fertilización del productor + Wayra	425,31 bc	22,70 a	16,19 a	35,69 b
T6: Fertilización la colina	409,34 bc	36,65 b	25,82 b	29,70 ab
T7: Fertilización del productor	367,32 b	34,00 b	24,44 b	29,79 ab
T8: Testigo absoluto	286,66 a	42,00 c	31,19 c	22,25 a
p-valor ANOVA	0.0001	0.0252	0.0049	0.0003
C.V. %	3.87	7.59	12.55	8.92

4.3. RENDIMIENTO DE GRANO

El rendimiento de grano en cáscara fue significativamente ($p < 0,05$) afectado por los tratamientos de fertilización evaluados en ambas temporadas de siembra (Figuras 1 y 2). Para el 2022, el rendimiento en cáscara fue estadísticamente similar entre los tratamientos con enmiendas (T1-T5), donde el T1 logró el mayor valor numérico con 8339 kg ha^{-1} , seguidos por los tratamientos de fertilización sin enmiendas T6 con 6660 kg , T7 con 5503 kg y el tratamiento control (T8) con 4022 kg ha^{-1} (Figura 1).

Para la temporada 2023, se evidenció un comportamiento similar para el rendimiento de granos en cáscara, donde los tratamientos de fertilización con enmiendas (T1-T5) lograron la mayor productividad, siendo el T1 el que alcanzó el mayor rendimiento con 7133 kg ha^{-1} , seguidos de los tratamientos de fertilización sin enmiendas T6 y T7 con 5767 y 4566 kg ha^{-1} , en su orden respectivo, mientras que, el tratamiento control logró el menor rendimiento de grano en cáscara con apenas 3568 kg ha^{-1} (Figura 2).

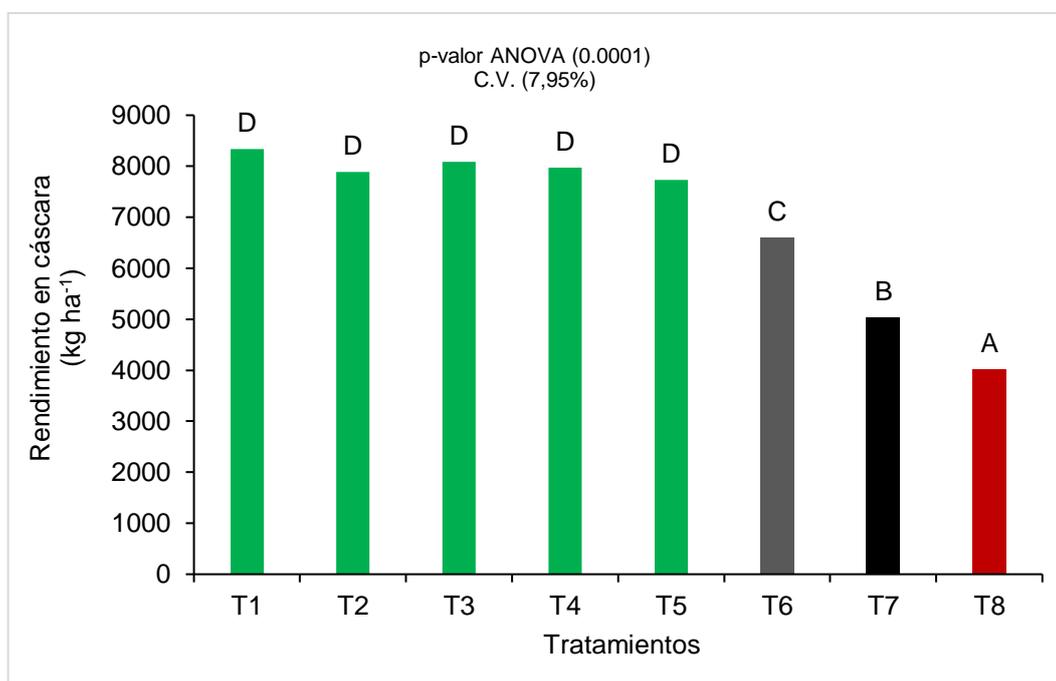


Figura 1. Efecto combinado de la fertilización con varias enmiendas sobre el rendimiento del arroz en cáscara durante la época seca 2022.

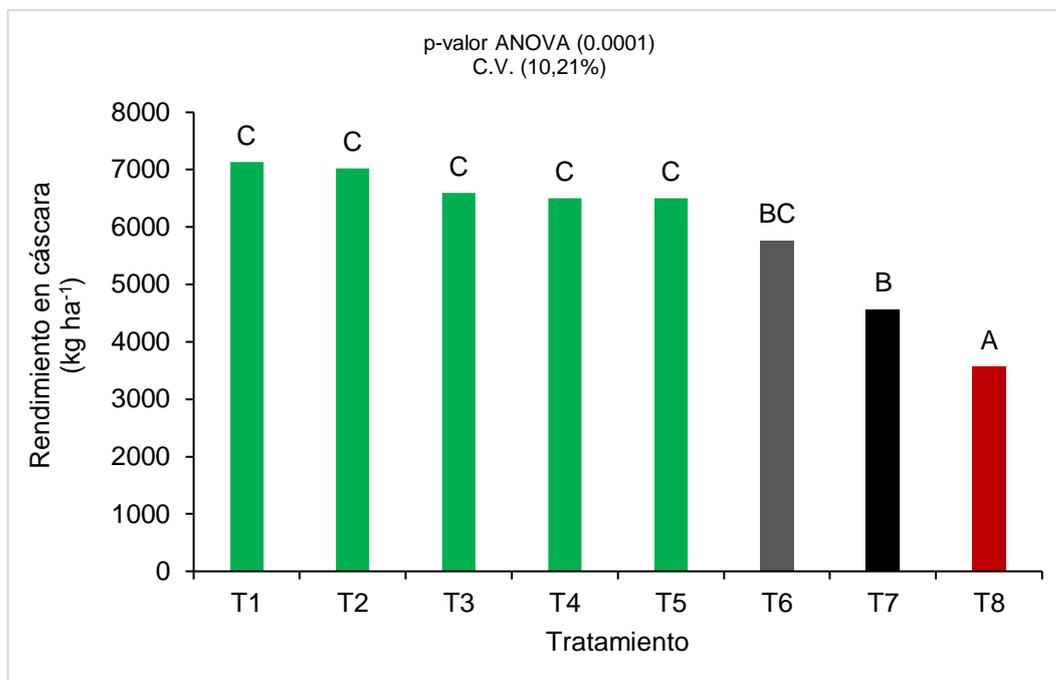


Figura 2. Efecto combinado de la fertilización con varias enmiendas sobre el rendimiento del arroz en cáscara durante la época lluviosa 2023.

ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico aplicado a los tratamientos evaluados, evidenció que la fertilización complementada con enmiendas mejoradoras de suelo (T1-T5) lograron los mejores márgenes de ganancia en la temporada 2022, con mínimos de 0,63 dólares por cada dólar invertido, hasta 0,72 dólares por cada dólar invertido (Tabla 3). Así mismo, en la temporada 2023 los tratamientos de fertilización con enmiendas (T1-T5) lograron la mayor rentabilidad, con ganancias de entre 0,32 a 0,51 dólares por cada dólar invertido.

Tabla 3. Análisis económico de tratamientos de fertilización y enmiendas.

Tratamientos	Ren	PV	IT	CT	IN	RBC	R (%)
Temporada 2022							
T ₁ : Fertilización + Corrector salino	92	32.50	2981	1732	1249	0.72	72
T ₂ : Fertilización + Vid minerales	87	32.50	2818	1660	1158	0.70	70
T ₃ : Fertilización + Yesolina	89	32.50	2893	1728	1165	0.67	67
T ₄ : Fertilización + humiful	88	32.50	2851	1754	1097	0.63	63
T ₅ : Fertilización + Wayra	85	32.50	2765	1632	1133	0.69	69
T ₆ : Fertilización La colina	73	32.50	2360	1600	760	0.47	47

T ₇ : Fertilización del productor	55	32.50	1799	1400	399	0.29	29
T ₈ : Testigo absoluto	44	32.50	1438	1200	238	0.20	20
Temporada 2023							
T ₁ : Fertilización + Corrector salino	78	32.50	2550	1732	818	0.47	47
T ₂ : Fertilización + Vid minerales	77	32.50	2512	1660	852	0.51	51
T ₃ : Fertilización + Yesolina	73	32.50	2360	1728	632	0.37	37
T ₄ : Fertilización + humiful	72	32.50	2324	1754	570	0.32	32
T ₅ : Fertilización + Wayra	72	32.50	2324	1632	692	0.42	42
T ₆ : Fertilización La colina	63	32.50	2062	1600	462	0.29	29
T ₇ : Fertilización del productor	50	32.50	1633	1400	233	0.17	17
T ₈ : Testigo absoluto	39	32.50	1275	1200	75	0.06	6

Ren = Rendimiento (sacas de 200 libras); PV = Precio de venta; IT = Ingresos totales (Ren*PV); CT = Costos totales (CF + CV); CF = Costos fijos; CV = Costos variables; IN = Ingresos netos (IT - CT); RBC = Relación beneficio-costos (IN/CT);

DISCUSIÓN GENERAL

Los resultados logrados demuestran que la fertilización complementada con enmiendas orgánico-minerales fue efectiva para incrementar el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del cultivo de arroz. Los resultados logrados, se asemejan a los reportados por Abdoulaye et al. (2023), quienes reportaron mayores incrementos en crecimiento y rendimiento en arroz tratado con enmiendas orgánico-minerales, lo cual según los autores se debió al mejoramiento del pH y la reducción de la salinidad del suelo. En este mismo contexto, los resultados hallados se acercan a los conseguidos por Medina et al. (2022), quienes reportaron que el crecimiento reproductivo se vio influenciado por la aplicación de las enmiendas, donde el compost, la cachaza de caña de azúcar y la leonardita indujeron valores de rendimiento superiores en comparación con el control.

En esta misma línea, nuestros resultados se acercan a los obtenidos por Hamoud et al. (2024) quienes informaron que la aplicación combinada de yeso agrícola y biochar aumentó el crecimiento, rendimiento y los rasgos fisiológicos de las plantas de arroz cuando fueron expuestas a diferentes niveles de salinidad del suelo. Resultados relacionados también fueron reportados por Chen et al. (2021), quienes mostraron que el rendimiento del arroz con la adición de biocarbón (20 y 40 t/ha) fue un 15,53% y un 24,43% mayor que el de los arrozales sin adición de biocarbón. Además, la adición de biocarbón promovió el crecimiento de los macollos y la altura de las plantas, mejoró el número de granos llenos, el número de panículas

productivas y la tasa de formación de semillas, aumentando así el rendimiento del arroz.

En un experimento a largo plazo se demostró que el uso de enmiendas orgánicas en suelos arroceros, aumento la altura de la planta, longitud de la espiga y rendimiento de grano del arroz, en comparación con tratamientos controles. Además, las enmiendas orgánicas contribuyen a la inmovilización de Cd en el suelo y a incrementar el beneficio económico del cultivo (Shaghaleh et al., 2024). Otro estudio sugirió que la aplicación de estiércol como enmienda orgánica aumentó el crecimiento, el rendimiento, la fisiología, la bioquímica y la biofortificación del grano del arroz y demostró ser una buena práctica para una mejor producción de arroz en suelos afectados por la salinidad (Khan et al., 2023). Finalmente, resultados logrados por Zhao et al. (2020) concluyeron que en suelos arroceros afectados por salinidad la aplicación combinada de yeso agrícola y estiércol de corral mejoraron el crecimiento y el rendimiento del arroz.

El efecto de las enmiendas sobre el mejoramiento del crecimiento y rendimiento del arroz en diferentes tipos de suelos, se debe a que compuestos como el sulfato de calcio desplaza al Na intercambiándolo con Ca, neutralizando así el efecto tóxico del Na en el arroz (Bello et al., 2021). Así mismo, el uso de carbonato de Ca y Mg en suelos ácidos, promueve la liberación de iones OH que contrarresta el efecto acidificante del H, además el Ca y Mg desplazan al Al, disminuyendo su efecto tóxico (Enesi et al., 2023). Por otra parte, las enmiendas orgánicas como el compost y el biochar, aumentan el contenido de C y MO del suelo, retienen agua y nutrientes, y aumentan la actividad microbiana del suelo, lo cual eleva su fertilidad y por tanto la productividad del arroz (Takakai et al., 2020; Novair et al., 2023).

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La fertilización complementada con enmiendas fue efectiva para incrementar el crecimiento y rendimiento del cultivo del arroz.
- . La fertilización complementada con enmiendas fue más eficiente que la fertilización convencional para conseguir mayor rendimiento. La fertilización complementada con enmiendas es económicamente viable en el cultivo de arroz, por lo que su uso o representa una desventaja económica para el agricultor.
- Entre las enmiendas evaluadas, el corrector salino (T1) se destaca como la enmienda con mayor potencial para ser utilizada en combinación con la fertilización del arroz.

5.2. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados logrados en esta investigación, recomendamos el uso de enmiendas orgánico-minerales para potenciar la fertilización, el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del cultivo de arroz bajo las condiciones donde se desarrolló el experimento.
- Se recomienda además, evaluar en futuras investigaciones varias combinaciones de enmiendas con la finalidad de potenciar el rendimiento del arroz en suelos problemáticos.

BLIBLIOGRAFÍA

Abdoulaye, B., Barthélémy, Arnold., Antoine, S., Ismatou, Ba., Kollé, D., Mariama, D., Siny, G., Baboucar, B., & Saliou, Fall. (2023). Cultural mode and organo-mineral amendment effect on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) and soil chemical properties in sulfated acid soils of Basse-Casamance. *Heliyon*. 9, (8), e18830.

[HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.HELIYON.2023.E18830](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18830)

Ayvar-Serna, S., J. F. Díaz-Nájera, M. Vargas-Hernández, A. Mena-Bahena, M. A. Tejeda-Reyes y Z. Cuevas-Apresa. (2020). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana* 38(1): 9-16. **[HTTPS://DOI.ORG/10.28940/TERRA.V38I1.507](https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507)**

Admetlla, F. (2019). Pinar . Obtenido de Pinar : <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/607>

Baez, S. (2022). cartilla fundamentos. Obtenido de cartilla fundamentos: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla_fundamentos_nutricion.pdf

Barrios, G. (2018). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Obtenido de Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218114009.pdf>

Bello, S., Alayafi, A., AL-Solaimani, S., Abo-Elyousr, K. (2021). Mitigating Soil Salinity Stress with Gypsum and Bio-Organic Amendments: A Review. *Agronomy*. 11, 1735. **[HTTPS://DOI.ORG/10.3390/AGRONOMY11091735](https://doi.org/10.3390/agronomy11091735)**

- Burgos, G., & Garófalo, C. (2018). Producción sostenible de arroz en la provincia del Guayas. En Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales (pp. 1-3). <https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html>
- Calderon, M. (2022). Los agrocentros como ventaja competitiva de desarrollo del sector arrocero en la zona 8 del Ecuador. Repositorio Universidad de Guayaquil, 35-55.
- Castilla, L., & Tirado, Y. (2019). Fundamentos técnicos para la nutrición del cultivo de arroz. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699. file:///C:/Users/SYSTEC/052934593/Desktop/cartilla_fundamentos_nutricion.pdf
- Campos, J., & Salazar, F. (2012). USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS COMO. Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación en territorios degradados, 69-70.
- Chancay, J. (2016). Con Mención en Gestión Empresarial Agropecuaria. 67. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5498/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-75.pdf>
- Chávez, J., Torres, C., Espinosa, E., Diego, Z., Villafuerte, A., Zambrano, F., & Velázquez, J. (2020). CRECIMIENTO FOLIAR Y CONTENIDO DE CLOROFILA EN ARROZ (*Oryza sativa* L .) EN. 7, 23-31. <https://revistaecuadorescalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorescalidad/index.php/revista/article/view/104/292>
- Chen, X., Yang, S., Ding, J., Jiang, Z., & Sun, X. (2021). Effects of Biochar Addition on Rice Growth and Yield under Water-Saving Irrigation. *Water*. 13, 209. **[HTTPS://DOI.ORG/10.3390/W13020209](https://doi.org/10.3390/w13020209)**

ESPAC. (2021). Cultivos transitorios Arroz (en cáscara). [file:///C:/Users/SYSTEC/052934593/Downloads/Superficie y producción agropecuaria - INEC 2022.pdf](file:///C:/Users/SYSTEC/052934593/Downloads/Superficie_y_produccion_agropecuaria_-_INEC_2022.pdf)

ENESI, R., DYCK, M., CHANG, S., THILAKARATHNA, M., FAN, X., STRELKOV, S. & GORIM, L. (2023). Liming remediates soil acidity and improves crop yield and profitability

- a meta-analysis. **FRONT. AGRON. 5:1194896.**
[HTTPS://DOI.ORG/10.3389/FAGRO.2023.1194896](https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1194896)

Hamoud, Y., Saleem, T., Rehman, M., Shaghaleh, H., Usman, M., Rizwan, M., Alharby, H., Alamri, A., Al-Sarraj, F., Alabdallah, N. (2024). Synergistic effect of biochar with gypsum, lime, and farm manure on the growth and tolerance in rice plants under different salt-affected soils. *Chemosphere.* 142357.

[HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2024.142357](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142357)

INIAP. (2018). INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Obtenido de INIAP: <https://www.agricultura.gob.ec/iniap-realiza-recomendaciones-a-productores-arroceros/#:~:text=Los%20principales%20problemas%20en%20los,se%20edujeron%20a%20la%20mitad.>

Khan, I., Mahmood, S., Chattha, M., Bilal, C., Ahmad, S., Awan, M., Alqahtani, F., Hashem, M., Alhaithloul, H., Qari, S., Mahmood, F., Hassan, M. (2023). Organic Amendments Improved the Productivity and Bio-Fortification of Fine Rice by Improving Physiological Responses and Nutrient Homeostasis under Salinity Stress. *Plants* (Basel). 12(8):1644.

[HTTPS://DOI.ORG/10.3390/PLANTS12081644](https://doi.org/10.3390/plants12081644)

Medina, R., García, S., Carrillo, M., Pérez-Almeida, I., Parismoreno, I., Lombeida, E. (2022). Effect of mineral and organic amendments on rice growth and yield in saline soils. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.* 21(1), 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.06.015>

Molina, G. (2008). Recebido 4. 1-40.

Munive, R. (2018). Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el valle del Mantaro mediante compost de Stevia y

fitorremediación. Universidad Nacional Agraria La Molina, 0-168.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3770>

Novair, S., Cheraghi, M., Faramarzi, F., Lajayer, B., Senapathi, V., Astatkie, T., Price, G. (2023). Reviewing the role of biochar in paddy soils: An agricultural and environmental perspective. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 263, 115228.

[HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ECOENV.2023.115228](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115228)

Observatorio De Corporaciones Transnacionales. (2007). La producción y el comercio internacional de arroz. *Ideas*, 16, 54. file:///C:/Users/SYSTEC/052934593

Pincioli, M., Poncio, N., & Salsamendi, M. (2015). EL ARROZ ALIMENTO DE MILLONES. Origen y Distribucion Del Arroz, 9. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>

Ramos, M. (2021). CATIE. Obtenido de CATIE: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5809>

Reines, M., Jesús, Á., Zamora, I. S., Ibarra, A., Bernardo, V., & Medina, C. (2019). III Taller Internacional de Agricultura Orgánica. 1-93.

Rodriguez, J., & García, M. (2015). Aplicación de enmiendas orgánicas y biochars derivados de la industria oleícola en el cultivo del arroz: influencia en la dinámica de plaguicidas y en propiedades agronómicas. 158. [https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/30430/Tesis sin capítulos publicados.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/30430/Tesis%20sin%20cap%C3%ADtulos%20publicados.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ronaida, M. (2019). MINAGR. Obtenido de MINAGR: https://www.researchgate.net/profile/Leticia-Vivas-2/publication/266794883_GUIA_PARA_EL_RECONOCIMIENTO_Y_MANEJO_DE_LAS_PRINCIPALES_ENFERMEDADES_EN_EL_CULTIVO_DE_ARROZ_EN_ECUADOR/links/543be9ba0cf24a6ddb97c59b/GUIA-PARA-EL-RECONOCIMIENTO-Y-MANEJO-DE-LAS-PR

Takakai, F., Hatakeyama, K., Nishida, M., Nagata, O., Sato, T., & Kaneta, Y. (2020). Effect of the long-term application of organic matter on soil carbon

- accumulation and GHG emissions from a rice paddy field in a cool-temperate region, Japan-II. Effect of different compost applications-. *Soil Science and Plant Nutrition*. 66(1), 96–105. <https://doi.org/10.1080/00380768.2019.1681881>
- Tinoco, R., & Acuña, A. (2009). Cultivo de arroz (*Oryza sativa*): manual de recomendaciones técnicas (pp. 1-78). <file:///C:/Users/SYSTEC052934593/Desktop/a00177.pdf>
- Van, O. (2020).). Respuesta del cultivo de arroz (*oryza sativa* L.) al abonado orgánico en pre siembra en comparación con la fertilización química en el cantón Baba, provincia de Los Ríos. *DSSAT*, 23-51.
- Viteri, G., & Zambrano, C. (2017). Comercialización de arroz en Ecuador: Análisis de la evolución de precios en el eslabón productor-consumidor. *Ciencia y Tecnología*, 9(2), 11. <https://doi.org/10.18779/cyt.v9i2.210>
- Shaghaleh, H., Azhar, M., Rehman, M., Hamoud, Y., Hamad, A., Usman, M., Rizwan, M., Yong, J., Alharby ,H., Al-Ghamdi, H., & Alharbi, B. (2024). Effects of agro based organic amendments on growth and cadmium uptake in wheat and rice crops irrigated with raw city effluents: Three years field study. *Environmental Pollution*. 344,123365. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123365>
- Yuan, S., Linqvist, B. A., Wilson, L. T., Cassman, K. G., Stuart, A. M., Pede, V., Miro, B., Saito, K., Agustiani, N., Aristya, V. E., Krisnadi, L. Y., Zanon, A. J., Heinemann, A. B., Carracelas, G., Subash, N., Brahmanand, P. S., Li, T., Peng, S., & Grassini, P. (2021). Sustainable intensification for a larger global rice bowl. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27424-z>
- Zambrano, C. (2016). Comercialización de arroz en Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 9, 11-17.
- Zavala, J. (2022). Eficiencia productiva en el manejo de los suelos del cultivo del arroz en el Ecuador. *Repositorio Universidad de Guayaquil*, 45-68.

ANEXOS

Anexo 1

Instalación del área de trabajo de investigación



Anexo 2

Toma y recolección de datos



Anexo 3

Materiales que se utilizaron



Anexo 4

Inspección del cultivo de arroz



Anexo 5

Fumigación de fertilizante foliar



Anexo 6

Fertilización del cultivo de arroz



Anexo 7

Conteo de macollos

**Anexo 8**

Toma de datos de clorofila



Anexo 9

Elaboración de muros para los tratamientos



Anexo 10

Aplicación de enmiendas

