



**Universidad
de Holguín**

**FACULTAD DE
CIENCIAS NATURALES Y AGROPECUARIAS**

**Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero
Agrónomo**

**Título: Respuesta agroproductiva del arroz var.
Selección 1 a la fertilización orgánica en la CPA
“Revolución de Octubre en Mayarí”.**

Autora: Jessica Ochoa Soublet

Tutor: Ing. Rafael Ochoa Díaz

Mayarí, 2022

RESUMEN

El municipio Mayarí es uno de los más poblados de la provincia Holguín, para el cual necesita una demanda de arroz de 3 456 t, por lo que se requiere de tecnologías que optimicen la eficiencia, la productividad e incrementen los rendimientos por unidad de superficie con mayor eficiencia para reducir las exportaciones del cereal y contribuir al autoabastecimiento en la localidad. En tal sentido, el presente trabajo Investigativo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis de estiércol vacuno y su combinación con el bioestimulante Vitazyme, sobre indicadores del desarrollo y el rendimiento del arroz var. Selección 1 en la CPA Revolución de Octubre en Mayarí. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro réplicas. Se evaluó la altura de las plantas, el número de plantas por metros cuadrados, rendimiento agrícola y sus componentes panículas por m², granos llenos por panículas y peso de 1000 granos. Los resultados mostraron incrementos significativos del rendimiento del arroz en comparación al control con valores que oscilaron entre 4.54 y 2.95 t.ha⁻¹, destacándose 60 t ha⁻¹ y las combinaciones de estiércol vacuno con Vitazyme (30t+1lt.ha⁻¹) como los tratamientos más efectivo. La aplicación de este abono orgánico permite incrementar la producción arrocera de una forma amigable para la salud del hombre y el medioambiente, con utilidades de \$27.64 y \$17.64 MP.

Palabras Claves: fertilización orgánica, arroz

ABSTRACT

The municipality Mayarí is one of those more towns of the county Holguín, for which needs a demand of rice of 3 456t, for what is required of technologies that optimize the efficiency, the productivity and increase the yields for surface unit with more efficiency to reduce the exports of the cereal and to contribute to the supply in the town. In such a sense, the present Investigative work was carried out with the objective of evaluating the effect of different dose of bovine manure and its combination with the stimulating Vitazyme, on indicators of the development and the yield of the rice var. Selection 1 in the CPA Revolution of October in Mayarí. A design of blocks was used at random with five treatments and four replicas. The height of the plants, the number of plants for square meters, agricultural yield and its component panículas was evaluated by m², full grains for panículas and weight of 1000 grains. The results showed significant increments of the yield of the rice in comparison to the control with values that they oscillated between 4.54 and 2.95 t.ha⁻¹, standing out 60 t have⁻¹ and the combinations of bovine manure with Vitazyme (30t+1lt.ha⁻¹) as the most effective treatments. The application of this organic payment allows to increase the rice production in a friendly way for the man's health and the environment, with utilities of \$27.64 and \$17.64 MP.

Key words: organic fertilization, rice

ÍNDICE

Nro	Contenido	Página
	RESUMEN	-
I	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo general	4
1.1.1	Objetivos específicos	4
1.1.2	Hipótesis	4
II.	DESARROLLO	5
2.1	CAPÍTULO I: Generalidades sobre el cultivo del arroz.	5
2.1.1	Origen	5
2.1.2	Morfología	5
2.1.3	Taxonomía	6
2.1.4	Fenología	6
2.2	Requerimientos edafoclimáticos del Arroz	7
2.2.1	Clima	8
2.2.2	Temperatura	8
2.3	Nutrición	9
2.3.1	La nutrición y fertilización en el cultivo del arroz	9
2.3.2	Clasificación de los nutrientes y su demanda	10
2.3.3	Funciones de los nutrientes en la planta de arroz	11
2.3.4	Mecanismo de nutrición por las raíces en la planta de arroz	12
2.3.5	Tecnologías para la fertilización Mineral en el cultivo del Arroz	13
2.3.5 .1	Fertilización Fosfórica	13
2.3.5 .2	Fertilización potásica	14
2.3.5 .3	Fertilización Nitrogenada	16
2.4	Mejoramiento de los suelos y fertilización Orgánica	17
2.4.1	Enmiendas orgánicas	18
2.4.2	Abonos Verde	19
2.5	Empleo de Bioestimulantes	19
2.6	Características morfoagronómicas que influyen en el rendimiento y la calidad industrial del grano de arroz.	20

2.6.1	Longitud del tallo	20
2.6.2	Rendimiento por planta	20
2.6.3	Número de granos por panícula	21
2.6.4	Longitud de la panícula	22
2.6.5	Número de hijos por planta	23
2.6.6	Longitud y calidad del grano	23
2.6.7	Peso de 1000 granos	24
III.	CAPÍTULO II: III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1.	Generalidades de los métodos empleados	26
3.1.1	Métodos teóricos	26
3.1.2.	Método Lógico	26
3.1.3	Métodos empíricos	26
3.2	Localización del área experimental y caracterización de las variables climáticas y edáficas.	26
3.3	Diseño experimental y tratamientos a utilizar	27
3.4	Variables evaluadas y métodos de evaluación para cada variable	28
3.5	Evaluación Económica	29
IV.	CAPÍTULO III: RESULTADO Y DISCUSIÓN	
4.1	Análisis de las variables climáticas	30
4.2	Análisis físico y químico del suelo y el estiércol vacuno utilizado	30
4.3.	Efectos sobre el número de plantas por metro cuadrado	32
4.4	Respuesta de la altura de la planta a la aplicación de estiércol Vacuno y su combinación con el bioestimulante Vitazyme.	33
4.5	Efectos sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del arroz cv. Selección 1.	35
4.6	Evaluación Económica	37
V.	CONCLUSIONES.	38
VI.	RECOMENDACIONES.	39
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	-
VIII	ANEXOS	-

I. Introducción

El arroz es uno de los principales cultivos alimenticios en nuestro planeta, fundamentalmente para los habitantes de los países tropicales. El grano de este cereal es uno de los alimentos con mayor aceptación que, además, contiene vitaminas y minerales. Actualmente se informa su cultivo en 113 países, abarcando todos los continentes salvo la Antártida (FAO, 2020).

La producción mundial de arroz se ha comportado en los últimos 10 años con un promedio anual de 584 millones de toneladas de arroz cáscara, alcanzando en este decenio las mayores producciones históricas; las áreas sembradas en este período se han mantenido estables entre 150-160 millones de hectáreas. IIA, (2005).

El cereal, 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 personas que depende de su cosecha FAO, (2021). Según FAO (2020), a nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se tiene en cuenta la superficie cosechada, pero si se valora su importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea. Por lo que se debe potenciar la producción de arroz popular como una vía de incrementar la producción del cereal y bajar los precios en el mercado libre. Instituto de Investigaciones del Arroz, (2008).

Cuba es el segundo consumidor de América Latina, con un consumo per cápita de 69 kg al año, de ahí los cuantiosos esfuerzos que se han desarrollado con el objetivo de elevar los resultados productivos en la agricultura y específicamente en la rama arrocera González *et. al.*, (2005). El incremento en la producción agrícola es una de las tareas vitales del proceso revolucionario, por la importancia que reviste satisfacer la demanda interna de productos agropecuarios siendo la optimización del costo energético y la calidad de la preparación de los suelos, unas de las actividades fundamentales a desarrollar. Miranda (2009).

La producción arrocera en Cuba, está dividida en un Sector Estatal, que incluye los Complejos Agroindustriales (CAI) Arroceros, diseñado para emplear tecnologías de

altos insumos, la aplicación de la siembra directa, la mecanización y el uso de agroquímicos, que sufrió serias restricciones por las limitaciones económicas en la década del 90, y un Sector Cooperativo Campesino, formado por pequeños productores, asociados a Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) y Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), identificado como una fuente alternativa para contribuir a elevar la seguridad alimentaria, dado el elevado hábito de consumo nacional de este cereal. Los asociados a estas formas cooperadas de producción están entre los grupos vulnerables debido a la restringida disponibilidad de recursos energéticos, fertilizantes, sistemas tradicionales de riego, pesticidas y otros insumos menores para dar atención a sus cultivos.

El arroz necesita para su eficiente cultivo, de una fitotecnia especial; consistente la misma en inundar el suelo con una lámina de agua que se establece antes o después de la siembra y perdura en el campo hasta prácticamente la cosecha, esto presupone diferentes tecnologías de producción y el efecto que provocan unas u otras prácticas se discute y analiza ya que todas inciden sobre las propiedades físicas del suelo. El tipo y tasa de degradación está determinado por el uso y manejo que se les da al suelo, refiere Peña, *et. al.*, (2001), de ahí que el primer paso es identificar los procesos degradativos actuales y adecuar las tecnologías para su empleo.

La producción orgánica de alimentos es una alternativa que beneficia tanto a productores como a consumidores. Los primeros se ven beneficiados porque reducen considerablemente la contaminación del suelo, agua y aire, lo que alarga considerablemente la vida económica de los mismos y la rentabilidad de la propiedad. Los consumidores se benefician al tener la seguridad de consumir un producto 100 % natural, libre de agroquímicos, de alto valor nutritivo (Muñiz, *et. al.*, 2002).

El arroz, es un cultivo de altos insumos, en tal sentido, se buscan alternativas que garanticen el incremento de los rendimientos del cereal, con menor riesgo de contaminación ambiental. Dentro de estas alternativas, el uso de abonos orgánicos garantiza la disminución o eliminación de fertilizantes químicos; igualmente, permite que

la fertilidad del suelo se recupere pues incrementa la flora microbiana, la cual realiza un importante trabajo al descomponer sustancias orgánicas y convertirlas en minerales que pueden ser asimilados por las plantas durante su ciclo productivo (Bashri *et al.*, 2017).

El uso de fertilizantes en el cultivo de arroz constituye uno de los costos directos de mayor importancia para este cultivo. Además, el uso de fertilizantes convencionales (químicos o de síntesis), en el largo plazo, reduce el contenido de materia orgánica (MO) del suelo, y aquellos nutrientes de alta dinámica como el nitrógeno (N), quedan expuestos a procesos de pérdida, dado que la sincronía de absorción por el cultivo no es afín a la rápida liberación de N de estos fertilizantes. Por su parte, el uso de enmiendas orgánicas constituye una alternativa de fertilización de inferior costo, de aporte de MO y de la totalidad de nutrientes que requiere el cultivo, incluyendo aquellos como el fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc y boro, que en la mayoría de los suelos arroceros de Cuba no alcanzan el nivel de suficiencia para el cultivo. Por otra parte, la entrega del N contenido en las enmiendas orgánicas es más controlada en relación al uso de fertilizantes convencionales, pudiendo lograr un 70% de entrega en un periodo de 3 a 4 meses para los compuestos orgánicos a base de estiércol vacuno.

En Cuba viven alrededor de 11 millones de personas, existe un consumo per cápita anual de 60 kg de arroz, la producción nacional cubre solo el 30 % de la demanda y se requiere la importación de este grano para satisfacer el 70 % de su consumo.

El municipio Mayarí cuenta con una población de 99482 habitantes, según registro estadístico del territorio, para el cual se requiere una demanda de arroz de 3 456t produciéndose en el territorio como promedio 785t anuales, el cual representa el 23% de la demanda por lo que se requiere de tecnologías que optimicen la eficiencia, la productividad e incrementen los rendimientos por unidad de superficie con mayor eficiencia para reducir las exportaciones del cereal y contribuir al autoabastecimiento en la localidad. PDI Mayarí y SAN (2021).

El estudio tributa a programas productivos vinculados con el autoabastecimiento local, las acciones previstas a desarrollar se corresponden con los lineamientos 168 y 173 de la política del estado, dirigidos a incrementar las producciones sostenibles de granos, estrechamente vinculado con el Plan Nacional de Soberanía Alimentaria y Educación

nutricional (plan SAN). A la estrategia económico social del Ministerio de Economía y Planificación con la medida (13), la cual da prioridad de los insumos para la producción de arroz y a sus productores con altos rendimientos; dentro de las 63 medidas aprobadas para el fortalecimiento de la producción agropecuaria, la Nro.20, encaminada a consolidar la producción de alimento a nivel local que asegura el autoabastecimiento municipal con recursos endógenos de la localidad.

Teniendo en cuenta las limitaciones expuestas, definimos **como Problema:** Insuficiente empleo de la fertilización orgánica en el cultivo del arroz, variedad Selección 1, que limita la obtención de altos rendimientos en la CPA “Revolución de Octubre en Mayarí”.

1.1 Objetivo General:

Evaluar el efecto, del empleo de diferentes dosis de estiércol vacuno sobre indicadores del desarrollo y rendimiento del arroz var. Selección 1 en la CPA “Revolución de Octubre en Mayarí”.

1.1.1 Objetivos específicos

1. Conceptualizar el marco teórico referencial producto de la consulta de literatura nacional e internacional actualizada.
2. Evaluar el empleo de diferentes dosis de estiércol vacuno y su combinación con el regulador del crecimiento Vitazime en indicadores del crecimiento y desarrollo de la var. Selección 1.
3. Validar la efectividad económica de los tratamientos evaluados.

1.2 Hipótesis

El empleo de estiércol vacuno en la fertilización del arroz variedad Selección 1, contribuye al incremento del rendimiento, desarrollo y disminución de los costos de producción, de este cereal en la CPA “Revolución de Octubre en Mayarí”.

II.DESARROLLO

2.1 Generalidades sobre el cultivo del arroz.

2.1.1 Origen

El género *Oryza*, al cual pertenecen las especies cultivadas de arroz, se originó hace unos 130 millones de años como una maleza. Es un cultivo de las zonas tropicales y subtropicales, cuya mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales puesto que los niveles de precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultivan en zonas altas donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas (InfoAgro, 2012).

Los valles fluviales de Yangtze, área del río Mekon en China podría ser el principal centro de origen de *Oryza sativa* (Zhao, 2011; Gross *et al.*, 2014). *Oryza glaberrima* es indígena del valle superior del río Níger y se cultiva solo en el África tropical occidental (Ansari *et al.*, 2015). El arroz constituye el principal alimento en muchos países asiáticos y en algunos de Sur América es la especie más cultivada después del trigo y es considerado la principal fuente de empleo, ingresos y nutrición de muchas regiones pobres y con una alimentación precaria (Alfonso, 2011). Ocupa 151 millones de hectáreas sembradas, la producción alcanzada se ha estimado en 562 millones de toneladas métricas y Asia produce el 90 % del total mundial, siendo China el principal productor, seguido de Brasil, en el continente americano.

2.1.2 Morfología

La planta de arroz, posee raíces delgadas, fibrosas y fasciculadas, el tallo es erguido, cilíndrico, con nudos, de 60-120 cm de altura. Las hojas que son alternas envainan el tallo, con limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de la unión de la vaina con el limbo, se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida. Las flores son de color verde blanquecino, dispuestas en espiguillas, cuyo conjunto constituye una panícula grande, terminal y 5 colgante a medida que se llena el grano. Cada espiguilla es uniflora, conformada por 6 estambres y un pistilo y está provista de lemma, la raquilla y el flósculo. El fruto es una cariósipide. Basavaraja, *et al.*, (2013).

2.1.3 Taxonomía

El arroz es un cereal que pertenece a la División: Angiospermae, Clase: Monocotyledoneae, Orden: Glumiflorae, Tribu: Oryzeae, Familia: Poaceae (gramineae), siendo las especies cultivadas: *Oryza sativa* L. y *Oryza glaberrima* Steud. Ambas son especies de reproducción autógama, diploides con $2n=24$ cromosomas teniendo cromosoma número $2n = 24$; el género *Oryza* es conocido por consistir de dos especies cultivadas, es decir, arroz asiático (*O. sativa*, $2n = 24 = AA$) y Arroz africano (*O. glaberrima*, $2n = 24 = AA$) y 22 especies silvestres ($2n = 24, 48$) (Abebe *et al.*, 2017). El nombre científico es *Oryza sativa*.

Evolutivamente se aceptó que la forma perenne del *Oryza perennis* y para otros el *Oryza rufipogon* 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. spontánea* como el nombre científico del arroz rojo. Se publicó en Manual Técnico para el Cultivo del Arroz por (SAG y DICTA, 2003), además se planteó que el genoma del arroz dentro de las gramíneas cultivadas es uno de los menos complicados y se indica que el genoma del arroz está constituido por unos 50 mil genes y que las bases de estos genes suman unos 430 millones de pares de bases de ADN.

2.1.4 Fenología

Según (Olmos, 2007) la fisiología del arroz se estudia en dos etapas, la fase vegetativa (incluye los estadios de germinación, plántula e inicio y pleno ahijamiento y la fase reproductiva (iniciación del primordio floral a emergencia de la panoja y emergencia de la panoja a madurez); el rendimiento potencial del arroz se define primeramente antes de la emergencia de la panoja, el rendimiento definitivo (integrado de los tres componentes) está basado en la cantidad de almidón que llena los granos de la panoja y se determina en mayor medida luego de la diferenciación de esta; por esto es que divide agrónomicamente la historia del cultivo en términos de la fase vegetativa, reproductiva y madurez; una variedad de 120 días pasa unos 55-60 días en la fase vegetativa, 30 días en la fase reproductiva, y 30 días en la fase de madurez.

La fase reproductiva se caracteriza por un declinamiento del número de tallos, la emergencia de la hoja bandera, el engrosamiento del tallo por el crecimiento interno de

la panoja; la emergencia de la panoja (ocurre unos a 20 a 25 días luego de la diferenciación del primordio floral) y la floración (ántesis) ocurre en general un día después de la emergencia de la panoja; agronómicamente, se define a la emergencia cuando el 50 % de las panojas han emergido al exterior de la vaina (Olmos, 2007).

El periodo de maduración de los granos varía entre 15-40 días dependiendo de la temperatura. Se inicia luego que el ovario ha sido fertilizado y el grano de arroz comienza a crecer. En este periodo el grano incrementa de tamaño y peso, y el almidón y azúcares se translocan desde las vainas, hoja bandera y vástagos donde fueron acumulados en la fase vegetativa (Olmos, 2007).

2.2 Requerimientos edafoclimáticos del Arroz

Los requerimientos edafológicos para el crecimiento óptimo del Arroz de acuerdo a datos de la División Agronómica del IRRI (Instituto Internacional de Arroz de las Filipinas) citado por Litsinger (1993), son los siguientes:

Cuadro 1. Requerimientos edafológicos del cultivo de Arroz

Características	Suelo
Profundidad (cm.)	20
Ph (del suelo)	5.5 a 6.5 (seco)
CEC (meq/100 gr.)	> 20
Materia orgánica (del suelo)	2 a 3
Nitrógeno Total (%)	> 0.2
Fósforo total (mg. /Kg.)	10 a 15
Potasio cambiante (meq/100 gr.)	> 0.2

Fuente: Litsinger (1993)

Los suelos recomendables son los arcillosos con capa gruesa con más del 2.1 de materia orgánica, pH entre 5.5 a 8, siendo él óptimo de 6 a 7. No es recomendable

cultivar el Arroz en suelos arenosos, a no ser que se mejoren sus condiciones con prácticas de manejo adecuadas (CIAT – Bolivia 205). La temperatura óptima diurna para el crecimiento oscila entre los 21 y 25 °C y una temperatura nocturna no inferior a los 21 °C; tanto las temperaturas muy altas (superiores a los 40 °C) como las demasiado bajas, son perjudiciales para la planta (CIAT – Bolivia, 205).

2.2.1 Clima

Los factores climáticos tales como la temperatura, la radiación solar y el viento tienen influencia sobre el rendimiento del Arroz ya que afectan el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con la formación del grano. Estos factores también afectan indirectamente el rendimiento aumentando el daño causado por las plagas y las enfermedades.

2.2.2 Temperatura

La temperatura óptima diurna para el crecimiento oscila entre los 21 y 25 °C y una temperatura nocturna no inferior a los 21 °C; tanto las temperaturas muy altas (superiores a los 40 °C) como las demasiado bajas, son perjudiciales para la planta (CIAT – Bolivia, 205).

Las altas y bajas temperaturas por encima y por debajo de los límites críticos afectan el rendimiento de grano ya que inciden sobre el ahijamiento, la formación de espiguillas y la maduración (Anexo 1). Las bajas temperaturas limitan la duración del período y la tasa de crecimiento y el desarrollo de las plantas de Arroz. Las altas temperaturas causan estrés térmico sobre las plantas de Arroz.

Hasta el momento de la iniciación del primordio de la panoja, los puntos de crecimiento de las hojas y los tallos están debajo del agua y la temperatura del agua controla el crecimiento y el desarrollo de la planta. La elongación de las hojas y la altura de la planta son afectadas, sin embargo, por la temperatura del agua y del aire. En las primeras etapas de crecimiento la temperatura del agua afecta el rendimiento por su incidencia sobre el número de panojas por planta, el número de espiguillas por panoja y el porcentaje de granos que maduran. En las etapas posteriores la temperatura del aire afecta el rendimiento incidiendo sobre el porcentaje de espiguillas no fertilizadas y el porcentaje de granos que maduran

Existen variedades con tolerancia a bajas temperaturas durante la etapa de plántula. En caso necesario, es preferible seleccionar variedades que presenten resistencia al frío y que estén adaptadas a la región. Las temperaturas por debajo o por encima del rango normal afectan adversamente las fases vegetativas y reproductivas de las plantas, tal como se describe más adelante.

Germinación y crecimiento de la plántula

La temperatura óptima para una buena germinación está comprendida entre 20°C y 35°C mientras que para la emergencia de la plántula y el crecimiento inicial se encuentra entre 20°C y 30°C.

Ahijamiento

La temperatura óptima para un ahijamiento vigoroso está comprendida entre 25°C y 31°C. De acuerdo a Chandler (1993), para el desarrollo del cultivo se requiere un mínimo de 1500 mm de precipitación pluvial anual para tener cosechas aceptables, por otro lado, el (CIAT – Colombia, 1991), menciona que en la floración exige entre 70 y 80 % de humedad relativa, el viento leve tiene una acción positiva en la aceleración de la transpiración; pero un viento más fuerte puede provocar daños en las plantas.

2.3 Nutrición

2.3.1 La nutrición y fertilización en el cultivo del arroz

El (anexo 2), muestra el manejo integral de la nutrición en el cultivo del arroz; entre las principales prácticas que componen el manejo del cultivo se encuentra la fertilización, la cual consiste en aplicar abonos minerales u orgánicos para elevar la producción de las cosechas. Su manejo lo componen principios técnicos a emplear de forma integral, porque no tenerlos en cuenta conlleva a riesgos de pérdidas en la cosecha, pérdidas económicas y daños al suelo y al ambiente II Arroz. (2000).

En tal sentido, el efecto de una nutrición adecuada en el cultivo de arroz es muy conveniente, pues además de asegurar elevados rendimientos del cultivo, también favorece otros aspectos, por ejemplo: las plantas resisten mejor el ataque de plagas y enfermedades debido a que crecen vigorosas.

Una fertilización apropiada promueve el crecimiento de las raíces y las plantas pueden soportar mejor los efectos adversos de la sequía, y a la vez, la absorción de nutrientes es mayor cuanto mayor sea el desarrollo del sistema radicular de la planta, aspecto que a la vez favorece la oxigenación del terreno y la circulación de agua en el suelo, según la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (IIArroz, 2003).

La decisión de fertilizar, así como la clase y cantidad de fertilizantes a utilizar, depende en gran medida de la fertilidad residual o natural del suelo, del cultivo a sembrar, de la variedad a cultivar, de la densidad de siembra e incluso, de la disponibilidad de agua, de la fecha de siembra y de otros factores inherentes al cultivo. Como refiere Sanzo, *et al.*, (2008), 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. En cuanto a la fertilización, el Nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma más directa sobre la producción, pues aumenta el porcentaje de espiguillas llenas, incrementa la superficie foliar, y contribuye además al aumento de la calidad del grano.

También el fósforo influye de manera positiva sobre los rendimientos en el cultivo del arroz, pues estimula el desarrollo radicular, favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración, además de mejorar la calidad del grano. 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 Grillo, *et al.*, (2003).

El Potasio aumenta la resistencia al encamado, enfermedades y condiciones climáticas desfavorables. La absorción del Potasio durante el ciclo del cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno. Las dosis de Potasio a aplicar varían entre 80-150kgde K_2O /ha. Las cifras altas se utilizan en suelos sueltos y cuando se utilicen dosis altas de nitrógeno (Sánchez y Socorro, 2008).

2.3.2 Clasificación de los nutrientes y su demanda

En la nutrición del arroz participan 16 elementos químicos y de ellos hay 13 que son considerados esenciales, que se clasifican en orgánicos, macros, mesos, micros y otros según Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de los nutrientes según su consumo.

Orgánicos	Macros	Mesos	Micros	Otros
C-O-H	N-P-K	Ca-Mg-S	Mn-Fe-Zn-B-Cu	Si-Cl

La demanda de nutriente en el cultivo por tm/arroz es de 66.9 macro, 11.4 los mesos, 1.42 los micros y 58.3 de otros; El 86.2% de los nutrientes que componen los granos y paja de la planta de arroz, provienen del aire y el agua y sólo el 13.8% provienen del suelo y los fertilizantes, las demandas varían en cantidad, pero todos los nutrientes son iguales en importancia según la Ley del mínimo; no se puede limitar la fertilización a aplicar sólo NPK, por lo que se debe balancear todos los nutrientes en relación al suelo y el rendimiento y aplicar los requerimientos a través de las tecnologías que posibiliten mayor aprovechamiento, racionalidad e impacto económico. Bashri, *et al.*, (2017).

2.3.3 Funciones de los nutrientes en la planta de arroz

Los nutrientes juegan un papel determinante en la nutrición y funcionamiento del metabolismo de la planta Bolivar, (2018), en lo que se destacan el crecimiento, la síntesis de proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos, el fósforo interviene en el Intercambio energético, la Formación de raíces y el uso eficiente del N por la planta; por su parte el potasio interviene en el Balance hídrico, Producción de azúcares y almidones, así como la producción de proteínas según Cuadro 3.

Cuadro 3. Principales funciones de los nutrientes esenciales en las plantas de arroz

Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Crecimiento	Intercambio energético	Balance hídrico
Proteínas y clorofila	Formación de raíces	Producción de azúcares
Aminoácidos, purinas	Membrana celular	Producción almidones
Ácidos nucleicos	Utilización del N.	Producción de proteínas

Calcio	Magnesio	Azufre
Paredes celulares	Centro de la clorofila	Enzimas
Emisión-desarrollo raíces	Formación de azúcares	Parte de aminoácidos
Asimilación de K-Mg-B	Formación de aceites	Parte de proteínas
Regula el pH	Portador de fósforo	Varias vitaminas
Manganeso	Hierro	Cinc
Importante en fotosíntesis	Producción de clorofila	Sistema de enzimas
Reacción de Hill	Reacciones enzimáticas	Activa crecimiento
Asimilación del P	Catalizador	Síntesis del AIA
Boro	Cobre	Molibdeno
Formación meristemas	Producción de C-H-O	Reducción de nitratos
Formación de floración	Producción de proteínas	Produce flujo de energía
Formación de semillas	Proceso oxi-reducción	Regula azúcares.
Silicio		Cobalto
Tolerancia al estrés	Resistencia al acamado	Promueve el crecimiento

2.3.4 Mecanismo de nutrición por las raíces en la planta de arroz

El desarrollo del sistema radicular está muy relacionado con la parte aérea y depende del tipo de variedades, características físicas químicas del suelo (textura, compactación, aireación, fertilidad) y del manejo del cultivo; las variedades que actualmente se cultivan alcanzan su mayor desarrollo radicular hasta 18 cm de profundidad en el suelo, cuando se cultiva con riego.

Las raíces laterales y sus raicillas degeneran rápidamente, mientras aparecen coronas de raíces sucesivas en cada nudo de la parte baja de los tallos y las raicillas pequeñas tienen como órganos funcionales a los pelos absorbentes, que son células alargadas de su epidermis, renovándose toda la capa prolifera cada 24 horas. Los pelos absorbentes

están rodeados de una membrana celulósica compuesta por haces fibrosas celulósicas y debajo se encuentra la membrana plasmática o plasmalema, la cual divide el espacio exterior donde se desarrolla la nutrición radicular y del interior de las células

Los nutrientes que contiene la solución del suelo disueltos en agua, entran a la planta a través de los espacios: Interhaces fibrosos celulósicos, en la cápsula o membrana celulósica e Intercelulares entre las cápsulas celulósicas de distintas células. En el espacio exterior se desarrolla la asimilación pasiva del agua y los elementos nutritivos, estando dominada por procesos físicos-químicos como la absorción o intercambio iónico. En el caso específico del cultivo del arroz de riego, tienen mayor importancia por encontrarse muy diluida la solución del suelo. Castilla, (2000).

2.3.5 Tecnologías para la fertilización Mineral en el cultivo del Arroz

La absorción de los nutrientes primarios y secundarios incrementa y decrece en las plantas, según sus etapas de desarrollo IIA, (1998). Su comportamiento por nutrientes. Anexo 3. Los principales portadores de fertilizantes minerales a emplear IIA (2000), son los que se han venido empleando tradicionalmente en el cultivo desde la década de 1980 según anexo 4.

En la fertilización P – K, los nutrientes son tomados por las plantas sólo en sus formas asimilables, que son las que reportan el cartograma agroquímico, pero en este caso hay cantidades mayores a las asimilables en el suelo, que corresponden a las cantidades totales, las cuales se encuentran bajo efecto de tampón con las formas asimilables y este efecto lo favorecen el pH y el aniego. MINAGRI, (2005)

2.3.5 .1 Fertilización Fosfórica

El contenido de P en las plantas es mayor en sus etapas jóvenes y disminuye en las etapas siguientes, indicando ello que las plantas absorben sus mayores cantidades en los primeros estadios y la necesidad de aplicaciones es temprana. Cuando se aplica el P al suelo, queda prácticamente inmóvil en el lugar situado Peña, *et al.*, (2004). Por lo que el momento y lugar más apropiado para su aplicación: es antes de la siembra, con máquinas terrestres e incorporadas de forma directa en las zonas de mayor desarrollo de raíces.

El contenido de P en el suelo es muy variable y dependiente de varios factores: pH, fertilización y riego; el P se hace más disponible después de la inundación y generalmente al cabo de transcurrida una semana presenta altos niveles en el suelo. El coeficiente de aprovechamiento del P es bajo, oscila entre 10-30 % ⁽³⁶⁾ y para las condiciones de tecnologías similares a las nuestras se trabaja con el 20 %, ello indica precisión en la estrategia de aplicación, según la relación costo/beneficio.

Hay que evitar las aplicaciones tardías y en exceso de P, ya que bloquea otros elementos como el Zn y contribuye al desarrollo de algas y hongos en el suelo, entre ellos los causantes de enfermedades. Su contenido en el suelo no se mejora con aportes de materia orgánica; depende de la fertilización y de las prácticas que faciliten el pase del P fijado en el suelo a formas asimilables: PO_4H^- y $PO_4H_2^-$. Anexo 5.

Momentos de aplicación

- Áreas de doblaje puede aplicarse desde la primera vez para los dos ciclos
- Áreas preparadas en seco se aplica después del alisamiento y se incorpora
- Áreas preparadas en fangueo se aplica en el último pase previo a la siembra
- Aplicación después de la siembra, antes de los 10 días transcurridos.

Dosis de aplicación

Se aplicará bajo el principio de restitución, en base a la categoría de fertilidad del suelo y el rendimiento a obtener, pero cuando no se dispone de los resultados agroquímicos se considerará el nivel medio o P_2 y los índices de aplicación y las cantidades a contratar con los productores serán los referidos en el anexo 6.

2.3.5 .2 Fertilización potásica

El K se encuentra en el suelo en formas: disponibles, lentamente disponibles y no disponibles y el 90% está en equilibrio entre las dos últimas formas y ello indica alta cantidades del elemento total en el suelo. Slaton, (2000)

- Solo el 10% del K que demanda el arroz se exporta del campo en la masa de granos y el 90% regresa en la incorporación de la paja³.
- Su índice de aprovechamiento es alto: 50-60 %, según los tipos de suelos, correspondiendo el menor a los suelos ligeros.

- Las plantas de arroz tienen altos contenidos de K en comparación con otros elementos y casi todo se haya disuelto en el jugo celular, en forma soluble y se traslada más rápido que los restantes nutrientes.
- Su absorción es alta desde edades tempranas y aumenta con el crecimiento, con mayor intensidad en la floración-maduración; por ello se recomienda aplicaciones tempranas de fondo e incorporado al suelo y una segunda fracción en el punto de algodón Espinosa, (2006).
- Altas dosis de ClK hay que realizarlas con cuidado porque pueden bloquear el Ca y Mg; este portador es de los menos costoso y más concentrado.

Se fertiliza con K para complementar las necesidades de las plantas, a partir de los aportes del suelo y ello define las necesidades y estrategia a seguir en la fertilización.

Categoría de K ₂ O	K ¹ (Bajo)				K ² (Medio)			
	6	7	8	10	12	14	16	18
Fertilidad (mg/100 gs de suelo)	6	7	8	10	12	14	16	18
Disponibile en el suelo (kg/ha)	60	70	80	100	120	140	160	180
Rendimiento que asegura	3,3	3,9	4.4	5,6	6,7	7,8	8,9	10,0

Momentos de aplicación:

Áreas preparadas en seco se aplica después del alisamiento y se incorpora; áreas preparadas en fangueo se aplica en el último pase previo a la siembra; cuando la primera fracción se realiza después de la siembra debe hacerse antes de los 10 días transcurridos.

Dosis de aplicación:

Se aplicará bajo el principio de restitución, en base a la categoría de fertilidad del suelo y el rendimiento a obtener, Cuando no se dispone de resultados agroquímicos se aplica según nivel medio o K₂. Los índices de aplicación y cantidades a contratar con los productores serán los referidos en el anexo 7.

2.3.5 .3 Fertilización Nitrogenada

El arroz responde muy bien a las aplicaciones de N (Eagle et al., 2001). González (1992), muestra que existe una influencia positiva del nitrógeno sobre los rendimientos de arroz y que este efecto es mayor cuando se fracciona en dos aplicaciones: 1/2 en la siembra y 1/2 a los 45 días posteriores a la siembra.

En Cuba las aplicaciones de N se realizan fraccionadas en cuatro momentos, cuando posee de cuatro a cinco hojas, durante el ahijamiento activo (7ma hoja), cuando arriba al punto de algodón y de 10 a 15 días posteriores al punto de algodón en dependencia de la variedad. Anexo 8.

Consideraciones para aplicar N:

- El N se maneja según las variedades, estado de desarrollo de las plantas, forma de aplicación, enyerbamientos, posibilidades de acamado, enfermedades fungosas, ácaro y vaneamiento.
- En variedades de ciclo corto y en aquellas con altos aprovechamientos de este nutriente, hay que ser muy estricto en los momentos de aplicación del N y por ello en la etapa reproductiva se dosificará en función del estado vegetativo de las plantas y de evitar pérdidas por acamado y por daños de enfermedades.
- Las cantidades de N a aplicar por momentos generalmente se corresponde con poblaciones sobre las 150 plantas/m², pero cuando la población es menor lo correcto es incrementar la dosis en el primer fraccionamiento para posibilitar más tallos y por consiguiente panículas Verdecía, (2011).
- Aplicar más N no soluciona las clorosis por frío y las deficiencias por otros nutrientes; ello incrementa costos, reduce rendimiento y provoca daños por enfermedades.
- Es preferible aplicar en 3ra-4ta hoja una dosis de 16 kg/ha de N como Sulfato Amonio, que 27 Kg/ha de N como urea.
- Con las aspersiones de pesticidas (excepto graminicidas) se puede aplicar N en forma foliar al 4 % de la solución; no sobrepasar esta concentración

- Las plantas tienen buena respuesta hasta 50 kg/ha de N (110 kg/ha de urea) y cantidades mayores causan: pérdida del fertilizante, de su aplicación, daños a las plantas, daños al rendimiento y provocan aplicaciones de fungicidas.
- Las mayores pérdidas de N ocurren cuando: no se incorpora la urea, materia orgánica baja en el suelo, se aplica sobre lámina de agua y altas temperaturas.
- Las plantas asimilan el N en las formas de NO_3^- y NH_4^+ y pueden sufrir cambios en el suelo que lo hacen inaprovechable.
- El N que existe en el aire y disuelto en el agua, puede bajar a la capa oxidada, donde es fijado por algas y bacterias, transformándose en N orgánico y después a NH_4^+ . Las bacterias, principalmente azotobacter y Azospirillum fijan alrededor de 15-20 kg/ha de N; es el nutriente que más absorben las plantas, es muy dinámico en el suelo y aportado también por los restos de la cosecha, la lluvia y por los fertilizantes
- Transformaciones como desnitrificación, lixiviación y volatilización del amonio causan grandes pérdidas de la urea aplicada.

2.4 Mejoramiento de los suelos y fertilización Orgánica

La pérdida de la fertilidad de los suelos demanda el empleo de prácticas de mejoramiento, que significan: Reducir las demandas de nutrientes, ahorros de fertilizantes minerales y crear bases para la sostenibilidad de las producciones.

En tal sentido es recomendable el trabajo con enmiendas agrotécnicas, donde las principales prácticas a seguir en el mejoramiento y conservación de los suelos están dadas sobre las bases de Incorporar los restos de cosecha, incorporar las malezas, balancear con fertilizantes las demandas de nutrientes del cultivo, alternancia con barbecho según la experiencia de las granjas de semilla, rotación con ganado, alternancia de cultivos, empleo de abonos verdes y orgánicos Kazunori, y Ma. (2008).

Un grupo de medidas básicas para mejorar los suelos, son prohibir: la quema de los restos de la cosecha y la extracción de la paja, en los suelos categorizados como A1.

El trabajo con las enmiendas químicas en el arroz es fundamentalmente, para los casos de toxicidad de nutrientes provocados por pH ácidos y daños de salinidad, entre las principales enmiendas se encuentra el encalado y las aplicaciones de Silicato de calcio.

En Japón y otros países asiáticos, es usual la aplicación de escorias de silicato de calcio a dosis entre 1.5 y 2.0 tm/ha, lográndose incrementos del rendimiento del 10 al 30 % en áreas con afectaciones de Piricularia, Esta protección al ataque de plagas y enfermedades y en general al estrés biótico, se plantea que se debe a la formación de una doble capa de células silicatadas en la epidermis de las hojas que las previene de la penetración por las enfermedades La aplicación de silicatos también posibilita que la planta de arroz desarrolle resistencia o al menos tolerancia a situaciones de estrés abiótico, como son: el acamado, la salinización, la toxicidad de Fe, Al y Mn, etc.

La valoración de los resultados de las experiencias realizadas en Cuba recomienda: Preliminarmente aplicar, por una vez, dosis de 1.4 tm/ha para tres campañas consecutivas a aquellos suelos de textura arenosa con tenores inferiores a 50 mg/Kg de Si asimilable y para los suelos de textura arcillosa aplicar 2.0 tm/ha a aquellos suelos con al menos hasta 100 mg/.Kg de Si asimilable, al igual que para los suelos con problemas de salinidad. Los valores de pH más apropiados para la aplicación del Silicato de Calcio son los que sean inferiores a 5.9. Muraoka *et al.*, (2001)

2.4.1 Enmiendas orgánicas

Los fertilizantes orgánicos, además de los nutrientes que aporta, mejoran la fertilidad del suelo y para sus aplicaciones se necesita: abonadoras IPTU: cargadores frontales, tráiler y tractores. Estos abonos pueden transportarse durante todo el año desde la fuente hasta los campos y se aplicarán en el período seco después que los campos hayan recibido el primer pase de mulción. Para el estiércol vacuno, se incorpora al suelo con pase de grada empleando dosis de 40 tm/ha. La cáscara de arroz se utiliza en los campos previstos a desinfectar (debido a las mezclas que contiene) y no se emplea en las áreas de producción de semillas de arroz. Otras fuentes lo constituyen la cachaza (30tm/ha), el compost(30tm/ha) y el humus(4tm/ha); con un aporte significativo en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Tisdale y Nelson (1966), afirmaron que en promedio la materia orgánica presenta un 4% de N, en el caso de la gallinaza, como abono orgánico, Castilla (2002) mostró que aportes de 1 t.ha⁻¹ de materia orgánica (MO), incrementaron a 7,7 t.ha⁻¹ los rendimientos del cultivo de arroz.

2.4.2 Abonos Verde

Los abonos verdes más factibles a emplear actualmente son: *Sesbania rostrata*, rebrotes de sorgo y vegetación espontánea. La *Sesbania* es fotoperiódica, florece en octubre y se utiliza como abono verde en alternancia o en rotación, preferiblemente en las áreas para la producción de semilla. Aumenta la capacidad de cationes cambiabiles, la disponibilidad del P y K del suelo y eleva ligeramente el contenido de materia orgánica.

De los 132 kg/tm que demanda el cultivo del arroz del suelo y los fertilizantes, en los restos de las cosechas regresan 91.5 kg/tm, que representan el 69% de los nutrientes y los mayores índices de retorno al suelo lo presentan 4 nutrientes (Si-K-Ca-Mn), que son los más relacionados con la resistencia de las plantas a las principales plagas y enfermedades.

Generalmente los medios de cosecha no garantizan la distribución apropiada de la paja, quedando amontonados detrás de los equipos y para la cosecha manual la distribución es más desfavorable, procediendo los productores a la quema como acondicionamiento para la preparación de la tierra. Con la quema se pierden las ventajas que posibilita la incorporación de los restos de la cosecha sobre la conservación de la fertilidad del suelo. Los restos de la cosecha devuelven al campo los nutrientes que no se exportan mejorando el contenido de materia orgánica de los suelos Álvarez, (2005).

2.5 Empleo de Bioestimulantes

La utilización de productos que ejercen funciones biorreguladoras y bioestimuladoras en el crecimiento de los cultivos constituye la base de la fertilidad del suelo. Asimismo, estos productos presentan un triple aspecto: físico, químico y biológico La Casa, (1990). Cuando estas sustancias se aplican a diferentes cultivos son capaces de aumentar los rendimientos, mejorar la resistencia al frío y la tolerancia a la salinidad

Núñez, (1994). Dentro de este grupo se encuentra una serie de productos que tienen en común la mejora del estado vegetativo de la planta sobre la cual se aplican. Son en general bioestimulantes, cada uno con su especificidad, que actúan sobre la parte vegetativa o el sistema radicular; lo que da lugar a una significativa mejoría del vegetal. vitazyme como biestimulante tiene un efecto positivo en arroz Socorro, *et al.*, (2005), así como en la calidad de las cosechas e incrementos de los rendimientos bajo condiciones de organopónicos (Angarica, Creach, Reynosa, Díaz, Rojas y García, 2004) reportan incrementos de la altura del tomate placero, el ají, la lechuga, los cebollinos y la col en un 39.0, 28.1, 26.6, 29.7, y 13.7% respectivamente.

2.6 Características morfoagronómicas que influyen en el rendimiento y la calidad industrial del grano de arroz.

2.6.1 Longitud del tallo

La altura de las plantas según lo planteado por Ospina *et al.* (2003), es una de las características más fáciles para la selección y de gran importancia para la cosecha mecanizada pues está muy asociada con el acame, pudiendo producir cuantiosas pérdidas del rendimiento. Desde la década del 80' que en América se cultivan las variedades de arroz semienanas que poseen el gen que reducen la altura de planta y fortalece el tallo de la panoja, las variedades que no poseen el gen acaman antes de la cosecha cuando hay vientos fuertes y sobre todo cuando se han empleado altos insumos en fertilizantes nitrogenados (Olmos, 2007) sin embargo en experimentos realizados con la variedad IR8 donde se incrementó la fertilización nitrogenada su altura no se incrementó tampoco la susceptibilidad al vuelco por lluvias o viento. Olmos (2007) dedujo que las variedades de arroz semienana que poseen el gen que reduce la altura de la planta fortalece el tallo de la panoja.

2.6.2 Rendimiento por planta

Independiente de las ventajas en ciertas características específicas una nueva variedad de arroz debe superar en rendimiento de grano a las variedades usadas por los productores de arroz (Allard, 1967). Martínez (1985) coincidía en criterio pues planteó que el objetivo final de una buena variedad de arroz es tener un alto potencial de rendimiento.

La capacidad de un genotipo para producir es un criterio muy reverso de selección, en el cual los genotipos evaluados y los candidatos a selección deben rendir por encima de los testigos comerciales o en su defecto igualar su rendimiento.

Existe una alta correlación positiva entre la radiación solar recibida por la planta de arroz durante los 45 días anterior a la cosecha y el rendimiento de grano (Chandler, 1984). Un porte con hojas erectas es un carácter agronómico deseable para producir altos rendimientos porque este tipo de plantas soporta una alta densidad de siembra y los nudos basales de la planta perciben mayor radiación solar ante estas condiciones de cultivo. Las hojas erectas son causadas por un gen que confiere insensibilidad a las hormonas del grupo brasinoesteroides que regula la división y la diferenciación celular (Olmos, 2007). Con frecuencia la utilidad de los componentes de rendimiento, como criterio de selección, puede verse limitada a los efectos de compensación, debido a la influencia climática, dosis de semilla y aplicación de fertilizantes entre otros factores (Sheehy *et al.*, 2001).

El rendimiento en la planta de arroz está dado por componentes o factores que se pueden determinar en cada una de las etapas fenológicas, estos componentes se dan por área y a su vez por planta y son; número de panículas por unidad de área, el número de espiguillas por panícula, el porcentaje de granos llenos por panícula y el peso individual de los granos (expresado en peso por 1000 granos) (Calderón, 2015). Según (Chastain, s.f.), el potencial de rendimiento genético es la capacidad absoluta del cultivo, de un genotipo producir rendimientos económicos bajo condiciones óptimas de producción, cuyas condiciones hacen que los componentes de rendimiento se expresen en su máximo posible tanto en el genotipo como en el entorno de producción.

2.6.3 Número de granos por panícula

Soto (1991) reafirmó que el número de granos por panícula está influenciado principalmente por dos aspectos como: el número de ramificaciones y el largo que esta haya alcanzado, además esta se ve influenciada por la variedad y las condiciones ambientales así plantea que el número de granos por panícula oscila entre 50 y 500 granos, aunque en la mayoría de las variedades comerciales este varía entre 100 a 150 granos por panícula.

En general, para el número de granos de una panícula es una función de su longitud y varía entre 50 y 500 según la variedad y el nivel de fertilización, la mayoría de las variedades tienen entre 100 y 150 granos por panícula (Racchumi, 1992). Ikeda *et al.* (2010) experimentó que el número de las ramificaciones de la panícula determina el número de granos en esta. Para Degiovanni *et al.* (2010) los dos caracteres más importantes relacionados con la panícula son el número de granos llenos por panícula y el peso de los mismos.

El llenado del grano se atribuye o se vincula a las actividades de las enzimas implicadas en la conversión de sacarosa a almidón en los granos (Zhang *et al.*, 2012); esta etapa planteó Calderón (2015) comienza desde la parte apical hasta la basal en cada panícula, lo que puede provocar que el llenado de grano no sea homogéneo, es decir, que los pesos para todos los granos que conforman la panícula no son iguales o que la fertilidad de la panícula se reduce a medida que baja hasta la parte basal.

2.6.4 Longitud de la panícula

El aumento del rendimiento puede lograrse manteniendo un adecuado número de panículas por metro cuadrado mientras que se aumenta el número de granos por panícula y la fertilidad de la misma, un resultado similar podría lograrse aumentando el número de panículas por unidad de área; sin embargo, su crecimiento excesivo limita esta estrategia como mencionan (Peng *et al.*, 1993).

Cuando se poseen genotipos con panículas crecidas es fundamental que estos tengan tallos gruesos y fuertes para que soporten el peso de panículas más grandes (Peng *et al.*, 2004). Existen materiales de panículas largas con buen llenado del grano (Katsura *et al.*, 2007, sin embargo planteó Kato (2010) que a menudo los cultivares con panículas muy largas tienen problemas con el llenado del grano debido a que el incremento en el número de granos por panícula se ha dado por el aumento de las flores en las ramificaciones secundarios de la panícula, los cuales son granos inferiores en la capacidad de llenado, afirmó Torres (2012) que la panícula es el órgano más importante para el número y peso de granos.

2.6.5 Número de hijos por planta

En experimentos realizados en el Perú se demostró que el ahijamiento de los cultivares comerciales mejorados fluctuó de 300 a 450 macollos por metro cuadrado, además expresó que el número total de macollos es una característica varietal que puede variar según el sistema de cultivo y el medio ambiente. En el sistema de trasplante, la capacidad de ahijamiento es una característica muy importante, esto permite disminuir la densidad de siembra; es una característica cuantitativa, teniendo una heredabilidad de baja a intermedia (Jennings *et al.*, 1981). El número de hijos depende de la densidad de plantas, puede variar de tres en alta densidad hasta 15 hijos en bajas densidades según Olmos (2007), los factores que promueven o condicionan el ahijamiento son el genotipo, la lámina de agua (menores a 10 cm), fertilidad del suelo, fertilización, adecuado stand de plantas, condiciones sanitarias (incluyendo competencia de malezas). Las variedades de ciclo largo que requieren mayor tiempo emergencia para la diferenciación de primordios, se caracterizan por presentar mayor desarrollo vegetativo, pero, también mayor cantidad de hijos infértiles, lo que resulta en un bajo índice de cosecha (Olmos, 2007). En todo caso, hay que tener en cuenta que un ahijamiento excesivo puede conducir a un crecimiento exuberante y en consecuencia al sombreado mutuo de las hojas, lo que finalmente limitará el rendimiento (Degiovanni *et al.*, 2010).

2.6.6 Longitud y calidad del grano

Jennings *et al.* (1981) dijeron que la longitud y la forma del grano se heredan independientemente, no obstante, son caracteres relativamente difíciles de manejar; la longitud del grano tiene alta heredabilidad. El rendimiento de molinería debe ser superior o igual a 68 %, por lo que se deben descartar líneas que posean un porcentaje menor y con más de 15% de arroz quebrado Hernández (1982), señaló que porcentajes menores al 15 % de granos quebrados y rendimientos de molinería superiores al 68 % de pila, son los valores ideales para la selección de líneas, ya que no solo son importantes los altos rendimientos sino tener en cuenta la calidad molinera.

De Datta (1986), publicó que el tamaño y forma del grano, recuperación del arroz entero durante la molienda, ausencia de cavidad blanca, contenido apropiado de amilosa,

temperatura de gelatinización, consistencia del gel y aroma, son factores importantes en el desarrollo de una variedad exitosa de arroz. De Datta (1986), mencionó que después del rendimiento, la calidad de grano es el factor más importante considerado por los fitomejoradores, los consumidores son un factor importante ya que, si no aceptan el sabor, textura, aroma o aspecto de una variedad recién desarrollada, su utilidad disminuye considerablemente. Por lo general, se prefieren arroces con un endospermo claro, y translúcido; los granos con áreas opacas en el endospermo se quiebran más fácilmente durante la molinería, perdiendo su valor nutricional (Arbildo, 2007).

El grano con áreas opacas en el endosperma, causadas por la poca compactación de las partículas de almidón y proteína, se quiebra fácilmente durante la molienda, perdiendo valor comercial, asimismo, se prefiere un grano completamente translúcido porque visualmente resulta atractivo para el consumidor; la opacidad del endosperma está bajo control genético, pero también ambiental, la alta temperatura inmediatamente después de floración aumenta el panza blanca (Olmos, 2007).

Las variedades que tienen un comportamiento superior de rendimiento en el campo no son fácilmente aceptadas por la industria molinera si el grano tiene una apariencia deficiente una vez molinado, el tamaño y la forma del grano están estrechamente relacionados con el 'índice de pilada' o rendimiento de grano entero en la molinería (Degiovanni *et al.*, 2010).

2.6.7 Peso de 1000 granos

Vergara (1990), mencionó que el peso del grano está controlado por el tamaño de las glumelas y el peso promedio de 1000 granos de una variedad debe ser igual o superior a 22 gramos. Hernández (1982), manifestó que el peso de 1000 granos es una característica muy estable, puede alterar en cierto grado el rendimiento pero que no siempre es un factor determinante para ello. El peso del grano varía en un rango bastante amplio oscilando entre ocho a 50 mg/grano, en el caso de la cáscara normalmente oscila entre el 20 y 21 % del total del grano; aparentemente no es posible mejorar el rendimiento del arroz molinado, disminuyendo el peso de la cáscara, sin embargo el rendimiento se podría aumentar incrementando el tamaño del grano, ya que

se ha definido que variedades con grano grande en el período de maduración acumulan más almidón (Jennings, 1985).

Para Degiovanni *et al.* (2010) el pesaje de mil granos constituyó un carácter estable en buenas condiciones de cultivo y sugirió que depende fundamentalmente de la variedad, empero un incremento en el rendimiento se puede lograr seleccionando materiales de mayor peso en el grano.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Generalidades de los métodos empleados

3.1.1. Métodos teóricos.

- Histórico-Lógico: se emplea con el objetivo de estudiar el devenir histórico del problema.
- Analítico- Sintético: para el análisis de la información obtenida y la elaboración de las conclusiones

3.1.2. Método Lógico

- Hipotético- Deductivo: Se utiliza para la deducción de conclusiones a partir de hipótesis inferidas de las técnicas empleadas o sugeridas por el conjunto de datos empíricos

3.1.3. Métodos empíricos.

- Observación: para obtener información primaria sobre el estado de los elementos relacionados con el objeto de investigación.
- Recopilación de la información: se emplea como método de indagación de información sobre la dinámica del objeto de investigación.
- Procesamiento y análisis de la información: se emplea para garantizar el análisis de la información obtenida por la investigación.
- Métodos Estadísticos

3.2 Localización del área experimental y caracterización de las variables climáticas y edáficas.

La investigación se realizó en áreas de la CPA “Revolución de Octubre” municipio Mayarí, provincia Holguín, durante la campaña de primavera del 2021. El suelo predominante es del tipo Vertisol (Hernández *et al.*, 2015), al cual se le realizó el análisis de las propiedades químicas mediante la toma de 30 muestras, tomadas en diagonal por toda el área, a 20 cm de profundidad; posteriormente, se mezclaron para preparar una muestra compuesta que fue utilizada en la caracterización. Los análisis de

las propiedades químicas del suelo se realizaron en el Laboratorio de Suelos y fertilizantes de la provincia Holguín, según la norma ramal establecida. Las variables climáticas se tomaron de los datos registrados por la Estación Meteorológica de Guaro, provincia Holguín.

3.3 Diseño experimental y tratamientos a utilizar

Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro réplicas, con 20 parcelas de 10 m² de área (5 X 2 m) para un área total experimental de 200 m². Se sembraron las semillas certificada del cultivar Selección 1 con un 98 % de germinación, aplicando una densidad de siembra de 120 kg ha⁻¹, 400 semillas por m² (4000 semillas por parcelas y 8000 semillas por tratamientos). El análisis de los resultados se realizó con ANOVA de clasificación doble, comparaciones de medias y prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 % de probabilidad de error, en los casos donde se presentaron diferencias significativas. En el proceso se utilizó el paquete estadístico ANALEX.exe.

El método de siembra utilizado fue a voleo y el tape, manual con el uso de un rastrillo.

Los tratamientos evaluados fueron:

Nro	Tratamiento	Dosis t.ha⁻¹
T1	Control	-
T2	Vitazime(Lt/ha)	1.5
T3	Estiércol vacuno + Vitazime(Lt/ha)	30 +1
T4	Estiércol vacuno	50
T5	Estiércol vacuno	60

El estiércol vacuno totalmente descompuesto se obtuvo de la vaquería de la entidad, cercana al sitio de experimentación y se aplicó previo a la preparación del suelo en toda el área de las parcelas según el tratamiento. El tratamiento que incluye el regulador del crecimiento Vitazyme, se aplicó en cuatro momentos (plántula (15ddg), ahijamiento activo (35ddg), punto de algodón (56ddg) y

quince días después del punto de algodón (70ddg) con el empleo de una asperjadora de mano Matabi de 16 Lt de capacidad y a una solución final de 270 Lt. Las atenciones culturales del cultivo se llevaron a cabo siguiendo lo establecido en el instructivo técnico del cultivo del arroz.

3.4 Variables evaluadas y métodos de evaluación para cada variable

- Número de plantas por m²: se realizó a los 30 días después de la siembra mediante el conteo en un marco de 0,25 x 0,25 m.
- Altura de la planta (cm): fue realizada con una regla milimetrada, midiendo desde la base del tallo hasta el ápice a los 104 días después de la siembra (10 plantas por réplica, tomadas al azar).
- Panículas por m²: se ejecutó, mediante el conteo de las panículas en un marco de 1 m², en cada réplica, por tratamiento (U) a los 80 días después de la siembra.
- Granos llenos y vanos por panícula: evaluados en una muestra de cinco panículas tomadas al azar en cada tratamiento y réplica (u) en el momento de la cosecha.
- Rendimiento agrícola: evaluado mediante la cosecha de 4 m² por tratamiento y réplica, se determinó el porcentaje de humedad con un humectrómetro, expresando el valor en toneladas por hectárea (t ha⁻¹) al 14 % de humedad del grano, con ayuda de la fórmula:

$$RA = \frac{10PM(100-HM)}{86 \times Ac}$$

RA - Rendimiento agrícola a 14 % de humedad del grano

10 - Cociente de conversión de kilogramo a tonelada.

PM - Peso de la muestra cosechada en kilogramo.

HM - Contenido de humedad del grano de la muestra cosechada (en por ciento)

100 - Contenido máximo posible de humedad del grano.

86 -Cociente de conversión del contenido de humedad del grano al 14%.

Ac - Área cosechada en metros cuadrados (m²).

3.5 Evaluación Económica

En la valoración económica se determinó: valor de la producción, valor de la producción adicional, costo y aplicación de la tecnología, así como las utilidades.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de las variables climáticas

Las variables climáticas en la zona de estudio durante los meses de junio a noviembre tuvieron un comportamiento normal para la exigencia del cultivo, con temperatura máxima y mínima 31.86 °C y 22.53 °C respectivamente, mientras el promedio de temperatura media fue 26,73 °C. La humedad relativa promedio registrada 80,18 %, mientras que el promedio de precipitaciones fuer 61,56 mm muy por debajo de los requerimientos del cultivo. (Tabla 1).

Tabla 1. Variables climáticas durante el período evaluado en el área experimental

Meses	Temperatura (°C)			Humedad Relativa(%)	Precipitaciones (mm)
	Máxima	Mínima	Media		
junio	31.5	22.6	26.6	84.7	52.8
julio	32.3	23.5	27.6	78.7	27.8
agosto	32.2	23.4	27.3	79.7	102.2
septiembre	33	22.6	27.3	76.7	26.9
octubre	32.4	22	26.7	78	23.6
noviembre	29.8	21.1	24.9	83.3	136.1

4.2 Análisis físico y químico del suelo y el estiércol vacuno utilizado

El suelo donde se desarrolló el estudio presentó un contenido de materia orgánica 2.2% bajo, con bajo contenido de fósforo asimilable 6.3mg/100g de suelo (Tabla 2).

Sin embargo, el contenido de potasio asimilable fue medio, según los indicadores que ofrece Paneque *et al.*, (2006).

No se presentaron problemas de salinidad según los valores bajos de porcentaje de sales solubles totales (SST) y valores de pH medios de 5.8. Esta situación pudo ser provocada, principalmente por la siembra continuada de arroz en la zona por más de 6 años, donde los suelos se caracterizan por una textura arcillosa pesada, de drenaje interno y externo deficientes dado su alto contenido de arcilla del tipo 2:1. Díaz *et al.* (2009) expresaron que los suelos arroceros en el país, debido al manejo a que están sometidos (monocultivo) experimentan una fuerte degradación y empobrecimiento, con la consiguiente caída de los rendimientos.

Por otra parte, el estiércol vacuno presenta un elevado contenido de materia orgánica. Adicionalmente, son apreciables los contenidos de fósforo y potasio que pueden suplir las deficiencias del suelo en estudio. Con bajo contenido de sales solubles totales.

Tabla 2. Características físicas y químicas del suelo en estudio y estiércol vacuno empleado.

Parámetros	Suelo	Estiércol Vacuno
pH(H ₂ O)	5.8	7.3
Materia orgánica (%)	2.2	44
Nitrógeno (%)	n.d.	2.47
Fósforo mg/100g	6.3	17.2
Potasio mg/100g	22.4	16
Sales solubles totales	0.058	0.7

n.d. no determinada

4.3 Efectos sobre el número de plantas por metro cuadrado

La aplicación de diferentes dosis de estiércol vacuno y su combinación con el bioestimulante Vitazyme, produjo diferencias significativas en el indicador número de plantas por metros cuadrados en todos los tratamientos (Figura 1). Destacándose las aplicaciones de estiércol vacuno a 60 t. ha⁻¹ y la combinación de este a 30 t. ha⁻¹ con el bioestimulante Vitazyme a 1.5 lt. ha⁻¹ con 219 y 216 plantas /m² superior estadística y cuantitativamente al resto de las variantes en estudio. Este indicador caracteriza la cantidad de semillas que germinaron y se convirtieron en plantas. Al considerar que el poder germinativo de las semillas sembradas era del 98 %, los resultados sugieren que la aplicación del estiércol bovino en el área de producción tuvo una marcada incidencia en este indicador.

Por su parte la aplicación de Vitazyme combinada con el estiércol vacuno permitió hacer un uso eficiente de los nutrientes disponibles en el suelo mejorando la capacidad de ahijamiento del tratamiento en estudio.

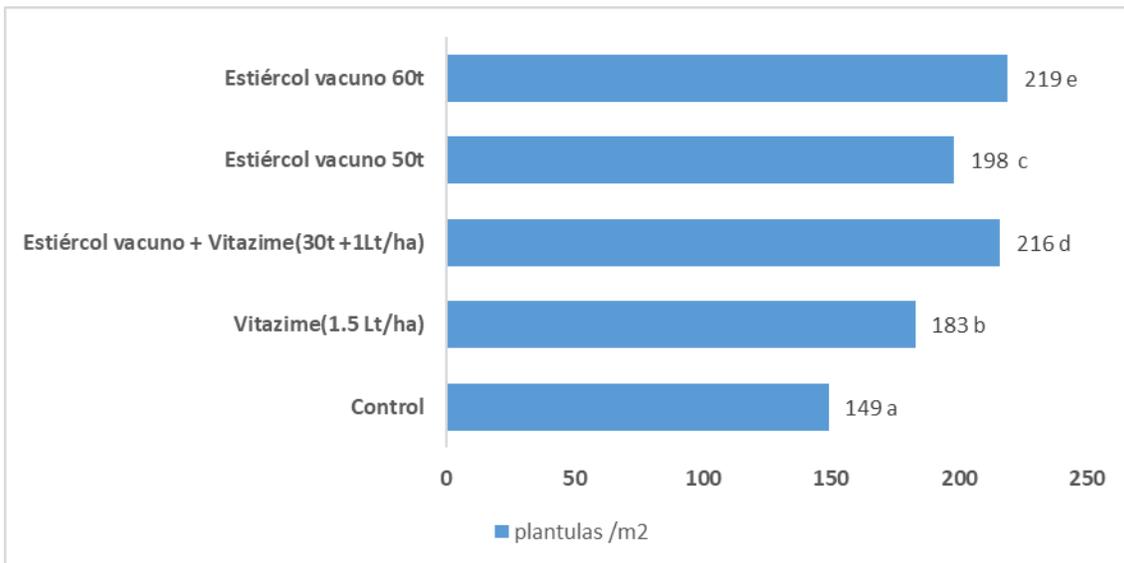


Figura 1. Cantidad de plantas por metros cuadrados a los 30 días después de la siembra.

Medias con letras diferentes difieren significativamente ($p \leq 0,05$) SE = 2.19 CV=1.14%

En tal sentido Matos *et.al.* (2018), refiere que el producto Vitazyme juega un rol importante en la estimulación biológica para los cultivos y el suelo; además de complementar y mejorar regímenes agrícolas tanto convencionales como orgánicos;

acelerando el crecimiento de las hojas y raíces; facilita la fotosíntesis; aumenta el contenido de clorofilas en las hojas, fortalece la resistencia a la sequía; promueve el aprovechamiento de nitrógeno; aumenta el vigor y el crecimiento de las plantas; estimula a los microorganismos del suelo; facilita la absorción de los elementos nutritivos esenciales y los estimulantes del crecimiento.

Este resultado coincide con lo informado por Arias *et al.* (2010) quienes encontraron un efecto positivo en la aplicación de materia orgánica en el arroz. Ellos describen que la razón de la eficacia de la materia orgánica en el mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos radica, en que son capaces de absorber agua en cantidades equivalentes a varias veces su peso en estado seco y al absorberla su volumen aumenta considerablemente. Asimismo, señalan que poseen elevada capacidad de absorción de elementos nutritivos de la disolución, así como de mantener los mismos de forma intercambiable para su utilización por la planta.

Por otra parte, Campos (2003) explica que esta clase de abonos no sólo aportan al suelo materias nutritivas, sino que, además, influyen de modo positivo sobre la estructura y textura del suelo debido a la formación de agregados más estables, aumenta la capacidad de intercambio iónico y absorción de agua por la semilla, activa la disponibilidad de nutrientes, regula el pH del suelo, aumenta la actividad microbiana y favorece la asimilación de los nutrientes por su lenta liberación.

4.4 Respuesta de la altura de la planta a la aplicación de estiércol Vacuno y su combinación con el bioestimulante Vitazyme.

En la Figura 2 se muestran las alturas de las plantas de arroz a partir de la aplicación del estiércol vacuno. Al realizar el análisis se destacan las variantes que incluyeron las mayores dosis de estiércol vacuno y su combinación con el bioestimulante Vitazyme, diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos en estudio con 104.5, 103.1 y 101.25 cm de altura respectivamente. La aplicación combinada de estiércol vacuno a 30.0 t. ha⁻¹ con vitazyme a 1.0 lt.ha⁻¹ no presentó diferencia significativas con respecto a las variantes que incluyeron las mayores dosis de estiércol vacuno.

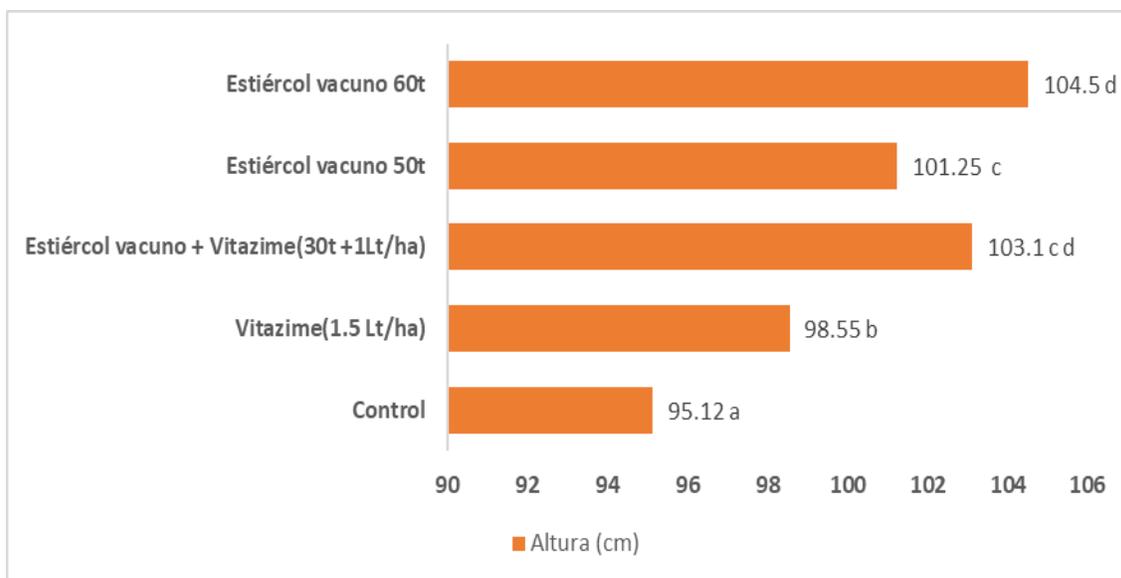


Figura 2. Altura de las plantas provenientes de los tratamientos a los 104 días después de la siembra.

Medias con letras iguales no difieren significativamente, ($p \leq 0,05$) SE = 1.24 CV=1.23%

La altura de la planta es un parámetro importante ya que es un indicativo de la velocidad de crecimiento y está determinado por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a las panículas, existiendo diferentes factores que pueden influir como son las condiciones climáticas, el carácter genético de la especie, el tipo, la fertilidad y el manejo agronómico del suelo (Cristo *et al.*, 2016).

Estos resultados pueden estar relacionados con el hecho que los abonos orgánicos y los bioestimulantes, ejercen efectos fisiológicos y metabólicos muy significativos sobre el ciclo biológico de los cultivos. Conjuntamente, son capaces de estimular los procesos fisiológicos de las plantas y mejorar la absorción de nutrientes (Reyes-Pérez *et al.*, 2018).

El estiércol vacuno tiene alto contenido de nitrógeno que puede ponerse disponible rápidamente para las plantas a diferencia del control sin aplicación, lo cual incrementa la capacidad de intercambio y disponibilidad de nutrientes de los suelos, necesarios para el crecimiento de las plantas. La influencia de la materia orgánica, en el crecimiento de las plantas de interés agrícola, ha sido reportada por varios

autores (Espinosa y Molina 2015; Reyes-Pérez *et al.*, 2018) resultados estos que han sido obtenidos en diferentes cultivos.

4.5 Efectos sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del arroz cv. Selección 1.

Al evaluar el comportamiento de las variables del rendimiento en los tratamientos en estudio (Tabla 3), se pudo observar que el tratamiento que incluyó estiércol vacuno a razón de 60t.ha⁻¹ se diferenció significativamente del resto de los tratamientos evaluados en todas sus componentes al cansando un rendimiento de 7.8t.ha⁻¹, seguido por la variante T3 con 6.21t.ha⁻¹ las variables de mayor influencia en estos resultados fueron las panículas/m² y los granos llenos por panículas los cuales mostraron la mayor incidencia en los resultados obtenidos con diferencias significativas destacándose T5 y T3 con los mayores valores de estos indicadores. En cuanto al peso de 1000 granos, todos los tratamientos fueron significativamente superior al control, las variables que incluyeron el bioestimulante Vitazyme (T2 y T3), no se diferenciaron significativamente del tratamiento T4 que aplicó una dosis de estiércol vacuno de 50t.ha⁻¹, la dosis de 60t.ha⁻¹(T5) resultó ser significativamente superior a todas las variantes en ensayo con 28.72g.

Tabla 3. Comportamiento del rendimiento agrícola y sus componentes en el cultivar Selección 1.

Tratamientos	Panículas /m ²	Granos llenos/panículas	Peso de 1000 granos(g)	Rendimiento agrícola al 14% de humedad (t.ha ⁻¹)
T1	260 a	47 a	27.50 a	3.26 a
T2	324 b	55 b	28.06 b	5.0 b
T3	341 d	66 c	28.30 b	6.21 c
T4	335 c	56 b	28.20 b	5.20 b
T5	345 e	77 d	28.72 c	7.8 d

Error Estándar	5.25	1.04	0.05	0.07
C.V	0.71	1.68	0.80	4.97

Según Verdecia (2011), en un estudio sobre la influencia de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivar de arroz INCA LP-5, el nitrógeno produce un efecto altamente significativo sobre esta variable, sin embargo, fueron las dosis superiores a 80 kg ha⁻¹ de nitrógeno las que marcaron diferencias significativas, respecto a los niveles de 40 kg ha⁻¹ de nitrógeno y el control (sin aplicación). Entre los cuatro niveles superiores no hubo diferencias significativas, mientras que el control fue el de menor resultado. Lo anteriormente observado indica la necesidad de este nutriente para lograr cantidades adecuadas de panículas por unidad de área, pero utilizado de forma racional, pues no es necesario emplear altas dosis para obtener un número adecuado de panículas.

Similares resultados fueron alcanzados por Aguilera (2012) al realizar un estudio del efecto de la ceniza procedente de la industria azucarera en el crecimiento y desarrollo del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.), donde el indicador número de espigas por metro cuadrado, en los tratamientos ceniza + urea causaron los mayores valores respecto a los tratamientos controles, provocando un aumento en el número de espiga por área debido a los aportes de macro y micronutrientes. En la mayoría de las plantas el fósforo se redistribuye fácilmente de un órgano a otro acumulándose en las flores y semillas en desarrollo y al aumentar el potasio con la aplicación de ceniza, aumenta la resistencia al encamado, las enfermedades y las condiciones climáticas desfavorables en el cultivo. El estiércol aporta igualmente macro y microelementos.

4.6 Evaluación Económica

Tabla 4. Evaluación Económica de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Rendimiento	Producción Adicional	Precio	Valor de la producción Total	Valor de la producción adicional	Costo	(Utilidades)
	t/ha		\$/t			\$/ha	\$
Control	3.26		6922.00	22565.72	0,00	27284.40	-4718.68
Vitazime(1.5 Lt.ha ⁻¹)	5.0	1.74	6922.00	34610.00	12044.28	24904.40	9705.60
Estiércol vacuno 30t + Vitazime(1 Lt.ha ⁻¹)	6.21	2.95	6922.00	42985.62	20419.90	25340.60	17645.02
Estiércol vacuno 50t	5.2	1.94	6922.00	35994.40	13428.68	25700.00	10294.40
Estiércol vacuno 60t	7.8	4.54	6922.00	53991.60	31425.88	26350.43	27641.17

Como puede apreciarse en la tabla 4, se destacan los tratamientos que incluyeron la aplicación de estiércol vacuno a razón de 60t.ha⁻¹ y 30t de estiércol con aplicación del bioestimulante Vitazyme a 1 Lt.ha⁻¹ con incremento de la producción de 4.54 y 2.95 t respectivamente alcanzando 31.4 y 20.41MP muy superior cuantitativamente al resto de los tratamientos en estudio; en sentido general todos los tratamientos mostraron utilidades pero estas resultaron cuantitativamente superior en los tratamiento T5 y T3 con 27.64 y 17.64 MP. El estudio mostro que cuando no se fertiliza los rendimientos obtenidos son bajo con pérdidas de hasta 4.7MP. ha⁻¹

En la actualidad, según la Resolución 189/21 “Carta procedimiento del Arroz”, del Ministerio de la Agricultura, cifra el precio del arroz cáscara húmedo en \$6922,00, por lo que para obtener mayores beneficios se requiere de incurrir en menos gastos.

V.CONCLUSIONES

1. Se construyó una perspectiva teórica relacionado con el tema en estudio a partir de fragmentos de teorías plasmado en la literatura internacional y nacional sobre el empleo de la fertilización orgánica y el empleo del bioestimulante Vitazime en el cultivo del arroz.
2. Los tratamientos de estiércol vacuno a razón de $60\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y su combinación de $30\text{t}+1\text{lt}\cdot\text{ha}^{-1}$ del bioestimulante Vitazyme se diferenciaron significativamente con $7.8\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $6.21\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ del resto de los tratamientos, alcanzando los mayores incrementos en las componentes del rendimiento del cultivar Selección 1 en la CPA Revolución de octubre de Mayarí.
3. Las aplicaciones de estiércol vacuno tienen una influencia positiva en el desarrollo del cultivo del arroz cuando se aplican dosis de $60\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ con incremento en el número de plantas (219) y la altura del cultivo de arroz (104.5cm), muy superior al resto de los tratamientos en estudio.
4. Los tratamientos con estiércol vacuno a razón de $60\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y sus mezclas con Vitazyme ($30\text{t}+1\text{lt}\cdot\text{ha}^{-1}$) lograron una producción adicional respecto al control de 4.54 y 2.95 t respectivamente, que representó \$31.4 y \$20.41MP superior en valores al resto de los tratamientos en estudio.
5. Todos los tratamientos mostraron utilidades, pero estas resultaron cuantitativamente superiores, con la aplicación de estiércol vacuno a razón de $60\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y sus mezclas con Vitazyme ($30\text{t}+1\text{lt}\cdot\text{ha}^{-1}$) con \$27.64 y \$17.64 MP. El estudio mostro que cuando no se fertiliza los rendimientos obtenidos son bajo con pérdidas de hasta $4.7\text{MP}\cdot\text{ha}^{-1}$.

VI.RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de estiércol vacuno a razón de $60\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ incorporado en la última labor de grada y las mezclas de estiércol vacuno y Vitazyme ($30\text{t}+1\text{lt}\cdot\text{ha}^{-1}$) para sustituir la fertilización mineral en otras entidades productoras de arroz, bajo condiciones similares a las que fue realizado el estudio en el territorio de Mayarí.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA, G. (2012). Efecto de la ceniza procedente de la industria azucarera en el crecimiento y desarrollo del cultivo del arroz (*Oriza sativa* L.) establecido en la provincia Granma. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias agrícolas, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba, 80 p.

ALFONSO, R. (2011): "El arroz: un cereal imprescindible Entrevistado por Margarita Polo Viamontes". *Infomed*. La Habana, Cuba, pp. 89-97.

ALLARD, W. (1967): Principio de la mejora genética de plantas. Primera edición, La Habana.Cuba, p. 498.

ÁLVAREZ, J. (2005). Respuesta del arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Fedearroz 50 a diferentes dosis y épocas de aplicación de un fertilizante enriquecido con materia orgánica bajo las condiciones agroecológicas de la meseta de Ibagué y el Guamo en el Tolima. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 73 h.

ANGARICA, E., CREACH R., REYNOSA R., DÍAZ D., ROJAS M. Y GARCÍA P. (2004). Evaluación del Vitazyme como estimulante del crecimiento de la caña de azúcar y cultivos de ciclo cortó.

ANSARI, M; T. S. SHAHEEN, S. BUKHARI y S. HUSNAIN.: "Mejoramiento genético en arroz para tolerancia al estrés biótico y abiótico". *Diario turco de Botánica*, (39), pp 911-919, 2015. En sitio web:https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=@hl=es@prev=search@rurf=translate.google.com.cu@sl=en@sp==nmt4@ushttp:dx.doi.org/10.3906/bot.1503-47@usg=ALkhiUzGTYesSbFCiVs5EdU6NcOz17A. [Consultado el 5 de mayo de 2022].

ANSARI, M; T. S. SHAHEEN, S. BUKHARI y S. HUSNAIN.: "Mejoramiento genético en arroz para tolerancia al estrés biótico y abiótico". *Diario turco de Botánica*, (39), pp 911-919, 2015. En sitio web:https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=@hl=es@prev=search@rurf=translate.google.com.cu@sl=en@sp==nmt4@ushttp:dx.doi.org/10.3906/bot.1503-47@usg=ALkhiUzGTYesSbFCiVs5EdU6NcOz17A. [Consultado el 5 de mayo de 2022].

ARIAS, E., MARTÍNEZ, F. y GARCÍA, C. (2010). Manual de procedimientos para Abonos Orgánicos. ACTAF, MINAG, Editora Agroecológica, La Habana, Cuba, 28p.

BASAVARAJA, T; M. ASIF, S. K. MALLIKARJUN y S. GANGAPRASAD. (2013): "Variabilidad, heredabilidad y avance genético para rendimiento y rendimiento atribuyendo caracteres en diferentes arroces locales (*Oryza sativa* L.) cultivares". *Asiático J. de Bio. Sci.*; 8 (1), pp. 60-62.

BASHRI, G., PATEL, A., SINGH, R., *et al.* (2017). Mineral Solubilization by Microorganism: Mitigating Strategy in Mineral Decient Soil. In: Patra, J., Vishnuprasad, C. and Das, G. (eds) *Microbial Biotechnology*. Springer, Singapur.

BASHRI, G., PATEL, A., SINGH, R., *et al.* (2017). Mineral Solubilization by Microorganism: Mitigating Strategy in Mineral Decient Soil. In: Patra, J., Vishnuprasad, C. and Das, G. (eds) *Microbial Biotechnology*. Springer, Singapur.

BOLIVAR, F.M. (2018). Respuesta del arroz a la fertilización nitrogenada orgánica y mineral bajo dos sistemas de producción en el departamento del Meta. Trabajo de grado de Ingeniero Agrónomo.

CALDERÓN, D. (2015): "Caracterización de la arquitectura de la panícula y caracteres agronómicos en una población f2 entre dos tipos de planta de arroz (*oryza sativa* L.) contrastante ", s.f. En sitio web:<http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1597/1/CARACTERIZACION%20DE%20LA%20ARQUITECTURA%20DE%20LA%20PANICULA%20Y%20CARACTERES%20AGRONOMICOS%20EN%20UNA%20POBLACION%20F2%20EN.pdf>. [Consultado el 15 de mayo de 2022].

CAMPOS, I. (2003). Suelos, abonados y fertilizantes. ¿Cómo mejorar la fertilidad del terreno? Editorial Del Vecchi, Barcelona, España, 10 p.

CASTILLA L.A. (2000). Factores que afectan la eficiencia de la fertilización en el cultivo del arroz. Fundamentos técnicos de los fertilizantes y la fertilización en el cultivo del arroz. Ibagué.

CASTILLA L.A. (2002). Factores que afectan la eficiencia de la fertilización en el cultivo del arroz. Fundamentos técnicos de los fertilizantes y la fertilización en el cultivo del arroz. Ibagué.

Centro De Investigación Agrícola Tropical (CIAT BO), (2005). Variedades Recomendadas De Arroz Para Sistema De Chaqueado Y Mecanizado. Informe Anual Del Mes De Marzo. Santa Bo. 14 P.

Centro Internacional Agrícola Tropical (CIAT), (1991). Informe Anual De Arroz. Gestión 1990. Cali, Co. Pp 34 – 40.

CHANDLER, R. (1993). Arroz en los trópicos. Ica (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Cr). serie de investigaciones. San José, Cr. 280 P.

CHANDLER, R. F. (1984): "Arroz en los trópicos". Guía para el desarrollo de programas nacionales, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA) San José, Costa Rica. P. 280.

CHASTAIN, T.: "Yield components and crop yield. Crop Ecology and Morphology", s.f. En sitio eb: [http://cropandsoil.oregonstate.edu/system/files/u528/Yield %20Components%20and%20Crop%20Yield.pdf](http://cropandsoil.oregonstate.edu/system/files/u528/Yield%20Components%20and%20Crop%20Yield.pdf). [Consultado el 15 de mayo de 2022].

CRISTO, E., GONZÁLEZ, M.C. y PÉREZ, N. (2016). Evaluación de nuevos cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de bajos suministros de agua y fertilizante en la provincia de Pinar del Río. *Cult. Trop.*, 37 (2): 127-133.

Cuba. MINAGRI (2005). Instructivo técnico del cultivo del arroz. p. 84-86.

DE DATTA SK Y AURORA M. BALTASAR. (1996). Weed control technology as a component of rice production system. In BA Auld y Kim (Edit) Weed management in rice. FAO. Plant Production and Protection paper. 139 pp. 27 – 52.

DEGIOVANNI, V; C. MARTÍNEZ y F. MOTTA.: *Producción eco eficiente del arroz en América Latina*. Tomo I. Capítulos 1 -24. ISBN 978-958-694-103-7, (2010). En sitio web: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_ecoeficiente_del_arroz.pdf. [Consultado el 12 de mayo 2022].

DÍAZ, G., RUIZ, M., ÁLVAREZ, G. y CASTILLO, A. (2009). Estudio de diferentes prácticas agrícolas para buscar sostenibilidad en la producción arrocerá. *Cultivos Tropicales*, 30 (1): 49-56.

Dirección de ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), Secretaria de Agricultura Ganadería (SAG). *Manual técnico para el cultivo del arroz*. Comayagua, Honduras, C. A: p 59. En sitio web: <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-delarroz.pdf>. [Consultado el 12 de mayo 2022].

EAGLE, A., J. BIRD, J. HILL, W. HORWATH AND C. KESSEL. (2001). Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in rice following straw incorporation and Winter flooding. *Agron. J.* 93:1346–1354.

ESPINOSA, J. (2006) “Manejo de nutrientes”, Instituto de la Potasa y el Fósforo, 2006.

ESPINOSA, K. y MOLINA, M. (2015). Evaluación agronómica de hortalizas de hoja, col china (*Brassica campestris*) y perejil (*Petroselinum crispum*) con fertilizantes orgánicos. *UTCiencia*, 2 (1): 29-34.

FAO. (2020). Año internacional de Arroz [en línea] 2004, Disponible en: <http://www.rice204.com>. [Consulta 18-4-2022].

FAO. (2021). Características del arroz [en línea], Disponible en: <http://www.botanical-online.com/arroz.htm>. [Consulta 24-5-2022].

GONZÁLEZ, F., NAVARRO, I, CASTRO, P. (2005). Tecnología y nuevos equipamientos para la producción arrocerá. En: Programas y Resúmenes del III Encuentro Internacional del Arroz. La Habana, Cuba. p. 67-78.

GONZÁLEZ, H. (1992). Efecto de N y S en producción y calidad de arroz *Oryza sativa*. Trabajo de grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

GRILLO, J. M.; O. MORALES; M. SOCORRO; D. HERNÁNDEZ; M. RODRÍGUEZ Y LAUDELINA LUGO. (2003). Alternativas para el ahorro de fertilizantes en el cultivo del arroz. Suelos, Fertilización, Poscosecha e Impacto Social. Memorias Primer Forum Ramal del Cultivo del Arroz. p. 8-12.

GROSS, B. L. Y ZHAO, Z.: "Archeological and genetic insights into the origins of domesticated rice". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, pp. 6190-6197, 2014. En sitio web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4035933/>. [Consultado el 15 de mayo de 2022].

HERNÁNDEZ, J.A., PÉREZ, J.J.M., BOSCH, I.D. y CASTRO, S.N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. INCA, Mayabeque, Cuba, 93 p.

IIA (2000). "Instructivo Técnico del cultivo del arroz". Folleto publicado, año 2000.

IIA, (1998). Curso Básico del cultivo del Arroz, pág. 62, Folleto, La Habana, Cuba.

IIARROZ. (2000). Instructivo Técnico del Arroz. Nutrición del Arroz. Cap. 7. P. 74 - 100. La Habana.

IIARROZ. (2003). Informe final del proyecto " Servicio Agroquímico y Estrategia para la fertilización del Arroz". Folleto en proceso de publicación. Mayo del 2003.

IKEDA, M; Y. HIROSE, T. TAKASHI, Y. SHIBATA, T. YAMAMURA y H. KOMURAKITANO.: "Analysis of rice panicle traits and detection of QTLs using an image analyzing method". *Breeding Science*, 60(1), pp. 55–64. doi:10.1270/jsbbs.60.55.

InfoAgro.: "EL cultivo del arroz", (2012). En sitio web: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>. [Consultado el 22 de mayo 2022].

Instituto de Investigaciones del Arroz (IIA). (2005). Instructivo Técnico del Cultivo del arroz. Cuba, la Habana, pp. 2.

Instituto de Investigaciones del Arroz. (2008). Cultivo de Arroz en Cuba. Ed. IIA, La Habana.

JENNINGS, P. R; W.R. COFFMAN y H. E. KAUFFMAN (1981): *Mejoramiento de arroz*. Centro internacional de agricultura tropical – CIAT. Colombia, p. 233.

KATO, T.: "Variation and Association of the Traits Related to Grain Filling in Several ExtraHeavy Panicle Type Rice under Different Environments". *Plant Production Science*, 13 (1): 185-192, 2010. En sitio web:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1626/pps.13.185>. [Consultado el 12 de mayo 2022].

KATSURA, K; S. MAEDA, T. HORIE Y T. SHIRAIWA.:“Analysis of Yield Attributes and Crop Physiological Traits of Liangyoupeijiu, a hybrid recently bred in China”. *Field Crops Research*, 103: pp.170-177, 2007. En sitio web: https://www.researchgate.net/publication/248423536_Analysis_of_yield_attributes_and_crop_physiological_traits_of_Liangyoupeijiu_a_hybrid_rice_recently_bred_in_China. [Consultado el 12 de mayo 2022].

KAZUNORI, T. AND J.F. MA. (2008). Reexamination of silicon effects on rice growth and production under field conditions using a low silicon mutant. *Plant and Soil* 307: 21–27.

LA CASA, A. (1990). *Fertilización de origen biológico*. CIDA, pp. 24-31.

LITSINGER, (1993). Evaluación del potencial del incremento de producción en el trópico boliviano. Cochabamba, Bolivia. Pp 2 -50.

MARTÍNEZ R. C. P. (1985): Registros de cruzamiento de arroz, CIAT, Colombia, p. 313.

MATOS, Y, OCHOA, P, SÁNCHEZ, E, MENÉNDEZ, M Y BUSTAMANTE, C, (2018). Efecto del Vitazyme en el crecimiento del cacao a los dos años de edad. INCA 2010.

MIRANDA, C. A.; P. PANEQUE; N. ABRAHAM Y M. SUÁREZ. (2009). Análisis comparativo de los costos totales energéticos, de explotación y consumo de combustible del cultivo del arroz en las tecnologías en seco y fangueo directo, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3): 70-75.

MUÑIZ, O. Y R. BELTRAN. (2002). Alternativas Orgánicas al uso de los fertilizantes químicos en el cultivo del arroz irrigado. 2do Encuentro Internacional de Arroz (Memorias). Palacio de Convenciones de la Habana, Cuba. p. 134 - 136.

MURAOKA, T., J. AMBROSANO, F. ZAPATA, N. BORTOLETTO, A. MARTINS, P. TRIVELIN, A. BOARETTO Y W. SCIVITTARO. (2001). Eficiencia de abonos verdes (crotalaria y

mucuna) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. *Terra Latinoamericana* 20(001): 17–23.

NÚÑEZ, M. (1994). Influencia de análogos de brasinoesteroides en el rendimiento de diferentes cultivos hortícolas En: *Cultivos tropicales*, 15(3), p. 87.

OLMOS, S.: “Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz”. *Cátedra de Cultivos II*, Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE, Corrientes –Argentina, (2007). En sitio web: <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/ApunteMORFOLOGIA.pdf>. [Consultado el 12 de mayo 2022].

OLMOS, S.: “Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz”. *Cátedra de Cultivos II*, Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE, Corrientes –Argentina, (2007). En sitio web: <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/académico/ApunteMORFOLOGIA.pdf>. [Consultado el 12 de mayo 2022].

OSPINA, Y.: “Respuesta al a selección y a la recombinación en la población de arroz (*Oryza sativa* L.) de secano PCT-4”. (2003). Tesis, Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, p.76.

PANEQUE, V., CALAÑA, J., CALDERÓN, M., *et al.* (2006). Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba, 159 p. ISBN: 978-959-7023-51-7.

PDI, (2021). Programa de desarrollo Integral Mayarí. Informe.261p.

PENG, S; G. S. KHUSH Y K. G. CASSMAN. (1993):“Evolution of the New Plant Ideotype for Increased Yield Potential”. In: *Breaking the Yield Barrier: Proceedings of a workshop on rice yield potential in favorable environments*. IRRI, Manila, Phillipines. p. 5-20.

PENG, S; K. CASSMAN, S. VIRMANI y G. KHUSH.:“Yield potential trends of tropical rice since the release of IR 8 and the challenge of increasing rice yield potential”. *Crop Science*, 39: pp.1552-1559, (2004).En sitio web:

<https://pdfs.semanticscholar.org/3e25/d5823bd01e34422f443e17189a91896c181d.pdf>. [Consultado el 2 de mayo 2022].

PEÑA L. R.; J. AVILA; R. PEÑA. (2001). Efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento agrícola y sus componentes en las variedades de arroz IACuba 28 y J104. *Revista Cubana del Arroz*. V 3 No. 1 pag 43 - 50. ISSN: 1607-6273.

PEÑA, L. R.; A. DUANY; J. ÁVILA Y R. PEÑA. (2004). Densidad de siembra y fertilización nitrogenada óptimos para la variedad de arroz Reforma en la época de seca. 6(1): 30 –36.

RACCHUMI, A. (1992): “Evaluación y selección de germoplasma de arroz para suelos ácidos”. En: M. arca (ed) (1992). *Suelos amazónicos N° SA-05. Proyecto suelos tropicales*. Instituto nacional de investigación agraria y agroindustrial (INIAA). Lima, Perú. p.34.

REYES-PÉREZ, J., LUNA-MURILLO, R., ZAMBRANO-BURGOS, D., *et al.* (2018). Efecto de abonos orgánicos en el crecimiento rendimiento agrícola de la berenjena (*Solanum melongena* L.). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, Biotecnia*, XX, (1): 8-12.

SÁNCHEZ, S., Y SOCORRO, M. (2008). Tecnología del cultivo del arroz en pequeña escala. Biblioteca Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF).

SANZO, R; R. PÉREZ, P. MENESES, R. SABORIT, J. GARCÍA, R. RODRÍGUEZ, R. MENESES y R. JIMÉNEZ, (2008). “ABC” *Técnico del Arroz Popular*, segunda edición, Instituto de Investigaciones del Arroz, Estación Territorial de Investigaciones del Arroz “Sur del Jíbaro”, Sancti Spíritus.

SHEEHY, J.; DIONORA Y M. MITCHELL.: “Spikelet numbers, sink size and potential yield in rice”. *Field crops research*, 71: pp.77-85, 2001. En sitio web: https://www.researchgate.net/publication/222150689_Spikelet_numbers_sink_size_and_potential_yield_in_rice. [Consultado el 15 de mayo 2022].

SLATON, N.A., R.J. Norman, D.L. Boothe, S.Ntamatungiro, S.D. Clark, C.E. Wilson and R.E.DeLong. (2000). Potassium nutrition of rice:summary of 2000 research studies. pp. 395–405. En:Rice Research Studies Series 2000, Arkansas.

SOCORRO, M. I. FRANCO, J. SABORIT Y O. MORALES (2005). Efecto del Biorregulador Vitazime sobre el cultivo de arroz de riego, Reunión técnica del 2006.

SOTO, B. S. (1991). Estudio de Observación de 20 variedades USA y 7 líneas promisorias nacionales en comparación con dos testigos comerciales de arroz. Managua, Nicaragua. 145 p.

TISDALE, S. AND W. NELSON. (1966). Soil Fertility and Fertilizers. Segunda edición. The MacMillan Company. New York. 752 p.

TORRES, E. A (2012): “Incremento del Potencial de Rendimiento en Variedades Convencionales”.

VERDECIA, C. (2011). Estudio de Densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de la variedad de arroz LP-5.Tesis de diploma, Facultad de Ciencias agrícolas, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba, 35 p.

VERDECIA, C. (2011). Estudio de Densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de la variedad de arroz LP-5. Tesis de diploma, Facultad de Ciencias agrícolas, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba, 35 p.

VERGARA, B. (1990). Guía del Agricultor párale cultivo del Arroz. Editorial Limusa, México.

ZHANG, H; L. LI, L. YUAN, Z. WANG, J. YANG Y J. ZHANG.: “Post-anthesis alternate wetting and moderate soil drying enhances activities of key enzymes in sucrose-to-starch conversion in inferior spikelets of rice”. *Journal of Experimental Botany*, 63(1), pp. 215–27. doi:10.1093/jxb/err263, (2012). En sitio web:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21926094>. [Consultado el 19 de mayo 2022].

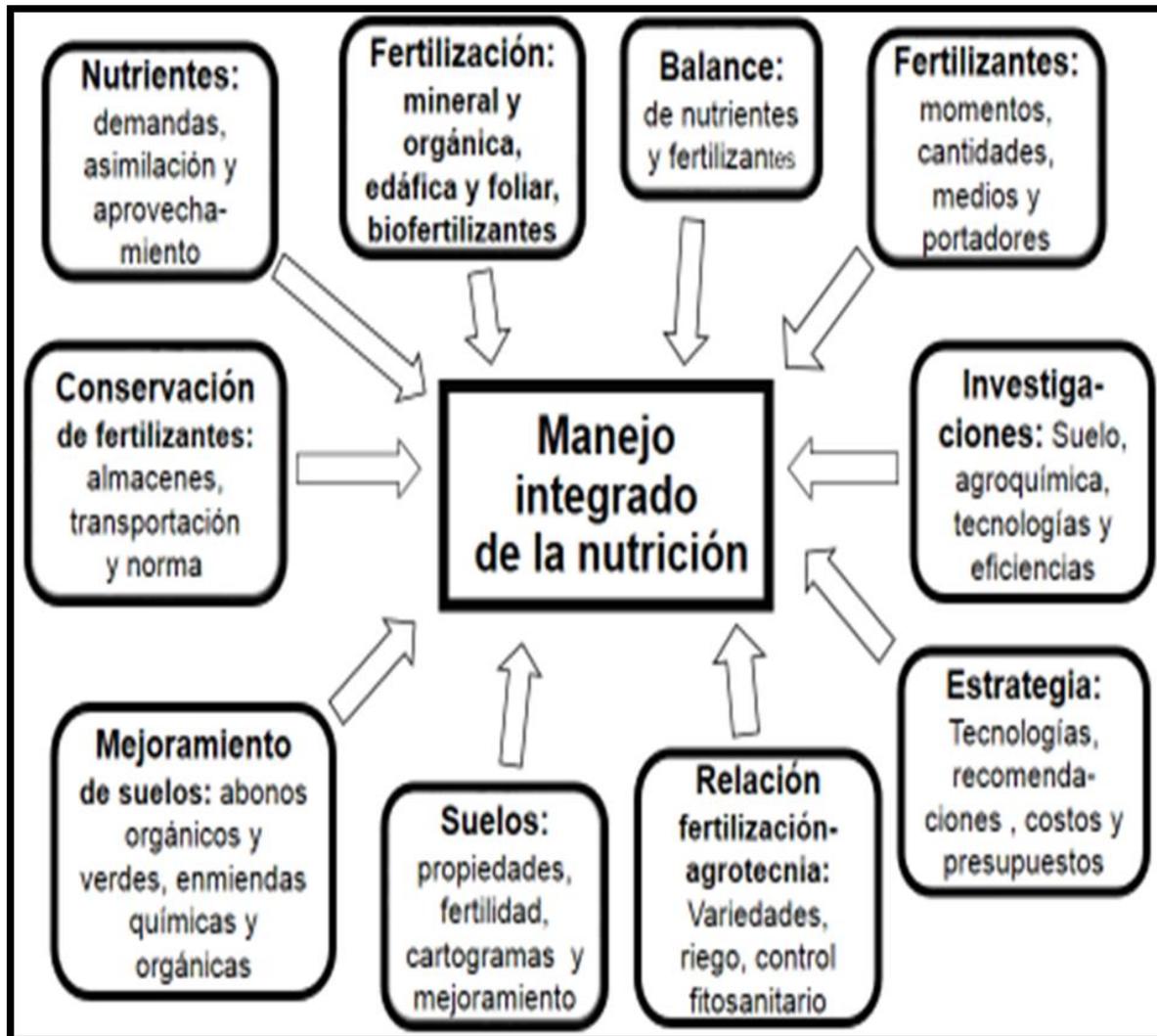
ZHAO, Z.: "New archaeo botanic data for the study of the origins of agriculture in China". *Current Anthropology* 52: 295-306, 2011. En sitio web: <http://arkeobotanika.pbworks.com/w/file/59371710/Bar%20Yosef%2011%20Climatic%20fluctuation%20and%20early%20farming.pdf>. [Consultado el 22 de mayo 2022].

ANEXOS

ANEXOS 1 Efecto de la temperatura (°C) sobre el crecimiento y el desarrollo de la planta de arroz.

Crecimiento y desarrollo de la planta	Baja temperatura		Alta temperatura		Temp. óptima
	Rango	Efecto	Rango	Efecto	
Germinación	10	Inhibición	45	-	20-35
Emergencia de la plántula	12-13	Demorada	35	-	25-30
Enraizamiento	16	Raquitismo	35	-	25-28
Hoja	7-12	Decoloración de la hoja, raquitismo	45	Punta blanca, bandas cloróticas y manchas	31
Macollaje	9-16	Reducido	33	Reducido	25-31
Iniciación de la panoja	15	Demorada	-	Panoja blanca	-
Diferenciación de la panoja	15-20	Degeneración del ápice de la panoja, alta esterilidad de la espiguilla	38	Número reducido de espiguillas	-
Exerción de la panoja	22	Exerción incompleta, floración demorada	35	Esterilidad	30-33
Grano	12-18	Madurez irregular	30	Menor llenado del grano	20-25

ANEXOS 2. Componentes del manejo integrado de la nutrición en el cultivo del arroz.



Anexo3. Intensidad de absorción de nutrientes primarios y secundarios

Nutrientes	Intensidad de la absorción
N	Incremento progresivo con el crecimiento desde la germinación y el máximo de absorción lo alcanza la planta durante la diferenciación floral; después disminuye hasta la paniculación y permanece constante hasta la maduración.
P	Se incrementa también con el crecimiento y el máximo ocurre durante la diferenciación floral; después disminuye hasta la paniculación.
K	Se incrementa con el crecimiento de la planta y Sólo el 10% del Potasio que demanda el arroz se exporta del campo en la masa de granos hacia el secadero y el 90% queda en la paja que se puede incorporar al suelo
Ca	Similar tendencia que el potasio.
Mg	Es alto durante el crecimiento hasta la mitad del período de paniculación, disminuyendo gradualmente después.
S	Disminuye con el crecimiento de la planta

Anexo 4. Portadores de fertilizantes minerales edáficos más empleados (Riqueza en %).

Nutrientes	Nitrogenados			Fosfóricos	Potásicos		Zincados
	Urea	Sulfato Amonio	Amoniaco Anhidro	Superfosfato triple	CIK	Sulfato Potasio	Sulfato Zn. 7H ₂ O
N	46	21	82	-	-	-	-
P ₂ O ₅	-	-	-	46	-	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	60	50	-
S	-	22	-	-	-	18	18
Zn	-	-	-	-	-	-	36
Cl	-	-	-	-	40	-	-

Anexo 5. Balance que indica las necesidades de P

Categoría de P ₂ O ₅	P1 (Bajo)				P2 (Medio)			
	4	6	8	10	12	14	16	18
Fertilidad (mg/100 gramos de suelo)								
Disponible en el suelo (kg/ha)	16	24	32	40	48	56	64	72
Rendimiento que asegura (tm/ha)	2,7	3,4	4,6	5,7	6,9	8,0	9,1	10,3

Anexo 6. Indices de aplicación de P , según niveles de fertilidad .

Indicadores	Nivel de fertilidad de P		
	P ₁	P ₂	P ₃
Kg/ha a aplicar de P ₂ O ₅ por tm de arroz a producir	11.5	7.4	3.7
Kg a contratar de Superfosfato triple por tm arroz	25	16	8

Anexo 7. Indices de aplicación de K , según niveles de fertilidad .

Portador	Fracciones	Dosis/ha
CIK	Hasta 2	Aplicar CIK con 70% de fondo y el 30% restante en la 2da aplicación en el punto de algodón

Indicadores	Nivel de fertilidad de K		
	K ₁	K ₂	K ₃
Kg/ha a aplicar de K ₂ O ₅ por tm de arroz a producir	12	9	6.3
Kg a contratar de CIK por tm arroz a producir	20	15	7

Anexo 8. Momentos recomendados para la fertilización con NPK en el cultivo de arroz y dosis recomendadas en kg/ha.

Momentos	Categoría	%	Expectativas de rendimiento (t/ha)					
			3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Fraccionamiento con el Superfosfato Triple (kg/ha)								
Siembra	P1 *	50	44	50	57	63	69	75
30 días de germinación		50	44	50	56	62	69	75
Siembra	P2	100	56	64	72	80	88	96
Siembra	P3	100	28	32	36	40	44	48
Fraccionamiento con el Cloruro de potasio (kg/ha)								
Siembra	K1	70	49	56	63	70	77	84
Punto algodón		30	21	24	27	30	33	36
Siembra	K2	70	37	42	48	53	58	63
Punto algodón		30	16	19	20	22	25	27
Siembra	K3	70	18	20	22	24	27	29
Punto algodón		30	7	8	10	11	12	13
Fraccionamiento ascendente de las aplicaciones de urea (kg/ha) para las variedades de arroz, excepto para las variedades Prosequisa-4, IACuba-35 y Reforma								
En 4ta a 5ta hoja		16-30	44	50	50	50	81	112
Ahij. Activo (7ma hoja) 25-30 días germin.		32-40	86	98	99	110	110	110
Punto de algodón		30-40	87	100	100	110	110	110
10-15 días después del punto algodón		nov-13	-	-	30	40	40	40
Fraccionamiento ascendente con urea (kg/ha) para P-4, IACuba-35 y Reforma								
En 4ta a 5ta hoja		20-41	44	50	79	90	121	152
Ahij. Activo (7ma hoja) 25-30 días germin.		30-40	86	98	100	110	110	110
Punto de algodón		30-40	87	100	100	110	110	110
Fraccionamiento descendente **con urea (kg/ha), para todas las variedades								
En la siembra		67	145	166	187	208	228	249
En el punto de algodón		33	72	82	92	102	113	123
• Para los suelos ligeros, en el caso de los pesados puede aplicarse todo en siembra								
**Sólo para los campos que cumplen los requisitos de la tecnología descendente.								