



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



CENTRO UNIVERSITARIO MUNICIPAL DE JATIBONICO

TRABAJO DE DIPLOMA

**Título: RESPUESTA DE LOS RENDIMIENTOS DEL ARROZ A LA APLICACIÓN DE
CACHAZA DE CAÑA DE AZÚCAR**

Autor: Lázaro González López.

Sancti Spíritus, 2023
“Año 65 de la Revolución”



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



CENTRO UNIVERSITARIO MUNICIPAL DE JATIBONICO

TRABAJO DE DIPLOMA

**Título: RESPUESTA DE LOS RENDIMIENTOS DEL ARROZ A LA APLICACIÓN DE
CACHAZA DE CAÑA DE AZÚCAR**

Autor: Lázaro González López.

Tutor: MSc. Noel Chaviano Lorenzo.

Sancti Spíritus, 2023
“Año 65 de la Revolución”

Copyright©UNISS

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

PENSAMIENTO

“La supervivencia de la Revolución y del Socialismo, la preservación de la independencia de este país depende hoy, fundamentalmente de la ciencia y la técnica...”



Diciembre de 1991

RESUMEN

La fertilización con compost puede ser una alternativa económica para favorecer el crecimiento y rendimiento de las plantas de arroz. El objetivo del siguiente estudio fue evaluar los efectos de la fertilización con cachaza de caña de azúcar en el crecimiento y rendimiento del cultivo del arroz (variedad INCALP-5) en época de siembra poca lluviosa. La investigación se realizó en la finca del productor “Feliz Noelio Díaz González”, Jatibonico, Sancti Spíritus, Cuba. El experimento se desarrolló de enero a marzo de 2021 sobre un suelo Vertisol y el trasplante se realizó con plántulas de 23 días de edad a la distancia de siembra de 0,20 x 0,20 cm. El diseño fue en bloques al azar con tres tratamientos y tres réplicas y se aplicaron los siguientes tratamientos: testigo (sin fertilización), 36 t ha⁻¹ y 72 t ha⁻¹ para mejorar el crecimiento y rendimiento del cultivo del arroz (variedad INCALP-5). Los resultados mostraron que la fertilización con cachaza incrementa la altura de las plantas, número de tallos por planta, longitud de la panícula, número de granos por panícula y el rendimiento en 4,6 t ha⁻¹ y 35% comparado con el testigo y la dosis de 36 t ha⁻¹ de cachaza, respectivamente. Además, la fertilización con 36 t ha⁻¹ de cachaza puede ser considerada una alternativa viable para cuando no exista disponibilidad de 72 t ha⁻¹. Por lo tanto, los resultados de este estudio indican que la fertilización con cachaza puede ser una estrategia económica para aumentar la producción sostenible de arroz.

Palabras clave: Dosis, Fertilización orgánica, *Oryza sativa* L.; Producción sostenible, Productividad.

ABSTRACT

Fertilization with compost can be an economical alternative to promote the growth and yield of rice plants. The objective of the following study was to evaluate the effects of fertilization with sugarcane filter cake on the growth and yield of rice crops (INCALP-5 variety) in the dry sowing season. The research was carried out on the farm of the producer “Feliz Noelio Díaz González”, in Jatibonico, Sancti Spíritus, Cuba. The experiment was carried out from January to March 2021 on Vertisol soil and the transplant was carried out with 23-day-old seedlings at a planting distance of 0.20 x 0.20 m. The design was in randomized blocks with three treatments and three replicates and the following treatments were applied: control (without fertilization), 36 t ha⁻¹ and 72 t ha⁻¹ of filter cake to improve the growth and yield of the rice crop (INCALP variety -5). The results showed that fertilization with filter cake increases plant height, number of stems per plant, panicle length, number of grains per panicle and yield by 4.6 t ha⁻¹ and 35% compared to the control and the dose of 36 t ha⁻¹ of cachaça, respectively. Therefore, fertilization with 36 t ha⁻¹ of filter cake can be considered a viable alternative when 72 t ha⁻¹ of filter cake is not available. Furthermore, the results of this study indicate that filter cake fertilization can be an economical strategy to increase sustainable rice production.

Keywords: Doses, Organic fertilization, *Oryza sativa* L.; Sustainable production, Productivity.

ÍNDICE

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 3 |
| 1.1 Generalidades del cultivo del arroz..... | 3 |
| 1.1.1 Origen y diseminación..... | 3 |
| 1.1.2 Importancia económica y distribución geográfica..... | 3 |
| 1.1.3 Rendimiento agrícola de arroz en Cuba..... | 4 |
| 1.2 Morfología y taxonomía..... | 4 |
| 1.2.1 Cantidad de tallos por planta..... | 5 |
| 1.2.2 Adaptación del arroz a los suelos inundados..... | 5 |
| 1.3 Requerimientos edafoclimáticos..... | 5 |
| 1.3.1 Clima..... | 5 |
| 1.3.2 Temperatura..... | 6 |
| 1.3.3 Suelo..... | 6 |
| 1.3.4 pH..... | 6 |
| 1.4 Agrotecnia del cultivo del arroz..... | 6 |
| 1.4.1 Preparación del terreno..... | 6 |
| 1.4.2 Siembra..... | 7 |
| 1.4.3 Fertilización..... | 8 |
| 1.4.4 Riego..... | 10 |
| 1.4.5 Recolección..... | 11 |
| 1.5 Alternativa orgánica para la fertilización del arroz en Cuba..... | 11 |
| 1.6. Características de la variedad de arroz INCA-LP5..... | 12 |
| 1.6.1 Caracteres generales..... | 12 |
| 1.6.2 Número de granos por panícula..... | 12 |
| 1.6.3 Longitud de las panículas..... | 12 |
| 1.6.4 Rendimientos obtenidos en Cuba..... | 13 |
| 1.6.5 Características agronómicas y de resistencia (EcuRed)..... | 13 |
| 1.6.6 Características del grano y calidad molinera (EcuRed)..... | 13 |
| 1.6.7 Caracteres Descriptivos de la Variedad INCA-LP5 (EcuRed)..... | 13 |
| 1.6.8 Recomendaciones para su empleo (EcuRed)..... | 14 |

| | |
|--|-----------|
| 1.7 Características de la cachaza | 14 |
| 1.8 Características de los Vertisuelos..... | 15 |
| CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS | 16 |
| 2.1 Ubicación y límites geográficos | 16 |
| 2.2 Material vegetal..... | 16 |
| 2.3 Tipo de suelo predominante | 16 |
| 2.4 Diseño experimental..... | 16 |
| 2.7 Determinación de las variables..... | 17 |
| 2.8 Atenciones culturales | 17 |
| 2.9 Análisis estadísticos. | 18 |
| CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 19 |
| 3.1 Efecto de la cachaza en el número de tallos por planta..... | 19 |
| 3.2 Efecto de los tratamientos en la altura de las plantas..... | 19 |
| 3.3 Efectos de los tratamientos en el número de granos por panícula | 20 |
| 3.4 Efecto de los tratamientos en la longitud de las panículas | 21 |
| 3.5 Efecto de los tratamientos en el rendimiento del arroz, var. INCA LP-5 | 22 |
| CONCLUSIONES. | 24 |
| RECOMENDACIONES | 25 |

INTRODUCCIÓN

El arroz se ha vuelto un alimento indispensable de la dieta diaria de las personas, considerado que es el cereal más consumido en el mundo después del trigo, y que le otorga a la población más del 50% de las calorías presentes en su alimentación. La importancia de su cultivo para las se ve reflejada en Asia, donde es el alimento insignia de los países de ese continente; además su fácil preparación, delicioso sabor, aporte nutritivo y el inmenso universo de preparaciones que tiene disponible, hacen de este alimento tan envolvente y especial como lo es su propia historia (Meneses, 2011).

La gran diferencia existente entre el discreto aumento de la producción y el crecimiento rápido de la población humana en los países consumidores de arroz, constituye uno de los problemas alimenticios más urgentes a resolver y es una preocupación constante para los investigadores en interminable misión de obtener mejor producción. El aumento de la producción de arroz mediante una agricultura sostenible y que no perjudique el medio ambiente es un arma esencial para lograr que algunos países, especialmente en Asia y África puedan asegurar la alimentación de su población (Castaño, 2018).

En el programa del Partido Comunista de Cuba en 1988, se planteó que dada la incidencia en la alimentación de la población y la sustitución de importaciones se realizan tareas orientadas a elevar la producción de los cultivos agrícolas, entre ellos el arroz; en la actualidad estos planteamientos mantienen una vigencia extraordinaria influenciada por los recortes de importaciones, las sequías meteorológicas a nivel mundial y el aumento de los precios de este producto.

Actualmente el arroz se cultiva bajo dos sistemas de producción: el estatal e industrial y el no especializado denominado "Arroz Popular", con muy diversas tecnologías, ecosistemas y conceptos de explotación de la tierra (Meneses, 2011).

En 1996, la dirección del Ministerio de la Agricultura, orientó a la unión de complejos agroindustriales de arroz y al Instituto de Investigaciones del Arroz, brindarles el soporte técnico organizativo necesario al movimiento de siembra de arroz popular, el cual ha nacido espontáneamente como respuesta a las dificultades financieras por las que atravesaba el país, se ha convertido en una importante alternativa para la producción arrocera nacional (IIA, 2001).

De lo anteriormente plateado se deriva la importancia de elevar la producción arrocera con el empleo de recursos endógenos y elevar el protagonismo de los productores privados. En el municipio Jatibonico de la provincia Sancti Spíritus los campesinos que cosechan arroz no cuentan

con la atención y el asesoramiento técnico de alguna organización estatal, por lo cual, se sienten desorientados y con insuficientes conocimientos para buscar alternativas ante la falta de insumos productivos; lo que incide directamente en los rendimientos y la calidad de sus producciones. Siendo la razón de la presente investigación la búsqueda de soluciones ante la necesidad de fertilizantes para la producción arrocerá.

Problema científico:

¿Cuál será la influencia de la fertilización con cachaza de caña de azúcar en el crecimiento y el rendimiento del arroz en época de siembra poca lluviosa?

Hipótesis:

La fertilización con cachaza de caña de azúcar puede influenciar en el crecimiento y el rendimiento del cultivo del arroz en época de siembra poca lluviosa.

Para dar cumplimiento a la hipótesis se plantean el siguiente objetivo.

Objetivo general:

Evaluar los efectos de la fertilización con cachaza de caña de azúcar en el crecimiento y rendimiento del cultivo del arroz (variedad INCA LP-5) en época de siembra poca lluviosa.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Generalidades del cultivo del arroz.

1.1.1 Origen y diseminación.

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo (Infoagro, 2020).

La domesticación de *O. sativa* ocurrió alrededor de hace 10000 años en los valles ribereños del Sur y Sureste de Asia y China. Los especímenes de arroz encontrados en China datan de 3,000 años antes de Cristo (AC), los primeros escritos históricos chinos indican que, de las cinco principales plantas alimenticias en el país, el arroz fue la más importante. El arroz es el grano alimenticio más importante de la mayor parte de la zona tropical de América Latina y el Caribe, donde aporta más calorías a la dieta de la población que el trigo, el maíz, la yuca, o la papa. Un requisito previo esencial para mejorar el bienestar de la población de escasos recursos en áreas urbanas y rurales es lograr una producción de arroz más eficiente. La importancia económica del arroz, radica que en el mundo actual es la principal fuente de alimento ya que constituye el grano básico de los países más poblados del planeta. Solo en América Latina el área dedicada al cultivo alcanza 6.7 millones de hectáreas y a escala mundial las siembras ocupan unos 147 millones de hectáreas (Meneses, 2011).

La gran diferencia existente entre el aumento lento de la producción y el crecimiento rápido de la población humana en los países consumidores de arroz constituye uno de los problemas alimenticios más urgentes a resolver y es una preocupación constante para los investigadores en interminable misión de obtener mejor producción (Meneses, 2011).

1.1.2 Importancia económica y distribución geográfica.

La producción mundial de arroz en la década 1990 – 1999 ha superado los 500 millones de toneladas de arroz, siendo récord el año 1997 con 580.2 millones. El promedio anual de los últimos años (1996 – 2000) fue de 150.8 millones cosechadas, con 570.9 millones de toneladas de arroz Paddy y un rendimiento de 3,79 t ha⁻¹ (Meneses, 2011).

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad

de gente que depende de su cosecha. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se considera la superficie cosechada, pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. Además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo al mayor sector de la población rural de la mayor parte de Asia, pues es el cereal típico del Asia meridional y oriental, aunque también es ampliamente cultivado en África y en América, y no sólo ampliamente sino intensivamente en algunos puntos de Europa meridional, sobre todo en las regiones mediterráneas (Infoagro, 2020).

Según la propia fuente, entre los países que producen más de un millón de toneladas al año figuran Cambodia (3.5 millones), Irán (2,6), Corea del Norte (2,1), Laos (1,6), Madagascar (2,4), Nepal (3,6), Nigeria (3,2), Pakistán (6,5) y Sri Lanka (2,7). La producción y los rendimientos del arroz por países a nivel mundial (ver detalles en el anexo 1).

1.1.3 Rendimiento agrícola de arroz en Cuba

En la Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG): Sur del Jíbaro se destaca el temprano cumplimiento del plan técnico –económico en el año 2018, lo que obedece a que la entidad planificó obtener 4,5 t ha⁻¹ y logró 5,56 t ha⁻¹, el mayor rendimiento agrícola de la arrocería espiritana (Escambray, 2018).

En la provincia Sancti Spíritus se obtienen los mejores rendimientos agrícolas en la UBPC “Las Nuevas” de la EAIG “Sur del Jíbaro”, obteniendo 7,0 t ha⁻¹ en el año 2021, superando así lo planificado de 6,5 t ha⁻¹; lo que está dado principalmente por la estrategia varietal desarrollada por especialistas de la Estación experimental de granos del municipio, por la donación recibida de maquinaria desde Japón, por el trabajo de los obreros y por contar con los recursos en tiempo y forma por ser la unidad productora de semillas de la provincia (Escambray, 2021).

1.2 Morfología y taxonomía

El arroz es una monocotiledónea perteneciente a la familia *Poaceae* o *Gramíneas*. Sus raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas; se dividen en dos tipos: 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. El tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, nudoso, glabro y de 60-120 cm. de longitud. 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. Las flores son de color verde blanquecino dispuestas en espiguillas cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. La inflorescencia es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula. El grano es el ovario maduro. El grano descascarado de arroz (cariósido) con el pericarpio pardusco se conoce como arroz café; el grano de arroz sin cáscara con un pericarpio rojo, es el arroz rojo (Infoagro, 2020).

1.2.1 Cantidad de tallos por planta

A la madurez las plantas poseen un tallo principal y una cierta cantidad de macollos dependiendo de la densidad de siembra (3 en alta densidad hasta 15 macollos en bajas densidades). Los macollos reproductivos son aquellos que desarrollan una panoja fértil, los macollos infértiles son aquellos que por diversas causas no llegan a formar una panoja fértil o bien la forman, pero al momento de cosecha no llegan a madurar sus granos al mismo tiempo que el resto del cultivo (Olmos, 2007).

1.2.2 Adaptación del arroz a los suelos inundados

Los suelos inundados ofrecen un ambiente único para el crecimiento y nutrición del arroz, pues la zona que rodea al sistema radicular, se caracteriza por la falta de oxígeno. Por tanto, para evitar la asfixia radicular, la planta de arroz posee unos tejidos especiales, unos espacios de aire bien desarrollados en la lámina de la hoja, en la vaina, en el tallo y en las raíces, que forman un sistema muy eficiente para el paso de aire. El aire se introduce en la planta por los estomas y de las vainas de las hojas, desplazándose hacia la base de la planta. El oxígeno es suministrado a los tejidos junto con el paso del aire, moviéndose hacia el interior de las raíces, donde es utilizado en la respiración. Finalmente, el aire sale de las raíces y se difunde en el suelo que las rodea, creando una interface de oxidación-reducción (Infoagro, 2020).

1.3 Requerimientos edafoclimáticos.

1.3.1 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 subtrópicos y en climas templados. El cultivo se extiende desde 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 (Infoagro, 2020).

1.3.2 Temperatura.

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13°C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de 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. 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, 2020).

1.3.3 Suelo.

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propias del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos. Los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes (Infoagro, 2020).

1.3.4 pH.

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 suelos alcalinos ocurre 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 (Infoagro, 2020).

1.4 Agrotecnia del cultivo del arroz

1.4.1 Preparación del terreno.

El laboreo de los suelos arroceros de tierras húmedas o de tierras en seco depende de la técnica de establecimiento del cultivo, de la humedad y de los recursos mecanizados. En los países de Asia

tropical el laboreo de tierras húmedas es un procedimiento habitual. El método tradicional de labranza para el arroz de tierras bajas es el arado y la cementación, siendo este último muy importante, pues permite el fácil trasplante (Infoagro, 2020).

1.4.2 Siembra.

1.4.2.1 Siembra por trasplante:

Es un método de siembra indirecto, en el cual se trasplantan plántulas al campo definitivo que han crecido inicialmente en semilleros o almácigos. Se realiza cuando las plántulas tienen de 20 a 30 días de nacidas. Éstas se arrancan cuidadosamente del semillero, evitando dañar el follaje y las raíces. La ventaja de este método es que se usa poca semilla, entre 30 y 50 libras por manzana. Es recomendable para pequeñas plantaciones y/o cuando se quiere erradicar malezas nocivas, como el Arroz Rojo, producir semilla o tratar de reducir las mezclas de otras variedades (DICTA, 2016). Los semilleros o almácigos, pueden establecerse en arriates o en bandejas, donde la semilla se esparce ya sea en surquitos o al voleo, ya sea que use semilla seca o pre-germinada (DICTA, 2016).

1.4.2.2 Formas de realizar el trasplante:

1. Trasplante manual al azar: es la forma más utilizada en la producción de arroz, pues permite un mayor rendimiento utilizando mano de obra. Así las plantas se entierran en el lodo a 2 ó 3 cm. de profundidad a una distancia que varía entre 15 y 25 cm., sin seguir ningún patrón definitivo (DICTA, 2016).

2. Trasplante manual en surcos.

Para efectuar el trasplante en surcos, se utilizan cuerdas o cabuyas marcadas a distancias entre plantas que varían de 15 hasta 30 cm. y que sirven de guía a los trasplantadores. En este sistema se recomiendan distancias de 20 a 30 cm entre surcos (DICTA, 2016).

3. Trasplante mecánico.

Se hace con máquinas trasplantadoras que abarcan entre dos y 16 surcos, las más comunes son las de cuatro surcos. El trasplante mecánico debe realizarse en suelo húmedo con una ligera lámina de agua para que los patines de la trasplantadora se deslicen sin atascarse en el lodo y que a la vez las plantas puedan mantenerse en pie (es decir no se acamen), al ser colocadas por las trasplantadoras en el lodo. Este método de siembra, es costoso, por la inversión en las trasplantadoras y por la hechura de los semilleros que se hacen en bandejas de plástico (DICTA, 2016).

1.4.2.3 Métodos de siembra con semilla pre germinada.

1. Pre germinación de la semilla de arroz.

Para la Pre germinación de la semilla se utiliza el siguiente método: La semilla se coloca en bultos de 50 libras en sacos de polietileno o de yute, los cuales se amarran y sumergen en agua limpia en una pila o barril por un período de 24 horas. Después los bultos conteniendo la semilla húmeda se colocan en un piso de cemento y se arropan con una lona o manteado por otras 24-36 horas (dependiendo de la temperatura ambiente), al cabo de lo cual la semilla esta lista para sembrarla, ya sea al voleo o en surcos marcados con cabuya (DICTA, 2016).

2. Siembra al voleo con semilla pre germinada.

En este método la semilla pre germinado se riega al voleo dentro de la melga ya sea a mano o con avión. La distribución de la semilla debe de ser lo más uniforme posible. Para lograr una distribución uniforme, se recomienda que la persona que riega la semilla repase unas dos veces el lugar del tiraje de la semilla. Después de esparcir la semilla se saca el agua de la melga, supervisando que no queden charcos donde la semilla puede recalentarse y también debe de vigilarse el daño de aves acuáticas, principalmente “pichichis” que son aves nocturnas (DICTA, 2016).

3. Siembra al voleo con semilla seca.

Se puede hacer a mano o con máquinas boleadoras manuales, acopladas al tractor o con avión. Una vez distribuida la semilla en el suelo, se da un pase de rastra para tajarla y reducir el daño de aves y otros animales. La profundidad a la que se coloca la semilla dentro del suelo, no debe ser mayor de cinco centímetros. Con este método la siembra es más rápida, sin embargo, la germinación no es uniforme debido a que la semilla queda colocada a diferentes profundidades, además del daño por los pájaros al consumir la semilla que no se logró tapar adecuadamente. Con este método se recomienda utilizar entre 180-220 libras de semilla por manzana (DICTA, 2016).

1.4.3 Fertilización

Tradicionalmente el arroz se fertiliza con Nitrógeno, Fósforo y Potasio, aunque puede darse el caso de ser necesario aplicar Zinc (Zn), Azufre (S), Calcio (Ca), Hierro (Fe) u otro elemento muy específico (Jiménez, 2018).

A continuación, se muestra un análisis de los fertilizantes más importantes para el cultivo del arroz:

1.4.3.1 Nitrógeno

Gran parte del nitrógeno del suelo se encuentra 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. 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. El nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma más directa sobre la producción, pues aumenta el porcentaje de espiguillas rellenas, incrementa la superficie foliar y contribuye además al aumento de calidad del grano. El arroz necesita el nitrógeno en dos momentos críticos del cultivo: En la fase de ahijamiento medio (35-45 días después de la siembra), cuando las plantas están desarrollando la vegetación necesaria para producir arroz. Desde el comienzo del alargamiento del entrenudo superior hasta que este entrenudo alcanza 1,5-2cm (Infoagro, 2020).

El nitrógeno se debe aportar en dos fases: la primera como abonado de fondo, y, la segunda, al comienzo del ciclo reproductivo. La dosis de nitrógeno depende de la variedad, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, manejo de los fertilizantes, etc. En general la dosis de 150 kg/ha distribuida dos veces (75% como abonado de fondo, 25% a la iniciación de la panícula) (Infoagro, 2020).

En el abonado de fondo conviene utilizar fertilizantes amónicos y enterrarlos a unos 10 cm de profundidad, antes de la inundación, con una labor de grada. El abonado de cobertera se aplicará a la iniciación de la panícula, utilizando nitrato amónico. Los abonos nitrogenados utilizados, son generalmente, el sulfato amónico, la urea, o abonos complejos que contienen además del nitrógeno, otros elementos nutritivos (Infoagro, 2020).

1.4.3.2 Fósforo

También influye de manera positiva sobre la productividad del arroz, aunque sus efectos son menos espectaculares que los del nitrógeno. El fósforo estimula el desarrollo radicular, favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración y mejora la calidad del grano (Infoagro, 2020).

El arroz necesita encontrar fósforo disponible en las primeras fases de su desarrollo, por ello es conveniente aportar el abonado fosforado como abonado de fondo. Las cantidades de fósforo a aplicar van desde los 50-80 kg ha⁻¹. Las primeras cifras se recomiendan para terrenos arcillo limosos, mientras que la última cifra se aplica a terrenos sueltos y ligeros (Infoagro, 2020).

1.4.3.3 Potasio

El potasio aumenta la resistencia al encamado, a las enfermedades y a las condiciones climáticas desfavorables. La absorción del potasio durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno. La dosis de potasio varía entre los 80-150 kg/ha. Las cifras altas se utilizan en suelos sueltos y cuando se utilicen dosis altas de nitrógeno (Infoagro, 2020).

1.4.4 Riego

1.4.4.1 Sistema de riego por flujo continuo:

Es el convencional, siendo diseñado para autorregularse: el agua fluye de la parte alta del arrozal a la parte baja, regulándose mediante una caja de madera. El vertido se produce desde la última "caja de desagüe", que se usa para mantener el nivel del agua de la tabla. Entre los inconvenientes de este sistema destacan los vertidos de pesticidas a las aguas públicas, el aporte constante de agua fría por la parte alta de la tabla produce el retraso en la fecha de maduración y perjudica los rendimientos en las zonas cercanas a la entrada de agua y la introducción de agua en la fecha de aplicación de herbicidas, da lugar a un menor control de las malas hierbas (Infoagro, 2020).

1.4.4.2 Sistema de recuperación del agua de desagüe por recirculación:

Este sistema facilita la reutilización del agua de salida y permite que no se viertan residuos de pesticidas a los canales públicos. Tiene la ventaja de proporcionar una flexibilidad máxima requiriendo un periodo más corto de retención de agua después de la aplicación de los productos fitosanitarios que los sistemas convencionales. Consiste en elevar el agua de desagüe de la última tabla hasta la tabla de cota más alta mediante una bomba de poca potencia a través de una tubería o de un canal. Los costos derivados de la construcción y uso de un sistema recirculante dependen de la superficie cubierta por dicho sistema, el desnivel y la irregularidad del terreno (Infoagro, 2020).

1.4.4.3 Sistema de riego estático

Mantiene las aguas con residuos de pesticidas fuera de los canales públicos y elimina la necesidad de un sistema de bombeo como el empleado en el recirculante, además se controla de forma independiente la entrada de agua a cada tabla, limitándose la pérdida de agua por evapotranspiración y percolación. Este sistema consiste en un canal de drenaje que corre perpendicularmente a los desagües de las tablas. El canal está separado de cada parcela por una serie de válvulas que controlan la profundidad dentro de cada tabla. No es adecuado para suelos

salinos y además se reduce el terreno cultivable debido a la construcción del canal de drenaje (Infoagro, 2020)

1.4.4 Sistema de riego mediante recuperación del agua

La recuperación del agua se realiza mediante tuberías, utilizando el flujo debido a la gravedad para llevar el agua de una tabla a otra, evitando el vertido a los canales públicos de aguas con residuos de pesticidas. Este sistema es muy efectivo y presenta costos reducidos, además durante los periodos de retención del agua, permite una gran flexibilidad en el manejo. Aunque cuando están conectadas varias tablas, debido a la gran superficie, se hace difícil en manejo preciso y eficaz; teniendo en cuenta también que los suelos salino-sódicos, la acumulación de sales puede resultar un problema (Infoagro, 2020).

1.4.5 Recolección

El momento óptimo de recolección es cuando la panícula alcanza su madurez fisiológica (cuando el 95% de los granos tengan el color paja y el resto estén amarillentos) y la humedad del grano sea del 20 al 27%. Se recomienda la recolección mecanizada empleando una cosechadora provista de orugas. En el precio del arroz tiene especial interés el porcentaje de granos enteros sobre el total de los cosechados, pues este valor depende sobre todo de la variedad, pero también varía en función del momento de la recolección, ya que, si el arroz se siega muy verde, el periodo de manipulación se incrementa en el secadero, con el resultado de una disminución de dicho porcentaje. Después del trillado el arroz puede presentar una humedad del 25 al 30%, por lo que debe secarse hasta alcanzar un grado de humedad inferior al 14% (Infoagro, 2020).

1.5 Alternativa orgánica para la fertilización del arroz en Cuba

La producción de arroz no especializada se basa en el empleo de bajos niveles de insumo, en particular de los fertilizantes inorgánicos; por lo cual se requiere de fuentes alternativas de nutrientes, en un cultivo que favorece la degradación del suelo. La fuente muestra el estudio de la aplicación de diferentes fuentes orgánicas: estiércol vacuno, humus de lombriz y Zeofert III, como sustituto total o parcial de las dosis óptimas de fertilizantes químicos aplicados al arroz cultivado sobre un suelo Alítico de baja actividad arcillosa de Los Palacios, provincia Pinar del Río. Los resultados obtenidos indican que el uso de los abonos orgánicos resulta una alternativa factible para la nutrición del cultivo en Cuba, aunque requiere de un uso efectivo, así como la combinación con nitrógeno inorgánico con el fin de evitar el empobrecimiento del suelo (Muñiz y Beltrán, 2021).

1.6. Características de la variedad de arroz INCA-LP5

INCA-LP5 es una variedad de arroz cubana con alto potencial de rendimiento. Fue obtenida en la Estación Experimental del Arroz ubicada en Los Palacios, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (EcuRed).

1.6.1 Caracteres generales.

Este cultivar del tipo índica semienana es clasificado como muy vigoroso en sus etapas iniciales de crecimiento, lo que le permite competir favorablemente con las malezas. El porte de la planta es erecto y con una altura promedio de 90,3 cm. Sus hojas y vainas son de color verde oscuro manteniendo una senescencia lenta. El periodo de latencia de las semillas de esta variedad es de 24 días (EcuRed).

1.6.2 Número de granos por panícula

El número de granos por panícula constituye uno de los factores fundamentales en el rendimiento del arroz. Pero, un número elevado de granos por panículas cuando la planta no posee tallos fuertes puede provocar acercamiento de la panícula al suelo y aumentar la humedad del grano. Se observó que existe alta variabilidad en el número de granos por panícula. Se detectaron plantas con panículas desde menos de 60 hasta 260 granos. En las dos poblaciones del total de muestra colectada, las plantas que produjeron entre 101 y 140 granos por panícula se presentaron en mayor frecuencia. Tanto para las plantas de PIACuba-4 como PIACuba-5, el número de granos por panícula en los rangos de 60–100 y 141–181 presentaron frecuencias entre 17 y 22%. En la población PIACuba-4 la frecuencia de plantas con 181–220 granos por panícula fue superior que en PIACuba-5. Sin embargo, el porcentaje de plantas con 221–250 granos por panícula fue similar en las dos poblaciones (Flores y Álvarez, 2017).

1.6.3 Longitud de las panículas

En la variedad INICA LP-5 la longitud de la panícula (LP) presenta una media de 22,19 cm, los mínimos y máximos pueden estar entre 18,57 cm y 32,35 cm, en algunos trabajos los mayores valores han estado en 17 cm, estas variaciones pudieran estar asociadas a las características de los progenitores que dan origen a los cultivares y además está comprobado que puede ser altamente influenciado por el ambiente. En dos estudios del mismo tipo se informan rangos amplios de variación con medias de 22,56 cm y 27,13 cm (Díaz y col, 2015).

1.6.4 Rendimientos obtenidos en Cuba.

En Cuba se han obtenido plantas con buen desarrollo vegetativo, lográndose rendimientos de hasta 13 y 14 t ha⁻¹, empleando variedades de alto potencial de rendimiento entre las que se destaca la variedad INCA LP-5, obtenida en la Estación Experimental del Arroz “Los Palacios”, Pinar del Río, la cual es una de las que ha tenido mayor aceptación entre los productores de arroz. Dado su buen comportamiento y elevado rendimiento, se han logrado obtener hasta 7 t ha⁻¹, en condiciones de producción, en la Empresa Mixta Cuba-Taichí de esta provincia (Maqueira et al., 2006).

1.6.5 Características agronómicas y de resistencia (EcuRed).

- Ciclo (días): en época seca: 128 y en la húmeda: 110.
- Resistencia al acame: Resistente.
- Resistencia a *Tagosodes orizicolus* Muir: Moderadamente resistente
- Resistencia a *Pyricularia grisea* Sacc.: Moderadamente resistente
- Resistencia a *Stenotarsonemus spinki* Smiley: Moderadamente resistente
- Ahijamiento: Fuerte.

1.6.6 Características del grano y calidad molinera (EcuRed).

- Cristalinidad (%): 90,0
- Peso de 1000 granos (g) 29,5.
- Granos Enteros (%): 57,0-6,0.
- Proteína Bruta (% B.S.) 8,5.
- Amilosa (% B.S.): 16,77.
- Adhesividad (g x cm*): 5,17.
- Consistencia (kgf – cm^{2**}): 0,77.
- Digestibilidad en KOH (1,7 %): 5,8.

1.6.7 Caracteres Descriptivos de la Variedad INCA-LP5 (EcuRed).

- Hábito de crecimiento: Erecto.
- Capacidad de macollamiento: fuerte.
- Número de hojas muertas: 0.
- Color predominante de la espiga: Pajizo.
- Pubescencia predominante de las glumas: Velloso.
- Color predominante de las glumas: Pajizo.
- Longitud de la lámina foliar: 41,2.

- Anchura de la lámina foliar: 1,1.
- Color de la lígula: Amarilla blancuzca.
- Forma predominante de la lígula: Hendida.
- Longitud de la lígula (mm): 22,0.
- Tamaño predominante de las aurículas: Ausente.
- Longitud de la semilla (mm): 9,4.
- Anchura de la semilla (mm): 2,7.
- Relación largo ancho de la semilla: 3,6.
- Número de semillas no aristadas en 1000 semillas: 1000.
- Densidad predominante de la panícula: Compacta.
- Ejerción de la panícula: Emergida.

1.6.8 Recomendaciones para su empleo (EcuRed).

Época de siembra: En la época seca se su mayor potencial de rendimiento lo alcanza en siembras desde enero hasta febrero 10. En la época lluviosa se puede utilizar en los meses de junio y julio.

Ecosistema de cultivo: Aniego

Densidad de siembra: En trasplante: 25 kg. de semilla por hectárea; en siembra directa; 101 kg. de semilla por hectárea.

Fertilización nitrogenada: Época seca: 175 kg. de nitrógeno por hectárea. Época lluviosa: 147 kg. de nitrógeno por hectárea.

Momento óptimo de cosecha: La humedad óptima de cosecha se obtiene entre 20 y 24%, lo cual se presenta alrededor de 35 días posteriores al 50% de floración.

1.7 Características de la cachaza

La cachaza se posesiona al igual que la vinaza como los principales subproductos de la industria azucarera con mayor valor fertilizante. Estudios realizados en CATSA han encontrado incrementos de hasta 24 % en el rendimiento toneladas caña ha⁻¹, con la aplicación de 75 toneladas de cachaza fresca por hectárea en un suelo del Orden Vertisol conocidos como sonsocuitles. También con la cachaza se ha determinado una respuesta a corto plazo en la composición química del suelo, generalmente cuando se aplican dosis de hasta 100 toneladas de cachaza/ha. Lo que da un incremento significativo en elementos importantes como: fósforo, zinc y materia orgánica. Por lo que el uso con criterio técnico de esta fuente de fertilización orgánica, se ha constituido para CATSA en una opción económica importante, principalmente por los altos costos que presentan

en la actualidad los fertilizantes químicos y por su contenido en los siguientes elementos: nitrógeno 0,88 %, fósforo 0,85 %, potasio 0,61 %, azufre 0,22 %, zinc 113 mg/kg, Boro 24 mg/kg, relación C/N 32,6 %, C 28,73 %, humedad 70% (CATSA, 2022).

Su contenido de nitrógeno oscila en un amplio margen, en función de las características de la plantación cosechada, con una media para cuba de 1,6 % sobre base seca. La cachaza contiene además calcio (1,5 a 4 %), magnesio (0,8 a 1,24 %), hierro (0,4 a 2%) y micro elementos como manganeso (0,08 a 0,16 %), cobre (0,06 a 0,04 %) y otros (Salazar et al., 2009).

1.8 Características de los Vertisuelos

Los Vertisuelos están asociados a topografías llanas, son suelos de perfil AC o A(B)C, muy arcillosos (60- 70%), de arcillas montmorilloníticas que les confieren características físicas desfavorables como son: mal drenaje, alta plasticidad, dilatabilidad y contracción de la arcilla, además presentan estructuras en bloques grandes e infiltración casi nula (Olivera, 2012).

Sin embargo, los Vertisoles son fértiles, con contenido de materia orgánica de 2-6%, alta capacidad de cambio 40-50 cmol.kg⁻¹, donde predomina el calcio y el magnesio. El pH puede variar de ligeramente ácido a neutro, dependiendo del material de origen. En general, por sus malas propiedades físicas son suelos muy difíciles de manejar por lo cual su uso agrícola está limitado a pocos cultivos, siendo los más importantes pastos, caña de azúcar (*S. officinarum* L), arroz (*Oryza sativa* L), plátano (*Mussa spp*), etc. Son suelos en los cuales es necesario implantar sistemas de drenaje, tanto para evacuar el exceso de agua, y como medida para evitar la salinización (Olivera, 2012).

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación y límites geográficos

La investigación se realizó en el área del productor usufructuario “Feliz Noelio Díaz González” (ver Anexo 2), perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios “Amado Sánchez Utrera”, ubicada en el Consejo Popular Sur del municipio Jatibonico, provincia Sancti Spíritus.

Por el norte: UBPC: La Yaya.

Por el sur: Línea central del ferrocarril.

Por el este: Potreros de la papelera Panchito Gómez Toro.

Por el oeste: Finca del campesino Noelvis Díaz González.

2.2 Material vegetal

Las plántulas de la variedad INCA LP-5 se obtuvieron de un semillero tradicional de un productor Noelvis Díaz González con una edad de 23 días. La plantación se realizó a la distancia de 0,20 m entre hileras por 0,20 m entre plantas, para obtener alrededor de 250000 plantas ha⁻¹.

La variedad INCA LP-5 fue obtenida en la Estación Experimental del Arroz Los Palacio, Pinar del Río, Cuba. Es una variedad de ciclo corto, clasificada como tipo índica semienana y muy vigorosa en sus etapas iniciales de crecimiento. El porte es erecto, con una altura promedio de 90,3 cm, rendimiento agrícola de 8,20 t ha⁻¹ en época menos lluviosa y en la lluviosa de 5,70 t ha⁻¹. Resistente al acame, moderadamente resistente a Tagosodes, Piricularia y Stenotarsonemus, con fuerte ahijamiento y una masa promedio de 1000 granos de 29,3 g.

2.3 Tipo de suelo predominante

El suelo predominante de la finca es el Vertisuelo, Oscuro Plástico no Gleyzado (ver anexo 2), de acuerdo con la clasificación de los suelos de Cuba (Hernández et al., 2015).

2.4 Diseño experimental

Los tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques al azar, con tres tratamientos y tres réplicas (ver esquema en Anexo 3). Los tratamientos consistieron en un tratamiento testigo (sin fertilización) y dos dosis de cachaza 36 y 72 t ha⁻¹. El tamaño de las parcelas fue de 4 m² y una separación entre ellas de 4 m², para un total de nueve unidades experimentales (parcelas) (Fernández et al., 2010).

2.5 Obtención y aplicación de la cachaza

La cachaza se obtiene a la salida de la producción en el central Uruguay en etapa de zafra; se traslada al campo y se deja reposar durante 120 días para que los microorganismos conviertan los

compuestos orgánicos en sus formas asimilables por las plantas (Velarde, 2004). La cachaza se aplicó en las dosis de 36 y 72 t ha⁻¹ en el momento del fangueo para mezclar con el suelo lo más homogéneo posible.

2.6 Labores de preparación del suelo y plantación

La labor de rotura del suelo se realizó 40 días antes de la plantación, a los 15 días posteriores se realizó una labor de mullido del suelo con picadora mediana, a los 15 días posteriores se realiza el anegamiento y la labor de fangueo y construcción de las parcelas y el trasplante se realizó a los 10 días posteriores del fangueo y después de finalizado el trasplante se realizó la señalización de las unidades experimentales.

2.7 Determinación de las variables

Número de tallos por planta (NTP): a los 45 días después del trasplante (DDT) se marcaron 10 plantas de modo se contaron los hijos por planta.

Altura de las plantas (AP, cm): se mide cada planta con una cinta métrica al momento de la cosecha (Moreno, 2011).

Número de granos por panícula: se cuenta las panículas de las 10 plantas seleccionadas (Moreno, 2011).

Longitud de las panículas (LP, cm): se mide el largo de cada panícula de las 10 plantas seleccionadas con cinta métrica y se pesan (Moreno, 2011).

Rendimiento (t ha⁻¹): se pesa el total de producción obtenida en cada tratamiento y se divide entre el área (Moreno, 2011).

2.8 Atenciones culturales

Las labores agrotécnicas aplicadas al cultivo se realizaron de acuerdo a las indicaciones de (Rivero & Suárez, 2015), estableciéndose el siguiente orden:

1. Selección de las plántulas en el semillero para el trasplante, desechando las que no reúnen los parámetros de calidad.
2. Plantación con posturas de 23 días edad.
3. Se establece una lámina de agua de aproximadamente 10 cm y a los cinco DDT se elimina el agua para aumentar la masa radical por un periodo de 5 días aproximadamente.
4. Posteriormente se establece una lámina de agua a la altura de 5 cm, manejando los pases de agua según sea el comportamiento del cultivo.

5. A los siete días se suspende el riego para evitar afectaciones por pudrición en las posturas que no están bien adaptadas al nuevo terreno.
6. A los cuatro días se establece el riego por aniego manteniendo lámina de agua para lograr el ahijamiento óptimo.
7. Se mantienen limpios los muros de contención con el objetivo de eliminar la competencia por los nutrientes y la luz solar con las plantas arvenses, hospederos de plagas y enfermedades, que generalmente comienzan desde afuera hacia adentro.
8. Se mantienen limpia el área `perimetral a una distancia de dos metros desde los límites del área experimental.

2.9 Análisis estadísticos.

Para determinar si los datos tenían normalidad se realizó la prueba de Kolmogorov–Smirnov y la dócima de Levene para la homogeneidad de la varianza. Cuando existió normalidad y homogeneidad se realizó un análisis de varianza (ANOVA de clasificación simple) y la prueba de rangos múltiples Tukey ($P < 0,05$) para la comparación de las medias. Todas las pruebas mencionadas anteriormente se realizaron en el Software SPSS versión 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Efecto de la cachaza en el número de tallos por planta

El ANOVA mostró diferencias significativas entre los tratamientos en el número de tallos por planta (NTP) (Tabla 3.1). El NTP fue mayor en el tratamiento con 72 t ha⁻¹ de cachaza y significativamente superior en 101 % y 23% en comparación con los tratamientos testigo y 36 t ha⁻¹ de cachaza, respectivamente. Adicionalmente, la adición de 36 t ha⁻¹ de cachaza incrementó el NTP en 63% comparado con el tratamiento testigo (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Efecto de los tratamientos en el número de tallos por planta en el arroz, var. INCA LP-5.

| Tratamientos (t ha ⁻¹) | Número de tallos por planta | N | CV (%) | Exs |
|------------------------------------|-----------------------------|----|--------|------|
| 1. 72 | 11,06 a | 30 | | |
| 2. 36 | 8,96 b | 30 | 18 | 0,73 |
| 3. Testigo | 5,50 c | 30 | | |

**Leyenda.* Letras diferentes difieren para un nivel de significación de (p<0,05). Los valores corresponden a la media. N: tamaño de la muestra; CV: coeficiente de variación; Exs: error estándar de la media; t ha⁻¹: toneladas de cachaza por hectárea.

Fuente: Elaboración propia, mediante Software SPSS Base 15.0.

El promedio de tallos por plantón tiene una marcada influencia en el rendimiento del cultivo del arroz, aunque no es directamente proporcional con este, el mayor promedio de tallos por plantón se alcanzó con la adición de 72 t ha⁻¹ de cachaza. Estos efectos positivos de la cachaza en el NTP del arroz corroboran lo planteado por Calero et al. (2020) que dependen de la densidad y la fertilización. Similarmente, la cachaza es considerada una fuente de nutrientes esenciales como nitrógeno y calcio, los que favorecen la división celular (Montenegro Gómez et al., 2020). También, las plantas de arroz cuando tienen una cantidad de hijos adecuados, el sistema radicular es más desarrollado y las panículas son más grandes con más granos, incidiendo en el rendimiento (Calero Hurtado et al., 2021).

3.2 Efecto de los tratamientos en la altura de las plantas.

La comparación de las medias mostró diferencias significativas entre los tratamientos en la altura de la planta (AP) de arroz, var. INCA LP-5 (Tabla 3.2). La AP reveló los mayores promedios en el tratamiento con 72 t ha⁻¹ de cachaza e incrementó la AP en 37% y 15% comparado con los tratamientos testigo y 36 t ha⁻¹ de cachaza, respectivamente, pero este último tratamiento al mismo tiempo mostro incrementos en la AP de 19% en relación al tratamiento testigo.

Tabla 3.2. Efecto de los tratamientos en la altura de la planta de arroz, var. INCA LP-5.

| Tratamiento (t ha ⁻¹) | Altura de la planta (cm) | N | C.V (%) | Exs |
|-----------------------------------|--------------------------|----|---------|------|
| 1. 72 | 102,60 a | 30 | | |
| 2. 36 | 89,14 b | 30 | 15,0 | 0,43 |
| 3. Testigo | 75,06 c | 30 | | |

**Leyenda.* Letras diferentes difieren para un nivel de significación de ($p < 0,05$). Los valores corresponden a la media. N: tamaño de la muestra; CV: coeficiente de variación; Exs: error estándar de la media; t ha⁻¹: toneladas de cachaza por hectárea.

Fuente: Elaboración propia, mediante Software SPSS Base 15.0.

Las respuestas del crecimiento de las plantas de arroz por la adición de cachaza fueron positivas y las mayores medias de la altura de la planta de arroz var. INCA LP-5 fueron alcanzadas en la adición de 72 t ha⁻¹ de cachaza. Este mayor crecimiento de las plantas pudo estar influenciado por un mayor NTP (Tabla 3.1), que influye directamente en la competencia por la luz y mejora la simetría y estructura de las plantas (Calero Hurtado et al., 2021). Estos efectos beneficiosos de la cachaza en el crecimiento de las plantas de arroz fueron reportados anteriormente por Montenegro Gómez et al. (2020), quienes plantearon que con la aplicación de cachaza se incorporan nutrientes como N; P, K y Ca que favorecen y estimulan el crecimiento de las plantas. Los efectos benéficos de la fertilización orgánica con cachaza en el crecimiento de las plantas de arroz fueron reportados previamente (Takehisa et al., 2013). Estos resultados indican que la cachaza es una alternativa eficiente, económica y amigable con el medio ambiente para aumentar el crecimiento de las plantas de arroz.

3.3 Efectos de los tratamientos en el número de granos por panícula

El número de granos por panícula (NGP) mostró efectos significativos entre los tratamientos evaluados (Tabla 3.3). El tratamiento con 72 t ha⁻¹ de cachaza mostró un incremento en el NGP de 40% respecto a la dosis 36 t ha⁻¹ de cachaza y de 177 granos por panícula comparado con el tratamiento testigo; sin embargo, la dosis de 36 t ha⁻¹ de cachaza exhibió una media superior en el NGP de 96% en relación al tratamiento testigo.

Tabla 3.3. Efecto de los tratamientos en el número de granos por panícula del arroz, var. INCA LP-5.

| Tratamientos (t ha ⁻¹) | Número de granos por panícula | N | C.V (%) | Exs |
|------------------------------------|-------------------------------|----|---------|------|
| 1. 72 | 274,46 a | 30 | | |
| 2. 36 | 195,46 b | 30 | 19 | 0,83 |
| 3. Testigo | 99,50 c | 30 | | |

**Leyenda.* Letras diferentes difieren para un nivel de significación de ($p < 0,05$). Los valores corresponden a la media. N: tamaño de la muestra; CV: coeficiente de variación; Exs: error estándar de la media; t ha⁻¹: toneladas de cachaza por hectárea.

Fuente: Elaboración propia, mediante Software SPSS Base 15.0.

Los resultados de este estudio indican que la adición de cachaza constituye una fertilizante orgánico adecuado para aumentar la producción de granos por panículas, debido a un mayor promedio de NTP y AP (Tablas 3.1 y 3.2). Es bien conocido que la producción de arroz es más eficiente cuando los fotoasimilatos son transportados en forma de carbohidratos al grano, dándole una mayor cantidad de granos y masas a estos, con el consecuente incremento del rendimiento agrícolas (Calero Hurtado et al., 2015, 2021). Los resultados obtenidos en esta investigación son consistentes con estudios anteriores, que demostraron que la fertilización orgánica con cachaza aumenta el NGP y el peso de las panículas (Flores y Álvarez, 2017). Por tanto, los hallazgos de este estudio sugieren que la cachaza es una alternativa eficiente y amigable para mejorar los componentes productivos del arroz.

3.4 Efecto de los tratamientos en la longitud de las panículas

La comparación de las medias reveló diferencias significativas en la longitud de las panículas (LP) (Tabla 3.4). La mayor LP fue alcanzada con la adición de 72 t ha⁻¹ de cachaza y fue significativamente superior en 18% comparado con la dosis de 36 t ha⁻¹ de cachaza y 71% en relación a las plantas testigos, pero la dosis de 36 t ha⁻¹ de cachaza logró incrementar la LP en 45% en comparación al tratamiento Testigo (Tabla 3.4). los resultados de este estudio son similares a los reportados por Díaz et al., (2015), quienes alcanzaron valores promedios de la LP entre 17 y 27,13 cm. Es bien conocido que la LP influye en la cantidad de granos por panículas en el arroz, estos resultados fueron demostrados en este estudio con la dosis de 72 t ha⁻¹ de cachaza al producir mayores crecimientos como NTP y AP (Tablas 3.1 y 3.2) y el componente productivo NGP (Tabla 3.3).

Tabla 3.4. Efecto de los tratamientos en la longitud de las panículas del arroz, var. INCA LP-5.

| Tratamientos (t ha ⁻¹) | Longitud de las panículas (cm) | N | C.V (%) | Exs |
|------------------------------------|--------------------------------|----|---------|------|
| 1. 72 | 25,50 a | 30 | 17,50 | 0,63 |
| 2. 36 | 21,63 b | 30 | | |
| 3. Testigo | 14,93 c | 30 | | |

**Leyenda.* Letras diferentes difieren para un nivel de significación de ($p < 0,05$). Los valores corresponden a la media. N: tamaño de la muestra; CV: coeficiente de variación; Exs: error estándar de la media; t ha⁻¹: toneladas de cachaza por hectárea.

Fuente: Elaboración propia, mediante Software SPSS Base 15.0.

En este sentido, la alternativa de fertilización más eficiente en la translocación de los fotoasimilatos como carbohidratos al grano, originan mayor masa de los granos y LP (Calero Hurtado et al., 2015, 2021). Otros estudios realizados en el cultivo del arroz destacan que la disminución en algunos de los componentes productivos compensa, en parte, con pequeños incrementos los valores de otros componen (Calero Hurtado et al., 2020), pero en este estudio los hubo mayores LP probablemente debido a mayores NGP, Similares resultados a los alcanzados en este estudio fueron reportados anteriormente en el arroz (Montenegro Gómez et al., 2020). Por tanto, la fertilización del arroz con cachaza puede ser una alternativa beneficiosa para disminuir la fertilización química y aumentar la producción sostenible de este importante grano.

3.5 Efecto de los tratamientos en el rendimiento del arroz, var. INCA LP-5

El ANOVA mostró efectos significativos entre los tratamientos en el rendimiento del arroz (Tabla 3.5). El mayor rendimiento de la var. INCA LP-5 fue obtenido con la aplicación de 72 t ha⁻¹ de cachaza y mostró incrementos significativos de 4,6 t ha⁻¹ y 35% en comparación a los tratamientos testigo y 36 t ha⁻¹ de cachaza, respectivamente. Además, la fertilización con 36 t ha⁻¹ de cachaza reveló efectos significativos superiores en el rendimiento de 84% comparado con el tratamiento testigo (Tabla 3.5). Estos rendimientos alcanzados por la adición de cachaza en este estudio son superiores a los reportados por Maqueira et al., (2006), quienes expusieron que la media en Cuba de la variedad (7,0 t ha⁻¹), en la época de siembra estudiada.

Tabla 3.5. Efecto de los tratamientos en el rendimiento del arroz, var. INCA LP-5.

| Tratamientos (t ha⁻¹) | Rendimiento (t ha⁻¹) | N | C.V (%) | Exs |
|---|--|----------|----------------|------------|
| 1. 72 | 7,70 a | 30 | 11,12 | 0,09 |
| 2. 36 | 5,70 b | 30 | | |
| 3. Testigo | 3,10 c | 30 | | |

**Leyenda.* Letras diferentes difieren para un nivel de significación de ($p < 0,05$). Los valores corresponden a la media. N: tamaño de la muestra; CV: coeficiente de variación; Exs: error estándar de la media; t ha⁻¹: toneladas de cachaza por hectárea.

Fuente: Elaboración propia, mediante Software SPSS Base 15.0.

Los resultados de esta investigación evidencian que la aplicación de cachaza muestra incrementos directamente proporcionales a las respuestas del crecimiento y rendimiento, debido al incremento del NTP y la AP (Tablas 3.1 y 3.2), los componentes productivos NGP, LP y RD (Tablas 3.3, 3.4 y 3.5). Efectos similares con la adición de la cachaza en el crecimiento y productividad de las plantas fueron reportados anteriormente en arroz (Piya et al., 2018). Estos beneficios de la cachaza en el crecimiento y rendimiento de las plantas probablemente son por la introducción de nutrientes y sustancias que promueven el crecimiento, aumentan la división celular y, por tanto, mayores productividades (Montenegro Gómez et al., 2020).

Los resultados alcanzados en este estudio indican que la cachaza es una estrategia de fertilización orgánica efectiva y económica para aumentar los rendimientos del arroz, porque duplicó la media nacional (3,5 t ha⁻¹) de Cuba y también superó la media mundial (4,0 t ha⁻¹). Los resultados del estudio actual estuvieron de acuerdo con los hallazgos observados anteriormente en plantas de arroz (Calero Hurtado et al., 2015, 2021) y también se evidenció que aún es posible maximizar el rendimiento con la aplicación de la cachaza. Adicionalmente, la aplicación de cachaza como único fertilizante en Vertisuelos hasta dosis de 75 t ha⁻¹, mejora los rendimientos de los cultivos (CATSA, 2022). Por lo tanto, es evidente que la fertilización orgánica con cachaza es una estrategia importante para incrementar la producción sostenible del arroz, disminución de la utilización de los fertilizantes químicos y amigable con el medio ambiente.

CONCLUSIONES

La aplicación de la cachaza a 72 t ha^{-1} influye directamente en los parámetros del crecimiento (número de tallos por planta y altura de las plantas) y el rendimiento y sus componentes (número de granos por panícula y longitud de las panículas) comparado con la dosis de 36 t ha^{-1} y testigo. Sin embargo, la dosis de 36 t ha^{-1} constituye una alternativa eficiente para cuando exista la disponibilidad de 72 t ha^{-1} de cachaza. Finalmente, los resultados de este estudio indican que la fertilización con cachaza es una alternativa de fertilización orgánica eficiente, viable, económica y amigable con el medio ambiente para aumentar el crecimiento y rendimiento del arroz en suelo Vertisol.

RECOMENDACIONES

- ✓ Ampliar la investigación con nuevas dosis de cachaza de caña de azúcar como fertilizante orgánico en otras variedades de arroz y diferentes tipos de suelos.
- ✓ Estudiar la aplicación de cachaza como fertilizante orgánico en la producción de otros cultivos, épocas de siembras, dosis y suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calero Hurtado, A., Olivera Viciado, D., & García, V. (2015). Influencia de cuatro distancias de trasplante sobre el rendimiento agrícola del cultivar de arroz Amistad-82. *Infociencia*, 19(2), 13–23.
- Calero Hurtado, A., Olivera Viciado, D., Pérez Díaz, Y., Hurtado, Y. G.-P., Yáñez Simón, L. A., & Peña Calzada, K. (2020). Management of different planting densities and application of efficient microorganisms increase rice productivity. *Idesia*, 38(2), 109–117. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000200109>
- Calero Hurtado, A., Pérez Díaz, Y., Quintero Rodríguez, E., & Hurtado, Y. G.-P. (2021). Densidades de plantas adecuadas para incrementar el rendimiento agrícola del arroz. *Centro Agrícola*, 41(1), 28–36.
- Castaño, J. (2018). Etiología del Manchado de Grano en Arroz de Secano en Colombia e Indonesia. *Arroz*, 52(347).
- CATSA, (2022). *La cachaza y su empleo como abono orgánico en plantaciones de caña de azúcar*. Disponible en: <https://www.catsa.netuploads>. Accedido el 28 de junio del 2023.
- Conferencia uno, (2023): “*Generalidades de cultivo del arroz*”. Asignatura: Sistema de producción de arroz. Ingeniería Agrónoma. Cuarto año. Plan de estudios D, curso 2023.
- Díaz, S. S. H. (2015). Evaluación morfoagronómica de cultivares tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.) Colectados en fincas de productores de la provincia Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 1-10. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo>. Accedido el 22 de junio del 2023.
- DICTA, 2016: “*Métodos de siembra en el cultivo del arroz*”. Revista Serie Arroz No. 10. Edición digital. Estación Experimental de Comayagua. [Internet]. Disponible en: <https://www.dicta.gob.hn>. Accedido el 16 de abril del 2023.
- EcuRed: “*INICA LP-5*”. [Internet]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/INCA-LP5>. Accedido el 22 de junio del 2023.
- Escambray, 2018: “*Sobresale el rendimiento agrícola en cosecha arroceras de Sancti Spiritus*”. Periódico Escambray. Edición digital. [Internet]. Disponible en: <https://www.escambray.cu>. Accedido el 16 de marzo del 2023.

- Escambray, 2021: “*Sur del Jibaro logra altos rendimientos en la producción de semillas de arroz*”. Periódico Escambray. Edición digital. [Internet]. Disponible en: <https://www.escambray.cu>. Accedido el 16 de marzo del 2023.
- Fernández, E. R y colaboradores (2010): Experimentación en la Agricultura. Libro en PDF. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España.
- Flores, C. E y Álvarez, P. G (2017): “*Variabilidad genética de dos poblaciones de arroz permite la selección de plantas promisorias para la cosecha mecanizada*”. DOI: 10.5377/calera.v19i33.8841. [Internet]. Disponible en: <https://lcalera.una.edu.ni>. Accedido el 22 de junio del 2023.
- Hernández, A., Pérez, J. . J., Bosch, D., & Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba* (Ediciones INCA (ed.); 1st ed.). Ediciones INCA.
- IIA, I (2001). Guía técnica para la producción del cultivo del arroz. La Habana. Cuba: Instituto de Investigaciones del Arroz. (L T. producción y aplicación de compost. Ernesto Valdes Sosa).
- IIA, I (2009). Manual para el uso de variedades y producción de semillas en el Arroz Popular. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones del Arroz.
- Infoagro, 2020: “*Generalidades del cultivo del arroz*”: Revista digital [Internet]. Disponible en: <https://www.infoagro.com>. Accedido el 10 de Mayo del 2023.
- Jiménez, R. I. (2018): “*Desarrollo de sistemas de información geográficos, para el servicio pedólogo-agroquímico en el polígono de suelos de la unidad básica de producción cooperativa sur del jibaro*”. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ingeniería Agrícola. Universidad central “Marta Abreu” de Las Villas, facultad de ciencias agropecuarias. Santa Clara, Cuba.
- Maqueira, L. A y Colaboradores (2006): “*Relación del crecimiento y rendimiento de la variedad INCA LP-5 sometida a los principios básicos del sistema intensivo del cultivo del arroz (SICA)*”. *Cultivos Tropicales*, 27(4), 2006. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba. [Internet]. Disponible en: <http://www.realyc.org/articulo.oa>. Accedido el 28 de junio del 2023.
- Meneses, R.O.R. (2011): “*Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo*”. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, 2021. Pág. 16-21.

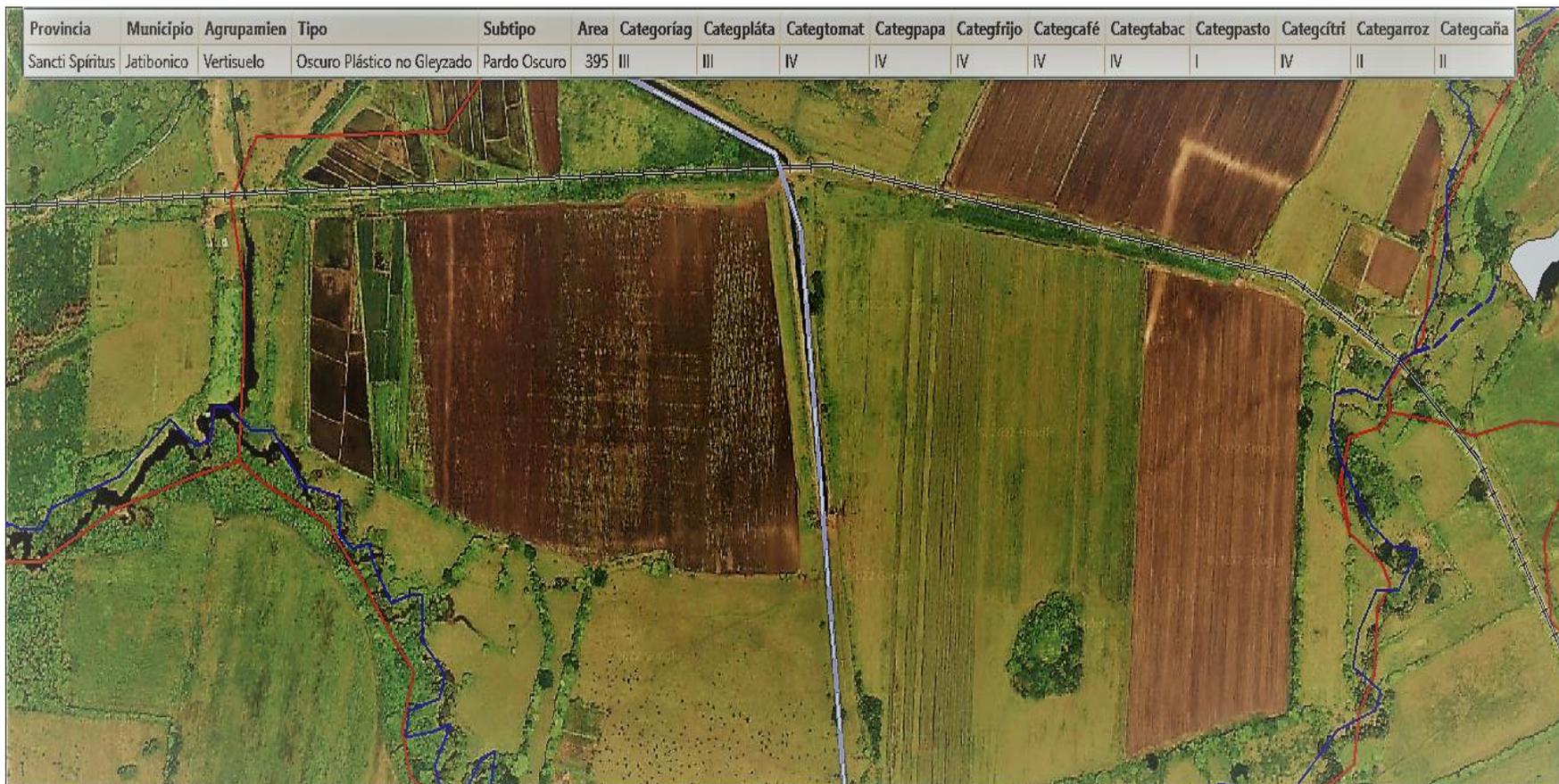
- Montenegro Gómez, S. P., Cesar Ararat, M., & Betancur, J. F. (2020). Cachaza y carbonilla: Residuos agroindustriales con potencial de fertilización biológica nitrogenada. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 83-89.
- Muñiz, O y Beltrán, R (2021): “*Alternativas orgánicas para la nutrición del arroz popular*”. Dirección Provincial de Suelos Habana. Instituto de Suelos. MINAG. PDF. [Internet]. Disponible en: <https://www.fedearroz.s.amazonaws.com>. Accedido el 22 de junio del 2023.
- Olivera, D. (2012): *Los Suelos de Cuba*. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2012/01/19/141129>. Accedido el 28 de junio del 2023.
- Olmos, Sofía (2007): “*Apunte de morfología, fenología, ecofisiología y mejoramiento genético del arroz*”. Cátedra de Cultivos II Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Corrientes, Argentina. PDF. [Internet]. Disponible en: <https://www.acpaarrozcorrientes.org>. Accedido el 20 de junio del 2023.
- Piya, S., Gauchan, D., Lamichhane, J., Shrestha, I., & Gauchan, D. (2018). Vermicomposting in organic Agriculture: Influence on the soil nutrients and plant growth. *International Journal of Research*, 05(20), 1055–1063. <https://www.researchgate.net/publication/328315376>
- Salazar y Colaboradores (2009): “*Uso de la cachaza descompuesta y porcentaje de sustitución de fertilización química en un lote del ingenio Valdez*”. Centro de investigaciones de la caña de azúcar del Ecuador. PDF. [Internet]. Disponible en: <https://www.cincae.org>. Accedido el 20 de junio del 2023.
- Takehisa, H., Sato, Y., Antonio, B. A., & Nagamura, Y. (2013). Global transcriptome profile of rice root in response to essential macronutrient deficiency. *Plant Signaling & Behavior*, 8(6), 1–7. <https://doi.org/10.4161/psb.24409>
- Velarde, S. E y Colaboradores (2004): “*Compostaje de la Cachaza*”. Producción y Aplicación de Compost. Primera Edición. Unidad de Producciones Gráficas del MINREX. La Habana, Cuba.

Anexo. 1. Producción y rendimiento de arroz a nivel mundial.

| País | Producción (tm) | Rendimiento (kg/ha) |
|---------------|------------------------|----------------------------|
| Mundo | 592.873.253 | 3,863.00 |
| China | 190.389.160 | 6,241.00 |
| India | 135.000.000 | 3,027.00 |
| Indonesia | 51.000.000 | 4,426.00 |
| Vietnam | 32.000.000 | 4,183.00 |
| Bangladesh | 29.856.944 | 2,852.00 |
| Tailandia | 23.402.900 | 2,340.00 |
| Myanmar | 20.000.000 | 3,333.00 |
| Japón | 11.750.000 | 6,528.00 |
| Brasil | 10.940.500 | 3,010.00 |
| Filipinas | 12.500.000 | 3,205.00 |
| U.S.A. | 8.692.800 | 6,963.00 |
| Rep. de Corea | 7.270.500 | 6,880.00 |
| Colombia | 2.100.000 | 4,773.00 |
| Perú | 1.664.700 | 5,549.00 |
| Venezuela | 737.000 | 4,913.00 |

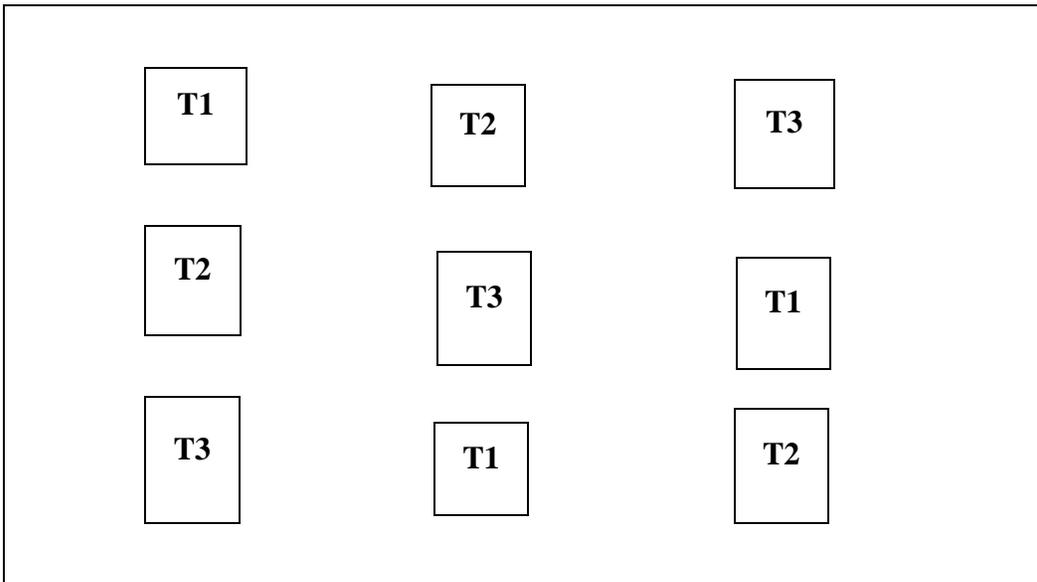
Fuente: (Infoagro, 2020).

Anexo 2: Tipo de suelo del área del usufructuario Feliz Noel Díaz Rodríguez, perteneciente a la CCS Amado Sánchez Utrera, ubicada en el Consejo Popular Sur del municipio Jatibonico, provincia Sancti Spíritus.



Fuente: Departamento de topografía de la empresa azucarera Uruguay.

Anexo No. 3: Disposición del diseño experimental en bloques al azar.



Fuente: Elaboración propia.

Leyenda.

T1– Tratamiento 1: 72 t ha⁻¹ de cachaza.

T2 – Tratamiento 2: 36 t ha⁻¹ de cachaza.

T3 – Tratamiento 3: testigo, no se fertiliza con cachaza.