



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGRONOMIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRONOMO**

**USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA REDUCIR EL
ÍNDICE DE SALINIDAD EN SUELOS CULTIVADOS CON
ARROZ EN LA PARROQUIA LAUREL, GUAYAS**

AUTOR

NAVAS BAJAÑA EDISON DAVID

TUTORA

ING. RODRÍGUEZ JARAMA FANNY, M.Sc.

**GUAYAQUIL - ECUADOR
2026**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA**

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA REDUCIR EL ÍNDICE DE SALINIDAD EN SUELOS CULTIVADOS CON ARROZ EN LA PARROQUIA LAUREL, GUAYAS.**, realizado por el estudiante **NAVAS BAJAÑA EDISON DAVID**; con cédula de identidad N° **0958354599** de la carrera **AGRONOMÍA**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Fanny Rodríguez Jarama, M.Sc.

Guayaquil, 22 de mayo del 2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA REDUCIR EL ÍNDICE DE SALINIDAD EN SUELOS CULTIVADOS CON ARROZ EN LA PARROQUIA LAUREL, GUAYAS”**, realizado por el estudiante **NAVAS BAJAÑA EDISON DAVID**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Kleber Calle Romero, M.Sc.
PRESIDENTE

Ing. Freddy Veliz Piguave, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Darlyn Amaya Marquez, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Fanny Rodríguez Jarama, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 22 de mayo del 2026

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo, en primer lugar, a Dios, quien ha sido mi guía constante a lo largo de mi formación universitaria, brindándome la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para superar cada desafío. Sin su gracia y bendición, este logro no habría sido posible.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por constituir el pilar fundamental de mi formación personal y académica. Agradezco profundamente cada sacrificio realizado y las enseñanzas impartidas, especialmente aquellas que me inculcaron que todo esfuerzo tiene su recompensa y que nunca se debe desistir, aun frente a las circunstancias más adversas.

A mis hermanas, quienes han formado parte importante de este proceso, por sus palabras de aliento, su apoyo constante y el afecto brindado durante este camino.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por brindarme fortaleza, sabiduría y perseverancia durante mi formación académica.

Asimismo, agradezco a las autoridades y docentes de la Universidad Agraria del Ecuador por los conocimientos impartidos y, de manera especial, a mi directora de tesis, Ing. Fanny Rodríguez Jarama, por su guía y apoyo constante.

A mis padres, Edison Navas y Norys Bajaña, con quienes estaré eternamente agradecido por cada esfuerzo y sacrificio realizado en favor de mi educación, a mis hermanas Nicole y Norelys, por su amor, sacrificio y motivación incondicional.

A mis amigos Jader, Kevin y Erick, expreso mi sincero agradecimiento por su acompañamiento durante este periodo, por los momentos compartidos y por el apoyo brindado.

Finalmente, agradezco a mis amigos y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron al cumplimiento de esta importante meta académica.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **NAVAS BAJAÑA EDISON DAVID**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **“USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA REDUCIR EL ÍNDICE DE SALINIDAD EN SUELOS CULTIVADOS CON ARROZ EN LA PARROQUIA LAUREL, GUAYAS.”** para optar el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 22 de mayo del 2026

NAVAS BAJAÑA EDISON DAVID

C.I. 0958354599

RESUMEN

En este trabajo investigativo se evaluó el efecto de diferentes enmiendas orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de salinidad en la parroquia Laurel. El estudio se estableció bajo un diseño experimental con cuatro tratamientos y sus respectivas repeticiones, con el objetivo de determinar la influencia de la leonardita, ácido fúlvico y compost en comparación con un testigo absoluto. Se analizaron variables agronómicas como altura de planta a los 45 y 70 días después del establecimiento, a los 90 días se evaluó número de macollos por planta, longitud de espiga y número de granos por espiga. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, destacándose la (leonardita) T1 como la enmienda que presentó mayor efecto positivo en la mayoría de las variables evaluadas, alcanzando promedios superiores en altura de planta 58.45 cm y 79.21 cm, número de macollos 32.20, longitud de espiga 22.70 cm y número de granos por espiga 121. El ácido fúlvico y el compost mostraron respuestas intermedias, superando al testigo absoluto en varias variables, lo que demuestra el efecto favorable de las enmiendas orgánicas en la mejora de las condiciones del suelo. El estudio confirma que la aplicación de enmiendas orgánicas, especialmente la leonardita, constituye una alternativa viable para mitigar los efectos de la salinidad y mejorar el desempeño fisiológico del cultivo de arroz, aportando información técnica relevante para el manejo sostenible del suelo en la parroquia Laurel. Asimismo, el análisis de la relación beneficio/costo (B/C) dio a conocer que el T1 (Leonardita), a pesar de haber mostrado superioridad en las variables agronómicas evaluadas, no presentó la mejor relación beneficio/costo con un valor de 0,11.

Palabras clave: arroz, salinidad, enmiendas orgánicas, leonardita, desarrollo vegetativo.

ABSTRACT

In this research project, the effect of different organic amendments on the vegetative and reproductive development of rice cultivation (Rice) under saline conditions in the parish of Laurel was evaluated. The study was established under an experimental design with four treatments and their respective replications, with the aim of determining the influence of leonardite, fulvic acid, and compost in comparison with an absolute control treatment. Agronomic variables analyzed included plant height at 45 and 70 days after establishment, while at 90 days the number of tillers per plant, panicle length, and number of grains per panicle were evaluated. The results showed statistically significant differences among treatments, with Treatment 1 (leonardite) standing out as the amendment that produced the greatest positive effect on most of the evaluated variables, reaching higher averages in plant height (58.45 cm and 79.21 cm), number of tillers (32.20), panicle length (22.70 cm), and number of grains per panicle (121). Fulvic acid and compost showed intermediate responses, outperforming absolute control in several variables, which demonstrates the favorable effect of organic amendments in improving soil conditions. The study confirms that the application of organic amendments, particularly leonardite, constitutes a viable alternative for mitigating the effects of salinity and improving the physiological performance of rice crops, providing relevant technical information for sustainable soil management in the parish of Laurel. Likewise, the benefit/cost (B/C) ratio analysis revealed that Treatment 1 (Leonardite), despite showing superiority in the evaluated agronomic variables, did not present the best benefit/cost ratio, obtaining a value of 0.11.

Keywords: rice, salinity, organic amendments, leonardite, vegetative development.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	III
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Antecedentes del problema.....	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
<i>1.2.1 Planteamiento del problema.....</i>	<i>16</i>
<i>1.2.2 Formulación del problema.....</i>	<i>16</i>
1.3 Justificación de la investigación.....	16
1.4 Delimitación de la investigación	17
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos.....	17
1.7 Hipótesis o idea para defender.....	18
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1 Estado del arte.....	19
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática	20
<i>2.2.1 Generalidades del arroz.....</i>	<i>20</i>
<i>2.2.2 Características morfológicas.....</i>	<i>21</i>
2.2.2.1. Flor	21
2.2.2.2. Hoja	21
2.2.2.3. Tallo.....	22
2.2.2.4. Raíz.....	22
2.2.2.5. Semilla	22
<i>2.2.3 Zonificación del cultivo de arroz</i>	<i>22</i>
<i>2.2.4 La salinidad en los suelos</i>	<i>23</i>
2.2.4.1. Problemas de salinidad en suelos arroceros	23
2.2.4.2. Características de los suelos salinos	24

2.2.4.3. Causa de la salinidad en los suelos	24
2.2.5 <i>Enmiendas orgánicas</i>	24
2.2.5.1. ¿Qué son las enmiendas orgánicas?	24
2.2.5.2. Enmiendas para reducir el índice de salinidad en suelos ...	24
2.2.5.3. Ácido fúlvico.....	25
2.2.5.4. Compost.....	25
2.2.5.5. Leonardita.....	25
2.3 Marco legal.....	26
2.3.1 <i>Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria</i>	26
2.3.2 <i>Código Orgánico del Ambiente</i>	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1 Enfoque de la investigación	28
3.1.1 <i>Tipo y Alcance de la investigación</i>	28
3.1.2 <i>Diseño de investigación</i>	28
3.2 Metodología	28
3.2.1 <i>Variables</i>	28
3.2.1.1. Variable independiente	28
3.2.1.2. Variable dependiente	29
3.2.1.2.1. <i>Altura de la planta (cm)</i>	29
3.2.1.2.2. <i>Número de macollo por método de trasplante (n)</i>	29
3.2.1.2.3. <i>Tamaño de espiga (cm)</i>	29
3.2.1.2.4. <i>Número de granos por espiga (n)</i>	29
3.2.1.2.5. <i>Peso de 1000 granos (g)</i>	29
3.2.1.2.6. <i>Productividad</i>	29
3.2.1.2.7. <i>Análisis costo/beneficio</i>	29
3.2.1.2.8. <i>Niveles de conductividad eléctrica en el suelo</i>	29
3.2.2 Tratamientos	29
3.2.3 <i>Diseño experimental</i>	30
3.2.4 <i>Recolección de datos</i>	31
3.2.4.1. Recursos.....	31
3.2.4.1.1. <i>Recursos bibliográficos</i>	31
3.2.4.1.2. <i>Herramientas y equipos</i>	31
3.2.4.1.3. <i>Recursos económicos</i>	31
3.2.4.1.4. <i>Recursos Humanos</i>	31

3.2.4.2. Métodos y técnicas	32
3.2.4.2.1. <i>Métodos de investigación.</i>	32
3.2.4.2.2. <i>Técnicas de investigación.</i>	32
3.2.5 <i>Análisis estadístico</i>	34
3.2.5.1. Hipótesis estadística	34
4. RESULTADOS	35
4.1 Identificación de las fuentes de salinidad presentes en la hacienda Anita ubicada en la parroquia Laurel Guayas.	35
4.1.1 <i>Uso excesivo de fertilizantes.</i>	37
4.1.2 <i>Conductividad eléctrica y pH como indicadores de salinidad en suelos.</i>	38
4.1.3 <i>Conductividad eléctrica y pH como indicadores de salinidad en agua para riego.</i>	38
4.2 Evaluación de la aplicación de enmiendas orgánicas para disminuir el índice de salinidad en suelos cultivados con arroz en Laurel Guayas.	39
4.2.1 <i>Altura de plantas cm</i>	39
4.2.2 <i>Número de macollos</i>	40
4.2.3 <i>Tamaño de espiga (cm)</i>	41
4.2.4 <i>Número de granos por espiga</i>	41
4.2.5 <i>Peso de 1000 granos</i>	42
4.2.6 <i>Productividad (Kg/Ha)</i>	43
4.3 Estimación costo/beneficio de la producción de arroz con la aplicación de enmiendas orgánicas en Laurel Guayas.	43
5. DISCUSIÓN	46
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
6.1 Conclusiones.....	48
6.2 Recomendaciones.....	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos	30
Tabla 2. Descripción del diseño experimental en campo.	30
Tabla 3. Análisis ANDEVA	30
Tabla 4. Recursos económicos.	31
Tabla 5. Identificación de las principales fuentes de salinidad presentes en la hacienda Anita	35
Tabla 6. Principales problemas asociados a las fuentes de salinidad identificadas en la hacienda Anita	36
Tabla 7. Programa de fertilización química.	37
Tabla 8. Programa de fertilización foliar.	38
Tabla 9. Rangos de salinidad del suelo según la USDA.	38
Tabla 10. Rangos del uso de agua en riego según la norma de calidad ambiental.	39
Tabla 11. Altura de las plantas a los 45 días en cm.	39
Tabla 12. Altura de las plantas a los 70 días en cm.	40
Tabla 13. Número de macollos a los 90 días.	40
Tabla 14. Tamaño de espiga en cm.	41
Tabla 15. Número de granos por espiga.	42
Tabla 16. Peso de 1000 granos en cascara por tratamiento.	42
Tabla 17. Productividad en kilogramos por hectárea.	43
Tabla 18. Costo de producción.	44
Tabla 19. Relación beneficio/ costo.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis del lugar en donde se realizó el proyecto.	56
Figura 2. Croquis de campo.	56
Figura 3. Resultados del análisis de agua en laboratorio.	57
Figura 4. Análisis de laboratorio de Ce del agua.	57
Figura 5. Resultados del análisis de suelo en laboratorio.	57
Figura 6. Puntos de distanciamiento entre fuentes de riego.	58
Figura 7. Aplicación de riego extraído de agua subterránea.	58
Figura 8. Deficiencia de canales de sistemas de drenaje.	59
Figura 9. Lámina de riego en el cultivo durante la fase de inundación.	59
Figura 10. Variación de la lámina de agua en la parcela de arroz.	60
Figura 11. Región con alta presión de aprovechamiento agrícola.	60
Figura 12. Preparación de terreno.	61
Figura 13. Delimitación de áreas destinadas a la siembra.	61
Figura 14. Acido fúlvico como enmienda a utilizar.	62
Figura 15. Ficha técnica del ácido fúlvico.	62
Figura 16. Presentación de enmienda utilizada.	63
Figura 17. Aplicación de enmiendas orgánicas.	63
Figura 18. Incorporación directa al suelo de las enmiendas.	64
Figura 19. Aplicación de enmiendas antes de la siembra.	64
Figura 20. Ficha técnica de la semilla.	65
Figura 21. Siembra de plántulas de arroz.	65
Figura 22. Trasplante de plántulas al área experimental.	66
Figura 23. Crecimiento de plántulas de arroz.	66
Figura 24. Aplicación foliar para inicio.	67
Figura 25. Aplicación de producto enraizador.	67
Figura 26. Abono fertilizante utilizado en el cultivo.	68
Figura 27. Fertilización al cultivo de arroz.	68
Figura 28. Cultivo de arroz a los 30 días.	69
Figura 29. Altura de la planta 45 días.	69
Figura 30. Aplicación de herbicida e insecticida.	70
Figura 31. Fertilización química.	70
Figura 32. Aplicación de fertilizante.	71

Figura 33. Visita de la directora de tesis	71
Figura 34. Altura de planta en cm.	72
Figura 35. Tamaño de la planta 70 días.....	72
Figura 36. Aplicación de insecticida por presencia de plaga.....	73
Figura 37. Aplicación foliar para llenado de grano.	73
Figura 38. Conteo de macollos por planta.	74
Figura 39. Medidas de longitud de espiga.	74
Figura 40. Medición de tamaño de espiga.	75
Figura 41. Análisis estadístico de altura de planta 45 días	75
Figura 42. Altura de planta de arroz 45 días.	76
Figura 43. Análisis estadístico de altura de planta 70 días.	76
Figura 44. Altura de planta de arroz a los 70 días.....	77
Figura 45. Análisis estadístico de numero de macollos.	77
Figura 46. Número de macollos a los 90 días.	78
Figura 47. Análisis estadístico de tamaño de espiga.	78
Figura 48. Tamaño de espiga en cm.....	79
Figura 49. Análisis estadístico de número de granos por espiga.	79
Figura 50. Número de granos por espiga.....	80
Figura 51. Selección para conteo de 1000 granos.....	80
Figura 52. Peso de 1000 granos	81
Figura 53. Peso cosechado en un metro cuadrado.....	81
Figura 54. Cosecha de manera manual	82
Figura 55. Cosecha manual	82
Figura 56. Chicoteo del arroz recolectado	83
Figura 57. Cuadro de listado beneficio/costo	83
Figura 58. Cuadro de relación beneficio/costo	84

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

El arroz (*Oryza Sativa*) es un cultivo de gran importancia tanto en Ecuador como a nivel mundial ya que constituye un elemento fundamental en la seguridad alimentaria y como fuente de ingresos para los agricultores. En Ecuador especialmente en provincias como Guayas y Los Ríos se cultiva alrededor del 13% del PIB agrícola de Ecuador y un 2.7% del PIB nacional, subrayando su importancia en la economía del País (Mendoza et al., 2019).

La salinidad se ha convertido en una problemática de creciente impacto a nivel mundial, la cual puede originarse de forma natural, sin embargo, la intervención humana ha perturbado los ecosistemas naturales, cambiando la hidrología del paisaje de esta forma se acelera significativamente la salinización en las aguas y los suelos (Pérez et al., 2021).

El riego y la limpieza extensiva de la vegetación, que llevan el agua subterránea con sales solubles a la superficie del suelo o cerca de ella, son las dos principales actividades humanas que aceleran la salinidad. Al crecer en suelos afectados por sal, el cultivo debe competir con las sales en los suelos por el agua, así como hacer frente a la intoxicación iónica, los desbalances nutricionales y el deterioro de la estructura del suelo para sobrevivir, por lo tanto, su productividad se reduce (Mkilima, 2023).

El arroz es muy sensible al estrés salino y en la actualidad se cataloga como un cultivo de cereales con alta sensibilidad a la sal ocupando un umbral de 3 dSm^{-1} para la mayoría de las variedades cultivadas, mientras que, en general, un suelo solo se considera salino solo si tiene una CE_e superior a 4 dSm^{-1} . Incluso con una CE_e tan baja como 3.5 dSm^{-1} , el arroz pierde alrededor del 10% de su rendimiento, y se registró una pérdida de rendimiento del 50% para el arroz con una CE_e de 7.2 dSm^{-1} (Zhang et al., 2022).

La incorporación de enmiendas orgánicas constituye una práctica tradicional para la recuperación de los suelos salinos-sódicos, ya que contribuye a mejorar las características fisicoquímicas, el uso de enmiendas orgánicas como estiércol bovino, gallinaza, compost y humus entre otros, favorecen el desarrollo vegetal debido a sus propiedades físicas, químicas, nutricionales y biológicas del suelo estas enmiendas facilitan la lixiviación de sales en suelos

salinos, salino sódicos y sódicos manteniendo así un enfoque compatible con el medio ambiente. (Głąb et al., 2023)

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El arroz (*Oryza sativa*) es un cultivo de gran relevancia a nivel mundial. Sin embargo, en diversas regiones su rendimiento se encuentra limitado por la salinidad del suelo, un problema creciente asociado al uso excesivo de aguas subterráneas con alto contenido de sales, la acumulación de sales en el suelo impacta negativamente el desarrollo, rendimiento y crecimiento del cultivo de arroz, lo que conduce a una reducción significativa en la producción. Esta problemática se ha intensificado como consecuencia de factores como el cambio climático, la intrusión de aguas salinas en zonas costeras y la sobreexplotación de fuentes hídricas, donde se ve comprometida la sostenibilidad de la producción arroceras.

En el recinto El Laurel, la salinidad del suelo constituye el principal condicionante para la producción del cultivo de arroz. Sin embargo, los productores locales no le otorgan la debida importancia, posiblemente debido al desconocimiento de estrategias de manejo para mitigar este problema o la falta de recursos económicos para su implementación. La salinización del suelo es más evidente en zonas donde no existen fuentes superficiales de agua, como ríos o esteros, lo que obliga a los agricultores a recurrir al uso intensivo de aguas subterráneas. Este uso excesivo de dichas aguas afecta la productividad de los cultivos de arroceros.

1.2.2 Formulación del problema

¿El uso de las enmiendas orgánicas para bajar el índice de salinidad permitirá el aumento de la producción del cultivo de arroz en Laurel-Guayas?

1.3 Justificación de la investigación

La realización de este estudio sobre el uso de enmiendas orgánicas para reducir el índice de la salinidad en el cultivo de arroz en la parroquia Laurel, Guayas, es fundamental debido a los crecientes desafíos que enfrentan la mayoría de los productores en Ecuador a causa de la salinización de los suelos. La salinidad del suelo es el factor principal que limita su rendimiento. En este estudio se va a evaluar la eficacia de las enmiendas orgánicas como solución para mitigar este problema, la investigación proporcionará datos valiosos e

importantes sobre la mejora de suelos y las condiciones ambientales locales, lo que enriquecerá el conocimiento existente sobre la salinidad en los suelos agrícolas y las alternativas para su manejo. A nivel práctico, los resultados podrían beneficiar a los productores de la zona a ofrecerles una estrategia efectiva y accesible para mejorar sus cosechas, lo que incrementaría sus ingresos. De esta manera, el estudio se convierte en una herramienta clave para la mejora de la producción agrícola en varias zonas que se ven afectadas por la salinización.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** La investigación sobre el uso de enmiendas orgánicas para reducir el índice de salinidad del cultivo de arroz se llevó a cabo en la parroquia Laurel, ubicada en la provincia de Guayas, Ecuador, donde se desarrollan cultivos de arroz afectados por altos niveles de salinidad.
- **Tiempo:** El estudio tuvo una duración de seis meses, permitiendo evaluar así los efectos de las enmiendas orgánicas a lo largo de un ciclo agrícola completo.
- **Población:** La población involucrada en la investigación ha sido los productores de arroz de la zona Laurel, para obtener datos sobre la práctica, como el impacto de la salinidad en el cultivo y las posibles mejoras en la producción con el uso de enmiendas orgánicas.

1.5 Objetivo general

Disminuir el índice de salinidad en el suelo mediante enmiendas orgánicas para aumentar la producción del cultivo de arroz en la parroquia Laurel provincia del Guayas.

1.6 Objetivos específicos

- Identificar las fuentes de salinidad presentes en la Hacienda Anita, ubicada en la parroquia Laurel Guayas.
- Evaluar la aplicación de enmiendas orgánicas para disminuir el índice de salinidad en suelos con cultivos de arroz en Laurel Guayas.
- Estimar los costos/beneficios en la producción de arroz con la aplicación de enmiendas orgánicas en Laurel Guayas.

1.7 Hipótesis o idea para defender

El uso de enmiendas orgánicas es una estrategia efectiva para reducir el índice de salinidad del suelo. Se espera que su aplicación disminuya la concentración de sales y aumente la producción de arroz al menos en un 20%.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

En la provincia del Guayas, uno de los estudios más relevantes sobre salinidad en sistemas arroceros fue desarrollado en el cantón San Jacinto de Yaguachi, donde se evaluó la salinidad del suelo y del agua de riego y su efecto sobre la productividad del cultivo de arroz. La investigación determinó que 6.533,87 ha del área evaluada presentaron problemas de salinidad, asociados principalmente a la calidad del agua de riego, el uso intensivo de fertilizantes químicos y las características fisicoquímicas del suelo. Asimismo, reportaron que el incremento de la conductividad eléctrica se relacionó directamente con la disminución del rendimiento del cultivo, evidenciando que tanto el suelo como el agua constituyen factores limitantes para la producción arroceros en la zona (Medina Litardo, 2022).

En estudios realizados han evaluado los componentes para mitigar la salinidad donde los datos obtenidos indican que al incorporar enmiendas orgánicas (guano de broiler y porquinaza), se observan resultados relevantes ya que ayuda a corregir el suelo de manera física, química y biológica, mientras que con óxido de calcio más leonardita con dosis de 4 L/ha + 15 kg/ha se obtuvo el mayor rendimiento de grano, y ayudo a la disminución de la CE del suelo y la regularización del pH (Vecilla, 2020).

De manera paralela en una investigación sobre uso complementario del yeso y las enmiendas biorgánicas se demostró que la aplicación conjunta de yeso con compost (como paja de arroz) reduce de forma eficaz la salinidad, (CE) y sodicidad de suelos salino sódicos, en comparación con tratamientos individuales, esta combinación también mejora el pH, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de nutrientes, lo que favorece el crecimiento radicular y el rendimiento de cultivos además, la inclusión de ácido húmico potencia aún más estos beneficios (Bello et al., 2021).

En la misma línea de investigación se evaluó cuatro tratamientos: estiércol de vaca , biocarbón, fertilizante orgánico y un testigo, los tratamientos aumentan de manera significativa el peso seco de la raíz entre un 80.63% y un 85.57%; además, el estiércol de vaca mejoró el peso seco del brote en un 65.09% en comparación con el testigo, mientras que el biocarbón redujo los valores de CE del suelo y la solución del suelo en un 19.23% y un 27.02% y las

concentraciones de Na^+ , K^+ y Cl^- en un 13.28%, 13.08% y 15.21% (Mao et al., 2022).

Posterior a esto en Cusco, Perú La aplicación de enmiendas orgánicas a base de estiércol de cuy en suelos salinos evidenció una alta eficiencia en los procesos de biorrecuperación durante el periodo de evaluación (90 días) el tratamiento permitió una disminución del pH de 8.05 hasta 7.3 de igual manera, la conductividad eléctrica presentó una reducción superior al 90%, alcanzando valores de 1.12, por otro lado, el contenido de materia orgánica incrementó de 0 a 19% con una tendencia uniforme en todos los tratamientos evaluados (Aimituma et al., 2023).

Por último, en un estudio se evaluó ocho enmiendas orgánicas e inorgánicas del suelo, es decir, yeso (6.4 t/ha), compost de paja de arroz (5 t/ha), estiércol de corral (7 t/ha), azufre (2 t/ha), ácido sulfúrico 95% (240 l/ha), superfosfato de calcio (500 kg/ha) y cascarilla de arroz (2.5 t /ha). Entre las siete enmiendas, el yeso y el azufre fueron los más efectivos para corregir las condiciones salinas del suelo al reducir la CE en un 11.7 y un 30.4% y un 10.5 y 29.5% y la densidad aparente en un 30.1 y un 29.7%, y un 28.2 y 27.6%, Además, el pH del suelo disminuyó en 7.9 y 8.8% en comparación con el tratamiento de control del suelo inicial (Osama et al., 2024).

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 Generalidades del arroz

El cultivo de arroz es el tercer cereal con mayor producción en el mundo, ningún otro cultivo posee una relevancia comparable para la alimentación humana, la economía agrícola y el ecosistema del planeta. A nivel mundial, la producción de este cultivo asciende a 2768 millones de toneladas y existe un área sembrada de 165 millones de ha; India es el mayor productor (43.7 millones de ha), seguido por China (31 millones de ha) e Indonesia (14 millones de ha). Durante 2021, en América Latina, Brasil tuvo la mayor área (1'679497 de ha) y Colombia contó con una superficie de 544635 ha, con una producción que se orientó fundamentalmente al consumo interno (Ramírez et al., 2023)

Según Barreto Macías et al. (2023), la clasificación taxonómica del cultivo de arroz es la siguiente:

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Ehrhartoidea
Tribu:	Oryzeae
Género:	Oryza
Especie:	Sativa L

2.2.2 Características morfológicas

La morfología del arroz abarca una variedad de características que incluyen la estructura de la planta, las hojas, las raíces, los granos y el almidón. Las raíces del arroz muestran una estructura tridimensional compleja, con ramificaciones que facilitan la absorción de agua y nutrientes, y su desarrollo está estrechamente relacionado con el rendimiento del cultivo. Además, la morfología de la planta y el grano está influenciada por factores genéticos identificados mediante estudios de asociación genómica, lo que permite seleccionar variedades con características deseables como altura, tamaño de hoja y forma del grano (Toyosawa et al., 2016).

2.2.2.1. Flor

La flor del arroz es hermafrodita y presenta una coloración verde blanquecina, se dispone en la panícula, la cual se localiza en la parte superior del tallo específicamente en el nudo apical conocido como nudo ciliar, y tiene unidades estructurales llamadas flósculos y espiguillas y contiene diferentes órganos florales como el lema, la pálea, la longitud del estilo, la antera y la excreción del estigma, estos órganos florales son esenciales para la formación del grano, mejorar el rendimiento y la producción del cultivo de arroz a un nivel más amplio (Ashraf et al., 2024).

2.2.2.2. Hoja

El desarrollo de las hojas de arroz se desarrolla en tres etapas: la iniciación de los primordios foliares, el establecimiento y mantenimiento de la polaridad y la expansión foliar. son órganos esenciales para la fotosíntesis,

compuestas por una vaina que envuelve el tallo, una lámina alargada y una lígula membranosa, se encuentran alternadamente en cada nudo del tallo, y su forma erecta favorece una eficiente captura de luz solar (Gong et al., 2024)

2.2.2.3. Tallo

El tallo del arroz es un órgano cilíndrico compuesto por entrenudos huecos y nudos sólidos, el cual le proporciona soporte estructural a la planta y participa en el almacenamiento de los carbohidratos esenciales para el llenado de grano (Liu et al., 2022).

2.2.2.4. Raíz

El cultivo de Arroz produce dos tipos de raíces: las raíces seminales y las raíces adventicias estas raíces le permite adaptarse a condiciones de inundación. Las raíces seminales presentan escasa ramificación y tienen una vida corta después de la germinación; posteriormente, son sustituidas por raíces adventicias. Estas se originan en los nudos subterráneos del tallo que permanecen sumergidos en el agua y en ciertos casos también pueden desarrollarse a partir de los nudos aéreos (Koevoets et al., 2016).

2.2.2.5. Semilla

Las semillas de arroz comprenden principalmente la vaina de la espiguilla, la cubierta de la semilla, la capa de aleurona, el embrión y el endospermo, el tamaño de la vaina de la espiguilla es el determinante clave del tamaño del grano de arroz, el arroz descascarado o cariósido, se conoce comercialmente como arroz integral mientras que el producto industrial obtenido en definitiva se denomina le arroz blanco o pulido (Li et al., 2022)

2.2.3 Zonificación del cultivo de arroz

La producción arrocer a nivel nacional se concentra en un 97.85% en la región Litoral del Ecuador, dentro de esta área, las principales zonas productivas se localizan en la provincia del Guayas (74.52%), seguida de Los Ríos (20.22%), Manabí (2.73%) y El Oro (0.38%). El área de estudio comprende 12 cantones: (Alfredo Baquerizo Moreno, Colimes, Daule, Lomas de Sargentillo, Milagro, Naranjito, Palestina, Samborondón, Santa Lucía, Simón Bolívar, San Jacinto de Yaguachi y Vinces). Del estudio realizado en los 12 cantones con (692461 ha) total, se obtuvo que (50682 ha) presentan condiciones agroecológicas adecuadas para el cultivo de arroz. Asimismo se identificó que en estas zonas predominan tres órdenes de suelos: Inceptisoles, Vertisoles y Molisoles los

cuales son tipos de suelos comunes en zonas arroceras; los Inceptisoles son suelos jóvenes con fertilidad moderada, los Vertisoles son suelos muy fértiles y retienen bien el agua aunque son difíciles de manejar, y los Molisoles destacan por su alta fertilidad y contenido de materia orgánica, en conjunto, estos tres tipos de suelos ofrecen buenas condiciones para el desarrollo del cultivo (Moreno Izquierdo et al., 2018).

2.2.4 La salinidad en los suelos

El área salina es un recurso de reserva importante de tierra cultivable, sin embargo los suelos salinos se caracterizan por presentar concentraciones elevadas de sales solubles, cuando los niveles de salinidad se incrementan, se genera una disminución en el potencial osmótico el cual interfiere directamente con los procesos de absorción, provocando así que las plantas experimenten estrés hídrico en cultivos no adaptados aun disponiendo de niveles altos de humedad en el suelo, de tal manera que este fenómeno osmótico crea una barrera fisiológica que impide la captación eficiente de agua por parte del sistema radicular (Zhang et al., 2019).

Hammam & Mohamed (2020), han informado que "la salinización puede ocurrir de forma natural o debido a las condiciones resultantes de las prácticas de gestión". Por ello la principal razón de la salinidad del suelo en las regiones agrícolas es la mala gestión de los recursos suelo y agua.

2.2.4.1. Problemas de salinidad en suelos arroceros

La salinidad del suelo representa uno de los principales factores que limitan la actividad agrícola, esta es provocada por el uso de aguas salinas y la fertilización excesiva, en Ecuador, la salinidad afecta sobre todo a las zonas planas de la costa, siendo Guayas la provincia más impactada. este cultivo el cual es predominante en esta región es sensible a la salinidad en etapas clave como la floración y llenado de grano, lo que reduce el rendimiento, en especial cuando la CE del suelo supera 3.8 dS/m. Investigaciones en la cuenca baja del río Guayas muestran los suelos tienen salinidad de ligera a media, y el 10.4 % de alta a muy alta. Además, el agua de riego en zonas cercanas al Golfo de Guayaquil presenta CE de hasta 3.77 dS/m, agravando el problema debido a la falta de drenaje y nivelación adecuada de los suelos (Negacz et al., 2022)

2.2.4.2. Características de los suelos salinos

Según indica Delgado et al. (2022), las elevadas concentraciones de sales solubles presentes en suelos agrícolas salinos afectan el desarrollo de los cultivos, ya que reducen la absorción de nutrientes y limitan la actividad microbiana. Si bien las plantas pueden tolerar la salinidad esta capacidad está influenciada por diversas propiedades del suelo, como la textura, la conductividad eléctrica y el pH, entre otros factores.

2.2.4.3. Causa de la salinidad en los suelos

La salinización de los suelos son procesos comunes que caracterizan a las tierras secas. Estos fenómenos pueden originarse tanto por intervenciones humanas como por factores naturales, mientras que los factores naturales comprenden elementos como las condiciones climáticas, la geología, el relieve y las características del suelo, los factores antropogénicos se vinculan principalmente con el manejo de tierras cultivables y, particularmente, con los sistemas de irrigación. La segunda causa es el resultado de un manejo agrícola inadecuado de la tierra y un mal manejo del agua para riego (Stavi et al., 2021).

2.2.5 Enmiendas orgánicas

2.2.5.1. ¿Qué son las enmiendas orgánicas?

Las enmiendas orgánicas son materiales de origen vegetal, animal o mixto que se incorporan al suelo con la finalidad de optimizar sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Entre las más relevantes se encuentran los abonos verdes, los lodos de depuración, el estiércol y el vermicompost, las cuales, en combinación con microorganismos eficientes contribuyen a mejorar la disponibilidad de agua para las plantas, favorecer la recuperación de suelos degradados, reducir los procesos de erosión y promover la solubilización de macro y micronutrientes esenciales para el desarrollo vegetal (Murillo Montoya et al., 2020).

2.2.5.2. Enmiendas para reducir el índice de salinidad en suelos

Un método para disminuir los efectos negativos de la salinidad en el suelo es la incorporación de materiales orgánicos al suelo, debido a sus efectos positivos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los efectos biológicos positivos son probablemente causados por el efecto positivo del carbono disponible derivado de la materia orgánica añadida a las células microbianas permitiendo su ajuste al estrés osmótico. Además, los residuos de

cultivos son descompuestos por los microorganismos del suelo y, por lo tanto, contribuyen a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, especialmente cuando el aporte externo es bajo (Wichern et al., 2020).

2.2.5.3. Ácido fúlvico

Los ácidos fúlvicos son compuestos orgánicos derivados de la descomposición de materia vegetal, son una fracción de los ácidos húmicos, solubles en agua a cualquier pH y se utilizan en agricultura para mejorar suelos afectados por salinidad. Actúan mejorando la estructura del suelo, facilitando el lavado de sales acumuladas mediante un mejor drenaje y aireación. Su aplicación puede realizarse al suelo en dosis de 3 a 5 l ha⁻¹. Aunque no eliminan la salinidad directamente, mejoran la tolerancia de los cultivos. Son más efectivos cuando se combinan con buenas prácticas de riego y enmiendas complementarias (Martínez Sias et al., 2022).

2.2.5.4. Compost

El compost es una enmienda orgánica eficaz para reducir el índice de salinidad en suelos agrícolas, especialmente en zonas donde la acumulación de sales afecta el crecimiento de los cultivos, contiene macro y micronutrientes que ayudan al desarrollo saludable del cultivo, aun en condiciones salinas, mejora la estructura del suelo, aumenta la materia orgánica, al mejorar la textura y porosidad, favorece el drenaje y evita la acumulación de agua y sales en la superficie. su dosificación puede variar según el nivel de salinidad del suelo, el tipo de compost y las necesidades del cultivo, por lo general va en cantidades de 6 a 12 ton ha⁻¹ (Liu et al., 2025).

2.2.5.5. Leonardita

La leonardita granulada o en polvo, es una fuente rica en ácidos húmicos, los cuales son compuestos con un alto peso molecular derivados de la descomposición de materia orgánica, se ha estudiado como enmienda para mejorar suelos salinos, la aplicación de leonardita reduce eficazmente la conductividad eléctrica en suelos afectados por sal, la materia orgánica y el pH del suelo y ofreciendo potencial para la recuperación y un mejor rendimiento de los cultivos. Su dosificación se da dependiendo de su característica, líquida diluida va a ir de 10 a 20 l ha⁻¹, y como leonardita en polvo será de 200 a 400 kg ha⁻¹ (Wang et al., 2021).

2.3 Marco legal

2.3.1 Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria

Acceso a los factores de producción alimentaria

Capítulo I

Acceso al agua y a la tierra

Artículo 5.- Acceso al Agua. - El Acceso y uso del agua como factor de productividad se regirá por lo dispuesto en la Ley que trate los recursos hídricos, su uso y aprovechamiento, y en los respectivos reglamentos y normas técnicas. El uso del agua para riego, abrevadero de animales, acuicultura u otras actividades de la producción de alimentos, se asignará de acuerdo con la prioridad prevista en la norma constitucional, en las condiciones y con las responsabilidades que se establezcan en la referida ley.

Artículo 6. Acceso a la tierra. - El uso y acceso a la tierra deberá cumplir con la función social y ambiental. La función social de la tierra implica la generación de empleo, la redistribución equitativa de ingresos, la utilización productiva y sustentable de la tierra. La función ambiental de la tierra implica que ésta procure la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas; que permita la conservación y manejo integral de cuencas hidrográficas, áreas forestales, bosques, ecosistemas frágiles como humedales, páramos y manglares, que respete los derechos de la naturaleza y del buen vivir; y que contribuya al mantenimiento del entorno y del paisaje. La ley que regule el régimen de propiedad de la tierra permitirá el acceso equitativo a ésta, privilegiando a los pequeños productores y a las mujeres productoras jefas de familia; constituirá el fondo nacional de tierras; definirá el latifundio, su extensión, el acaparamiento y concentración de tierras, establecerá los procedimientos para su eliminación y determinará los mecanismos para el cumplimiento de su función social y ambiental. Así mismo, establecerá los mecanismos para fomentar la asociatividad e integración de las pequeñas propiedades. Además, limitará la expansión de áreas urbanas en tierras de uso o vocación agropecuaria o forestal, así como el avance de la frontera agrícola en ecosistemas frágiles o en zonas de patrimonio natural, cultural y arqueológico, de conformidad con lo que establece el Art. 409 de la Constitución de la República efectos.

Protección de la agrobiodiversidad

Artículo 7. Protección de la agrobiodiversidad- El Estado, así como las personas y las colectividades protegerán, conservarán los ecosistemas y promoverán la recuperación, uso, conservación y desarrollo de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella. Las leyes que regulen el desarrollo agropecuario y la agrobiodiversidad crearán las medidas legales e institucionales necesarias para asegurar la agrobiodiversidad, mediante la asociatividad de cultivos, la investigación y sostenimiento de especies, la creación de bancos de semillas y plantas y otras medidas similares, así como el apoyo mediante incentivos financieros a quienes promuevan y protejan la agrobiodiversidad (Asamblea Nacional del Ecuador, 2010, pp. 4-5).

2.3.2 Código Orgánico del Ambiente

Sistema nacional descentralizado de gestión ambiental

Capítulo I

Sistema nacional descentralizado de gestión ambiental

Artículo 12.- Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental. El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental permitirá integrar y articular a los organismos y entidades del Estado con competencia ambiental con la ciudadanía y las organizaciones sociales y comunitarias, mediante normas e instrumentos de gestión. El Sistema constituirá el mecanismo de orientación, coordinación, cooperación, supervisión y seguimiento entre los distintos ámbitos de gestión ambiental y manejo de recursos naturales, y tendrá a su cargo el tutelaje de los derechos de la naturaleza y los demás establecidos en este Código de conformidad con la Constitución. Las entidades y organismos estatales sin competencia ambiental serán responsables de aplicar los principios y disposiciones de este Código.

Artículo 14.- Competencia ambiental. El ejercicio de las competencias ambientales comprende las facultades de rectoría, planificación, regulación, control y gestión referidas al patrimonio natural, la biodiversidad, calidad ambiental, cambio climático, zona marino y marino costera, y demás ámbitos relacionados de conformidad con la Constitución y la ley (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017, p. 15).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo, dirigido a la medición objetiva de las variables de estudio, a través de indicadores numéricos y procedimientos estadísticos. Tuvo como base la verificación empírica de relaciones causa-efecto que resultan de aplicar enmiendas orgánicas sobre el índice de salinidad del suelo en cultivo de arroz, lo cual permitió contrastar hipótesis, controlar variables y obtener resultados verificables, replicables y generalizables dentro del contexto experimental establecido.

3.1.1 Tipo y Alcance de la investigación

El estudio es de tipo experimental, porque se aplicó enmiendas orgánicas bajo condiciones controladas para observar sus efectos. Además, es de carácter explicativo, ya que busca identificar la relación causa-efecto entre la aplicación de estas enmiendas, la reducción del índice de salinidad del suelo y el aumento en la productividad del cultivo.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental, al manipular deliberadamente la variable independiente, aplicación de enmiendas orgánicas, para observar su efecto sobre la variable dependiente, el índice de salinidad del suelo en cultivo de arroz. Se establecen tratamientos y condiciones controladas que permiten aislar efectos, comparar resultados y verificar relaciones causales mediante mediciones objetivas y análisis estadístico, garantizando validez interna, control de variables extrañas y rigor en la comprobación de hipótesis.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Las enmiendas para utilizar son:

- Leonardita 200 – 400 kg ha⁻¹
- Ácido fúlvico 3- 5 l ha⁻¹
- Compost 6- 10 ton ha⁻¹
- Testigo absoluto – sin aplicación

3.2.1.2. Variable dependiente

3.2.1.2.1. *Altura de la planta (cm).*

Esta variable de altura se midió en centímetros en dos sesiones diferentes, a los 45 y 70 días después del trasplante, para esta práctica se utilizó la ayuda de un flexómetro midiendo desde la superficie del suelo hasta el ápice de la hoja bandera.

3.2.1.2.2. *Número de macollo por método de trasplante (n).*

A los 90 días de haber realizado el trasplante se calculó la cantidad de macollos presentes en cada una de las diez plantas seleccionadas por cada uno de los tratamientos.

3.2.1.2.3. *Tamaño de espiga (cm).*

Se evaluó la longitud de la espiga seleccionando plantas al azar de cada uno de los tratamientos, para conocer que enmienda tuvo mayor desarrollo en cuanto a tamaño.

3.2.1.2.4. *Número de granos por espiga (n).*

Se seleccionaron diez plantas al azar de cada uno de los tratamientos, para conocer que enmienda obtuvo la mayor cantidad de granos por espiga.

3.2.1.2.5. *Peso de 1000 granos (g).*

En esta sección se procedió con el peso de los 1000 granos de arroz bajo diferentes tratamientos de las plantas ubicadas dentro del área útil de la parcela en el momento de realizar la cosecha.

3.2.1.2.6. *Productividad.*

Se midió el desempeño de cada uno de los tratamientos utilizados con el fin de conocer que enmienda fue la más efectiva para la reducción del índice de salinidad y la mejora de la productividad del cultivo de arroz.

3.2.1.2.7. *Análisis costo/beneficio.*

El análisis se realizó con el propósito de determinar si los resultados obtenidos son económicamente viables y justifican su implementación a nivel productivo.

3.2.1.2.8. *Niveles de conductividad eléctrica en el suelo.*

Antes de la preparación del área, se tomó una muestra de suelo para comprobar si había niveles altos de salinidad y poder comprobar los resultados.

3.2.2 *Tratamientos*

Tabla 1.
Tratamientos

Tratamientos	Dosis por ha	Dosis por parcela	Frecuencia de aplicación
T1(Leonardita)	75 kg ha ⁻¹	3.7 kg	Antes de la siembra.
T2(Ácido fúlvico)	60 kg ha ⁻¹	3 kg	Antes de la siembra.
T3(compost)	5 ton ha ⁻¹	25 kg	Antes de la siembra.
T4(Testigo)			Sin aplicación.

Elaborado por: El autor, 2026

3.2.3 Diseño experimental

En el presente trabajo investigativo se utilizó un diseño completo al azar (DCA), en el cual se sorteó la ubicación de cada tratamiento, cada tratamiento constituido por única parcela de 7 x 7 m, con un total de 4 unidades experimentales de 49 m² y en cada una se tomaron 10 submuestras al azar promediando su valor total para evaluar las variables agronómicas.

Tabla 2.
Descripción del diseño experimental en campo.

Descripción	Unidad
Número de tratamientos	4
Número de parcelas	4
Área total de las parcelas	49 m ²
Área útil por parcela	15 m ²
Área neta	196 m ²
Distancia entre plantas	20 cm
Distancia entre hileras	25 cm
Tamaño de las parcelas	7 x 7 m
Número de muestras a evaluarse	10

Elaborado por: El autor, 2026

Tabla 3.
Análisis ANDEVA

F.V.	Fórmula	Desarrollo	GI
Tratamientos	T - 1	4 - 1	3
Error	T (R - 1)	4 (10 - 1)	36
Total	(TR-1)	(4*10) - 1	39

Elaborado por: El autor, 2026

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

3.2.4.1.1. Recursos bibliográficos.

El trabajo investigativo utilizó recursos bibliográficos de fuentes confiables como: artículos científicos, tesis, libros, manuales técnicos, revistas científicas e investigaciones de la Universidad Agraria del Ecuador las cuales fueron útiles para obtener información concreta.

3.2.4.1.2. Herramientas y equipos.

Las herramientas y equipos que se utilizaron en el desarrollo del trabajo fueron, cinta de medición, estacas, GPS, bomba de riego, botas, balanza, sacos, bomba aspersora, machete, calculadora, cámara fotográfica, piola, libreta de apuntes y entre otros materiales.

3.2.4.1.3. Recursos económicos.

Los recursos para el desarrollo del proyecto fueron provistos de los fondos propios del tesista.

3.2.4.1.4. Recursos Humanos.

Se contó con el tutor encargado de la orientación y supervisión, y el estudiante, responsable de ejecutar las actividades prácticas.

Tabla 4.
Recursos económicos.

Recursos	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Cinta métrica	1	10	10
Transporte	1	100	100
Maquinarias	2	80	160
Jornales	4	20	80
Leonardita 25 kg	1	80	80
Compost 50kg	1	8	8
Acido fúlvico líquido	1	100	100
Plántulas	200.000	100	100
Deshierba	4	15	60
Bomba de riego	1	250	250
Machete	2	10	20
Bomba de aspersión	1	25	25
Libreta de apuntes	1	1	1
Imprevistos	1	50	50
Total			1044

Elaborado por: El autor, 2026

3.2.4.2. Métodos y técnicas

3.2.4.2.1. Métodos de investigación.

Método deductivo

Este método permitió observar investigaciones anteriores ya realizadas donde se observó leyes, teorías y principios básicos referentes al tema.

Método inductivo

Con este método fue posible evidenciar los resultados alcanzados al concluir con el cumplimiento de los objetivos e hipótesis planteados.

Método experimental

El método se ha basado en la etapa final del cultivo de arroz, específicamente en las labores de cosecha que este requiere.

3.2.4.2.2. Técnicas de investigación.

Observación de campo y muestreo sistemático de suelos para análisis fisicoquímico

Se recopiló información del uso del suelo y prácticas agrícolas utilizadas en la Hacienda Anita, incluirá el tipo de riego aplicado, frecuencia de fertilización y uso de agroquímicos, mediante la observación y la encuesta.

Luego se procederá a realizar un muestreo de suelo en distintas zonas de la hacienda, con una estrategia de muestreo en zigzag, a una profundidad de 20 cm. Las muestras serán enviadas al laboratorio para análisis fisicoquímicos, donde se evalúan parámetros como conductividad eléctrica (CE), pH y presencia de carbonatos, sulfatos.

Selección y aplicación de enmiendas orgánicas bajo diseño experimental completamente al azar

Se seleccionaron enmiendas orgánicas con potencial para reducir el índice de salinidad del suelo, tales como compost, ácidos fúlvicos y leonardita, basados en literatura técnica y recomendaciones previas. Cada enmienda será aplicada de forma directa al suelo en diferentes tratamientos, con dosis previamente definidas según recomendaciones técnicas o ensayos preliminares.

Se estableció un diseño experimental en campo, se utilizará un diseño Completo al azar (DCA) compuesto por cuatro tratamientos con parcelas de 7 x 7 m cada uno y se delimitaron las parcelas experimentales por medio de un sorteo para determinar su ubicación. Previo a la siembra, se aplicaron las

enmiendas orgánicas directamente al suelo. Luego se procedió con la siembra del arroz bajo condiciones uniformes, durante el ciclo del cultivo se realizaron observaciones de variables agronómicas, tales como la altura de planta, número de macollos por planta, entre otros.

Registro de costos por tratamiento y evaluación técnico-económica de las enmiendas

Se llevó a cabo un registro detallado de los costos correspondientes a cada tratamiento, donde se incluirá la adquisición de las enmiendas orgánicas, costos de transporte, aplicación, mano de obra, análisis de laboratorio y mantenimiento del cultivo.

Por último, se interpretaron los resultados desde una perspectiva técnica y económica, recomendando las enmiendas más viables no solo por su efecto para reducir el índice de salinidad, sino también por su sostenibilidad económica en el sistema productivo del arroz.

Manejo del ensayo.

En el experimento se realizó un análisis inicial del suelo para determinar los niveles de conductividad eléctrica, pH, carbonatos y sulfatos. Las enmiendas se aplicaron de forma diferenciada antes del trasplante. Estas aplicaciones se realizaron 10 días antes del trasplante, el trasplante se realizó con un distanciamiento de 20 cm entre plantas y 25 cm entre hileras.

El manejo de productos químicos durante el desarrollo del experimento se realizó de acuerdo con los requerimientos específicos del cultivo, procurando no interferir con los efectos propios de las enmiendas evaluadas. La fertilización se llevó a cabo mediante mezclas formuladas según cada fase fenológica del arroz, evitando el uso de fertilizantes convencionales con altos grados de acidez que pudieran alterar las condiciones del suelo y, en consecuencia, los resultados asociados a las enmiendas orgánicas, en cuanto al manejo fitosanitario, las aplicaciones se efectuaron de manera técnica y oportuna, empleando productos foliares necesarios para el desarrollo adecuado del cultivo bajo un esquema tradicional de manejo. Asimismo, el uso de herbicidas e insecticidas se realizó únicamente cuando las condiciones lo requirieron, especialmente durante la fase vegetativa, garantizando un control eficiente de malezas y plagas sin comprometer la validez experimental del estudio.

El manejo del riego se realizó mediante láminas controladas, manteniendo el suelo húmedo sin encharcamiento constante, el control de maleza se realizó de forma manual. En caso de aparición de plagas o enfermedades, se realizará un monitoreo constante, y se aplicaron medidas de control solo si se alcanzaban niveles críticos de daño.

Durante el ciclo del cultivo se evaluaron variables como altura de planta, peso, número de macollos, número de panículas y rendimiento. También se midió la conductividad eléctrica del suelo antes, de realizar el ensayo, con el fin de evaluar el efecto de las enmiendas en la reducción del índice de salinidad. La cosecha se efectuó cuando el 80–85% de las panículas alcanzaron la madurez fisiológica.

La cosecha se realizó de forma manual, recolectando cada tratamiento por separado con el fin de mantener la individualidad y garantizar la precisión en la evaluación de los resultados. Esta metodología permitió comparar de manera objetiva la respuesta productiva de cada tratamiento y determinar si existieron diferencias atribuibles a la aplicación de las enmiendas evaluadas.

3.2.5 Análisis estadístico

El tipo de análisis que se utilizó en esta investigación fue el análisis estadístico inferencial. Este tipo de análisis es el más adecuado porque permite comparar el efecto de varios tratamientos sobre una o más variables, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para evaluar si las diferencias observadas entre tratamientos son estadísticamente significativas.

3.2.5.1. Hipótesis estadística

H₀: Ninguna de las enmiendas incidió de manera correcta en el rendimiento del cultivo de arroz.

H_a: Al menos una de las enmiendas que se utilizó como tratamientos incidió de manera correcta en el rendimiento del cultivo de arroz.

4. RESULTADOS

4.1 Identificación de las fuentes de salinidad presentes en la hacienda Anita ubicada en la parroquia Laurel Guayas.

Durante el desarrollo del estudio, se identificaron diversas fuentes que contribuyen a la salinización del suelo. En las Tablas 5 y 6 se sintetizan dichas fuentes y su incidencia sobre el suelo y el cultivo.

Tabla 5.
Identificación de las principales fuentes de salinidad presentes en la hacienda Anita

Fuente identificada	Descripción observada en campo	Efecto sobre el suelo y cultivo
Aguas subterráneas salinas	Uso de agua proveniente de acuíferos subterráneos como fuente principal de riego	Incorporación continua de sales al suelo, incremento de la conductividad eléctrica y acumulación salina en la zona radicular
Drenaje deficiente	Presencia de encharcamiento y limitada evacuación del agua dentro de las parcelas	Reduce el lavado natural de sales, favorece su acumulación en superficie y afecta la aireación radicular
Manejo inadecuado del riego	Aplicación empírica del riego, sin monitoreo técnico ni balance hídrico	Favorece la concentración de sales por evaporación y genera fluctuaciones en la disponibilidad de agua
Uso excesivo de fertilizantes	Aplicaciones frecuentes de fertilizantes edáficos y foliares durante el ciclo del cultivo	Aumenta el contenido de sales solubles en el suelo y eleva la conductividad eléctrica
Intensificación del uso del suelo	Producción continua de arroz sin barbechos ni rotación de cultivos	Reduce la capacidad de recuperación del suelo y favorece procesos de degradación y salinización progresiva

Elaborado por: El Autor, 2026

Como se puede observar en la tabla 5, en la hacienda Anita ubicada en la parroquia Laurel, la producción arrocerá intensiva, el uso predominante de agua subterránea para riego, las limitaciones en los sistemas de drenaje y el manejo continuo del cultivo durante todo el año constituyen factores que favorecen la

acumulación progresiva de sales en el perfil del suelo. La aplicación de riego sin un manejo técnico de la lámina de agua ni estrategias de lavado de sales contribuye a la concentración salina por efecto de la evaporación. A esto se suma la escasa rotación de cultivos y la ausencia de períodos de descanso, lo que incrementa la presión sobre el recurso edáfico. Como consecuencia, se generan alteraciones en las propiedades químicas del suelo, afectando la disponibilidad de nutrientes, la actividad biológica y la estructura del suelo, lo que repercute directamente en el desarrollo fisiológico del cultivo de arroz, limitando su crecimiento, productividad y rendimiento.

Tabla 6.
Principales problemas asociados a las fuentes de salinidad identificadas en la hacienda Anita

Fuente de salinidad	Problema generado	Consecuencia agronómica
Aguas subterráneas salinas	Acumulación de sales solubles en el perfil del suelo	Estrés salino, reducción del crecimiento y menor rendimiento del cultivo
Drenaje deficiente	Retención prolongada de agua y concentración de sales en superficie	Menor oxigenación radicular, clorosis y disminución del vigor de la planta
Manejo inadecuado del riego	Incremento de evaporación y concentración salina por falta de manejo hídrico	Desequilibrio hídrico y afectación del desarrollo vegetativo
Uso excesivo de fertilizantes	Incremento de la conductividad eléctrica del suelo	Menor disponibilidad de agua y nutrientes para la planta
Intensificación del uso del suelo	Degradación gradual de las propiedades físicas y químicas del suelo	Disminución de la productividad y sostenibilidad del sistema de cultivo

Elaborado por: El Autor, 2026

Como se observa en la tabla 6, Las condiciones de manejo identificadas en el recinto Laurel han generado efectos agronómicos que inciden directamente sobre la productividad del cultivo de arroz. El uso continuo de agua subterránea, sumado a deficiencias en el drenaje y al manejo empírico del riego, ha favorecido la acumulación de sales en el suelo, provocando desequilibrios químicos que

limitan la absorción de agua y nutrientes por parte de la planta. Asimismo, la intensificación del cultivo sin rotación ni períodos de descanso ha contribuido al agotamiento progresivo del suelo y a su degradación física y química. Como resultado, se presentan restricciones en el desarrollo vegetativo y reproductivo del arroz, disminución del vigor del cultivo y una reducción gradual del rendimiento, comprometiendo la sostenibilidad productiva del sistema agrícola en la zona.

4.1.1 Uso excesivo de fertilizantes

En el área de estudio, la fertilización edáfica en el cultivo de arroz trasplantado se realiza aproximadamente cada 25 días, según los requerimientos nutricionales del cultivo. Este manejo incluye un uso considerable de fertilizantes al suelo, con aportes elevados de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Los fertilizantes utilizados y su frecuencia de aplicación se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7.
Programa de fertilización química.

Producto	Composición	N%	P%	K%	B%	Mg%	S%	Zn%
Abono compuesto	$NP_2O_5K_2O$	10	30	10				
Urea	N	46						
Abono completo	$NP_2O_5K_2O$	8	20	20				
Sulfato de amonio	$NH_4_2SO_4$	21					24	
Yara Mila RAFOS	$NP_2O_5K_2OMgS$	12	24	12	0.04	2	1.6	0.02
DAP	NP_2O_5	18	46					
Yara Vera AMIDAS	NSO_3	40					14	
TOTAL		155	120	42	0.04	2	39.2	0.02

Elaborado por: El Autor, 2026

Además, como complemento al manejo nutricional, se realizan aplicaciones foliares durante el ciclo del cultivo. En el manejo con soca, estas aplicaciones pueden efectuarse con mayor frecuencia, aproximadamente cada 15 a 20 días, según las condiciones del cultivo. Los productos utilizados mediante aplicación foliar y su frecuencia se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8.
Programa de fertilización foliar.

Producto	Etapas	N%	P%	K%	Mg%	B%	Cu%	S%	Ah%	Mn%
Raíz plant ⁵⁰⁰	Inicio	5	22	15.5	0.3	0.015		0.4		
PK – 50	Floración		50	30						
Greenmaster	Desarrollo	6.6	17.6	14.9		0.023	0.01		19.8	0.017
Potassium	crecimiento		0.75							
Nutri plex	Desarrollo	30	10	10						
TOTAL		41.6	100.35	70.4	0.3	0.038	0.01	0.4	19.8	0.017

Elaborado por: El Autor, 2026

4.1.2 Conductividad eléctrica y pH como indicadores de salinidad en suelos.

La evaluación del análisis del suelo del predio de estudio registró la conductividad eléctrica del extracto saturado de 2.788 dS/m a 20 °C, lo que según la clasificación del Departamento de Agricultura de los EE. UU (USDA) el suelo se considera ligeramente salino, el pH obtenido fue de 6.59, lo que indica que hay presencia de sales en el suelo ya que según la misma USDA este debe estar por encima de 8.5 para considerarse no salino.

Tabla 9.
Rangos de salinidad del suelo según la USDA.

Clasificación	Parámetros		
	CeExt/sat	PSI %	pH
Normal	< 4 dS/m	< 15	No determinante
Salino	≥ 4 dS/m	< 15	< 8.5
sódico	< 4 dS/m	≥ 15	> 8.5
Salino – sódico	≤ 4 dS/m	≥ 15	< 8.5

Elaborado por: El autor, 2026

4.1.3 Conductividad eléctrica y pH como indicadores de salinidad en agua para riego.

Según los parámetros de la norma de calidad ambiental los rangos de Ce para riego son de 0.75 a 2.25, en el ensayo del agua analizada se registró una conductividad eléctrica de 2.332 dS/cm a 25 °C, valor que indica una elevada mineralización y una alta concentración de iones disueltos, acompañada del pH de 7.92, lo que indica un valor ligeramente superior a la neutralidad.

Tabla 10.

Rangos del uso de agua en riego según la norma de calidad ambiental.

Rango	Riesgo de salinización	Ce dS/m	Restricciones de uso
Rango Ideal	Sin riesgo	< 0.75	Apta
Rango Moderado	Riesgo moderado	0.75 – 2.25	Apta con precauciones
Rango Alto/Severo	Riesgo alto	> 2.25 – 3	No apta

Elaborado por: El autor, 2026

4.2 Evaluación de la aplicación de enmiendas orgánicas para disminuir el índice de salinidad en suelos cultivados con arroz en Laurel Guayas.

4.2.1 Altura de plantas cm

Esta práctica se llevó a cabo a los 45 y 70 días después de la siembra permitiendo así la obtención de estos datos.

Tabla 11.

Altura de las plantas a los 45 días en cm.

Tratamientos	Descripción	N	Medias	
T1	Leonardita	10	58.45	a
T2	Ácido fúlvico	10	48.54	b
T3	Compost	10	49.80	b
T4	Testigo abs.	10	48.52	b
Significancia ANOVA				**
Coefficiente de variación (%)				10.02

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Nota: Altamente significativo (**)

Elaborado por: El Autor, 2026

Como se observa en la Tabla 9, al evaluar el desarrollo vegetativo de las plantas a los 45 días después del establecimiento, la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) determinó que el tratamiento T1 (Leonardita) presentó la mayor altura promedio 58.45 cm, siendo superior a los tratamientos T2, T3, T4, los cuales no mostraron diferencias significativas entre sí, con valores promedios de 48.54, 49.80 y 48.52 cm.

Tabla 12.
Altura de las plantas a los 70 días en cm.

Tratamientos	Descripción	N	Medias	
T1	Leonardita	10	79.21	a
T2	Ácido fúlvico	10	66.54	b
T3	Compost	10	72.25	a b
T4	Testigo abs.	10	65.65	b
Significancia ANOVA				**
Coefficiente de variación (%)				8.43

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Nota: Altamente significativo (**)

Elaborado por: El Autor, 2026

De igual manera, según lo presentado en la Tabla 10, al evaluar el desarrollo vegetativo de las plantas a los 70 días, se confirma nuevamente que el tratamiento T1 (Leonardita) presentó la mayor altura promedio 79.21 cm, siendo estadísticamente superior a los tratamientos T2 y T4, mientras que el tratamiento T3 72.25 cm presentó un comportamiento intermedio, sin diferir significativamente del tratamiento T1 ni de los tratamientos T2 y T3.

4.2.2 Número de macollos

El número de macollos se determinó contando manualmente los tallos a los 90 días después del trasplante, manteniendo el mismo criterio en todos los tratamientos.

Tabla 13.
Número de macollos a los 90 días.

Tratamientos	Descripción	N	Medias	
T1	Leonardita	10	32.20	a
T2	Ácido fúlvico	10	23.20	b
T3	Compost	10	23.80	b
T4	Testigo abs.	10	22.70	b
Significancia ANOVA				**
Coefficiente de variación (%)				12.77

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Nota: Altamente significativo (**)

Elaborado por: El Autor, 2026

Como se muestra en la Tabla 11, al determinar la cantidad de macollos presentes en las diez plantas seleccionadas al azar, la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) determinó que el tratamiento T1 (Leonardita) presentó el mayor número promedio de macollos 32.20, siendo estadísticamente superior a los tratamientos T2, T3 y T4, los cuales no mostraron diferencias significativas entre sí, con promedios de 23.20; 23.80 y 22.70 de macollos por planta, lo que da a conocer que hay una respuesta similar entre estos tratamientos en cuanto a la emisión de macollos en el cultivo de arroz.

4.2.3 Tamaño de espiga (cm)

La longitud de la espiga se la determinó midiendo en centímetros, esta medición se realizó en espigas completamente emergidas.

Tabla 14.

Tamaño de espiga en cm.

Tratamientos	Descripción	N	Medias	
T1	Leonardita	10	22.86	a
T2	Ácido fúlvico	10	21.27	b
T3	Compost	10	21.18	b
T4	Testigo abs.	10	20.74	b
Significancia ANOVA				**
Coefficiente de variación (%)				5.95

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Nota: Altamente significativo (**)

Elaborado por: El Autor, 2026

Como se observa en la tabla 12, al analizar los datos de cada uno de los tratamientos de la longitud de espiga del arroz representada en cm se evidenció diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) mostró que el tratamiento T1 (Leonardita) presentó la mayor longitud promedio 22.86 cm, diferenciándose estadísticamente de los tratamientos T2, T3 y T4, los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí, con valores promedio de 20.74; 21.18 y 21.27 cm.

4.2.4 Número de granos por espiga

La cantidad de granos por espiga se determinó mediante el conteo manual en la etapa de madurez fisiológica.

Tabla 15.
Número de granos por espiga.

Tratamientos	Descripción	N	Medias	
T1	Leonardita	10	121	a
T2	Ácido fúlvico	10	96.20	a b
T3	Compost	10	97.30	a b
T4	Testigo abs.	10	90.60	b
Significancia ANOVA				**
Coefficiente de variación (%)				22.14

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Nota: Altamente significativo (**)

Elaborado por: El Autor, 2026

Como se muestra en la tabla 13, al evaluar el número de granos por espiga en 10 plantas seleccionadas al azar de cada uno de los tratamientos, se evidencia que el tratamiento T1 (Leonardita) presentó el mayor número promedio de granos 121, diferenciándose del tratamiento T4 (Testigo absoluto), mientras que los tratamientos T2 y T3 presentaron valores intermedios 96.20 y 97.30 granos, sin diferencias significativas entre ellos ni con el tratamiento A. los resultados indican que el tratamiento A favoreció el incremento del número de granos, mientras que el tratamiento T4 (testigo absoluto) presentó el menor desempeño.

4.2.5 Peso de 1000 granos

El peso de los 1000 granos se lo realizó contando de manera manual cada grano y posterior a esto se procedió a pesar dando así los siguientes resultados.

Tabla 16.
Peso de 1000 granos en cascara por tratamiento.

Tratamientos	Descripción	Unidad	Peso
T1	Leonardita	g	29.20
T2	Ácido fúlvico	g	27.72
T3	Compost	g	27.86
T4	Testigo abs.	g	27.62
Coefficiente de variación (%)			2.63

Elaborado por: El Autor, 2026

En la Tabla 14, se observa el peso de 1000 granos en gramos en función de los tratamientos evaluados. Los resultados muestran las siguientes diferencias:

T1 (Leonardita) presentó el mayor peso de los 1000 granos, con un valor aproximado de 29.20 g, lo que indica un mejor llenado del grano, el T3 (Compost) alcanzó un valor intermedio de 27.86 g, de la misma manera el T2 (Ácido fúlvico) mostró un valor ligeramente inferior 27.72 g y por último el T4 (Testigo absoluto) registró el menor peso de 1000 granos 27,62 g, lo que evidencia la ausencia de un aporte adicional de nutrientes.

4.2.6 Productividad (Kg/Ha)

Tabla 17.

Productividad en kilogramos por hectárea.

Tratamientos	Descripción	Kg ha⁻¹
T1	Leonardita	6 340
T2	Ácido fúlvico	6 175
T3	Compost	6 305
T4	Testigo abs.	5 265
Coefficiente de variación		8.47
(%)		

Elaborado por: El Autor, 2026

Los datos obtenidos se expresaron en kg y posteriormente se extrapolaron para estimar el rendimiento de 1ha correspondiente a cada tratamiento.

El tratamiento T1 (Leonardita) presentó el mayor rendimiento con un valor de 6 340 kg, seguido por el T3 (compost) con 6305 kg, por su parte, el T2 (ácido fúlvico) registró un rendimiento de 6175 kg, finalmente, el T4 (compost) mostró el menor valor de productividad, con 5265 kg, evidenciando un desempeño inferior en comparación con los demás tratamientos.

4.3 Estimación costo/beneficio de la producción de arroz con la aplicación de enmiendas orgánicas en Laurel Guayas.

Como se puede observar en la tabla 16, en esta se detalla de manera ordenada el costo de producción relacionado a una hectárea de arroz.

Asimismo, en la Tabla 17, se presenta el análisis de la relación beneficio/costo correspondiente a los tratamientos evaluados en el presente estudio. Los resultados evidencian que el T2 (ácido fúlvico) obtuvo la mayor relación, con un valor de 0.16, demostrando su viabilidad económica. El T3 (compost) registró una relación de 0.12, por su parte, el T1 (Leonardita) presentó una relación B/C de 0.11, finalmente, el T4 (testigo absoluto) mostró la menor relación beneficio/costo, con un valor de 0.06, evidenciando así que los ingresos generados no cubren los costos de producción, lo que los convierte en tratamientos no rentable bajo las condiciones evaluadas en este estudio.

Tabla 18.

Costo de producción.

Descripción	Unidad	Precio	T1	T2	T3	T4
Labranza	Hora	30.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Mecanización	Hora	12.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Semilla			50.00	50.00	50.00	50.00
Siembra			100.00	100.00	100.00	100.00
Jornales		15.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Compuesto (herbicida)	Litro	8.75	17.50	17.50	17.50	17.50
Butaclor (herbicida)	Litro	6.85	13.70	13.70	13.70	13.70
Diábolo (insecticida)	Litro	16.00	32.00	32.00	32.00	32.00
Courage (insecticida)	Litro	20.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Mezcla inicio	Saco	29.25	175.50	175.50	175.50	175.50
Mezcla desarrollo	Saco	28.50	85.50	85.50	85.50	85.50
DAP	Saco	44.00	176.00	176.00	176.00	176.00
Mezcla final	Saco	28.10	56.20	56.20	56.20	56.20
Espigador (foliar)	Litro	18.40	36.80	36.80	36.80	36.80
Nutriplex (foliar)	Kg	8.95	8.95	8.95	8.95	8.95
Vigorking (foliar)	Litro	25.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Sacas	210Lb		66.80	65.50	64.82	55.27
Cosecha			133.60	131	129,60	110,50
Total			1177.55	1173.65	1171.57	1142.92

Elaborado por: El Autor, 2026

Tabla 19.
Relación beneficio/ costo.

Ingresos/ Ha	Relación beneficio/ costo			
	T1 Leonardita	T2 Ácido F.	T3 Compost	T4 Testigo A.
Productividad Ha	6 340	6 175	6 305	5 265
Precio de venta	0.26	0.26	0.26	0.26
Ingreso/ ventas	1648.40	1605.50	1639.30	1368.90
Egresos				
Costo/producción	1177.55	1173.65	1171.57	1142.92
Costo cosecha	133.60	131	129.60	110.50
Costo/ Tratamientos	190.00	40.00	120.00	0.00
Costo transporte	40.00	40.00	40.00	40.00
Egresos, total	1481.15	1384.65	1461.17	1293.42
Beneficio neto	167.25	220.85	178.13	75.48
Relación B/C	0.11	0.16	0.12	0.06

Cuando la relación b/c es < 1, el tratamiento no resulta económicamente viable
Elaborado por: El Autor, 2026

5. DISCUSIÓN.

La salinidad presente en la hacienda Anita está asociada principalmente al uso de aguas subterráneas para riego, el drenaje deficiente, el manejo inadecuado del riego. Estos resultados coinciden con lo reportado por Mancilla Villa et al. (2021), quienes señalan que el uso de aguas subterráneas con elevada conductividad eléctrica favorece el ascenso capilar y la acumulación de sales en la zona radicular, especialmente en condiciones de alta evaporación. De igual manera, Singh (2019) menciona que la falta de drenaje limita el lavado natural de sales y favorece su concentración en el perfil superficial del suelo, afectando el desarrollo del cultivo.

Asimismo, los análisis de suelo y agua realizados permitieron confirmar técnicamente la presencia de condiciones favorables para procesos de salinización. El suelo presentó una conductividad eléctrica de 2.788 dS/m, clasificándose como ligeramente salino, mientras que el agua de riego registró 2.332 dS/cm, valor superior al rango recomendado para uso agrícola. Estos resultados concuerdan con Dinh Thi et al. (2021), quienes establecen que el uso de agua con alta concentración de sales incrementa la acumulación salina en sistemas arroceros y afecta la productividad del cultivo.

En relación con la altura de planta, tanto a los 45 como a los 70 días después del establecimiento, el tratamiento T1 leonardita alcanza los mayores promedios 58.45 y 79.21 cm, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos. Este resultado se explica porque la leonardita, como enmienda orgánica, mejora las propiedades del suelo, favorece la disponibilidad de nutrientes y reduce los efectos de la salinidad. Resultados similares han sido reportados por Vecilla (2020). quien señala que la aplicación de enmiendas orgánicas como la leonardita contribuye a la mejora de las propiedades químicas del suelo, favoreciendo el crecimiento estructural de las plantas en condiciones de salinidad.

En cuanto al número de macollos, el tratamiento T1 (Leonardita) presenta un promedio de 32 macollos por planta, superando significativamente a los demás tratamientos, sin embargo, el T3 (Compost) muestra un comportamiento intermedio que refleja una respuesta positiva frente al testigo absoluto, lo que indica que al agregar materia orgánica esta contribuye a mejorar las condiciones

del suelo y estimular la emisión de brotes laterales. Este incremento en el macollamiento es un indicador clave del potencial productivo en arroz, lo que fue demostrado por Mao et al. (2022) que las enmiendas orgánicas favorecen el desarrollo radicular y reducen la conductividad eléctrica del suelo, lo que permite una mayor emisión de brotes laterales, coincidiendo con los resultados observados en esta investigación.

Respecto a la longitud de espiga, el tratamiento T1 (Leonardita) también presenta la mayor media 22.70 cm, mostrando diferencias estadísticas frente a los demás tratamientos. Una mayor longitud de espiga está directamente relacionada con una mayor capacidad de formación de granos. Bello et al. (2021) indican que la mejora de las condiciones químicas del suelo mediante enmiendas orgánicas incide positivamente en el desarrollo reproductivo del cultivo de arroz, lo cual respalda los resultados obtenidos. De igual manera, el número de granos por espiga fue superior en el tratamiento T1 (Leonardita), alcanzando un promedio de 121 granos, diferenciándose del testigo absoluto.

En cuanto al peso de los 1000 granos, el tratamiento T1 (Leonardita) presentó el valor más alto 29.20 g, evidenciando un mejor llenado de grano en comparación con los demás tratamientos, lo que refleja la influencia positiva de esta enmienda sobre la fase reproductiva del cultivo. Estos resultados coinciden con la investigación de Medina Litardo (2022), quien encuentra diferencias estadísticas significativas en peso de 1 000 granos, así como en altura de planta, número de macollos, panículas y granos por panícula al aplicar leonardita, destacando su efecto favorable sobre los componentes productivos del arroz, lo cual respalda y fortalece los hallazgos obtenidos en el estudio.

De acuerdo con la hipótesis planteada, donde se estableció que al menos un tratamiento tendría mayor efecto en el desarrollo reproductivo y vegetativo del cultivo de arroz, los resultados obtenidos permiten aceptar dicha hipótesis, ya que el tratamiento T1 (Leonardita) evidencia superioridad estadística en la mayoría de las variables evaluadas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se determinó que la salinidad presente en la hacienda Anita está influenciada por diversos factores relacionados tanto con el recurso hídrico como con el manejo agronómico del cultivo. Entre los principales se identificaron el uso de agua subterránea con elevada conductividad eléctrica, las deficiencias de drenaje, el manejo empírico del riego, el uso frecuente de fertilizantes y la intensificación continua del suelo mediante varios ciclos anuales de producción de arroz. La interacción de estos factores ha favorecido la acumulación progresiva de sales en el perfil del suelo.

Los resultados de la investigación evidencian que la aplicación de Leonardita y demás enmiendas orgánicas influyó significativamente en el aumento de la producción del cultivo de arroz bajo condiciones de salinidad, entre los tratamientos evaluados, la leonardita (T1) fue la que presentó el comportamiento más destacado, evidenciando diferencias estadísticas en variables clave como altura de planta, número de macollos, longitud de espiga y número de granos por espiga.

En el desarrollo vegetativo, el T1 (leonardita) promueve mayor altura de planta y un incremento significativo en el macollamiento, lo que refleja una mejora en la disponibilidad de nutrientes y en las condiciones químicas del suelo, favoreciendo un crecimiento más vigoroso y estructuralmente más sólido del cultivo. En cuanto a las variables productivas, el T1 también muestra superioridad en longitud de espiga y número de granos por espiga, lo que indica que su efecto no se limita a la fase vegetativa, sino que influye positivamente en la formación y desarrollo de las estructuras productivas.

Si bien los tratamientos con T2 (ácido fúlvico) y T3 (compost) también evidenciaron respuestas favorables en comparación con el testigo absoluto, su efecto fue intermedio, destacándose como alternativas viables para mejorar el crecimiento del cultivo, aunque con menor magnitud que la leonardita. Los resultados confirman que la incorporación de enmiendas orgánicas constituye una estrategia eficaz para optimizar el desarrollo del arroz en suelos con limitaciones químicas, siendo la leonardita la opción que mostró mayor consistencia y efecto positivo durante el período de evaluación.

El análisis de la relación beneficio/costo (B/C) da como resultado que el T1 (Leonardita), el cual revela superioridad en las variables agronómicas evaluadas, presentó una relación beneficio/costo con un valor de \$ 0.11, lo que refleja que, bajo las condiciones del estudio, los ingresos generados no podrían justificar la aplicación de la enmienda.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda optimizar el manejo agronómico del cultivo mediante la mejora de los sistemas de drenaje, la programación técnica del riego de acuerdo con las necesidades reales del cultivo y la aplicación racional de fertilizantes basada en análisis de suelo. Además, se recomienda incorporar prácticas complementarias como periodos de descanso del suelo o rotación de cultivos, con el fin de disminuir la presión productiva sobre el terreno y contribuir a la recuperación gradual de sus propiedades físicas y químicas.

Aplicar leonardita a una dosis de 75 kg por hectárea, dado que esta fue la dosis empleada en el estudio y la que evidenció el mayor efecto positivo en el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de arroz en suelos con índices de salinidad media; asimismo, se observaron mejoras significativas en variables agronómicas como la altura de planta, el número de macollos, la longitud de la espiga y el número de granos por espiga, lo que demuestra su eficacia para optimizar el rendimiento del cultivo.

Se recomienda la incorporación de ácido fúlvico y compost debido a su contribución en la mejora de las propiedades químicas del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la respuesta fisiológica del cultivo, representando alternativas viables para optimizar el desarrollo del arroz.

Realizar investigaciones adicionales en variedades de arroz de mayor productividad y con mejores características agronómicas, con el fin de evaluar el comportamiento de esta enmienda en diferentes sistemas productivos, así como ampliar su aplicación agronómica y su relación costo-beneficio.

BIBLIOGRAFÍA

- Aimituma, K., Llanqui, S., & Fernández, H. (2023). Biorremediación de suelos salinos con enmiendas orgánicas de estiércol de cuy y vacuno, Cusco-Perú. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 2(1), 4-17. <https://doi.org/10.51252/reacae.v2i1.e383>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria*. Suplemento del Registro Oficial No. 583 Año 2009. <https://www.gob.ec/regulaciones/ley-organica-regimen-soberania-alimentaria>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial Suplemento 983 Año 2017. <https://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa>
- Ashraf, H., Ghouri, F., Shehzad Baloch, F., Azhar Nadeem, M., Fu, X., & Qasim Shahid, M. (2024, Febrero 21). Hybrid Rice Production: A Worldwide Review of Floral Traits and Breeding Technology, with Special Emphasis on China. *Revista Mdpi*, 13, 25. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants13050578>
- Barreto Macías, A., Jimenez, R., Facuy, J., & Barreto, K. (2023). Efecto de Bioestimulantes Orgánicos como Complemento de la Fertilización Edáfica en (*Oryza Sativa* L.), Variedad SFL-11 Zona Santa Lucía - Guayas. *Revista Mqinvestigar*, 7(2), 358-380. <https://doi.org/https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.2.2023.358-380>
- Bello, S., Alayafi, A., AL-Solaimani, S., & Abo-Elyousr, K. (2021, Agosto 29). Mitigating Soil Salinity Stress with Gypsum and Bio-Organic Amendments: A Review. *Revista Mdpi*, 11, 18. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy11091735>
- Cunha, T., Chileh, T., Ezzaitouni, M., Guerrero, J. L., & Urrestarazu, M. (2025). Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva y los espectros de luz sobre el contenido fitoquímico principal de *Sonchus tenerrimus* L. en ambientes silvestres y controlados. *Revista mdpi*, 14(17). <https://doi.org/doi.org/10.3390/plants14172811>
- Delgado, C., Rodríguez, R., Capulín, J., Madariaga, A., & Islas, M. (2022, Febrero). Caracterización fisicoquímica de suelos salinos agrícolas, en la

- localidad de Chicavasco, estado de Hidalgo, México. *Revista de Desarrollo del Sur de Florida*, 3(1), 335-340. <https://doi.org/https://doi.org/10.46932/sfjdv3n1-026>
- Dinh Thi, L. P., Nguyen Thi Hang, N., Thanh Nguyen, H., & Thi Nguyen, L. (2021). Rice Growth, Grain Zinc, and Soil Properties under Saline. *Journal of Ecological Engineering*, 22(9), 59–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.12911/22998993/141475>
- Głąb, T., Gondek, K., Marcińska Mazur, L., Jarosz, R., & Mierzwa Hersztek, M. (2023, Octubre). Effect of organic/inorganic composites as soil amendments on the biomass productivity and root architecture of spring wheat and rapeseed. *Revista de Gestión Ambiental*, 344. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2023.118628>
- Gong, X., Chen, J., Chen, Y., He, Y., & Jiang, D. (2024, Marzo 21). Avances en la investigación del desarrollo de las hojas de arroz. *Revista Mdpi*, 13(6), 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants13060904>
- Hammam, A., & Mohamed, E. (2020, Agosto 2). Mapping soil salinity in the East Nile Delta using several methodological approaches of salinity assessment. *Revista egipcia de teledetección y ciencia espacial*, 23(2), 125-131. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.11.002>
- Koevoets, I., Venema, J., Elzenga, T., & Testerink, C. (2016, Agosto 31). Raíces resistentes a su entorno: aprovechamiento de las respuestas de la arquitectura del sistema radicular al estrés abiótico para mejorar la tolerancia de los cultivos. *Revista Frontiers*, 7, 1-19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01335>
- Li, P., Chen, Y.-H., Lu, J., Zhang, C., Liu, Q.-Q., & Li, Q.-F. (2022). Genes and Their Molecular Functions Determining Seed Structure, Components, and Quality of Rice. *Revista Rice*, 27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12284-022-00562-8>
- Liu, J., Wang, Z., & Guo, X. (2022, Diciembre 4). Las características del tallo asociadas con la resistencia al encamado del arroz cambian con el estrés variable de sequía e inundación alternadas. *Revista Mdpi*, 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy12123070>
- Liu, Z., Huang, Y., Xu, L., Li, J., Zhang, L., Zhang, Y., Wang, J., & Chen, Y. (2025). Remediación de suelos salino-alcálicos sódicos mediante

- vermicompost: mecanismos de remediación y mejora mejorada con paja de maíz. *Revista de suelos y sedimentos*, 25, 41-58.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11368-024-03953-0>
- López Salazar, R., González Cervantes, G., Vázquez Alvarado, R. E., Olivares Sáenz, E., Vidales Contreras, J., Carranza de la Rosa, R., & Ortega Escobar, M. (2014, Junio 29). Metodología para obtener ácidos húmicos y fulvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(8), 1400-1407.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014001001397
- Mancilla Villa, O., Anzaldo Cortes, B., Guevara-Gutiérrez, R., Hernández Vargas, O., Palomera García, C., Figueroa González, Y., Ortega Escobar, H., Flores Magdaleno, H., Can Chulim, Á., Cruz Crespo, E., Sánchez Bernal, E., Olguín López, J., & Mendoza Saldivar, I. (2021). Calidad del agua subterránea para uso agrícola en Zacoalco de Torres y Autlán de Navarro, México. *Artículo científico*, 39, 52-55.
<https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.745>
- Mao, X., Yang, Y., Guan, P., Geng, L., Ma, L., Di, H., Liu, W., & Li, B. (2022, Mayo 16). Remediation of organic amendments on soil salinization: Focusing on the relationship between soil salts and microbial communities. *Ecotoxicología y seguridad ambiental*, 239.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113616>
- Martínez Sias, V. A., Martínez Hernández, J., Zúñiga Estrada, L., & Martínez Montoya, J. F. (2022, Diciembre 9). Mejoradores de suelo salino-sódico y su efecto en el desarrollo de jitomate (*Solanum lycopersicum*). *Artículo científico*, 9(1), 1-13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3086>
- Medina Litardo, R. C. (2022). Alternativas tecnológicas para mitigar efectos de salinidad en el Arroz (*Oryza sativa* L.) en San Jacinto de Yaguachi, Ecuador. *Fundación Dialnet*, 24(2).
https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2812
- Mendoza, H., Loor, Á., & Vilema, S. (2019). El Arroz y su Importancia en los Emprendimientos Rurales de la Agroindustria como mecanismo de desarrollo local de Samborondón. *Revista Multidisciplinar de la*

- Universidad de Cienfuegos*, 11(1), 7.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000100324
- Mkilima, T. (2023). Salinidad de las aguas subterráneas e idoneidad para el riego en zonas costeras bajas. *Artículo Científico*, 5, 173-185.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.07.002>
- Moreno Izquierdo, V., Lasso Benítez, L., Reyes Pozo, M., Haro Prado, R., & Cruz Espinosa, G. (2018, Agosto). Aptitud agroecológica de tres cultivos estratégicos (maíz, arroz y caña de azúcar) en 14 cantones de la cuenca baja del río Guayas. *Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(13), 15-22.
<https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/85/235>
- Murillo Montoya, S., Mendoza Mora, A., & Fadul Vásquez, C. (2020, Julio 06). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58-68.
<https://doi.org/https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
- Negacz , K., Malek, Z., de Vos, A., & Vellinga, M. (2022, Agosto). Saline soils worldwide: Identifying the most promising areas for saline agriculture. *Revista de entornos áridos*, 203, 9.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104775>
- Osama, A., Bassiouni , Z., Moamen Abou, E.-E., Sheikha, A., Ahmed, K., El-Tahlawy, Y., Wael , N., & Ahmed , S. (2024, febrero 16). Fusing Genotype and Soil Organic/Inorganic Amendment to Improve Saline-sodic Properties and Rice Productivity. *Revistas de ciencias del suelo y nutrición vegetal*, 24, 2413–2436. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42729-024-01661-9>
- Pérez, G., Peñuelas, O., Núñez, M., Martínez , I., López, I., Reyes, Y., & ArgenteL, L. (2021). El estrés salino en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L). Papel de los oligogalacturónidos como protectores de las plantas. *Revista fitotecnia mexicana*, 44(3), 9.
<https://doi.org/https://doi.org/10.35196/rfm.2021.3.283>
- Ramírez, M., Chaali, N., Serralde , D., Peñaranda, A., Beltrán , J., Jaramillo, C., & Ouazaa, S. (2023, Junio 29). Manual para el diagnóstico de cadmio en

- el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) y su inmovilización mediante el uso de hongos formadores de micorrizas arbusculares. *Revista Agrosavia*, 20-30. <https://doi.org/https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7406382>
- Roblero González, G. (2016). Evaluación del sistema de riego por goteo en el cultivo de sandía de exportación (*Citrullus lanatus* (Thunb.)) En la finca “el rodeo”, ubicada en la comunidad de San Benito. *Evaluación del sistema de riego por goteo en el cultivo de sandía de exportación (Citrullus lanatus (Thunb.)) En la finca “el rodeo”, ubicada en la comunidad de San Benito*. [Tesis de pregrado Universidad Nacional de Ingeniería], Managua. https://ribuni.uni.edu.ni/1668/1/JM0005.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Rodríguez García, V., Gaspart, F., Kastner, T., & Meyfroidt, P. (2020). Intensificación agrícola y cambio de uso de la tierra: evaluación de la intensificación inducida a nivel de país, la conservación de la tierra y el efecto rebote. *Cartas de investigación ambiental*, 15(8), 8-12. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8b14>
- Singh, A. (2019). Poor-drainage-induced salinization of agricultural lands: Management through structural measures. *Land Use Policy*, 82, 457-463. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.032>
- Stavi, I., Thevs, N., & Priori, S. (2021, Agosto 10). Soil Salinity and Sodicity in Drylands: A Review of Causes, Effects, Monitoring, and Restoration Measures. *Revista Frontiers*, 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.712831>
- Toyosawa, Y., Kawagoe, Y., Matsushima, R., Crofts, N., Ogawa, M., Fukuda, M., Kumamaru, T., Okazaki, Y., Kusano, M., & Saito, K. (2016, Enero 8). Deficiency of Starch Synthase IIIa and IVb Alters Starch Granule Morphology from Polyhedral to Spherical in Rice Endosperm. *Revista Fisiología vegetal*, 170(3), 1255–1270. <https://doi.org/https://doi.org/10.1104/pp.15.01232>
- Tütmez, B., Hatipoğlu, Z., & Kaymak, U. (2006). Modelado de la conductividad eléctrica de las aguas subterráneas mediante un sistema de inferencia neurodifuso adaptativo. *Revista de Informática y Geociencias*, 32(4), 421-433. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.07.003>
- Vecilla, J. (2020). “Enmiendas orgánicas como alternativas de manejo en suelos afectados por salinidad en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). [Tesis de

- pregrado*. Universidad Tecnica de Babahoyo], DSpace UTB.
<https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8485>
- Wang, J., Yuana , G., Lu, J., & Wu, J. (2021). Leaching of salt-affected soil amended by leonardite. *Revista Physical Geography*, 42(3), 226-239.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02723646.2020.1738980>
- Wichern, F., Islam, R., Hemkemeyer, M., Watson, C., & Georg Joergensen, R. (2020, Marzo 16). Organic Amendments Alleviate Salinity Effects on Soil Microorganisms and Mineralisation Processes in Aerobic and Anaerobic Paddy Rice Soils. *Revista Frontiers*, 4, 1-14.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00030>
- Yu, D., Miao, Q., Shi, H., Feng, Z., Feng, W., Li, Z., & Gonçalves , J. M. (2024). Influence and Mechanism of Fertilization and Irrigation of Heavy Metal Accumulation in Salinized Soils. *MDPI Journal*, 14(10).
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture14101694>
- Zhang, R., Yang, S., Wei, H., Wang, Y., Li, R., Dai, Q., Hussain, S., Liu, S., Hou, H., & Chen, Y. (2022). Estudio sobre el efecto del estrés salino en el rendimiento y la calidad del grano entre diferentes variedades de arroz. *Artículo*, 13, 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpls.2022.918460>
- Zhang, W.-w., Wang, C., Xue, R., & Wang, L.-j. (2019, Junio). Effects of salinity on the soil microbial community and soil fertility. *Revista de Agricultura Integrativa*, 18(6). [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62077-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62077-5)

ANEXOS

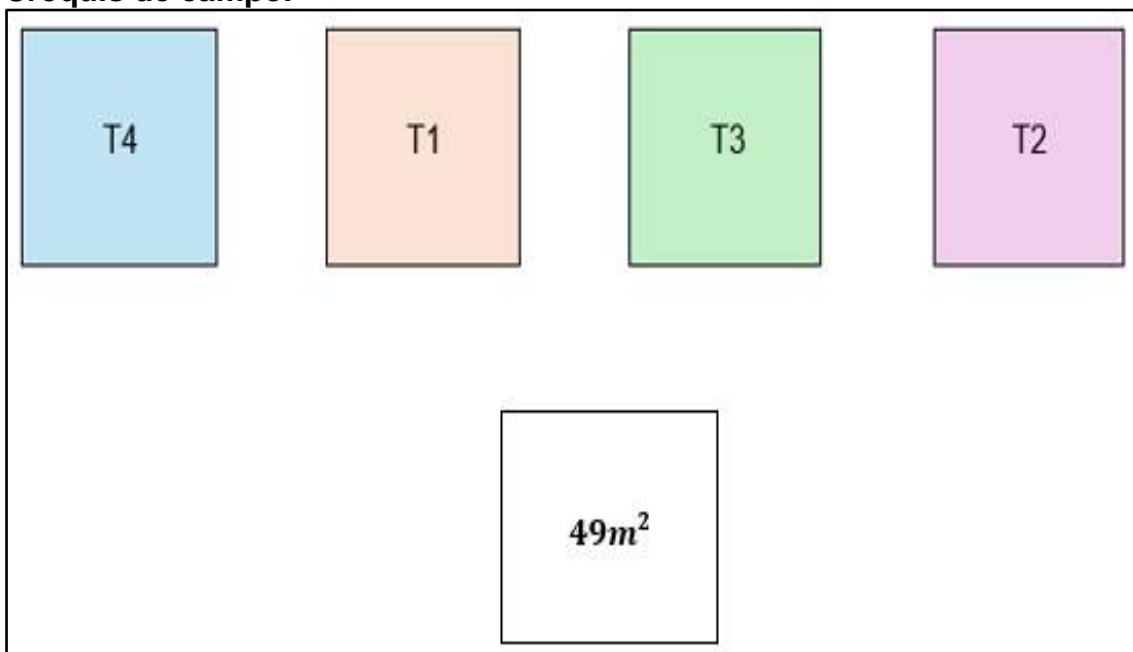
Figura 1.
Croquis del lugar en donde se realizó el proyecto.



Fuente: Google Earth

Elaborado por: El autor, 2026

Figura 2.
Croquis de campo.



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 3.
Resultados del análisis de agua en laboratorio.



Fuente: AGQ Labs (2026)

Figura 4.
Análisis de laboratorio de Ce del agua.



Fuente: AGQ Labs (2026)

Figura 5.
Resultados del análisis de suelo en laboratorio.



Fuente: AGQ Labs (2026)

Figura 6.
Puntos de distanciamiento entre fuentes de riego.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 7.
Aplicación de riego extraído de agua subterránea.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 8.
Deficiencia de canales de sistemas de drenaje.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 9.
Lámina de riego en el cultivo durante la fase de inundación.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 10.
Variación de la lámina de agua en la parcela de arroz.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 11.
Región con alta presión de aprovechamiento agrícola.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 12.
Preparación de terreno.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 13.
Delimitación de áreas destinadas a la siembra.



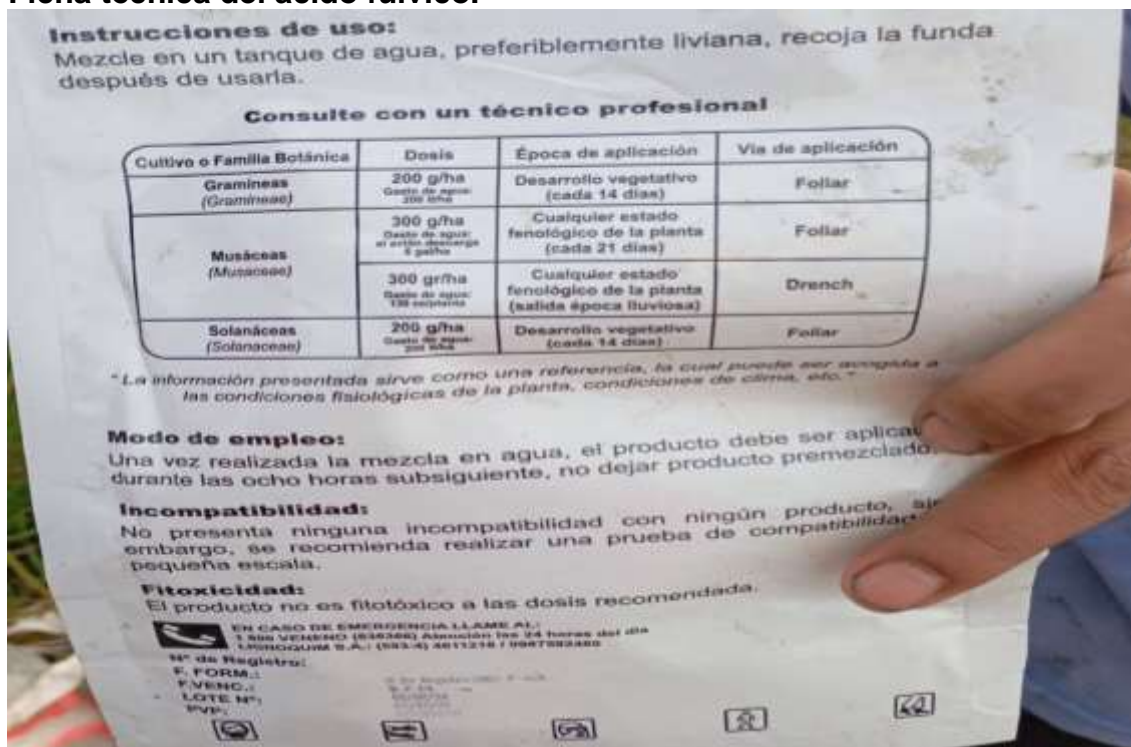
Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 14.
Acido fúlvico como enmienda a utilizar.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 15.
Ficha técnica del ácido fúlvico.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 16.
Presentación de enmienda utilizada.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 17.
Aplicación de enmiendas orgánicas.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 18.
Incorporación directa al suelo de las enmiendas.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 19.
Aplicación de enmiendas antes de la siembra.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 20.
Ficha técnica de la semilla.



CARACTERÍSTICAS	
Rendimiento en riego (t/ha)	6,00
Rendimiento en secano (t/ha)	5,00
Vigor	Alto
Macollamiento	Alto
Ciclo vegetativo (días)	110
Tipo de Grano	72 mm.
Índice de pilado (%)	65
Desgrane	Intermedio
Contenido de Amilosa (%)	20,9
Latencia de semillas	6 semanas
Quemazón (<i>Pyricularia oryzae</i>)	Tolerante
Manchado de grano (%)	Moderadamente Susceptible*
<i>Sarocladium oryzae</i>	Tolerante
Hoja blanca	Tolerante
<i>Rhizoctonia solani</i>	Tolerante
Acame	Tolerante

* Bajo condiciones de manejo convencional no presenta problemas fitosanitarios.

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 21.
Siembra de plántulas de arroz.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 22.
Trasplante de plántulas al área experimental.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 23.
Crecimiento de plántulas de arroz.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 24.
Aplicación foliar para inicio.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 25.
Aplicación de producto enraizador.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 26.
Abono fertilizante utilizado en el cultivo.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 27.
Fertilización al cultivo de arroz.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 28.
Cultivo de arroz a los 30 días.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 29.
Altura de la planta 45 días.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 30.
Aplicación de herbicida e insecticida.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 31.
Fertilización química.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 32.
Aplicación de fertilizante.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 33.
Visita de la directora de tesis.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 34.
Altura de planta en cm.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 35.
Tamaño de la planta 70 días.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 36.
Aplicación de insecticida por presencia de plaga.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 37.
Aplicación foliar para llenado de grano.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 38.
Conteo de macollos por planta.



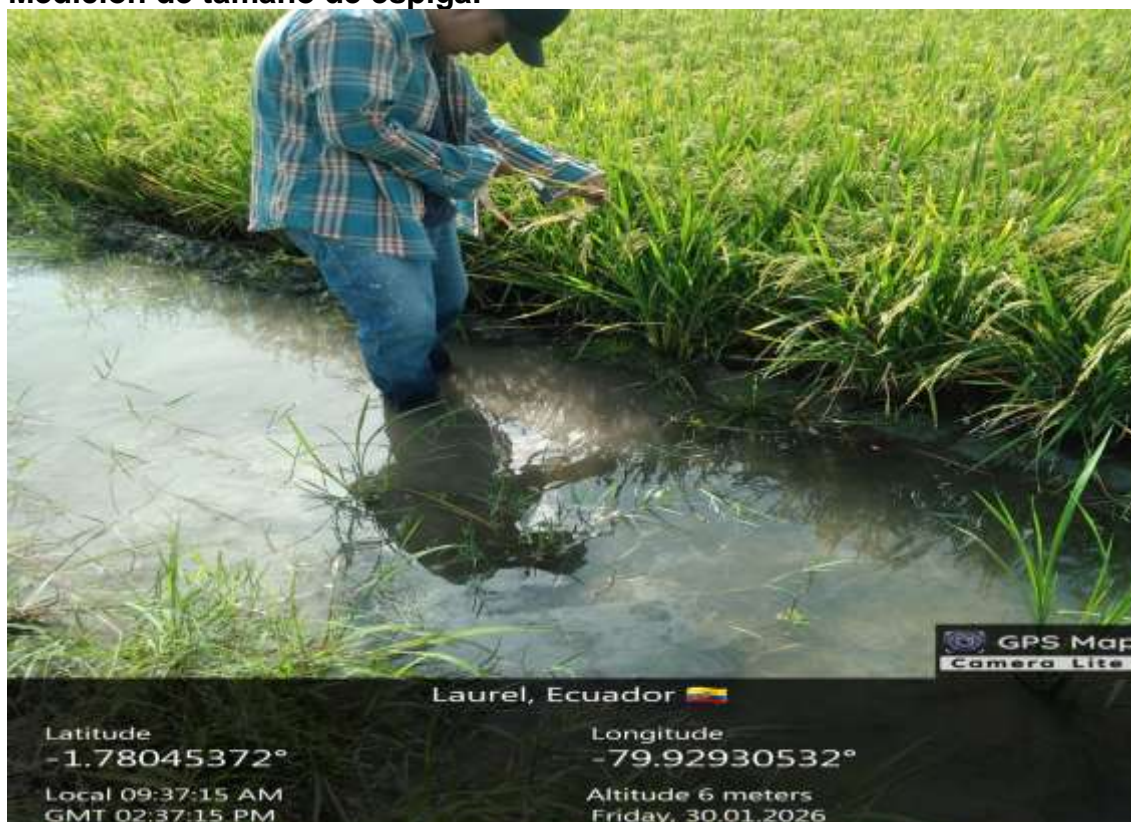
Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 39.
Medidas de longitud de espiga.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 40.
Medición de tamaño de espiga.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 41.
Análisis estadístico de altura de planta 45 días.
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
altura cm	40	0,42	0,37	10,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	687,15	3	229,05	8,67	0,0002
tratamientos	687,15	3	229,05	8,67	0,0002
Error	951,58	36	26,43		
Total	1638,74	39			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,19242

Error: 26,4329 gl: 36

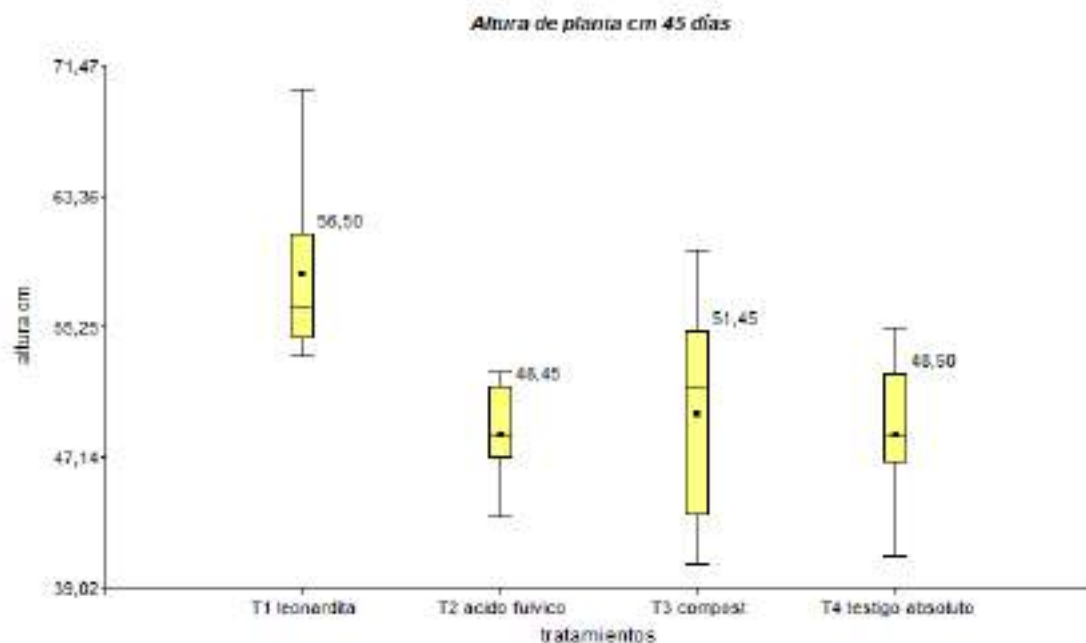
tratamientos	Medias	n	E.E.
T1 leonardita	58,45	10	1,63 A
T3 compost	49,80	10	1,63 B
T2 acido fulvico	48,54	10	1,63 B
T4 testigo absoluto	48,52	10	1,63 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: infoStat (2026).

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 42.
Altura de planta de arroz 45 días.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 43.
Análisis estadístico de altura de planta 70 días.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
altura cm	40	0,48	0,43	8,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1174,50	3	391,50	10,97	<0,0001
tratamientos	1174,50	3	391,50	10,97	<0,0001
Error	1285,12	36	35,70		
Total	2459,62	39			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,19630

Error: 35,6979 gl: 36

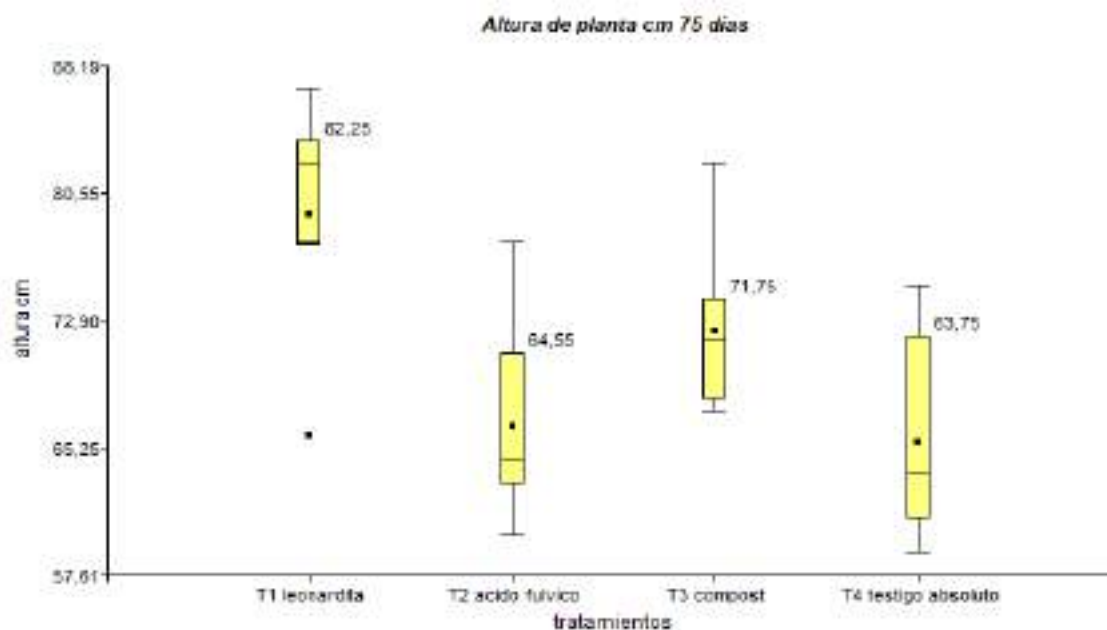
tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1 leonardita	79,21	10	1,89	A
T3 compost	72,25	10	1,89	A B
T2 ácido fulvico	66,54	10	1,89	B
T4 testigo absoluto	65,65	10	1,89	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: infoStat (2026).

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 44.
Altura de planta de arroz a los 70 días.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 45.
Análisis estadístico de numero de macollos.
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
n° macollos	40	0,62	0,58	12,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	609,07	3	203,03	19,19	<0,0001
tratamientos	609,07	3	203,03	19,19	<0,0001
Error	380,90	36	10,58		
Total	989,98	39			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,91780

Error: 10,5806 gl: 36

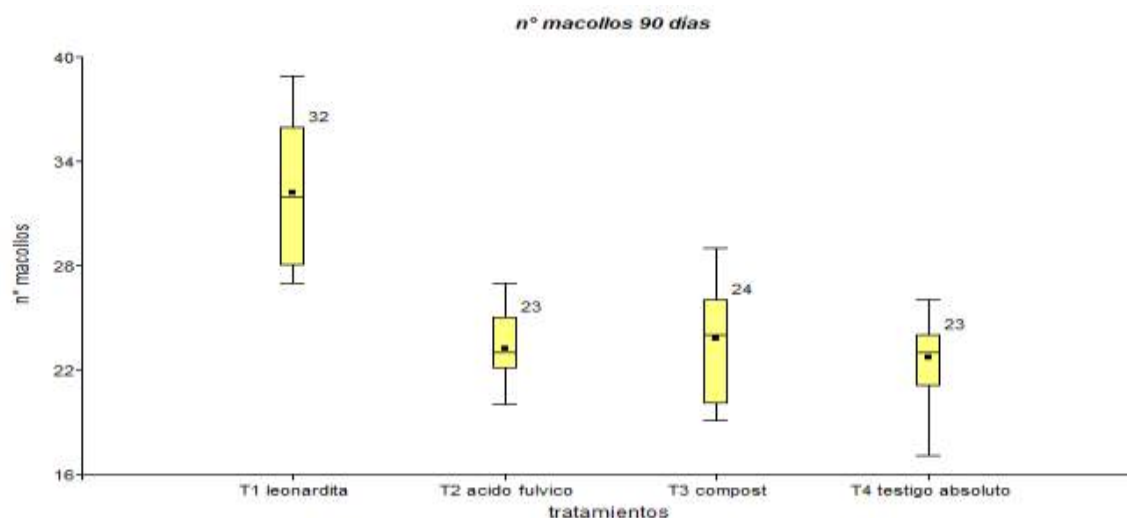
tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1 leonardita	32,20	10	1,03	A
T3 compost	23,80	10	1,03	B
T2 ácido fulvico	23,20	10	1,03	B
T4 testigo absoluto	22,70	10	1,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: infoStat (2026).

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 46.
Número de macollos a los 90 días.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 47.
Análisis estadístico de tamaño de espiga.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
espiga cm	40	0,30	0,25	5,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25,82	3	8,61	5,26	0,0041
tratamientos	25,82	3	8,61	5,26	0,0041
Error	58,93	36	1,64		
Total	84,74	39			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,54094

Error: 1,6368 gl: 36

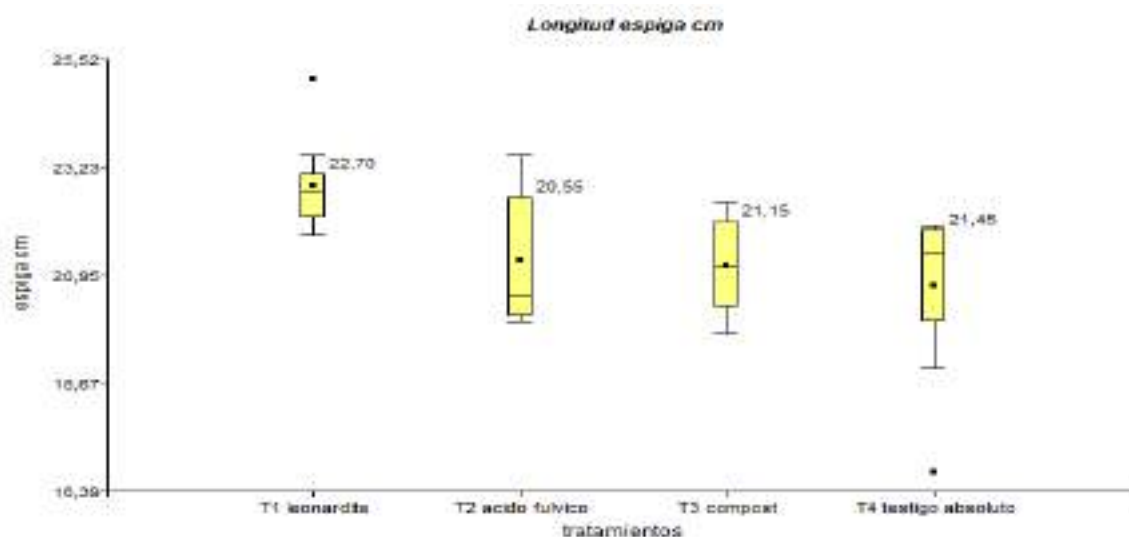
tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1 leonardita	22,86	10	0,40	A
T2 ácido fulvico	21,27	10	0,40	B
T3 compost	21,18	10	0,40	B
T4 testigo absoluto	20,74	10	0,40	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: infoStat (2026).

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 48.
Tamaño de espiga en cm.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 49.
Análisis estadístico de número de granos por espiga.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
n° granos	40	0,23	0,17	22,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5445,87	3	1815,29	3,61	0,0223
tratamientos	5445,88	3	1815,29	3,61	0,0223
Error	18102,10	36	502,84		
Total	23547,98	39			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=27,00855

Error: 502,8361 gl: 36

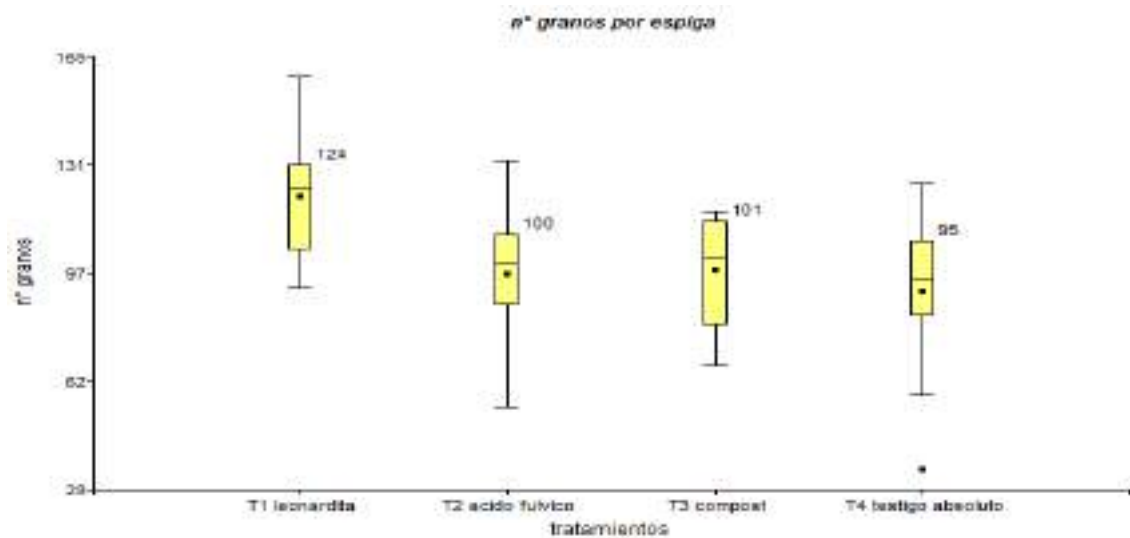
tratamientos	Medias	n	E.E.
T1 leonardita	121,00	10	7,09 A
T3 compost	97,30	10	7,09 A B
T2 acido fulvico	96,20	10	7,09 A B
T4 testigo absoluto	90,60	10	7,09 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: infoStat (2026).

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 50.
Número de granos por espiga.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 51.
Selección para conteo de 1000 granos.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 52.
Peso de 1000 granos.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 53.
Peso cosechado en un metro cuadrado.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 54.
Cosecha de manera manual.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 55.
Cosecha manual.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 56.
Chicoteo del arroz recolectado.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 57.
Cuadro de listado beneficio/costo.

Descripcion	unidad	precio U	T1	T2	T3	T4
Preparacion de suelo						
labranza	hora	30,00	60,00	60,00	60,00	60,00
mecanizacion	hora	12,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Semilla			50,00	50,00	50,00	50,00
siembra			100,00	100,00	100,00	100,00
control de maleza						
Jornales	jornal	15,00	45,00	45,00	45,00	45,00
compuesto arrocero	litros	8,75	17,50	17,50	17,50	17,50
butaclor	litros	6,85	13,7	13,7	13,7	13,7
diabolo		16,00	32,00	32,00	32,00	32,00
fertilizacion quimica						
mezcla inico	saco	29,25	175,50	175,50	175,50	175,50
mezcla desarrollo	saco	28,50	85,50	85,50	85,50	85,50
DAP	saco	44,00	176,00	176,00	176,00	176,00
mezcla finalizador	saco	28,10	56,20	56,20	56,20	56,20
fertilizacion foliar						
espigador	litros	18,40	36,80	36,80	36,80	36,80
nutriplex	kg	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95
vigorking	litros	25,00	50,00	50,00	50,00	50,00
courage		20,00	40,00	40,00	40,00	40,00
sacos			66,80	65,50	64,82	55,27
cosecha			133,60	131,00	129,60	110,50
TOTAL			1177,55	1173,65	1171,57	1142,92

Figura 58.
Cuadro de relación beneficio/costo.

descripcion	T1	T2	T3	T4
Productividad	6.340	6175	6305	5265
precio de venta kg	0,26	0,26	0,26	0,26
ingresos/ventas	1648,4	1605,5	1639,3	1368,9
C/P Ha	1177,55	1173,65	1171,57	1142,92
costo de cosecha	133,60	131,00	129,60	110,50
costo tratamiento	190,00	40,00	120,00	0
costo de transporte	40,00	40,00	40,00	40,00
Total de egresos	1481,15	1384,65	1461,17	1293,42
Beneficio neto	167,25	220,85	178,13	75,48
Relacion C/B	0,11	0,16	0,12	0,06