



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
"JOSÉ MARTÍ PÉREZ"
FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



CUM Alberto Fernández Meneses, La Sierpe

Carrera Ingeniería Agrónoma

Trabajo de Diploma

Título: Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas en el comportamiento agroproductivo del arroz (*Oryza sativa* L.)

Title: Effect of the application of organic amendments on the agroproductive behavior of rice (*Oryza sativa* L.)

Autor: Lilianny Amargo González

Tutor: Ing. Osmany Mederos.

Sancti Spíritus, 2022

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, y se encuentra depositado en los fondos del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez” subordinada a la Dirección de General de Desarrollo 3 de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su publicación bajo la licencia siguiente:

Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivar 4.0 Internacional

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”.

Comandante Manuel Fajardo s/n, Olivos 1. Sancti Spíritus. Cuba. CP. 60100

Teléfono: 41-334968

La tierra es la gran madre de la fortuna, labrarla es ir derechamente a ella. La tierra es perpetua; séanlo las fuerzas que a vivir en la tierra se apliquen"

José Martí

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa* L.), es uno de los cultivos de mayor importancia y demanda a nivel mundial. Forma parte de la alimentación básica para la mayoría de los países entre ellos Cuba. Las labores culturales excesivas o mal reguladas, el monocultivo, el cambio climático y el poco uso de prácticas agroecológicas han acrecentado los procesos degradativos que provocan un aumento en la compactación, alteran la estructura natural de los suelos y disminuyen los rendimientos finales. Las enmiendas orgánicas poseen efectos positivos sobre el suelo y por sus características químicas poseen un buen potencial. En la búsqueda de alternativas para incrementar los rendimientos y una de las variantes pueden ser la aplicación de enmiendas orgánicas se diseñó este experimento, de bloques al azar, aplicándose estiércol vacuno, compost y humus de lombriz, evaluándose los indicadores siguiente hijos por plantas, granos por espigas y granos llenos por espigas peso de 1000 granos y el rendimiento llegó a 3.95 t ha^{-1} . La aplicación de compost obtuvo los mejores resultados hubo eficiencia desde el punto de vista nutricional y conservador de la materia orgánica del suelo.

Palabras claves: Arroz, enmiendas orgánicas, alternativas, rendimiento.

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most important and demanded crops worldwide. It is part of the basic diet for most countries including Cuba. Excessive or poorly regulated cultural work, monoculture, climate change and little use of agro-ecological practices have increased the degradation processes that cause an increase in compaction, alter the natural structure of the soils and decrease final yields. Organic amendments have positive effects on the soil and due to their chemical characteristics they have good potential. In the search for alternatives to increase yields and one of the variants may be the application of organic amendments, this experiment was designed, with random blocks, applying bovine manure, compost and earthworm humus, evaluating the following indicators per plant, grain per ears and full grains per ear weight of 1000 grains and the yield reached 3.95 tha⁻¹. The application of compost obtained the best results; there was efficiency from the nutritional and conservative point of view of the organic matter of the soil.

Keywords: Rice, organic amendments, alternatives, performance.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 5 |
| 1.1. La degradación de los suelos, un problema global | 5 |
| 1.2. La materia orgánica y su relación con las propiedades físicas del suelo..... | 6 |
| 1.2.1. Importancia de la materia orgánica en el suelo..... | 7 |
| 1.3. El empleo de los abonos orgánicos en la agricultura | 8 |
| 1.3.1. Compost..... | 8 |
| 1.3.2. Humus de lombriz | 9 |
| 1.4. Manejo de los nutrientes | 10 |
| 1.5. Microbiología del suelo | 11 |
| 1.6. Características botánicas y clasificación taxonómica del cultivo del arroz | 12 |
| 1.6.1. Origen..... | 12 |
| 1.6.2. Taxonomía | 12 |
| 1.8. Descripción morfológica del arroz | 12 |
| 1.8.1. Sistema radicular | 12 |
| 1.8.2. Tallo principal..... | 13 |
| 1.8.3. Hojas | 13 |
| 1.8.4. Flor | 13 |
| 1.8.5. Fruto y Semilla | 13 |
| 1.8.6. Época de siembra | 13 |
| 1.8.7. Ciclo del cultivo..... | 14 |
| 1.8.8. Plagas que afectan el cultivo | 14 |
| 1.8. 9. Variedades | 14 |
| 1.9. Requerimientos edafoclimáticos | 14 |
| 1.9.1. Exigencias agroecológicas | 14 |
| 1.9.2. Clima | 14 |
| 1.9.3. Temperatura | 15 |
| 1.9.4. Precipitaciones..... | 15 |
| 1.10. Fitotecnia del cultivo del arroz..... | 16 |
| 1.10.1. Fanguero | 16 |
| 1.10.2. Meteorización | 16 |
| 1.10.3. Nivelación | 16 |
| 1.10.4. Abonado..... | 17 |
| CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 18 |
| 2.1. Generalidades de la investigación | 18 |
| 2.2. Diseño experimental y tratamientos empleados | 18 |
| 2.3. Indicadores a evaluar a las plantas por parcela | 19 |
| 2.4. Análisis estadística utilizado | 20 |
| CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1. Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de hijos por planta, granos por espiga y granos llenos por espiga | 21 |
| 3.2. Efecto de los tratamientos sobre los indicadores del rendimiento del cultivo del arroz..... | 23 |
| Tabla 3.5. Efecto de los tratamientos en el rendimiento del cultivo | 24 |
| CONCLUSIONES | 25 |
| RECOMENDACIONES | 26 |
| BIBLIOGRAFÍA | 27 |

INTRODUCCIÓN

Franquet y Borrás (2006) agregan que el arroz (*Oryza sativa* L.) es el segundo cereal de mayor consumo en el mundo, la producción está geográficamente concentrada y más del 85% proviene de Asia. Tan solo siete países asiáticos (China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Myanmar y Tailandia) producen y consumen el 80% del arroz del mundo.

El arroz es una gramínea monoica y anual, de crecimiento rápido y con gran capacidad reproductiva, adaptada a diversas condiciones. Además de ser un cultivo que se desarrolla en forma óptima bajo terrenos inundados, está entre los cuatro cereales más cultivados en el mundo, y desde el punto de vista de la producción, ocupa el segundo lugar en importancia después del trigo (Alania, 2016).

El cultivo del arroz comenzó hace casi 1000 años, en muchas regiones del Sudeste Asiático y China Continental, posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. El arroz es el alimento básico de 17 países de Asia y del Pacífico, de ocho países de África, de siete países de América Latina y del Caribe, según MINAGRI (2019).

De este cultivo se alimenta cerca de tres mil millones de personas, actualmente se cultiva en 113 países; además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo a una gran parte de la población rural del mundo (Infoagro, 2019).

Según PAM (2019) el USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos) estimó este mes de Diciembre 2022 que la producción mundial de arroz 2022/2023 rondará los 503,27 millones de toneladas, cerca de 0,42 millones de toneladas menos que la proyección del año pasado. La producción de arroz del año pasado fue de 515,05 millones de toneladas. Los 503,27 millones de toneladas estimados para este año podrían significar una reducción de 11,78 millones de toneladas o 2,29% en la producción de arroz alrededor del mundo.

ONEI (2019) ha cuantificado que de enero a septiembre de 2021 se produjeron en Cuba únicamente 138 400 toneladas, y para 2022 se proyectó un total de 180 000. Esta cifra representa solo 3236 toneladas más que las cosechadas en 1993, el punto más bajo de la producción nacional de 1985 a 2020.

En nuestra provincia según ONEI (2019) la producción de tal vital cultivo se comportó en el 2021 con rendimientos de 79514,52 toneladas; aportando el sector estatal 2043.6 toneladas de este producto mientras el sector no estatal produjo 59 080,92 toneladas.

Además Pin y Valencia (2022) agregan que este cultivo es uno de los más extendidos en el mundo, lo que ha conllevado a que se realicen numerosos estudios en diversos aspectos, considerándose como un modelo para las comparaciones genómicas de las plantas. Sus características nutricionales y gustativas hacen que en Cuba el arroz continúe siendo un producto básico en la dieta de la mayoría de la población; es por ello que se desarrolla un amplio programa de mejoramiento en este cultivo, tendiente a la obtención de plantas con las cualidades de tolerancia a los estrés que son más frecuentes en las plantaciones de arroz (Aleman, 2011).

El arroz, bajo condiciones de monocultivo, provoca la explotación intensiva del recurso suelo debido a la gran extracción de elementos que realiza, situación que puede agotarlo de no atender en tiempo las consecuencias generadas por esta forma de agricultura Casas y Galván (2019). Los autores agregan que reducir el empobrecimiento de los suelos exige no solo suministrar los elementos tomados por el cultivo, sino realizar, además, acciones para la recuperación y el mejoramiento de las características óptimas desde el punto de vista agro- productivo, que permitan sostenibilidad en su uso. Hace varios años, distintas formas de agricultura plantean como premisa fundamental utilizar mayor cantidad de recursos renovables del entorno. De este modo persiguen reducir la aplicación de insumos externos y racionalizar la energía utilizada en la producción permitiendo el funcionamiento de los ciclos naturales (Casas y Galván, 2019).

Hoy escasean las materias primas destinadas a la producción de fertilizantes y sus precios se incrementan. Por esto, para obtener alta eficiencia se precisan alternativas viables a las condiciones del trópico donde diferentes factores generan una pobre utilización de los fertilizantes (Pozo-Gálvez *et al.*, 2017).

En Cuba se realizan ingentes esfuerzos en el estudio de mecanismos sustentables y ecológicamente viables en el cultivo de este cereal, para obtener no solo rendimientos apropiados sino también que promuevan la recuperación del medio (Martínez *et al.*, 2017).

En este marco los materiales orgánicos provenientes de residuos de la propia industria arrocerá y cañera de producción nacional, combinados con desechos de animales de forma natural, pueden ser una alternativa útil en el empeño de mejorar y elevar la calidad del suelo, además de contribuir a la protección del medio ambiente y garantizar rendimientos adecuados del cultivo (Dávila, 2018).

Martínez (2017) agrega que la puesta en práctica de sistemas de manejo más sustentables es imperativa, para frenar las pérdidas de suelo y mantener la biodiversidad. Las estadísticas sobre agricultura orgánica, labranza cero y agricultura de conservación, muestra cada vez más grupos de agricultores que se están organizando, gestionando apoyos en incentivos a los gobiernos y están manteniendo y recuperando gradualmente el recurso (Dávila, 2018). Un ejemplo de ello son 58 millones de hectáreas de tierra, principalmente de América (45% en América Latina), se encuentran en labranza cero.

Los elementos claves que se repiten en las propuestas de manejo para el mantenimiento y la restauración de los suelos, tienen que ver con el desarrollo de sistemas más eficientes desde el punto de vista nutricional y conservadores de la materia orgánica del suelo (Martínez, 2020). El propio autor alega que la agricultura convencional pretende cubrir estas pérdidas añadiendo fertilizantes a base principalmente de nitrógeno, fósforo y potasio que al no ser aprovechados totalmente por las plantas, contaminan al medio ambiente.

Lo anterior expuesto es un reflejo de la situación en la E.A.G. (Empresa Agroindustrial del Grano) Sur del Jíbaro, unido a labores culturales excesivas o mal reguladas, al empleo de equipos pesados, la mala situación de los drenajes, el monocultivo, el cambio climático y el escaso uso de prácticas agro-ecológicas en beneficio de las plantaciones y el ecosistema, lo cual ha acrecentado los procesos degradativos que provocan un aumento en la compactación, alteran la estructura natural de los suelos y disminuyen los rendimientos al final.

Es importante buscar alternativas para incrementar los rendimientos y una de las variantes puede ser la aplicación de enmiendas orgánicas según, Calero *et al.*, (2020).

Los suelos de la E.A.G. "Sur del Jíbaro", necesitan enmiendas orgánicas para mejorar el comportamiento agroproductivo de dicho cultivo, pues es una alternativa a tener en cuenta para lograr resultados productivos.

PROBLEMA CIENTÍFICO: ¿Cuál será el efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas en el comportamiento agroproductivo del arroz (*Oryza sativa* L)?

Para darle solución al problema científico, nos trazamos la siguiente hipótesis:

HIPÓTESIS: La aplicación de enmiendas orgánicas genera transformaciones en indicadores agroproductivo del cultivo del arroz.

Y para cumplimentar la hipótesis el siguiente objetivo:

OBJETIVO GENERAL: Evaluar la aplicación de enmiendas orgánicas en el comportamiento de indicadores agroproductivo del cultivo del arroz.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. La degradación de los suelos, un problema global

Algunas de las propiedades que afectan la calidad del suelo, son la profundidad disponible para la exploración de las raíces, PH, salinidad, capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno mineralizable, presencia de plantas patógenas, biomasa microbiana del suelo entre otras. Estas propiedades son influidas hasta cierto grado por la forma como se manejan los suelos y la elección de los futuros cultivos (Magdoff, *et al.*, 1997).

A nivel mundial la erosión es el principal problema medioambiental que ocurre en la agricultura convencional, y por consiguiente, es el más importante que hay que afrontar para que se mantenga la capacidad productiva de los suelos agrarios. Así, en los últimos 40 años, cerca de un tercio de los suelos agrícolas de la Tierra han dejado de ser productivos para usos agrícolas debido a la erosión. Más aún, dicho proceso de pérdida de suelo agrario sigue ocurriendo en unos 10 millones de hectáreas por año Ruiz (2019).

El autor antes mencionado y en el mismo año, agrega que las tierras de América Latina están sufriendo por día una continuada erosión. Actualmente más de 306 millones de hectáreas están afectadas por una degradación del suelo de origen humano. La causa principal de los síntomas de degradación indicados es el uso inadecuado de la tierra, que actualmente constituye la cuestión ambiental de mayor gravedad y cuyos principales efectos son: la erosión, desertificación, deterioro de los pastizales, salinización y alcalinización de la tierra de regadío.

Hernández *et al.*, (2017) expresa que en la actualidad el fantasma de la degradación ambiental ha pasado a ser familiar en la mente de muchos hombres y los peligros que su andar acarrea sobre la existencia misma de la humanidad, se acentúan a cada minuto. Son incontables estos riesgos y peligros, pero hay algunos que por su extensión e importancia deben tratarse con prioridad. Entre ellos debemos señalar el uso y manejo de los suelos agrícolas, que representan el capital máspreciado en la producción de alimentos para el hombre y los animales.

Por otra parte Magdoff *et al.*, (1997) han expresado que existen propiedades edáficas que pueden ser utilizadas como indicadores del estado o la calidad de un suelo. Estos parámetros deben ser identificados y cuantificados en cada ambiente en particular para

poder documentar los cambios que se suceden en el corto y largo plazo, como consecuencia de las prácticas de manejo que se aplican.

También Hernández (2017) menciona que en ambientes tropicales o subtropicales, frágiles por naturaleza, la determinación y el seguimiento de estos indicadores son fundamentales para comprender el funcionamiento del sistema suelo y así poder definir las estrategias más adecuadas para mantener la productividad del sitio en las sucesivas rotaciones.

Autores como Lizcano *et al.*, (2017) han expresado que en un suelo de buena calidad se deben obtener cultivos sanos y de alto rendimientos, con un mínimo de impactos negativos sobre el medio ambiente. Es un suelo que también brinda propiedades estables al crecimiento y salud de los cultivos, haciendo frente a condiciones variables de origen humano y natural, principalmente las relacionadas con el clima, es decir, debe ser un suelo flexible y resistir el deterioro.

En resumen García-Tomillo *et al.*, (2020) ponen al descubierto que de acuerdo con estadísticas consultadas, la superficie cultivable de Cuba corresponde a un 56,30% y es aquí donde se está aplicando la materia orgánica con el objetivo de frenar la degradación, pero también juega un papel muy importante, la selección adecuada de los cultivos y su rotación, el control ecológico de plagas con el uso de biopreparados, y la eliminación decisiva del uso de fertilizantes químicos industriales por constituir grandes contaminadores.

1.2. La materia orgánica y su relación con las propiedades físicas del suelo

La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, azufre y fósforo, resulta un elemento favorecedor en la composición tanto física, química como biológica del suelo (Baizán *et al.*, 2017). Los autores agregan que la aplicación de esta permite reciclar cantidades importantes de nutrientes, además de elevar los niveles de actividad biológica. Esto a su vez permite la captura de nitrógeno, además mejora la estructura del suelo, facilitando un mayor grado de exploración y actividad radicular.

Se plantea que el uso continuado de monocultivo, provoca grandes alteraciones en el contenido total de carbono, los complejos orgánico móviles y semimóviles e incluso en la predisposición de los microelementos de las fracciones del suelo; he aquí entonces el papel de la materia orgánica como barrera ecológica, según Fernández (2011).

Fernández, J. (2011) plantea que a la materia orgánica la componen residuos vegetales y animales, los cuales están transformados por organismos del suelo; esta actividad está condicionada por la planta, la cual al morir alimenta el edafón, a continuación su actividad mineralizadora devuelve al suelo los nutrientes extraídos contribuyendo todo a crear el ciclo vegetativo. Esta transformación, alega Magdoff *et al.*, (1997) mejora la estructura del suelo, pues provee de sustancias nutritivas a la planta e incrementa la capacidad de retención de agua, además que la agregación de las partículas se ve favorecida mejorando la estabilidad, porosidad y estructura física del suelo.

La aplicación de la materia orgánica estabilizada en el suelo, como la que se obtiene de un biocompost o bioabono, de alta calidad sanitaria y agronómica que promueve entre otras cosas, lo siguiente: una intensa actividad biológica, la capacidad de intercambio de nutrientes, el equilibrio del agua y la estructura del suelo (Magdoff *et al.*, 1997). Como consecuencia los campos están menos propensos a la erosión y por otro lado a una mejor retención de los nutrientes del suelo y un mejor desarrollo del cultivo, contribuye finalmente a mejorar la eficiencia de los fertilizantes inorgánicos sobre la cosecha, y por lo tanto, haciendo más económico el uso de estos últimos según Guzmán *et al.*, (2016).

1.2.1. Importancia de la materia orgánica en el suelo

La materia orgánica del suelo contribuye a: mejorar la porosidad del suelo, aumenta la infiltración y la capacidad de almacenar el agua; los suelos compactos se vuelven más suaves, crea estructura favorable al crecimiento de las raíces; es fuente permanente gran reserva de nutrientes para las plantas; alimenta a los microorganismos los cuales al morir se convierten también en nutrientes y regula el pH del suelo (Guzmán *et al.*, (2016).

Esta en sus diferentes formas, tiene efectos marcados en casi todas las propiedades del suelo; en los que más se relacionan con la evolución del mismo pueden destacarse: color, retención de humedad, buena estructura, mejora de la capacidad de intercambio catiónico, el pH se hace menos ácido, aumenta la disolución de los minerales, formación de compuestos orgánicos – minerales y aumenta la cantidad de microorganismos (Iglesias, 2018).

1.3. El empleo de los abonos orgánicos en la agricultura

1.3.1. Compost

Iglesias (2018) plantea que el compostaje es un proceso aerobio y biológico de degradación de materia orgánica bajo condiciones controladas. Es una técnica muy antigua que consiste en mezclar desechos de animales, vegetales, enzimas y elementos minerales proporcionándoles niveles de humedad aireación y temperatura favorable a la actividad de microorganismos capaces de convertir esos materiales en compuestos orgánicos estabilizados.

Relacionado con el tema de la madurez, muchas personas prefieren que el compost esté algo inmaduro porque el proceso final de descomposición mejora la estructura natural de los suelos, permitiendo, entre otras cosas una buena penetración de las raíces (Souza *et al.*, 2021).

Aduvire (2021) ha expresado que sin embargo, se plantea el posible efecto negativo de la liberación de amonio, cuando el proceso de descomposición continúa mucho tiempo después de que el compost es mezclado con otros componentes, el amonio tiende a sustituir el oxígeno, y las jóvenes raíces pueden asfixiarse. De ahí la necesidad de que el compost alcance un grado total de madurez y estabilidad antes de ser aplicado.

Carmona (2017) señala que la aplicación de distintos tipos de compost produjo un incremento en el pH, fósforo asimilable, en la población microbiana y favoreció la estructura del suelo.

Martínez *et al.*, (2003) en experimentos bajo condiciones controladas arribaron a la conclusión de que las aplicaciones de compost solo o combinado con zeolita aumentaba significativamente el % de materia orgánica, el P_2O_5 asimilable, el por ciento de agregados estables, la permeabilidad, el factor de estructura y la humedad para el límite inferior de plasticidad.

Resumiendo los beneficios el compost al suelo en el momento de su aplicación tenemos:

1. El material producido por este método es económico.
2. La producción puede hacerse en fincas, con lo cual se ahorra costos de transporte.
3. El material transformado adquiere una relación C/N tal, que es capaz de aportar buena cantidad de humus al suelo.

4. El abono es balanceado desde el punto de vista nutricional.
5. El material producido es biológicamente estable.
6. Se reduce las características fototóxicas de los residuos utilizados.
7. Se reduce notablemente el contenido de patógenos en los desechos tratados.
8. Se reduce los malos olores si se hace correctamente. Según Iglesias (2018).

Es por ello que Aduvire (2021) plantea que la agricultura solo es posible cuando el suelo tiene una estructura sana de forma los procesos biológicos tan necesarios, proporcionan por demás los nutrientes necesarios a las planta.

Algunos autores como Martín *et al.*, (2003) consideran que la combinación entre las sustancias orgánicas y fertilizantes químicos, representan una alternativa muy útil y realista para el aumento de los rendimientos, fertilidad del suelo y evitar la contaminación del ambiente. Siempre pensar en el abonado del suelo y no en la fertilización de la planta.

1.3.2. Humus de lombriz

El vermicompost o humus de lombriz es un fertilizante biorgánico que se presenta como un producto desmenuzado, ligero, rico en enzimas y microorganismos, pues cuenta con alrededor de 2000 millones de bacterias por gramos. Su riqueza en elementos nutritivos lo convierte en un fertilizante completo, que aporta a las plantas las sustancias necesarias para su crecimiento y desarrollo (Llanes, 2017).

El humus de lombriz es el producto resultante de la transformación digestiva que ejerce este pequeño animal sobre la materia orgánica. Aunque como abono orgánico puede decirse que tiene un alto valor nutritivo, lo importante no son los valores absolutos de los elementos químicos que normalmente se analizan, sino más bien la gama de compuestos orgánicos, su disponibilidad a las plantas y su resistencia a la fijación y al lavado (Llanes, 2017).

Viera (2020) plantea que la microflora contenida en el humus de lombriz no se iguala a ningún abono orgánico similar presentando un conteo bacterial benéfico de bacterias aeróbicas, hongos y actinomicetes de hasta dos billones de colonias por gramo, lo cual lo convierte en el mejor inoculador de vida para los suelos. El propio autor y en el mismo año agrega que la utilización de las lombrices para la transformación de los residuos orgánicos de origen vegetal y animal enriquecen sucesivamente los valores nutritivos de las sustancias, que al ser aplicada al suelo en forma de humus, es una

realidad que pone de manifiesto la posibilidad de sustituir parcialmente los fertilizantes minerales.

Estas además de proporcionar mayor aireación, intercambio de gases y drenaje nos brindan humus proveniente de la descomposición de la materia orgánica que consumen. Estas pueden alimentarse con residuos caseros, estiércoles (vacas, caballo, conejo, ternero, ovejas, etc.), papel y cartón, aserrín, entre otros. En algunos países la fertilidad del suelo se mide de acuerdo a la cantidad de lombrices que habiten en éstos D.E. (2019).

El humus de lombriz es un material rico en calcio, nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio. Además contiene buenas cantidades de auxinas y hormonas vegetales que actúan sobre la germinación y el crecimiento de las plantas. La lombricultura tiene una relevante importancia económica, en caso de ser bien manejada, se obtienen resultados con retornos muy superiores a los iniciales. Una Ha de lombricultura puede alcanzar una producción superior a las 4000 Ton de humus y 39 Ton de lombriz. Una Ton de humus en el mercado mundial vale más de 100.00 USD. Una Ton de harina de lombriz vale más de 450.00 USD. Un kg de lombriz vale 36.00 USD. El valor en Cuba de una tonelada de humus fluctúa alrededor de 36.50 \$ MN.D.E. (2019).

El humus es el mejor abono orgánico del mundo, por el efecto sorprendente que provoca en los cultivos le llaman la magia negra, además proporciona un ahorro entre un 30 y 100% de fertilizantes minerales a la vez que sustituye grandes volúmenes de materia orgánica utilizada (Carlos, 2021).

1.4. Manejo de los nutrientes.

Aduvire (2021) plantea que la planta de arroz requiere varios nutrientes esenciales para llegar a un óptimo rendimiento. Estos son los elementos mayores e incluyen nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre, carbono, hidrógeno y oxígeno. El nitrógeno es un constituyente de las proteínas las cuales a su vez forman parte del protoplasma, de los cloroplastos y de las enzimas.

No obstante, Guareschiet *al.*, (2019) informaron que la absorción de nutrientes por la planta del arroz es afectada por varios factores que incluyen el suelo y sus propiedades, la cantidad y el tipo de fertilizantes aplicados, el cultivar y el método de cultivo. El contenido de nitrógeno, fósforo y azufre en las partes vegetativas es generalmente alto

en las primeras etapas del crecimiento vegetativo y declina a medida que se llega a la madurez.

En cambio, los mismos autores mencionados anteriormente y en el mismo año ponen de manifiesto que el contenido de silicio es bajo en las primeras etapas y aumenta consistentemente a medida que se acerca la madurez. El contenido de nitrógeno y fósforo es por lo general es mayor en las panojas que en la paja, mientras que el contenido de potasio, calcio, magnesio, silicio, manganeso, hierro y boro es mayor en la paja. El contenido de azufre, zinc y cobre es prácticamente el mismo en la paja y en la panoja.

En Infoagro (2019) se informa que los nutrientes necesarios para producir una tonelada de arroz con cáscara en los trópicos son de cerca 20,5 kg de nitrógeno; 5,1 kg de fósforo y 44,4 kg de potasio, por hectárea. A pesar de la gran diferencia en los rendimientos, la remoción de estos tres elementos es similar entre cultivos de rendimientos medios o altos.

Además, Infoagro (2019) agrega que gran parte del nitrógeno del suelo se encuentra en formas orgánicas, formando parte de la materia orgánica y de los restos de cosecha, pero la planta de arroz solo absorbe el nitrógeno de la solución en forma inorgánica. El paso de la forma orgánica del nitrógeno a las formas inorgánicas tiene lugar mediante el proceso de mineralización de la materia orgánica, siendo los productos finales de este proceso distintos según las condiciones del suelo.

Otro aspecto a destacar es que Castro *et al.*, (2020) en sus investigaciones expone que en un suelo anaeróbico, la falta de oxígeno hace que la mineralización del nitrógeno se detenga en la forma amónica, que es la forma estable en los suelos con estas condiciones. Esta forma de nitrógeno se encuentra en dos maneras: disuelta en la solución del suelo y absorbida por el complejo arcillo-húmico, formando ambas la fracción de nitrógeno del suelo fácilmente disponible para el arroz.

1.5. Microbiología del suelo

Para la caracterización microbiológica de los suelos suelen determinarse distintos parámetros, entre los cuales, los más utilizados son: la respiración basal, la biomasa microbiana, el cociente C-biomasa microbiana/C orgánico total, el cociente metabólico (qCO_2), la amonificación de arginina y la actividad de la deshidrogenasa. La respiración

del suelo es uno de los parámetros más frecuentemente utilizado para cuantificar la actividad microbiana en los suelos(Castroet al.,2020).

1.6. Características botánicas y clasificación taxonómica del cultivo del arroz

1.6.1. Origen

Según El Cultivo del Arroz (2019) se plantea que dicho cultivo es sin duda uno de los cereales más antiguos de los que se tenga constancia. Es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las Gramíneas, a la sub-familia de las Panicoideas y a la tribu Oryzae. El nombre científico es *Oryza sativa*. Evolutivamente se acepta que la forma perenne del *Oryzaperennis* y para otros, el *Oryzarufipogon*, es el antecesor común, tanto del arroz cultivado como del arroz rojo. Aunque el arroz rojo, no se originó directamente del arroz cultivado, es frecuente el uso de *O. Sativa* f. *Spontanea* como el nombre científico del arroz rojo.

1.6.2. Taxonomía

Nombre Científico: *Oryza sativa* L.

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Bambusoideae

Tribu: Oryzeae

Género: *Oryza*

Especie: *Oryza sativa*

1.8. Descripción morfológica del arroz

1.8.1. Sistema radicular

Las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces: seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos

inferiores del tallo joven. Estas últimas sustituyen a las raíces seminales. Cultivoarroz, (2019).

1.8.2. Tallo principal

El tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, erguido, nudoso, glabro y de 60-120 cm de longitud.

1.8.3. Hojas

Las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida que presenta en el borde inferior una serie de cirros largos y sedosos (Infoagro, (2019).

1.8.4. Flor

Las flores de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula o espiga. Son de color verde blanquecino; y están dispuestas en espiguillas cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. Las panículas pueden clasificarse en abiertas, compactas e intermedias. (Infoagro, (2019).

Según el ángulo que formen las ramificaciones al salir del eje de la panícula; tanto el peso como el número de espiguillas por panícula cambian según la variedad. La panícula se mantiene erecta durante la floración, pero luego se dobla debido al peso de los granos maduros. La espiguilla es la unidad básica de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Cultivo arroz, (2019).

1.8.5. Fruto y Semilla

El grano de arroz es el ovario maduro. El grano con cáscara se conoce como arroz “paddy”; el grano descascarado de arroz (cariópside), con el pericarpio pardusco, se conoce como arroz-café; el grano de arroz sin cáscara con un pericarpio rojo, es el denominado “arroz rojo. Franquet Bernis, J. M. (2018).

1.8.6. Época de siembra

El calendario de siembra se enmarca entre el 15 de noviembre hasta el 31 de julio que incluye dos periodos: lluvioso y poco lluvioso.

1.8.7. Ciclo del cultivo

Varía desde 95 días (variedades muy tempranas) hasta casi 250 días (variedades muy tardías). Las variedades de maduración media pueden cosecharse entre 120 y 150 días después de la siembra.

1.8.8. Plagas que afectan el cultivo

Infoagro 2019 las principales plagas existentes en Cuba son:

- Sogata (*Tagosodesorizicolus*, Muir)
- Chinche (*Oebalusinsularis*, Stal)
- Picudo (*Lissorhoptrusbrevirostris*, Suffr.)
- Palomilla (*Spodoptera frugiperda*, Smith)
- Ácaro del vaneado (*Steneotarsonemusspinki*, Smiley)

1.8. 9. Variedades

- Selección 1, selección 2, LP 5, LP 7, Reforma, IAC 25, IAC 31, IAC 37, IAC 39, IAC 30 (Línea que se está probando), 4675 y prosequiza.

1.9.Requerimientos edafoclimáticos

1.9.1. Exigencias agroecológicas

Para una mayor productividad, el arroz requiere de temperaturas relativamente altas y de suficiente radiación solar así como de un suministro suficiente de agua, durante toda la temporada de desarrollo del cultivo que varía de 3 a 5 meses. La temperatura, la radiación solar y la precipitación pluvial afectan directamente los procesos fisiológicos de la planta de arroz, que de una u otra manera inciden en la producción de grano e indirectamente inciden en la presencia de plagas y enfermedades del cultivo. Aparte de lo anterior los suelos deben ser aptos para el cultivo, con características que permitan una adecuada retención de agua y disponibilidad de nutrientes (Cultivoarroz, (2019).

1.9.2. Clima

Se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtropicos y en climas templados. El cultivo se extiende desde los 49-50° de latitud norte a los 35° de latitud sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2,500 m. de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y

las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultivan en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas.

1.9.3. Temperatura

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13°C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de los 40°C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7° C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades. El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días.

La panícula, usualmente llamada espiga por el agricultor, comienza a formarse unos treinta días antes del espigado, y siete días después de comenzar su formación alcanza ya unos 2 mm. A partir de 15 días antes del espigado se desarrolla la espiga rápidamente, y es éste el período más sensible a las condiciones ambientales adversas. La floración tiene lugar el mismo día del espigado, o al día siguiente durante las últimas horas de la mañana. Las flores abren sus glumillas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas. Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización.

El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15°C. El óptimo de 30°C. Por encima de 50°C no se produce la floración. La respiración alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo después del espigado. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos(Infoagro, (2019).

1.9.4. Precipitaciones

Al igual que otros cultivos y partiendo del conocimiento que cada cultivo requiere de la suficiente humedad para obtener una mayor productividad, también el arroz requiere de un mínimo de humedad en el suelo, para obtener una producción aceptable. Cuando ocurren deficiencias de agua durante el desarrollo del cultivo, los rendimientos disminuyen significativamente. Por eso en las zonas donde la precipitación pluvial no es suficiente para sacar el cultivo y tampoco se dispone de agua para efectuar riegos de

auxilio, se aconseja que el productor mejor no se siembre arroz pues los riesgos se incrementan significativamente. Se considera que una precipitación de unos 1,200 milímetros bien distribuidos durante el ciclo de cultivo es suficiente para la obtención de buenos rendimientos MTPCA, (2017).

1.10. Fitotecnia del cultivo del arroz

El método de siembra depende de las facilidades que tenga el productor y del área a sembrar. Referente a la densidad, ésta puede estar entre 150 a 300 plantas por m², pudiendo obtenerse rendimientos satisfactorios con una menor cobertura, si las malezas se mantienen bajo control y se fertiliza en forma suficiente y oportuna

La cantidad de semilla a utilizar en un área determinada dependerá entonces de varios factores: como la variedad, el método de siembra, el sistema de cultivo, la calidad de la semilla, la fertilidad del suelo, etc. Por lo general las recomendaciones para siembra al voleo varían entre 65 y 130, incluso 180 kg de semilla por hectárea. Agrotendencia.tv, (2018).

1.10.1. Fangueo

La primera labor a realizar durante los meses de diciembre y enero es el fangueo. Esta labor se lleva a cabo con los campos inundados con un bajo nivel de agua y lo que se pretende es mezclar con el barro todos los rastros y restos del cultivo anterior. Se lleva a cabo con sustituyendo las ruedas traseras del tractor por ruedas de hierro. Agrotendencia.tv, (2018).

1.10.2. Meteorización

Tras el fangueo se deja secar el suelo para su posterior meteorización. Una vez secos las acciones irán dirigidas a alzar el suelo para crear una capa donde se pueda desarrollar la planta. La primera pasada de gradas o fresadora ayudará a que la tierra se acabe de secar, una segunda pasada, permitirá sacar a la superficie los rizomas de adventicias perennes y desmenuzar los terrones dejando el suelo preparado para el abonado.

1.10.3. Nivelación

Agrotendencia.tv, (2018) Para nivelar las parcelas que lo necesiten, fundamental para la evolución del cultivo y el control de adventicias. Este proceso requerirá que la tierra esté un poco más desmenuzada lo cual hará necesario otra pasada con la fresadora que

permita un trabajo más eficaz de la niveladora. Una vez finalizada esta tarea el suelo queda compactado de nuevo haciéndose necesario otra pasada con el arado.

1.10.4. Abonado

Abonar la parcela de acuerdo a la riqueza del suelo sobre el que se encuentre la explotación, su posterior arado y la parcela está lista para ser inundada y sembrada.

Según Infoagro, (2019) los tipos de cultivos de arroz son:

| TIPOS DE CULTIVO DEL ARROZ | MÉTODO DE SIEMBRA | PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL AGUA (cm.) |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|
| Arroz de temporal de tierras bajas | Trasplante | 0-50 |
| Arroz de temporal superficial de tierras bajas | Trasplante | 5-15 |
| Arroz de temporal de profundidad media de tierras bajas | Trasplante | 16-50 |
| Arroz de aguas profundas | A voleo en suelo seco | 51-100 |
| Arroz flotante | A voleo en suelo seco | 101-600 |
| Arroz de tierras altas | A voleo o en hileras en suelo seco | Sin agua estancada |

La mayoría de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para los suelos alcalinos o básicos ocurre justamente lo contrario. El pH óptimo para el arroz es 6,6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas y, además, las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos, están por debajo del nivel tóxico según Franquet *et al.*, (2006).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.Generalidades de la investigación

El experimento se realizó en la UBPC Sur del Jibaro perteneciente al municipio de La Sierpe y provincia de Sancti Spíritus, Cuba, lote № 14 campo № 140 perteneciente al campesino Jorge Tony Fernández González, Figura 1.

La variedad utilizada fue LP5 en el periodo de noviembre 2021 a Marzo 2022. Las variables climáticas fueron registradas por la Estación Provincial de Sancti Spíritus, la temperatura media diaria fue de 21,90°C, la humedad relativa media diaria 74,36 % y la precipitación pluvial acumulada de 6,88 mm.

Para la preparación del sustrato, el riego, labores agrotécnicas y el control de plagas y enfermedades se siguieron las normas establecidas para el cultivo en el manual técnico del cultivo del arroz (Rodríguez *et al.*, 2007).



Figura 1. Mapa cartográfico de la UBPC Sur del Jibaro.

2.2.Diseño experimental y tratamientos empleados

El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas Tabla 2.1. El área total fue de 1.0 ha, los bloques poseen tres (3) con una extensión de 0.33ha utilizándose una parcela de 0,11 ha para cada experimento, aplicándose 0.44t ha⁻¹ de cada tratamiento. Se realizó en terrazas planas y la preparación del suelo se llevó a cabo con la tecnología seco-fangueo. Se marcaron 10 plantas por parcela al azar para un total de 30 plantas evaluadas por tratamiento.

Tabla 2.1. Diseño experimental bloques al azar.

| | | | |
|----|----|----|----|
| T1 | T2 | T3 | T4 |
| T2 | T3 | T4 | T1 |
| T3 | T4 | T1 | T2 |

Procedencia de los compuestos orgánicos utilizados como tratamientos:

T1-Compost realizado con la mezcla de un 20 % de Cachaza, Estiércol, Cascarilla de Arroz natural y el 40% de Humus de lombriz cada uno de los materiales orgánicos utilizados se mezcló de forma manual y se le dio un periodo de reposo a la sombra con la humedad necesaria para su descomposición.

T2 - Humus de lombriz procedente del centro de Lombricultura de la UBPC-A Sur del Jíbaro.

T3 - Estiércol de ganado Vacuno de la vaquería Innovaciones de la UBPC-A El Cedro.

T4 – Control

La composición química de los compuestos orgánicos se aprecia en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Composición química de los compuestos orgánicos utilizados en los tratamientos

| Abono orgánicos utilizados | (%) | | | | | | | | |
|----------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | pH | CE | N | P | K | Ca | Mg | M.O. | C |
| Estiércol Vacuno | 7,7 | 1,65 | 5.60 | 1,71 | 0,93 | 0,39 | 1,77 | 37,45 | 25,12 |
| Compost | 7,5 | 1,10 | 2,69 | 1,28 | 0,62 | 1,18 | 1,56 | 48,60 | 28,19 |
| Humus de Lombriz | 7,4 | 2,60 | 2,22 | 1,80 | 0,45 | 0,29 | 2,11 | 38,95 | 22,59 |

2.3. Indicadores a evaluar a las plantas por parcela

Para determinar los indicadores a evaluar se tuvo en cuenta las normas establecidas por la metodología de la investigación [conocimiento del cultivo y qué resultado se espera de este a partir de las características de los productos a evaluar] (Fuentes *et al.*, 1999).

- ✓ Cantidad de hijos por plantas: se tomaron 10 muestras al azar se cuentan la cantidad de hijos por plantas y se dividen entre el total de muestras contadas y

se obtienen la cantidad de hijos por plantas en los marcos colocados en diagonal.

- ✓ Cantidad de granos totales por espigas: se tomaron un total de 10 espigas al azar en distintos puntos trazados y se cuentan la cantidad de granos en cada espiga se suman todos los granos y se divide entre 10.
- ✓ Cantidad de granos llenos por espigas: se tomaron un total de 10 espigas al azar en distintos puntos trazados y se cuentan la cantidad de granos llenos en cada espiga se suman todos los granos y se divide entre 10.
- ✓ Peso de 100 granos (g) balanza digital Sartorius, de precisión de $\pm 0,01$ g.
- ✓ Rendimiento $t\ ha^{-1}$ Para el cálculo del rendimiento se usó el método indirecto según (Fuentes *et al.*, 1999).

2.4. Análisis estadístico utilizado

Se realizó un análisis de varianza donde las medias fueron comparadas por el Test de Duncan, previo análisis de homogeneidad de varianzas. Para esto se utilizó el paquete estadístico STATGRAFIC 5.0 para Windows. La efectividad de los tratamientos respecto al testigo se compararon por un ANOVA simple (Lerch, 1977) y se comprobaron las medias. Se realizó la prueba de rangos múltiples Duncan cuando ($p \leq 0.01$).

CAPITULO 3.RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de hijos por planta, granos por espiga y granos llenos por espiga

En cuanto al efecto de los tratamientos la cantidad de hijos por planta se pudo apreciar que el mejor fue cuando se aplicaron la toneladas por ha de compost, con valor de 3,86, que difiere estadísticamente del resto de los tratamientos. Aunque, con el humus de lombriz se obtuvo un buen efecto en este indicador evaluado (Tabla 3.1).

Los resultados de las variantes evidencian la acción de estas enmiendas orgánicas que concuerdan con Chancay (2017) que plantea y demuestra la eficacia de los nutrimentos aportados con el compost, además de recuperar la fertilidad del suelo. El autor agrega que es bien conocida la influencia que una adecuada nutrición tiene para el ahijamiento y posterior crecimiento y desarrollo de los tallos.

Tabla 3.1. Efecto de los tratamientos en la cantidad de hijos por planta

| Tratamientos | Nº | Cantidad de hijos por planta |
|---------------------|----|------------------------------|
| T1 Compost | 30 | 3,86 ^a |
| T2 Humus de Lombriz | 30 | 3,26 ^b |
| T3 Estiércol | 30 | 2,76 ^c |
| T4 Control | 30 | 2,03 ^d |
| Es x | | 0,081 |
| C.V. (%) | | 29,78 |

Nota: Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($p \leq 0,01$) según prueba de rangos múltiples de Duncan.

En la tabla 2 aparecen los resultados del procesamiento estadístico realizado a los valores correspondientes a la cantidad de granos por espigas, donde se puede observar que existen diferencias significativas entre los cuatros tratamientos, donde los mejores resultados fueron con el Compost, seguido del humus de lombriz, con valores de 86,93 y 83,06; respectivamente. Este último con un comportamiento favorable y con diferencias estadísticas entre todos los tratamientos.

Estos resultados coinciden con Fernández (2011) y Chancay (2017) quienes plantean que las aplicaciones de compost añadidas a las de humus de lombriz contribuyen a una mejor nutrición de la planta pues al mejorar las condiciones de fertilidad del suelo, hay

mayor retención de agua y llegada de nutrientes a la planta que es un elemento importante pues aumenta los minerales del suelo.

Tabla 3.2. Efecto de los tratamientos en la cantidad de granos por espigas

| Tratamientos | Nº | Granos por espigas |
|---------------------|----|--------------------|
| T1 Compost | 30 | 86,93 ^a |
| T2 Humus de Lombriz | 30 | 83,06 ^b |
| T3 Estiércol | 30 | 81,03 ^c |
| T4 Control | 30 | 63,30 ^d |
| Es. x | | 0,88 |
| C.V. (%) | | 12,29 |

. **Nota:** Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($p \leq 0,01$) según prueba de rangos múltiples de Duncan.

En la tabla 3.3 aparecen los resultados del análisis estadístico realizado a los valores correspondientes a la cantidad de granos llenos por espigas, donde se pudo observar que existen diferencias significativas entre los cuatro tratamientos. Los mejores resultados se alcanzaron con el Compost, secundado por el humus de lombriz este con efectos favorable con valores de 78,5 y 76,3 granos llenos por espiga. Es necesario destacar que todas las variantes empleadas superaron estadísticamente al control.

Estos resultados coinciden con Dávila (2018) y Rafael (2016) donde ambos concluyen que las aplicaciones de compost en conjunto con las de humus de lombriz contribuyen a una mejor nutrición de la planta pues mejora las condiciones de fertilidad del suelo, hay mayor retención de agua y llegada de nutrientes a la planta y provee de cantidades suplementarias de nutrientes de liberación lenta y mejora el contenido de materia orgánica en el suelo del suelo.

Tabla 3.3. Efecto de los tratamientos en la cantidad de granos llenos por espigas

| Tratamientos | Nº | Granos llenos |
|---------------------|----|-------------------|
| T1 Compost | 30 | 78,5 ^a |
| T2 Humus de Lombriz | 30 | 76,3 ^b |
| T3 Estiércol | 30 | 74,2 ^c |
| T4 Control | 30 | 53,0 ^d |
| Es. x | | 0,95 |
| C.V. (%) | | 14,79 |

. **Nota:** Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($p \leq 0,01$) según prueba de rangos múltiples de Duncan.

3.2. Efecto de los tratamientos sobre los indicadores del rendimiento del cultivo del arroz

En la tabla 3.4 se reflejan los resultados del análisis estadístico realizado a los valores correspondientes a el peso de 1000 granos pudiéndose observar que existen diferencias significativas entre el tratamiento con compost y los restantes, no así entre los demás tratamientos. Se obtiene el mejor resultado, con la aplicación del compost donde el valor es de 28,49 g. Es necesario destacar que todas las variantes superan estadísticamente al control.

Fernández (2011) encontró resultados similares, coincidiendo con Dávila (2018) y Martínez (2020) al concluir que las aplicaciones de compost mejoran la salud y estructura del suelo, aspecto que conlleva a una mejor nutrición de la planta pues mejora las condiciones de fertilidad del suelo, hay mayor retención de agua y llegada de nutrientes a la planta, lo consideran una fuente de alimentación de los microorganismos del suelo y amortigua los cambios de pH para que la planta se desarrolle completamente.

Tabla 3.4. Efecto de los tratamientos en el peso de 1000 granos (g)

| Tratamientos | Nº | Peso de 1000 granos (g) |
|---------------------|----|-------------------------|
| T1 Compost | 30 | 28,49 ^a |
| T2 Humus de Lombriz | 30 | 27,15 ^b |
| T3 Estiércol | 30 | 26,82 ^b |
| T4 Control | 30 | 26,40 ^b |
| Es. x | | 0,18 |
| C.V. (%) | | 7,33 |

. **Nota:** Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($p \leq 0,01$) según prueba de rangos múltiples de Duncan.

En la tabla 3.5 se reflejan los resultados del análisis estadístico realizado a los valores correspondientes a el rendimiento agrícola, donde se pudo apreciar que existen diferencias significativas entre el tratamiento con compost (3,95 t/ha) mientras que el resto de los tratamientos no existe diferencias significativas. Es necesario destacar que en este indicador los tratamiento 2 y 3 no difieren estadísticamente con el tratamiento control.

Los resultados están sustentados a partir de que Pin y Valencia (2022) afirman lo la importancia del carbono aportado por el compost, ya que los hidratos de carbono que

se ayudan a producir a las plantas, son los que en forma de exudados ayudan a la alimentación de la red trófica del suelo.

Tabla 3.5.Efecto de los tratamientos en el rendimiento del cultivo

| Tratamientos | Nº | Rendimiento t ha ⁻¹ |
|--------------------|----|--------------------------------|
| 1 Compost | 30 | 3,95 ^a |
| 2 Humus de Lombriz | 30 | 3,60 ^b |
| 3 Estiércol | 30 | 3,59 ^b |
| 4 Control | 30 | 3,55 ^b |
| Es. x | | 0,02 |
| C.V. (%) | | 8,03 |

Nota: Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($p \leq 0,01$) según prueba de rangos múltiples de Duncan.

CONCLUSIONES

- ✓ La aplicación de enmiendas orgánicas favoreció en comportamiento agroproductivo del cultivo del arroz.
- ✓ El compost y el humus de lombriz fueron los de mejores resultados en ese orden.

RECOMENDACIONES

- ✓ Repetir el experimento con otras variedades que se comercializan en el EAIG Sur del Jibaro.

BIBLIOGRAFÍA

- Aduvire Vizcarra, A. E. (2021). Efecto de la humedad en el compostaje sin la aplicación de agua para la obtención de compost–distrito Moquegua.
- Alemán, L. (2011). Situación Actual y Perspectivas del Movimiento del Arroz Popular en Cuba. La Habana: Instituto de Investigación del Arroz.
- Baizán, S., Oliveira, J. A., Vicente, F., & Martínez-Fernández, c. g. y. a. (2017). Cambios en las propiedades de un suelo agrícola en función del cultivo y el tipo de fertilización. 56ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SEEP, 77.
- Casas Fustamante, N., & Galvan Rivas, A. F. (2019). Eficiencia de las enmiendas orgánicas en la recuperación de suelos salinos en el distrito de San Vicente De Cañete–Lima.
- Calero Hurtado, A., Olivera Viciado, D., Pérez Díaz, Y., González-Pardo Hurtado, Y., Yáñez Simón, L. A., & Peña Calzada, K. (2020). Manejo de diferentes densidades de plantación y aplicación de microorganismos eficientes incrementan la productividad del arroz. Idesia (Arica), 38(2), 109-117.
- Catalá, M. M., Domingo, C., Martínez-Eixarch, M., Tomàs, N., Bertomeu, A., Montero, P.,...& Molina-Martínez, J. M. (2019). 79 XV Jornada Técnica Del Arroz Al Delta Del Ebro. AGRÍCOLA VERGEL.
- Chancay García, J. L. (2017). Efecto de las enmiendas orgánicas-minerales para restablecer fertilidad de suelos arroceros en la zona de Santa Lucia, provincia del Guayas.
- CIAT, 1986. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Ecosistema con relación al mejoramiento del Arroz. 37 p
- Carmona Pardo, R. N. (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas de compost de residuos sólidos orgánicos residenciales, a partir de su caracterización térmica.
- Carlos, V. L. R. (2021). Efecto de aplicación de tres fertilizantes orgánicos como complemento a la fertilización edáfica en el cultivo de arroz (oryza sativa) (doctoral dissertation, universidad agraria del ecuador).
- Castro, R., Pimentel, J., Carvalho, J., & Araújo, J. (2020). Experiências agroecológicas.

- De, C. D. L. B. C. (2019). response of three varieties of rice (*Oryza sativa* L.) to the application of earthworm fertilizer in irrigation conditions in montería-colombia. *Revistaittpavol*, 1(02).
- Dávila Hidalgo, S. A. (2018). "Efectos de la aplicación de fertilizantes ecológicos sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)" (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2018).
- Fuentes, F. E. y Abreu, E., Fernández, E. y Castellanos, M. (1999). Experimentación agrícola. La Habana, Cuba. Ed. Félix Varela. 225 pp.
- Franquet J. M., Borrás C. (2006). ECONOMÍA DEL ARROZ: VARIEDADES Y MEJORA. Extraído el 20 de noviembre de 2019 desde <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/1c.htm>
- Fernández Pérez, J. (2011). Incidencia de diferentes tipos de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo del arroz en la UBPCA Las Nuevas (Doctoral dissertation, Universidad de Sancti Spíritus José Martí).
- FranquetBernis, J. M. (2018). El nuevo sistema de siembra en seco del arroz.
- Gómez cabrera, m. a., y Malca Espinoza, J. E. (2021). Aplicación de biochar para la inmovilización de plomo en suelos provenientes de los relaves mineros de paredones-cajamarca.
- García-Tomillo, A., Lado, M., Vidal Vázquez, E. y Paz González, A. (2020). X Congreso sobre uso y manejo del suelo: gestión sostenible de suelos y recursos hídricos: libro de resúmenes, UMS 2020: 16-18 noviembre, 2020, A Coruña, España. In X Congreso sobre Uso y Manejo del Suelo. Universidade da Coruña.
- Guzmán, R., Vedia, A., Maquera, L., HeeBaek, E., López, A. y Vales, M. (2016). Respuesta del cultivo de Arroz de Secano (*Oryza sativa* L.) a diferentes niveles de fertilización nitrogenada, Municipio de Yapacani, departamento de Santa Cruz, verano 2015/16. *Revista científica de investigación INFO-INIAF*, 1, 54.
- Guareschi, R. F., Boddey, R. M., Alves, B. J. R., Sarkis, L. F., Martins, M. D. R., Jantalia, C. P. y Urquiaga, S. (2019). Balanço de nitrogênio, fósforo e potássio na agricultura da América Latina e o Caribe. *Terra Latinoamericana*, 37(2), 105-119.
- Hernández Jiménez, A., Vera Macías, L., Naveda Basurto, C. A., Guzmán Cedeño, Á. M., Vivar Arrieta, M., Roberto Zambrano, T. y López Alava, G. A. (2017). Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes

- media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 50-56.
- Iglesias Jaramillo, I. F. (2018). Métodos de siembra en arroz (*Oryza sativa* L.), con tres niveles de fertilización a base de Fósforo, Magnesio y Boro, en Babahoyo (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2018).
- INTA. 2002. Guía Tecnológica. Cultivo de Arroz
- Instituto de Investigaciones del Arroz. (2010). Instructivos Técnicos para el Cultivo del Arroz, 112. La Habana: IIA.
- Lizcano Toledo, R., Olivera Viciado, D., Saavedra Mora, D., Machado Cuellar, L., Rolando Valencia, E., Moreno Pérez, M. F., & Flórez, M. F. (2017). Muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos.
- Llanes, J. H. (2017). Resultados de la evaluación de la trasplantadora automática de arroz ISEKI. *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(1), 51-55.
- Martínez, F., García, C., Gómez, L. A., Aguilar, Y., Martínez-Viera, R., Castellanos, N., & Riverol, M. (2017). Manejo sostenible de suelos en la agricultura cubana. *Agroecología*, 12(1), 25-38.
- Martín Alonso, G. M., González Cañizarez, P. J., Ramón, R. E., Arzola Batista, J., & Pérez Díaz, A. (2014). Efecto de la aplicación de estiércol vacuno e inoculación micorrizica sobre el crecimiento y producción de semillas de *Canavalia ensiformis* en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. *Cultivos tropicales*, 35(1), 86-91.
- Martínez Naranjo, M. A. (2020). Efectos de la fertilización química combinada con una enmienda húmica nitrogenada granulada, sobre el rendimiento de dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020).
- Magdoff, F., Lanyon, L. y Liebhardt, B. (1997). Nutrient cycling, transformations, and flows: implications for a more sustainable agriculture. *Advances in Agronomy*, 60, 1-73.
- Martín, B. D., Cairo, P. C., Sarmiento, M. M., López, O. R., & Moré, I. A. (2003). Influencia de diferentes sistemas de manejo de la materia orgánica sobre la fertilidad del suelo pardo con carbonatos (Inceptisol). *Centro Agrícola*, 30(3), 9-15.
- MINAGRI, (2019). Generalidades del producto. Extraído el 19 de noviembre del 2019 desde <http://minagri.gob.pe/portal/26-sector-agrario/arroz/217-generalidades-del-producto>

- ONE, (2019). Sector Agropecuario indicadores seleccionados. Extraído el 21 de noviembre del 2019 desde http://www.one.cu/publicaciones/05agropecuario/ppalesindsectoragrop/ppales_indma_r19.pdf
- ONEI, (2018). Anuario estadístico 2017, edición 2018. Extraído el 21 de noviembre del 2019 desde <http://www.one.cu/aed2017/28Sancti%20Spiritus/00%20Sancti%20Sp%C3%ADritus.pdf>
- PAM, (2019). Producción Agrícola Mundial de Arroz 2019-2020. Extraído el 20 de noviembre del 2019 desde <http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/arroz.aspx>
- Pin García, C. A., & Valencia Romero, G. L. (2022). Efectividad de la fertilización orgánica en el crecimiento y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza Sativa* L.) En la zona de San Roque-Charapotó (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Pozo-Gálvez, C., Cabrera-Alonso, J. R., Márquez-Reina, E., Hernández-Hernández, O., Ruiz-Sánchez, M., y Domínguez-Palacio, D. (2017). Características y clasificación de suelos Gley Nodular Ferruginoso bajo cultivo intensivo de arroz en Los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 58-64.
- Rafael Alania, J. J. (2016). Efecto del abonado orgánico en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad “la conquista” INIA 507 en un sistema bajo riego en Aucayacu.
- Ruiz Gamarra, K. G. (2019). Uso del residuo orgánico vinaza para la recuperación del suelo afectado por monocultivo de *Oryza sativa* (arroz) en la región Piura–Perú.
- Souza, H. A. D., Oliveira, E. L., Primo, A. A., Araújo, M. D. M., Pompeu, R. C. F. F. y Guedes, F. L. (2021). *Chemical characteristics of the compost of waste from the production and slaughter of small ruminants*. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 22.
- Torres Celleri, C. A. (2016). Comportamiento agronómico del cultivo de arroz *Oryza sativa* L. ante la aplicación de fungicidas químicos y orgánicos para el control de manchado del grano (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).

- Viera, D. G. (2020). Propuesta de un modelo para la adopción de innovaciones tecnológicas en la producción local de arroz (*oryza sativa* L.).
- Yaguachi, E. E. C. (2020). Estudio comparativo de dos variedades de arroz (*oryza sativa* L.) y el uso de ceniza de arroz (doctoral dissertation, universidad agraria del ecuador).