

ESTUDIO PRELIMINAR DEL USO DE LA CENIZA DE LA
CASCARILLA DEL ARROZ COMO FERTILIZANTE EN EL
CULTIVO DEL ARROZ (Oriza sativa L.) Y SU EFECTO
FISICOQUIMICO SOBRE EL SUELO

Guillermo Otero Martinez
Mauro Monsalvo Bolaño

BIBLIOTECA AGROPECUARIA

TESIS DE GRADO

INGENIERO AGRONOMO

Universidad Tecnológica del Magdalena

Facultad de Ingeniería Agronómica

SANTA MARTA 1986

7111

7111

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

02 SEP 1987

Qualificado

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

ESTUDIO PRELIMINAR DEL USO DE LA CENIZA DE LA CASCARILLA DEL ARROZ
COMO FERTILIZANTE EN EL CULTIVO DEL ARROZ (Oryza sativa L) Y SU
EFECTO FISICOQUIMICO SOBRE EL SUELO

GUILLERMO OTERO MARTINEZ

MAURO MONSALVO BOLAÑO

Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de :

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis : ALFONSO MENDOZA Z., I.A.

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA
SANTA MARTA, 1986

**BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA**

"Los jurados examinadores del trabajo de tesis, no serán responsables de los conceptos e ideas emitidas por el aspirante al título".

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

DEDICO

A mis Padres, quienes con mi logro ven satisfechos sus deseos y sacrificios.

A HERENIA ISABEL.

A GUILLERMO JOSE.

A OMAR GUILLERMO.

A OSCAR ALBERTO.

A SERGIO REYNALDO.

A OLGA PATRICIA.

A mi Abuelita MARIA RODRIGUEZ.

A mis Hermanos.

A mis Tíos.

A mis Primos.

A mis Compañeros.

GUILLERMO

DEDICO

A Dios, por haberme permitido llegar hasta esta meta.

A mis Padres, por sus esfuerzos y la colaboración que siempre me supieron brindar.

A mis Hermanos.

A mi Abuelita.

A mis Tíos.

A mis Primos.

A mis Padrinos GLORIA y ALFONSO.

A mi Novia ILSE.

A mis Compañeros.

MAURO

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a las siguientes personas :

Al Dr. ALFONSO MENDOZA Z., I.A.

Al Dr. ELIECER CANCHANO N., I.A.

Al Dr. MIGUEL RIVAS M., I.Q.

Al Dr. MANUEL GRANADOS N., I.A. M.Sc.

Al Dr. ADALBERTO GOMEZ JOLY, I.A.

Al Dr. LUIS SANCHEZ, I.Q.

Al Dr. JOSE M. ESPAÑA CARO, I.A. Decano.

Al Dr. GABRIEL CONSUEGRA N., I.A. Secretario Académico.

Al Sr. LUIS ORTIZ.

Al Sr. RUBEN ROCHA.

Al Sr. JULIO OTERO.

A los trabajadores de la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

A la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

A todas aquellas personas que en una u otra forma contribuyeron a la feliz realización de este trabajo.

CONTENIDO

	pág
1. INTRODUCCION.	1
2. REVISION DE LITERATURA.	4
3. MATERIALES Y METODOS.	12
3.1 Descripción del Area.	12
3.1.1 Localización del Ensayo.	12
3.1.2 Ubicación del Ensayo Dentro de la Granja.	12
3.1.3 Características Generales del Area.	13
3.1.4 Análisis Físico-Químico Inicial y Final de Suelo.	13
3.1.4.1 Análisis de las Dos Epocas.	13
3.2 Desarrollo del Estudio.	14
3.2.1 Preparación del Area.	14
3.2.2 Siembra y Densidad Utilizada.	15
3.2.3 Fertilizantes y Niveles Utilizados.	15
3.2.4 Sistema de Riego.	15
3.2.5 Algunas Características de la Variedad Oryzica-1.	16

	pág
3.2.6 Algunas Características Generales de la Ceniza.	17
3.2.7 Diseño Experimental.	18
3.2.8 Métodos de Análisis al Inicio y Final del Cultivo Correspondiente al Análisis Físico-Químico del Suelo.	19
3.2.9 Forma Como se Tomaron los Datos para Evaluar los Distintos Parámetros Adicionales.	19
3.2.9.1 Altura de Planta.	19
3.2.9.2 Capacidad de Macollamiento.	20
3.2.9.3 Peso de Mil Granos.	20
3.2.9.4 Cosecha y Rendimiento.	20
4. RESULTADOS Y DISCUSION.	21
4.1 Ensayo de Campo.	21
4.1.1 Efecto de las Diferentes Dosis de la Ceniza de la Cascarrilla del Arroz y las Fuentes Nitrogenadas Urea y Sulfato de Amonio en la Producción de la Variedad Oryzica-1.	21
4.1.2 Efecto de las Diferentes Dosis de Ceniza de la Cascarrilla del Arroz y las Fuentes Nitrogenadas Urea y Sulfato de Amonio, Sobre el Peso Promedio de Mil Granos, la Altura y Macollamiento Promedio de Plantas.	26
4.1.2.1 Efecto de la Fertilización con Ceniza y las Fuentes Nitrogenadas Sobre el Peso Promedio de Mil Granos.	26
4.1.3 Efecto de la Fertilización con Ceniza y las Fuentes Nitrogenadas Urea y Sulfato de Amonio Sobre las Características Físico-químicas del Suelo.	30
4.1.3.1 pH.	34
4.1.3.2 Conductividad Eléctrica.	34

4.1.3.3 Materia Orgánica.	pág 34
4.1.3.4 Potasio.	37
4.1.3.5 Calcio.	38
4.1.3.6 Magnesio.	38
4.1.3.7 Fósforo.	40
4.1.3.8 Nitrógeno.	43
4.1.3.9 Sodio.	43
4.1.3.10 Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva.	44
4.1.3.11 Retención de Humedad.	44
4.2 Relación Entre el Contenido de Nutrientes en el Suelo al Final del Cultivo y la Producción.	45
4.2.1 Relación Entre el Contenido de Nitrógeno y Potasio en el Suelo y la Producción de la Variedad Oryzica-1.	45
4.2.2 Relación Entre el Contenido de Fósforo y Potasio en el Suelo y la Producción de la Variedad Oryzica-1.	45
5. CONCLUSIONES.	48
6. RESUMEN.	51
SUMMARY.	54
BIBLIOGRAFIA.	57
APENDICE.	58

INDICE DE TABLAS

	pág
TABLA 1. Tratamientos, dosis y época de aplicación de las fuentes.	18
TABLA 2. Producción obtenida en Kg/Ha y producción relativa de la variedad Oryzica-1 en la granja experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena.	22
TABLA 3. Producción obtenida en Kg de arroz/Ha de la variedad Oryzica-1, al aplicar 200 Kg de N/Ha y los diferentes tratamientos con ceniza.	23
TABLA 4. Peso promedio de mil granos y su porcentaje relativo de la variedad Oryzica-1, obtenido en el ensayo efectuado en la granja experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena.	27
TABLA 5. Resultados analíticos de suelo al inicio y final del cultivo de arroz, teniendo en cuenta los tratamientos utilizados en el presente ensayo con la variedad Oryzica-1.	35
TABLA 6. Contenido de fósforo en p.p.m. obtenido en el suelo al final del cultivo.	41
TABLA 7. Contenido de potasio en meq/100 grs. obtenido en el suelo al final del cultivo.	42
TABLA 8. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio obtenido en el suelo al final del cultivo y la producción de la variedad Oryzica-1.	46

INDICE DE FIGURAS

	pág
FIGURA 1. Histograma representativo del rendimiento obtenido en el ensayo, indicando el efecto de los tratamientos.	24
FIGURA 2. Histograma representativo del peso promedio de mil granos, indicando el efecto de los tratamientos.	28
FIGURA 3. Histograma representativo de la altura promedio de plantas a los 30, 40, 50 y 60 días de germinado el cultivo.	31
FIGURA 4. Histograma representativo del número promedio de macollas/planta a los 30, 40, 50 y 60 días de germinado el cultivo.	32
FIGURA 5. Efecto de los tratamientos con ceniza sobre los nutrientes del suelo.	33
FIGURA 6. Efecto de los tratamientos con ceniza sobre las características químicas y físicas del suelo.	36
FIGURA 7. Efecto de los tratamientos con ceniza sobre los nutrientes del suelo.	39

INDICE DE APENDICE

TABLA 9. Análisis de varianza para rendimiento.	pág 59
TABLA 10. Prueba de Duncan para el rendimiento.	60
TABLA 11. Análisis de varianza para peso promedio de mil granos.	61
TABLA 12. Prueba de Duncan para peso promedio de mil granos.	62

1. INTRODUCCION

El arroz (Oriza sativa L.), es uno de los cereales mayor cultivado a nivel mundial, debido a que más de la población consume dicho producto como una de las bases de la dieta alimenticia.

En Colombia, el arroz ocupa un lugar importantísimo después del café, no sólo por el área que se cultiva sino por las divisas que genera para el país, por la cantidad de empleos que les brinda a cientos de personas de las diferentes zonas rurales y urbanas, por esta razón el país ha prestado gran interés en la producción de este cereal.

Durante los últimos años, los científicos han venido trabajando en la producción de este cultivo logrando incrementarla mediante diferentes factores, como el empleo de variedades mejoradas, utilización de mejores prácticas agronómicas, empleo de nuevos fertilizantes, métodos de cultivo, control de plagas y enfermedades y la regulación del riego.

Es bien sabido que los altos rendimientos arroceros se deben en gran parte a la aplicación de fertilizantes, pero a pesar de los innumerables trabajos que se han realizado en este campo queda mucho por investigar en lo que se relaciona con la obtención de buenos rendimientos y de una rentabilidad adecuada y que estén relacionados con el uso de materiales fertilizantes que se obtienen al

procesar los restos o desechos de cultivos, los cuales poseen elementos esenciales para las plantas y que al adicionarlos junto con la fertilización nitrogenada se pueden incrementar los rendimientos y disminuir los costos, ya que este material posee un valor bastante bajo y por ende el margen de rentabilidad sería un poco más amplio en beneficio del agricultor.

Como todo cultivo requiere de unas necesidades mínimas de nutrientes, es indispensable conocer de que manera se encuentran estos elementos en el suelo, para así realizar una eficaz fertilización ya que la respuesta de la planta a la absorción de nutrientes depende en gran parte de la disponibilidad de cada uno de ellos en el suelo y del nivel de fertilización.

La demanda que han sufrido los fertilizantes en estos últimos años para su aplicación en los diferentes cultivos, han creado un incremento visible en los costos de los mismos, ocasionando efectivamente un aumento sensible en los costos de producción. Este factor es hoy día considerado por los agricultores como una de las limitantes de gran importancia, ya que impide que se realicen en forma correcta las aplicaciones de fertilizantes para la obtención de halagadores rendimientos.

De acuerdo con lo anterior, se observa que existen severos impedimentos que dificultan el uso de fertilizantes a gran escala en los diferentes niveles tecnológicos como su alto costo, su disponibilidad en el momento preciso, su comercialización y seguro abaste-

cimiento. Teniendo en cuenta los diferentes factores que afectan en una u otra forma el aspecto fertilización en el cultivo del arroz, nos vimos en la necesidad de realizar un trabajo de investigación para observar la respuesta de la variedad de arroz ORYZICA-1 a una fuente fertilizante como lo es la ceniza de la cascarilla del arroz, al igual que el cambio que ésta produzca en las propiedades físico-químicas del suelo, desarrollo y producción de la planta en diferentes dosis y épocas de aplicación.

Es de anotar, que con la cascarilla del arroz se han realizado investigaciones en el campo industrial con resultados promisorios en la fabricación de bloques para construcción, cemento con características similares al cemento PORTLAND, pero que hasta el momento no se han producido a nivel industrial, ya que su uso no disminuye los costos de producción cuando se utiliza como relleno. En cambio, en el área agrícola el uso de la ceniza que es producto de la combustión de la cascarilla del arroz, ha sido nulo desconociendo sus bondades como fertilizante y mejorador de ciertas características químicas del suelo arrocero con la cual se pueden lograr grandes beneficios.

El objetivo fundamental de este ensayo es observar la respuesta de la variedad de arroz ORYZICA-1 a los diferentes tratamientos con ceniza de la cascarilla del arroz y sus efectos sobre las propiedades químicas del suelo.

2. REVISION DE LITERATURA

La variedad de arroz ORYZICA-1, fue obtenida por el programa cooperativo ICA-CIAT-FEDEARROZ como uno de los objetivos por obtener variedades de arroz con mayor capacidad de rendimiento y mejor calidad, resistente a los problemas frecuentes de la producción, adaptados a las condiciones de suelo, medio ambiente y exigencias de mercado.

Según Vargas (11), en la zona arrocera de Aracataca en estudios de rendimiento de la variedad ORYZICA-1, con diferentes niveles de nitrógeno y densidades de siembra se obtuvo una producción de 7.400 kg de arroz paddy/Ha, con una dosis de 90Kg de N/Ha y con densidades de siembra de 120 y 150 Kg/Ha.

Las aplicaciones de P han sido en presiembra como norma ; pero sin embargo, utilizando fuentes de este nutriente altamente solubles y eficientes se ha encontrado respuesta a las aplicaciones fraccionadas de fósforo (11).

Agrega Vargas, que sobre el empleo de fósforo en ORYZICA-1 deben hacerse de acuerdo al contenido de este elemento en el suelo.

En un ensayo de fertilización fosfórica el mismo Vargas pudo observar que los rendimientos estuvieron por encima de 6 Ton/Ha independientemente de la dosis de fósforo; el mejor rendimiento (7.088

Kg/Ha), se encontró cuando se fraccionó el P aplicando el 50% a los 15 días después de la siembra con una dosis de 60 Kg de P_2O_5 /Ha.

El contenido de potasio en los suelos arroceros generalmente es bajo, lo que permite encontrar respuesta al arroz a las aplicaciones de este elemento. La fuente más recomendada de este elemento es el KCl (60%), aunque el sulfato de potasio también puede ser una fuente eficiente. Las aplicaciones de potasio también se pueden aplicar fraccionando el material aplicándolo a la siembra y con la primera aplicación de nitrógeno y/o con la primera y segunda de nitrógeno (11).

Glander (4), considera que las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio que se utilizan en muchas zonas arroceras del mundo, varían extensamente y dependen principalmente de las variedades utilizadas y de las condiciones físico-químicas del suelo.

Reinhard H. Howeler, citado por (13), dice que la fertilización del arroz de riego depende mucho de los cambios físico-químicos que ocurren después de la inundación de los suelos. Debido a la reacción, el pH aumenta en suelos ácidos y disminuye en suelos alcalinos, mientras el potencial redox disminuye en ambos casos. Además los compuestos oxidados se reducen dando como resultado un aumento en la disponibilidad del fósforo. La mayoría de los ensayos de fertilización de arroz riego, no muestran respuestas significati-

vas al fósforo, sin embargo en algunos suelos el contenido de fósforo es tan bajo que aún bajo condiciones de inundación la concentración de este elemento no aumenta.

Ishizuka y Tanaka, citados por (12), encontraron que la movilidad del fósforo es mayor que aquella de nutrientes como el N, K, Ca, Mg y S. Dada que la actividad fotosintética de las hojas superiores es responsable en gran parte del rendimiento del grano en el arroz, la gran movilidad del P hacia las hojas jóvenes, llena las necesidades de P del arroz durante los últimos estados de desarrollo. Esta característica refuerza la importancia de un adecuado nivel de fertilizantes fosfóricos durante los estados tempranos de desarrollo de la planta de arroz.

Es bien conocido que un exceso de nitrógeno llega a reducir los rendimientos de arroz. Hasta cierto punto, esto también es cierto en el caso del potasio, sin embargo, el comportamiento del fósforo en este aspecto es diferente (12).

También comprobaron Ishizuka y Tanaka que con un aumento considerable del contenido de fósforo en la planta, los rendimientos se mantuvieron sin cambios aparentes. Esta característica especial del fósforo hace que su aplicación sea menos crítica que la del nitrógeno.

Aunque la disponibilidad del fósforo en el suelo aumenta bajo con-

diciones de inundación, existen grandes áreas especialmente en regiones tropicales que presentan deficiencias de fósforo. Si se desea obtener un buen rendimiento de arroz, se hace necesario aplicar fertilizantes fosfóricos (12).

En relación a los fertilizantes potásicos, los autores expresan que éstos han sido usados por muchos años en el cultivo del arroz, en países templados y tropicales (12).

En el Japón, durante un período de cuatro años (1968 - 1971), el promedio de uso de $N-P_2O_5-K_2O$ fue de 100-104-90 Kg/Ha, con pequeñas fluctuaciones anuales. En Corea, durante 1974, la figura correspondiente fue de 127-54-53. En Tailandia, el uso de K_2O en el arroz ha sido bastante bajo, con un promedio de 40 Kg de K_2O /Ha. Aunque en el pasado, las aplicaciones de fertilizantes potásicos en los países tropicales han sido bajas, la introducción de variedades de alto rendimiento y la creciente evidencia de respuesta al potasio, producirán sin duda un aumento gradual en el consumo de potasio en el trópico (12).

El arroz absorbe mucho más potasio que nitrógeno y fósforo, las cantidades de potasio absorbidas son generalmente mucho mayores que aquellas de nitrógeno, a veces siendo más del doble (12).

Para cualquier variedad, el aumentar el nivel de rendimiento, la utilización de K también aumenta. Las variedades modernas con su

alto rendimiento, utilizan mayor cantidad de nutrientes especialmente potasio, que las tradiciones variedades la indica (12).

En trabajos de laboratorio, Kiuchi et al citados por (12), demostraron el efecto del potasio absorbido en diferentes estados de crecimiento sobre los factores de producción. Concluyeron que la época más importante para la aplicación de potasio en condiciones de inundación, son el estado de máximo macollamiento e iniciación del primordio floral.

Sostiene Kiuchi, que con los requerimientos del arroz por una continua disponibilidad de K y la poca fijación de este nutriente en muchos suelos, refuerzan la teoría de las aplicaciones divididas.

Martinez (7), comenta que en la actualidad la cascarilla del arroz está siendo utilizada como combustible para generar energía eléctrica y sus cenizas están siendo utilizadas industrialmente en la purificación de las aguas, elaboración de cerámicas y modelados para trabajos del acero y para filtrar químicos.

Según (10), la ceniza proveniente de la cascarilla del arroz, puede utilizarse en la fabricación del cemento negro, mediante el proceso ASHMOH. Este proceso desarrollado en la India se realiza adicionando a la ceniza de la cascarilla cal más un aditivo.

Todas las plantas verdes contienen siempre Fósforo, Azufre, Pota-

sio, Calcio, Magnesio y Hierro; casi siempre Cloro, Acido Silficio y sodio; frecuentemente Iodo, Fluor y Manganeso. En una misma planta varían entre ciertos límites, la proporción de cenizas y la composición cuantitativa de éstas, según la naturaleza del suelo, la edad y estado de desarrollo de las plantas y también tal vez según el clima. Las cenizas de la mayoría de las plantas tienen reacción alcalina; solo algunas partes vegetales y especialmente las semillas ricas en proteínas, suministran cenizas ácidas por dominar en ellas el ácido fosfórico. Estas cenizas ceden al agua Carbonatos, Sulfatos y Silicatos alcalinos, Cloruro potásico, Cloruro sódico y algo de compuestos de Bromo y de Iodo, mientras que los Silicatos y Fosfatos de Cal, Magnesia, Oxido de hierro y de Manganeso quedan sin disolver (3).

El uso de fertilizantes potásicos en pequeña escala, data aproximadamente de los tiempos en que comenzaron las experiencias agrícolas de ROTHAMSTED. Aunque las cenizas de madera se aplicaban para mejorar el suelo antes de dicha época, no se reconocían como fuente de potasio para las plantas (1).

Hardy (6), sostiene que las cenizas de las plantas que permanecen sobre la tierra después de la quema de los residuos vegetales, contienen la mayoría de los minerales de la vegetación, especialmente potasio, calcio, magnesio y microelementos que se han extraído del suelo y que en esa forma le son devueltos al suelo en su parte superficial.

Teuscher (9), asegura que cuando se aplican cenizas de madera (10-31% de K_2O) al suelo, éste adquiere potasio fácilmente aprovechable, pero no debe olvidarse que se elevada alcalinidad podría perjudicar la germinación de la semilla.

Mela (8), dice que las cenizas de madera proceden de distintas especies maderables, pues la encina puede contener hasta un 14% de K_2O , 8% de ácido fosfórico, 25-32% de cal y 2,5% de magnesio, la cual las hace muy apropiadas para los suelos ácidos, ya que además de las sustancias útiles para las plantas que contienen, la potasa se halla en forma de carbonatos, por ello, no deben dejarse las cenizas al aire libre, pues las lluvias disolverían parte de dicha sustancia. Su pH es elevado, lo cual se debe a la presencia del hidróxido de calcio $Ca(OH)_2$. No conviene utilizarlas sin conocer su composición, pues pueden alcalinizar excesivamente el suelo.

Collings (2), asegura que las cenizas de madera sin lixiviar contienen aproximadamente el 2% de ácido fosfórico, 5 - 25% de potasa y 30% de cal; las lixiviadas contienen el 1,5% de ácido fosfórico, 1% de potasa y 28 - 30% de cal. El potasio de esta ceniza se encuentra en forma de carbonato potásico. Como sea que el carbonato potásico es muy alcalino, se procurará que las cenizas de madera no entren en contacto con las semillas en germinación o las raíces de las plantas.

Gustafson (5), afirma que las cenizas de la madera dura, contienen cal, un 4% de potasa y aproximadamente del 1,5 - 2,0% de ácido fos-

fórico y también contienen otras sustancias de valor para las siembras. Tonelada por tonelada, las cenizas de madera dura, tienen poco más o menos el mismo valor para rectificar la acidez que una buena piedra caliza finamente triturada.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del Area.

3.1.1 Localización del Ensayo.

El presente ensayo se realizó en el semestre A de 1986, en la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena, localizada en el municipio de Santa Marta, Departamento del Magdalena al norte de Colombia.

Geográficamente está localizada a $11^{\circ} 11'$ de latitud norte y $74^{\circ} 01'$ de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

3.1.2 Ubicación del Ensayo Dentro de la Granja.

El experimento se ubicó frente a las instalaciones de Talleres, en la parte derecha a la entrada de la granja. El área de ensayo estuvo rodeada por un protector de cultivo construido en estructuras de madera, forrado con anjeo y con base de cemento, el cual estaba compuesto por 27 piletas dispuestas en 3 bloques y 9 repeticiones. El área total del ensayo era de 89.01 m^2 , con un área efectiva de $11,68 \text{ m}^2$. Cada pileta tenía un área de $0,6084 \text{ m}^2$ y con una altura de un metro. Tanto las repeticiones como los tratamientos estaban distanciados $0,97$ metros entre si.

3.1.3 Características Generales del Area.

El clima correspondiente al área de experimentación está clasificado como muy caliente, de estepas, con vegetación xerofítica y lluvias zenitales. Presenta una a.s.n.m. de 7 metros, la temperatura promedio es de 28°C, la precipitación promedio anual es de 674,4 m.m. y la humedad relativa es del 75%.

3.1.4 Análisis Físico-Químico Inicial y Final de Suelo.

Durante el ensayo se hicieron dos análisis de suelo; el primero antes de la siembra tomando una sola muestra formada por las submuestras obtenidas de cada tratamiento en cada replicación y el segundo análisis después de la cosecha al final del cultivo tomándose una muestra para cada tratamiento en cada replicación, llevándose un total de 28 muestras de suelo al laboratorio para analizarlas.

3.1.4.1 Análisis de las Dos Epocas.

Antes		Después (Promedio)
pH	6,1	6,61
M.O. (%)	1,1	2,05
C.E. mmhos/cm	0,5	0,69

Antes		Después (Promedio)
C.I.C. meq/100 gr S.	6,94	9,98
N (%)	0,0011	0,0020
P p.p.m.	17,0	10,94
K meq/100 gr S.	0,309	0,083
Ca meq/100 gr S.	4,53	6,31
Mg meq/100 gr S.	1,87	2,76
Na meq/100 gr S.	0,239	0,545
R.H. (5)	25,43	28,34
Textura	F.Ar.A.	F.Ar.A

Análisis de suelo realizado por los autores en laboratorio de Suelos de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

3.2 Desarrollo del Estudio.

Este trabajo se inició el 20 de Febrero de 1986 y finalizó el 25 de julio del mismo año, llevándose un control y registro de actividades de siembra, fertilización, medición de altura y macollamiento, cosecha del cultivo y el análisis físico-químico de las muestras de suelo.

3.2.1 Preparación del Area.

El suelo que se utilizó en este ensayo fue traído de la finca "San Diego", ubicada en la zona arrocera del Retén (Magdalena). Las piletas del invernadero fueron llenadas con este material hasta 15 cms por debajo del nivel superior.

3.2.2 Siembra y Densidad Utilizada

Una vez llenadas las piletas con el suelo, se hizo la nivelación necesaria y el desmoronamiento de terrones gruesos para la buena esparción de la semilla; luego se sembró la semilla al voleo de la variedad ORYZICA-1 con una densidad equivalente a 150 Kg/Ha. Al hacerle un análisis previo de germinación a la semilla, ésta mostró una viabilidad del 95%. Una vez sembrada la semilla se tapó con una capa fina de suelo y se le hizo un moje a diario para favorecer la óptima germinación del material.

3.2.3 Fertilizantes y Niveles Utilizados.

Las fuentes nitrogenadas utilizadas en este ensayo fueron úrea y sulfato de amonio. Las dosis de N fueron de 0 y 200 Kg/Ha en forma fraccionada así : El 50% de la fuente nitrogenada en forma de úrea a los 30 días de germinado el cultivo (100 Kg N/Ha) y el 50% restante en forma de sulfato de amonio (100 Kg N/Ha) a los 60 días de haber germinado el cultivo.

3.2.4 Sistema de Riego.

El sistema de riego usado en este ensayo consistió en mangueras dispuestas por encima de cada bloque de piletas las cuales se perforaron en la parte inferior en forma de zig-zag en el área precisa de cubrimiento, logrando mantener un nivel de agua de acuerdo a las necesidades del cultivo. Cada manguera tenía un diámetro de 1/2 pulgada y estuvieron unidas a un grifo cada una con el cual se regulaba el nivel de agua requerido por el cultivo; la tubería de donde se desprendían los grifos tenía un diámetro de 1 y 1/2 pulgadas.

3.2.5 Algunas Características de la Variedad ORYZICA-1.

Esta variedad se caracteriza por su adaptación a pisos térmicos comprendidos entre 0-1.100 m.s.n.m., una calidad de molinería y de cocina muy buena y comparable a la variedad IR-22.

La tolerancia a la Piricularia (*Pyricularia oryzae*) en la hoja y en la espiga es muy amplia, mientras que presenta resistencia al daño mecánico por el insecto sogata (*Sogatodes oryzicolus*, Muir) y moderadamente resistente al virus de la hoja blanca.

ORYZICA-1, es considerada como una variedad de tipo enano con una altura que oscila entre 83 y 98 cms, con tallos fuertes y una cantidad de macollamiento intermedia. El crecimiento en los estados iniciales es lento y denota falta de vigor y baja competitividad con las malezas; sin embargo, con un buen control de malezas y unifor-

BIBLIOTECA AGROPECUARIA

DE CALDAS

me lámina de agua la planta presenta una reacción positiva durante la etapa de macollamiento. Como se puede observar el crecimiento de ORYZICA-1 es más o menos similar a la mayoría de las otras variedades a través de los distintos sitios.

El período vegetativo de ORYZICA-1 en la mayoría de los casos es más corto que las demás variedades comerciales, presentando una floración entre 87 y 95 días, dependiendo de la zona y su madurez fisiológica entre 115 y 124 días.

Con respecto a características del grano, éste es de muy buena calidad de molinería semejante al IR-22, translúcido y con muy poco centro blanco, seco y suelto después de cocido y el contenido de amilosa es intermedio, lo cual le permite permanecer blanco cuando se enfría (3).

3.2.6 Algunas Características Generales de la Ceniza.

[†]Según el análisis preliminar realizado a este material en los laboratorios de la Universidad Tecnológica del Magdalena, presenta los siguientes elementos en sus respectivos porcentajes:

Fósforo	0,57% (P_2O_5)
Potasio	0,34% (K_2O)

[†]Dr. Manuel Granados N. I.A. M.Sc. Jefe de Laboratorio de Suelos. Profesor de Suelos I y II. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Tecnológica del Magdalena.

Magnesio	0,20%
Sodio	0,09%
Calcio	0,05%
Nitrógeno	0,01%

3.2.7 Diseño Experimental

El diseño utilizado fue el de Bloques Completamente al Azar, con 9 tratamientos y 3 replicaciones los cuales sumaron un total de 27 unidades experimentales. Los tratamientos, dosis y época de aplicación de las fuentes aparecen en la Tabla 1.

TABLA 1. Tratamientos, dosis y época de aplicación de las fuentes

Tratamiento	Dosis (Kg/Ha)	Epoca de aplicación	
		50%	50%
1A	0 N + 0 NF	30	- 60 (Días)
2C	200 N + 0 NF	30	- 60
3	200 N + 300 NF	30	- 60
4	200 N + 600 NF	30	- 60
5	200 N + 900 NF	30	- 60
6	200 N + 1.200NF	30	- 60
7	200 N + 1.600NF	30	- 60
8	200 N + 2.000NF	30	- 60
9	200 N + 2.500NF	30	- 60

Urea : 30 días

Sulfato de Amonio : 60 días

NF: Nueva Fuente

3.2.8 Métodos de Análisis al Inicio y Final del Cultivo Correspondiente al Análisis Físico-Químico del Suelo

- 3.2.8.1 Nitrógeno : Método de Kjeldhal
- 3.2.8.2 Fósforo : Método de Bray I
- 3.2.8.3 Potasio : Método del espectrofotómetro de llama
- 3.2.8.4 Calcio : Método del Verseno o E.D.T.A.
- 3.2.8.5 Magnesio : Método del Verseno o E.D.T.A.
- 3.2.8.6 Sodio : Método del espectrofotómetros de llama
- 3.2.8.7 pH : Método del potenciómetro digital
- 3.2.8.8 M.O. = Método de Walkley-Black
- 3.2.8.9 C.I.C. = Método del acetato de amonio normal y neutro
- 3.2.8.10 C.E. = Método del conductivímetro
- 3.2.8.11 R.H. = Método por diferencia de peso.

3.2.9 Forma Como se Tomaron los Datos para Evaluar los Distintos Parámetros Adicionales.

3.2.9.1 Altura de Planta

Para evaluar este parámetro, se tomaron un número de 10 plantas por cada cinco sitios de cada unidad experimental y se les midió la altura desde la base de la planta hasta la altura de la hoja bandera a los 30, 40, 50 y 60 días después de germinado el cultivo.

3.2.9.2 Capacidad de Macollamiento.

Para analizar este parámetro, se escogieron un número de 10 plantas por cada 5 sitio de cada unidad experimental y se les realizó el conteo de macollas a los 30, 40, 50 y 60 días de germinado el cultivo, promediando el número de macollas/planta por tratamiento para el análisis estadístico.

3.2.9.3 Peso de Mil Granos.

Se tomaron para cada unidad experimental 1.000 granos y se pesaron en una balanza y se obtuvo un promedio para cada tratamiento, el cual se determinó en base a tres pesadas.

3.2.9.4 Cosecha y Rendimiento.

La cosecha se realizó el día 25 de junio y se recolectó el área total sembrada para cada tratamiento en particular en bolsas de papel de 5 libras; ésta se hizo con un haz manual. Se hicieron tres pesadas para cada tratamiento para determinar la producción promedio de arroz cáscara cosechados en donde se incluyeron solamente los granos.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Ensayo de Campo.

4.1.1 Efecto de las Diferentes Dosis de la Ceniza de la Cascari- lla del Arroz y las Fuentes Nitrogenadas Urea y Sulfato de Amonio en la Producción de la Variedad ORYZICA-1.

Los resultados logrados en este ensayo aparecen en las Tablas (2 y 3), que incluyen los rendimientos promedios en Kg/Ha y la producción relativa en (%), obtenida al aplicar las fuentes nitrogenadas úrea y sulfato de amonio y las diferentes dosis de ceniza de la cascarilla del arroz.

Estadísticamente el parámetro rendimiento mostró diferencias altamente significativas a nivel de tratamientos. La mejor producción de arroz cáscara correspondió al tratamiento 3 en el cual se obtuvo una producción de 11.516 Kg/Ha, con dosis de 200 Kg de N/Ha más 300 Kg de ceniza de la cascarilla del arroz/Ha; le siguen en orden los tratamientos 6, 4, 5, 9, 2, 8 y 7 con producciones de 10.858; 10.780; 10.771; 10.398; 10.080 y 9.741 Kg/Ha de arroz paddy. El tratamiento más bajo lo mostró el testigo absoluto con una producción de 5.852 Kg/Ha.

Los incrementos apreciados en el ensayo, de los demás tratamientos sobre el testigo absoluto fueron de 5.664; 5.066; 4.931; 4.916;

TABLA 2. Producción obtenida en Kg/Ha y producción relativa de la variedad ORYZICA-1 en la granja experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena

Tratamientos	I	Bloques II	III	Producción Kg/Ha	Producción Kg/Ha	Producción Relativa %
1	5.769	6.067	5.722	17.558	5.852 b	100
2	10.251	11.956	8.959	31.166	10.338 a	177,5
3	12.409	10.897	11.242	34.548	11.516 a	196,7
4	10.338	10.776	11.226	32.340	10.780 a	185,3
5	9.714	10.390	11.209	31.787	10.771 a	184,77
6	10.502	10.141	11.932	32.575	10.858 a	85,5
7	8.531	10.355	10.338	29.224	9.741 a	166,4
8	8.925	9.122	12.195	30.242	10.080 a	172,2
9	10.059	11.653	9.483	31.195	10.398 a	177,6
	86.498	92.357	92.306	271.161	90.387	

TABLA 3. Producción obtenida en Kg/Ha de arroz de la variedad ORYZICA-1 al aplicar 200 Kg N/Ha y los diferentes tratamientos con ceniza.

Tratamientos	Urea Kg N/Ha	Sulfato de Amonio Kg N/Ha	Ceniza Kg/Ha	Bloques			Rendimiento Kg/Ha
				I	II	III	
1	0	0	0	5.769	6.067	5.722	5.852
2	100	100	0	10.251	11.956	8.959	10.338 a
3	100	100	300	12.409	10.897	11.242	11.516 a
4	100	100	600	10.338	10.776	11.226	10.780 a
5	100	100	900	9.714	11.390	11.209	10.768 a
6	100	100	1.200	10.502	10.141	11.932	10.858 a
7	100	100	1.600	8.531	10.355	10.338	9.741 a
8	100	100	2.000	8.925	9.122	12.195	10.080 a
9	100	100	2.500	10.059	11.653	9.483	10.398 a

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

RENDIMIENTO en Tn/Ha.

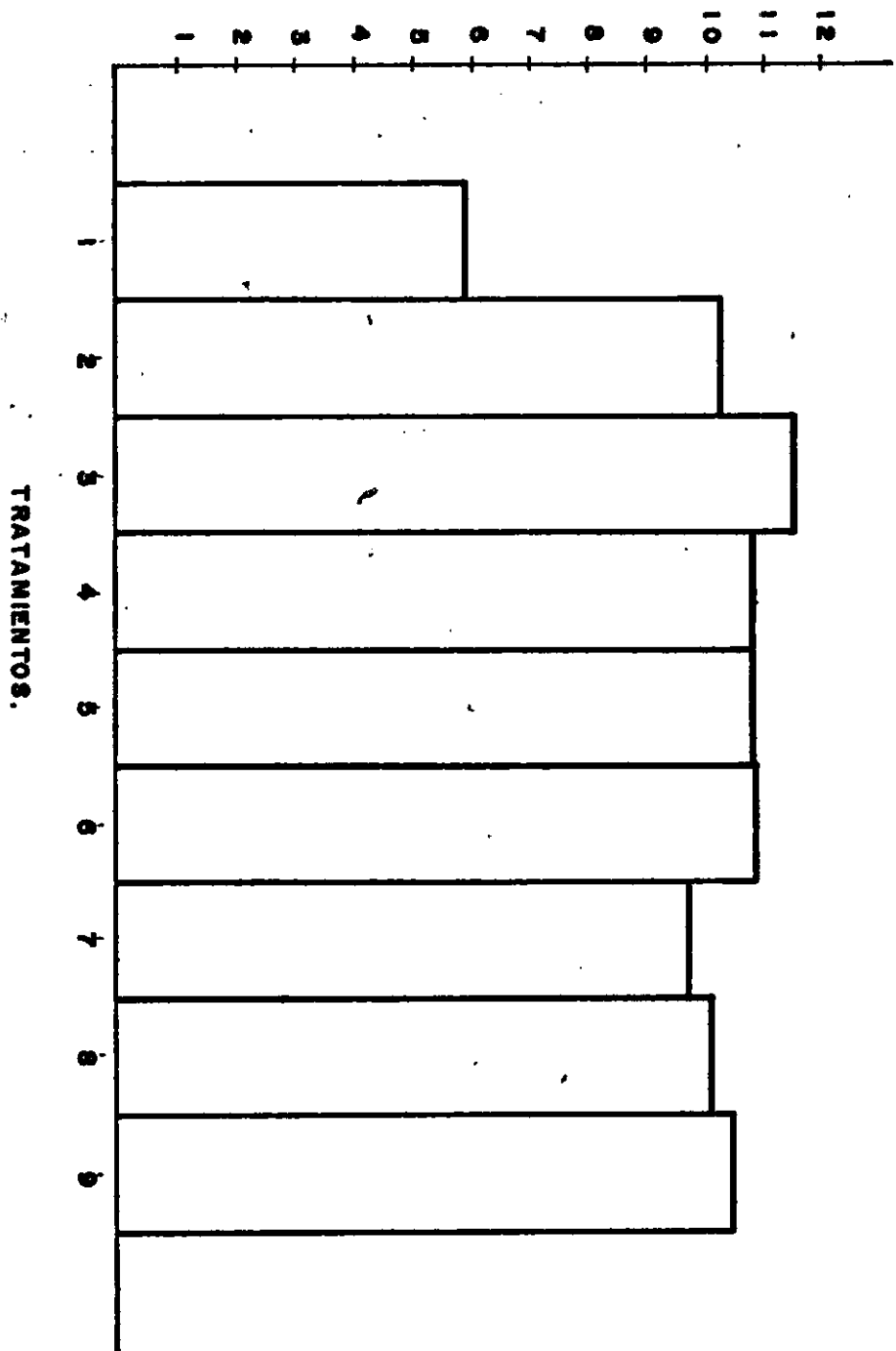


FIGURA 1. Histograma representativo del rendimiento obtenido en el ensayo, indicando el efecto de los tratamientos.

4.546; 4.486; 4.228 y 3.389 Kg de arroz cáscara/Ha; lo que en término de porcentaje representan un aumento en el rendimiento de 96,7; 85,5; 85,3; 84,77; 77,6; 77,5; 72,2 y 66,4% respectivamente debido a las diferentes dosis de las fuentes usadas como fertilizantes.

Equiparando los tratamientos en donde se aplicó ceniza con el tratamiento comercial del ensayo, se encontró que éstos fueron sensiblemente superiores excepto los tratamientos 1, 7 y 8 los cuales mostraron producciones más bajas que el comercial del ensayo. Los tratamientos 3, 6, 4, 5 y 9 al comportarse mejor que el comercial del ensayo sufrieron aumentos de 1.178; 520; 422; 433 y 60 Kg de arroz cáscara/Ha, lo que en porcentaje representa 11,39; 5,02; 4,27 y 0,58% consecutivamente.

Al comparar los rendimientos obtenidos en el ensayo con la producción comercial de la zona arrocerá de Aracataca que es de 7.400 Kg de arroz cáscara/Ha.; se encontró que todos los tratamientos excepto el testigo absoluto estuvieron por encima de la producción comercial de la zona con aumentos de 4.116; 3.458; 3.380; 3.368; 2.998; 2.938; 2.680 y 2.341 Kg de arroz/Ha, lo que en términos de porcentaje representan 55,6; 46,7; 45,6; 45,5; 40,5; 39,7; 36,2 y 31,63% respectivamente.

Según estos resultados al compararlos con (3), se puede apreciar que con dosis de 200 Kg de N/Ha y una densidad de 150 Kg de semilla/Ha se obtienen incrementos en el rendimiento de 2.998 Kg/Ha,

lo que en porcentaje representa un 39,7% más y que con dosis de 200 Kg de N/Ha más 300 Kg de ceniza de la cascarilla del arroz/Ha se alcanzan incrementos en el rendimiento de 3.458 Kg/Ha, el cual representa en porcentaje un 55,6% con igual densidad de siembra.

La producción media alcanzada en el ensayo fue de 10.043 Kg de arroz paddy/Ha⁺, la que se considera buena teniendo en cuenta las condiciones ecológicas presentadas durante el tiempo de ensayo, de suelo, fertilización, calidad del agua de riego y en general el manejo del cultivo.

4.1.2 Efecto de las Diferentes Dosis de Ceniza de la Cascarilla del Arroz y las Fuentes Nitrogenadas Urea y Sulfato de Amonio, Sobre el Peso Promedio de Mil Granos, la Altura y Macollamiento Promedio de Plantas.

4.1.2.1 Efecto de la Fertilización con Ceniza y las Fuentes Nitrogenadas Sobre el Peso Promedio de Mil Granos.

Al analizar estadísticamente el peso promedio de mil granos se encontró que hubo diferencias altamente significativas a nivel de tratamientos. Como se puede apreciar en la Tabla 4, los tratamientos 9, 3, 7 y 8 mostraron los mayores pesos promedios de mil granos con 29,31; 28,48; 28,33 y 28,1 grs, los cuales mostraron un incremento sobre el menor que fue el Tratamiento 4 (26,06 grs), de

⁺. Arroz. Bogotá, V. 32 No.322 p. 38 En-Feb./83.

TABLA 4. Peso promedio de mil granos y su porcentaje relativo de la variedad ORYZICA-1 obtenida en el ensayo efectuado en la granja experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena

Tra tamiento	I	Bloques II	III	Peso promedio (grs)	% Relativo
1	26,35	26,53	27,31	26,73 cd	100
2	26,93	26,50	27,39	26,94 bc	100,78
3	28,90	28,50	28,04	28,48 ab	106.546 ²⁷
4	26,70	26,10	25,38	26,06 d	97,49 (-)
5	27,30	26,10	26,64	26,68 cd	99,81 (-)
6	25,83	28,10	25,06	26,33 d	98,50 (-)
7	29,30	26,75	28,94	28,33 bc	105,98
8	28,70	26,93	28,64	28,10 abc	105,12
9	29,85	28,93	29,15	29,31 a	109,65

PESO PROMEDIO EN GRAMOS.

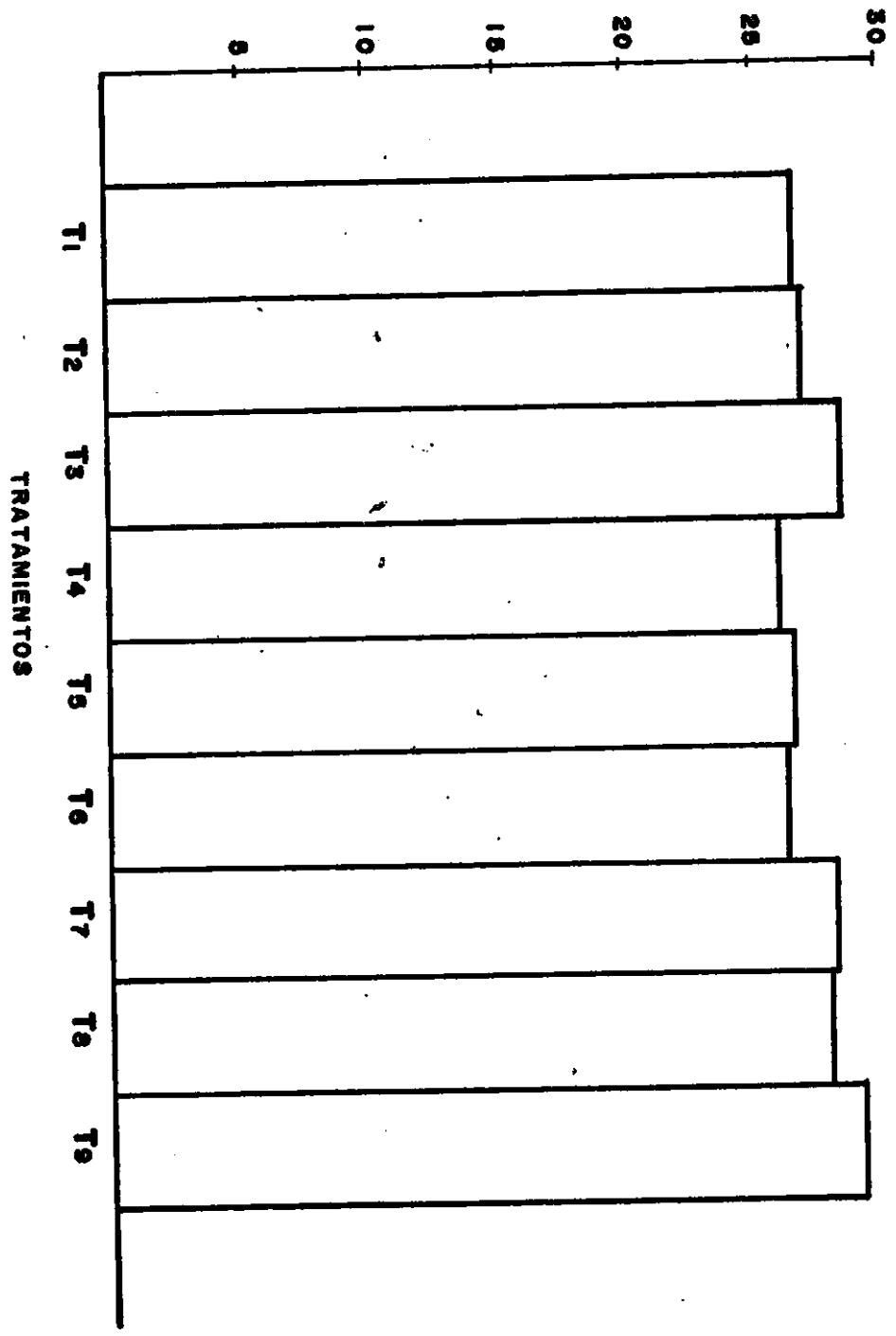


FIGURA 2. Histograma representativo del peso promedio de mil granos, indicando el efecto de los tratamientos.

3,25; 2,42; 2,27 y 2,04 grs, lo que en porcentaje representan 12,47; 9,2; 8,7 y 7,8% consecutivamente.

Estos mismos tratamientos estuvieron por encima del testigo comercial (26,94 grs), sufriendo aumentos de 2,37; 1,54; 1,39 y 1,16 grs, lo que en porcentaje representan 8,7; 5,7; 5,1 y 4,3% respectivamente.

Comparando los pesos promedios de mil granos de los tratamientos del ensayo con el promedio comercial (27,7 grs), se observó una respuesta positiva al material utilizado como fertilizante, ya que éstos mostraron aumentos de 1,61; 0,78; 0,63 y 0,4 grs, los que en porcentaje representan incrementos de 5,8; 2,8; 2,27 y 2,04% consecutivamente.

Correlacionando las dosis de ceniza de la cascarilla del arroz con el peso promedio de mil granos de los tratamientos del ensayo, se encontró una correlación positiva significativa ($r = 0,74$), lo que indica que a medida que se incrementan las dosis de este material aumentan en igual forma el peso promedio de mil granos.

4.1.2.2 Efecto de la Fertilización con Ceniza y las Fuentes Nitrogenadas Urea y Sulfato de Amonio Sobre la Altura y Macollamiento Promedio de Plantas a los 60 Días de Germinado.

Al analizar estadísticamente la altura promedio de plantas no se

**INSTITUTO AGROPECUARIO
DE COLOMBIA**

encontró diferencias significativas como tampoco al realizar la prueba de Duncan; pero se pudo observar que el tratamiento 3 presentó la mayor altura promedio con 59,82 cms, siendo menores los tratamientos 6 y 8 junto con el tratamiento comercial. En general se observó que con la aplicación de la ceniza de la cascarilla del arroz hubo aumentos en la altura de plantas de arroz, mostrando así el aporte de nutrientes esenciales para las plantas por parte de este material. Ver Figura 3.

El macollamiento promedio de plantas estadísticamente no mostró diferencias significativas, como tampoco al realizar la prueba de Duncan. En este parámetro el tratamiento 3 mostró el mayor número promedio de macollas por planta (9,84), los tratamientos más bajos fueron el 1, 7 y 8 con promedios de 8,16; 8,01 y 8,02 macollas por planta. En general no se observó aumentos del número promedio de macollas por planta excepto el tratamiento 3 antes anotado. Ver histograma 4.

Al hacer una prueba de correlación entre la altura y el macollamiento promedio de plantas se encontró una correlación positiva significativa ($r = 0,77$), lo que muestra que a medida que se incrementa la altura de planta, el macollamiento también sufre un incremento paulatino.

4.1.3 Efecto de la Fertilización con Ceniza y las Fuentes Nitrogenadas Urea y Sulfato de Amonio Sobre las Características Físico-

FIGURA 3. Histograma representativo de la altura promedio de plantas a los 30, 40, 50 y 60 días de germinado al cultivo, indicando el efecto de los tratamientos.

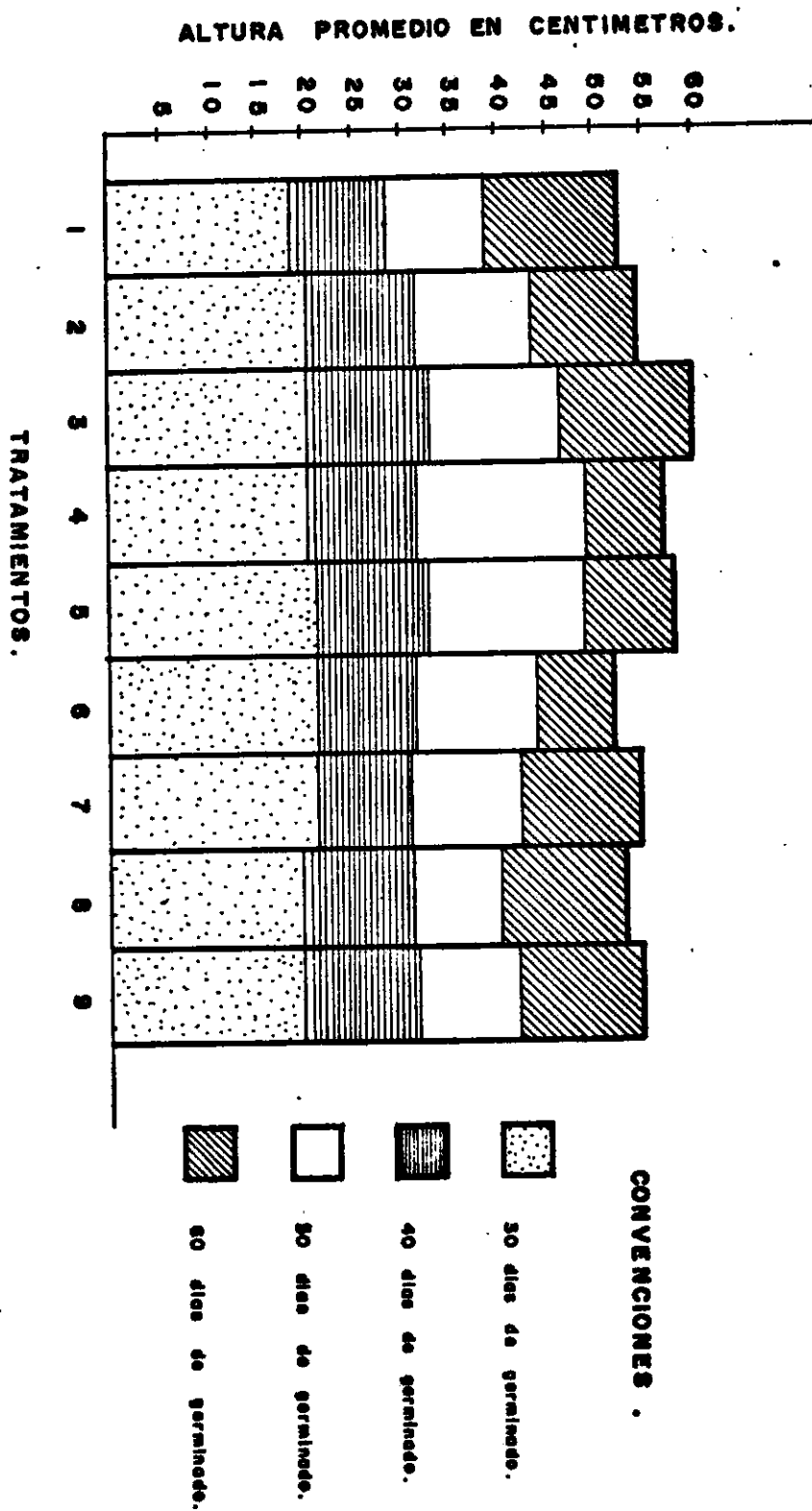


FIGURA 4. Histograma representativo del numero promedio de macollas / plantas a los 30, 40, 50 y 60 dias despues de germinado el cultivo.

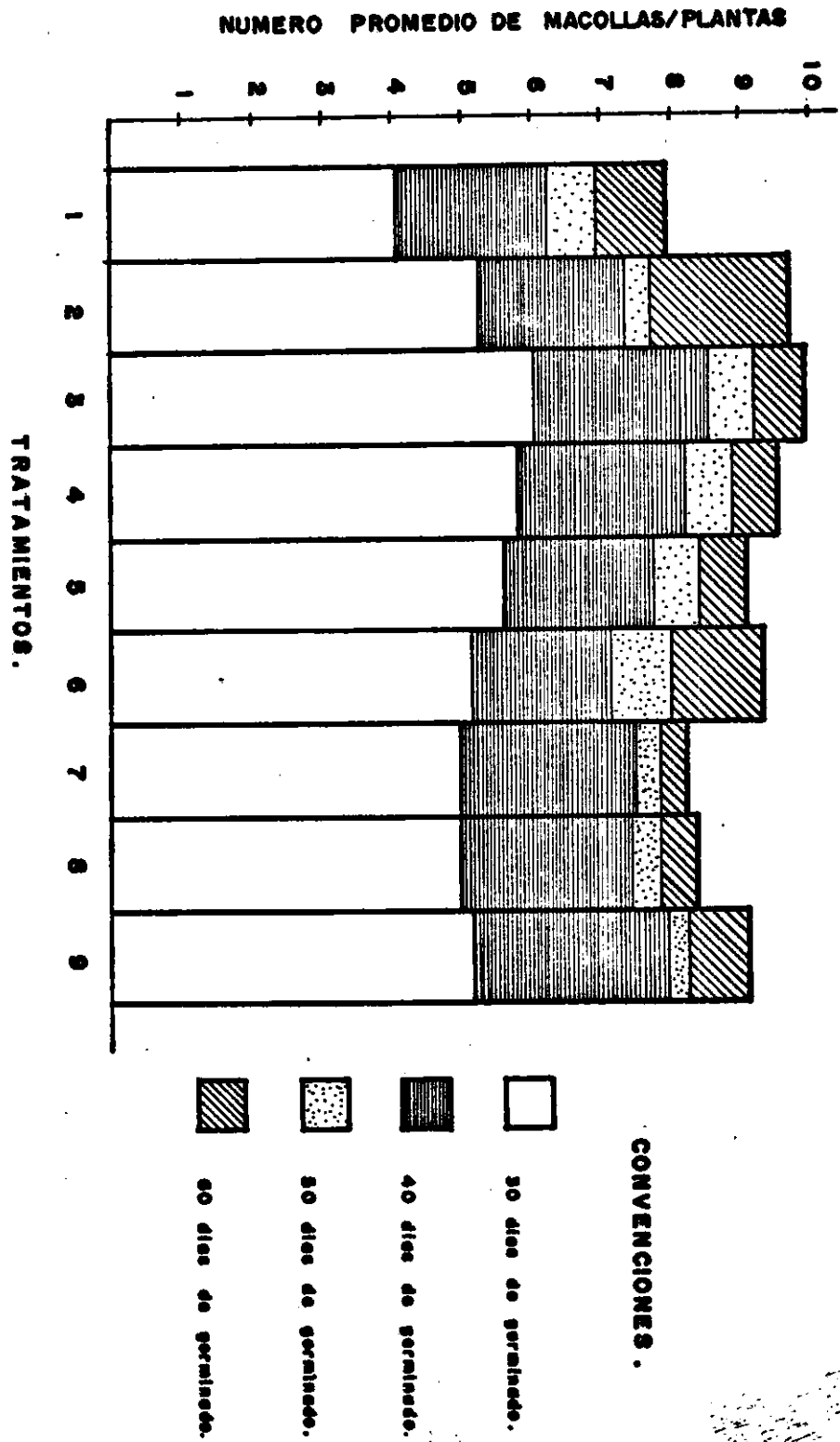
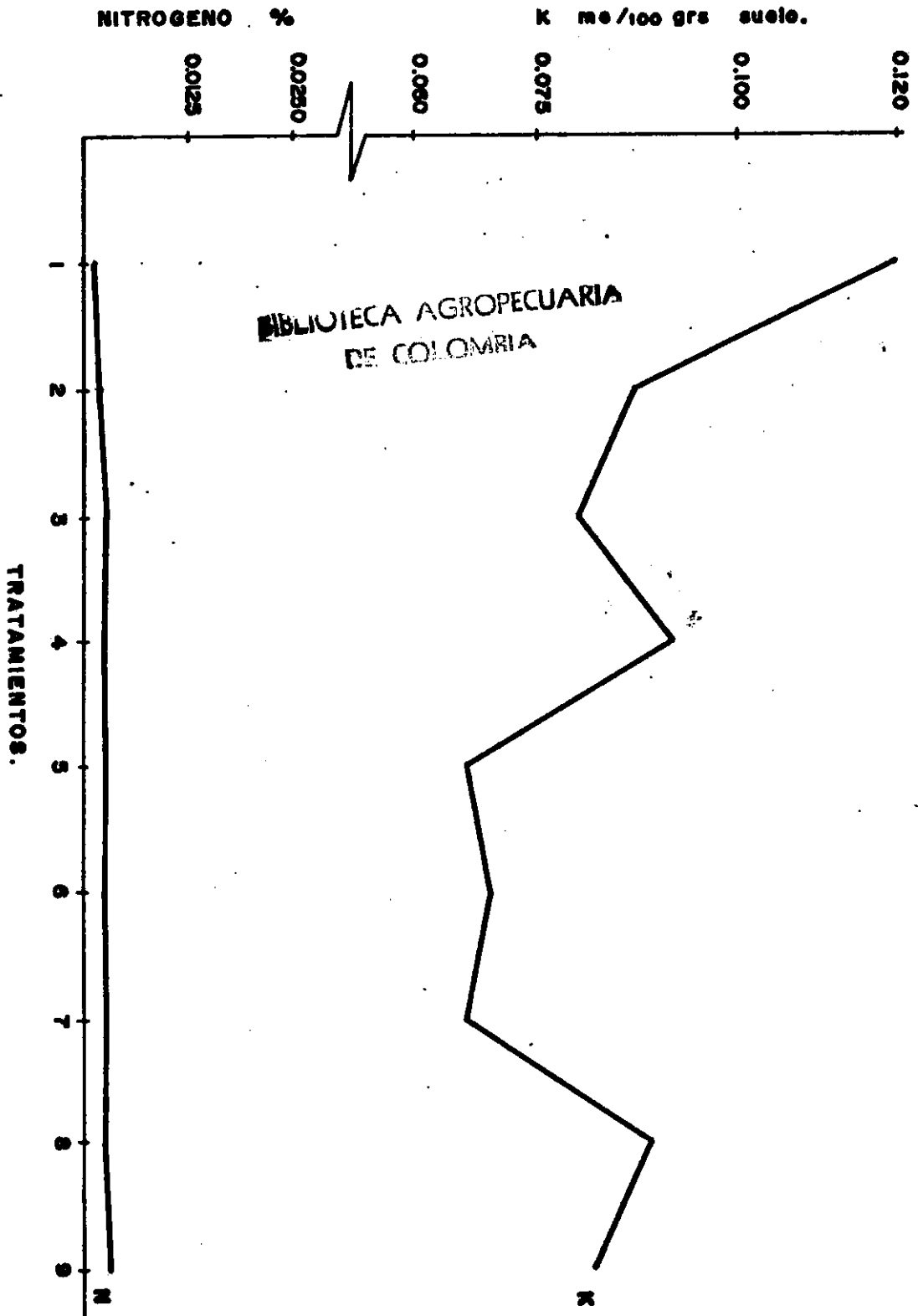


FIGURA 5. Efecto de los tratamientos con ceniza sobre los nutrientes del suelo.



Químicas del Suelo.

4.1.3.1 pH.

Estadísticamente el pH del suelo no sufrió variaciones significativas; pero al realizar la prueba de Duncan se encontró que el tratamiento comercial mostró diferencias significativas al compararlo con el tratamiento 5 del ensayo, el cual presentó el nivel más bajo. En general el pH del suelo no acusó variaciones marcadas, solo mostró un aumento sensible pasando de ligeramente ácido a neutro en el tratamiento en donde se aplicaron las fuentes nitrogenadas sin ceniza de la cascarilla del arroz. (Tabla 5, Figura 6).

4.1.3.2 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo no mostró variación apreciativa alguna, ya que cambió de 0,5 a 0,69 mmhos/cm sosteniéndose dentro del margen de suelos que padecen efectos despreciables de salinidad. El análisis de varianza no fue significativo; pero al realizar la prueba de Duncan se encontró diferencias significativas del tratamiento absoluto al compararlo con el tratamiento 7 del ensayo el cual mostró uno de los niveles más bajos. El testigo absoluto sufrió el mayor aumento del ensayo con 0,8 mmhos/cm. (Tabla 5, Figura 6).

4.1.3.3 Materia Orgánica

FIGURA 6. Efecto de los tratamientos con ceniza sobre las características químicas y físicas del suelo.



La materia orgánica del suelo mostró diferencias altamente significativas siendo mayor cuando se aplicaron las diferentes dosis de ceniza de la cascarilla del arroz. Los menores niveles de materia orgánica se observaron en los testigos comerciales y absoluto. Este comportamiento del material utilizado es una clara evidencia de que al ser adicionado al cultivo del arroz sufre un proceso de rápida descomposición por las bacterias anaeróbicas y favorecido también por la solubilidad del mismo. Esta característica de la ceniza es una muestra satisfactoria como quiera que se desee recuperar suelos con bajos indicios de materia orgánica y aún más, mejorar la agregación y la retención de humedad del suelo (Tabla 5, Figura 6).

4.1.3.4 Potasio.

El potasio del suelo cambió notoriamente debido a que disminuyó de 0,30 a 0,083 meq/100 grs, mostrando así un mayor gasto de este nutriente causado en gran parte por una mejor eficiencia de la planta en absorción y utilización de este elemento como parte fundamental en el metabolismo vegetal, justificando así la labor imprescindible de este mineral en la fertilización normal del cultivo del arroz. Estadísticamente se observó diferencias significativas a nivel de bloques y tratamientos. El testigo absoluto mostró el mayor contenido de potasio en el suelo así como también el menor rendimiento. Los menores contenidos de potasio en el suelo

se observaron en los tratamientos en donde hubo mayor rendimiento (Tabla 5, Figura 5).

Al hacer una prueba de correlación simple entre el contenido de potasio en el suelo al final del cultivo y el rendimiento obtenido, se encontró una correlación negativa (-0,70), la cual muestra que a mayor rendimiento del cultivo las necesidades de este elemento por parte de la planta son cada vez más exigentes (Tabla 7).

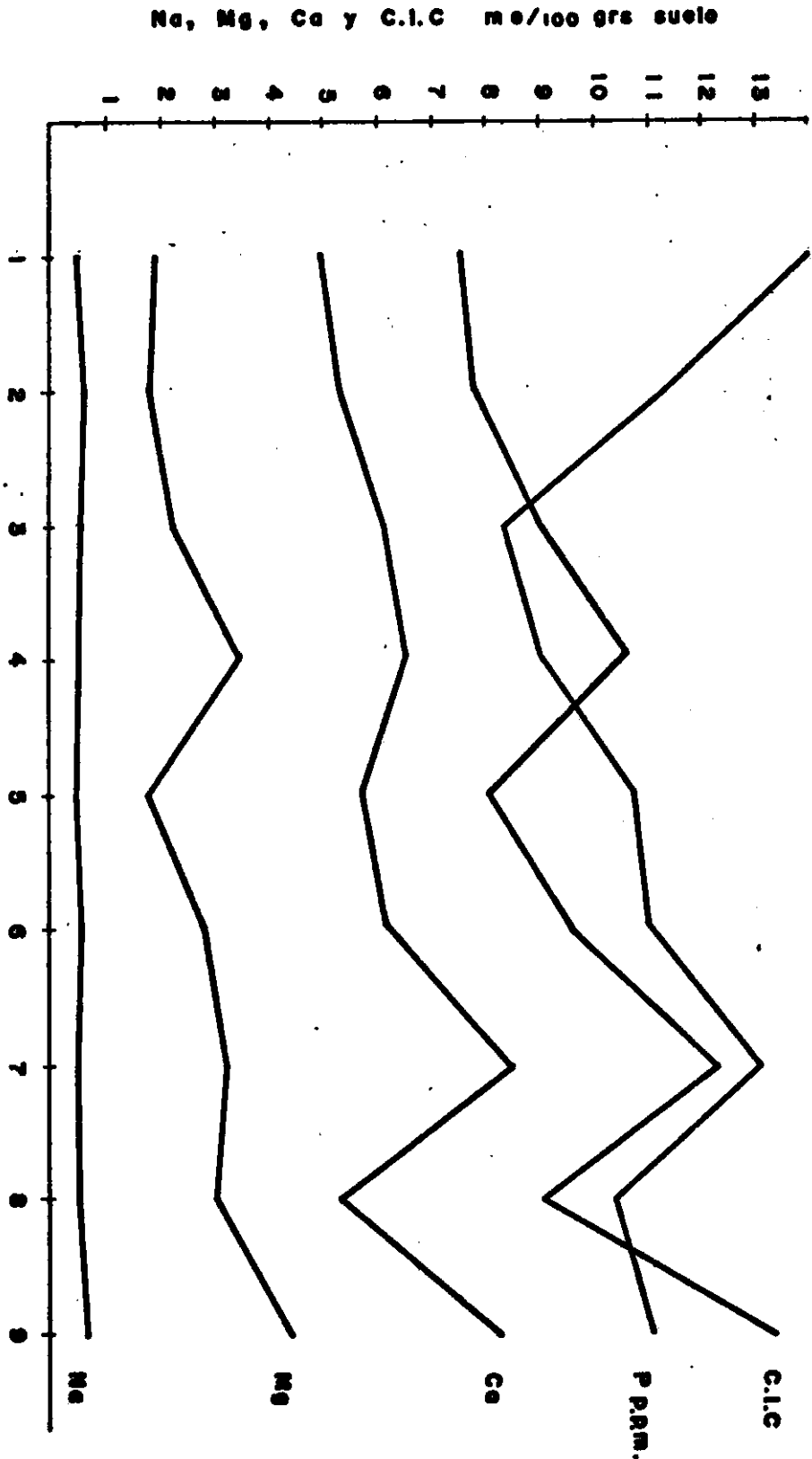
4.1.3.5 Calcio.

Estadísticamente el calcio mostró diferencias altamente significativas a nivel de tratamientos, siendo mayor en los tratamientos 7 y 9 y con niveles un poco menor en los demás tratamientos en donde se aplicó la ceniza de la cascarilla del arroz. Los testigos absoluto y comercial mostraron los niveles más bajos aunque sufrieron un leve incremento en el contenido del calcio (Tabla 5, Figura 7).

4.1.3.6 Magnesio.

El contenido de magnesio en el suelo mostró diferencias altamente significativas a nivel de tratamientos siendo mayor en aquellos tratamientos en donde se aplicó la ceniza de la cascarilla del arroz, excepto el tratamiento 5 en donde inexplicablemente se observó uno de los niveles más bajos junto con los testigos comerciales y absoluto. Al observar un mayor contenido de magnesio en don-

FIGURA 7. Efecto de los tratamientos con ceniza sobre los nutrientes del suelo.



de se aplicó la ceniza es un indicio del aporte y disponibilidad de este elemento al adicionar este material (Tabla 5, Figura 7).

4.1.3.7 Fósforo.

El fósforo del suelo mostró diferencias altamente significativas a nivel de tratamientos acusando menores contenidos de este elemento en los tratamientos en donde se lograron los mejores rendimientos. El testigo absoluto mostró el mayor contenido de fósforo en el suelo y en contraste el menor rendimiento indicando una baja disponibilidad del elemento y una menor eficiencia por parte de la planta. En general y corroborando lo que sostiene (3), no se obtienen incrementos en el rendimiento a medida que se aumentan los niveles de fósforo aplicados al cultivo del arroz; aunque con dosis adecuadas de ceniza se observa que hay una mayor disponibilidad del fósforo y en consecuencia incrementos sensibles en el rendimiento. (Tabla 5, Figura 7).

Al correlacionar el contenido de fósforo en el suelo al final del cultivo con el rendimiento obtenido en el ensayo se encontró una correlación negativa (-0,81), lo que cabe indicar que a medida que se incrementa el rendimiento al adicionar la ceniza en dosis adecuadas el contenido de fósforo disponible es mayormente absorbido por la planta y por ende los contenidos de este elemento en el suelo se disminuyen, ocasionados por la mayor disponibilidad de él y la eficiencia de la planta (Tabla 6).

TABLA 6. Contenido de P en p.p.m. obtenido en el suelo al final del cultivo

Tratamiento	Dosis Ceniza (Kg/Ha)	P (p.p.m.)	Producción (Kg/Ha)
1	0	14,00	5.852
2	0	11,33	10.338
3	300	8,33	11.516
4	600	9,0	10.780
5	900	10,66	10.771
6	1.200	11,00	10.858
7	1.600	13,00	9.741
8	2.000	10,33	10.080
9	2.500	11,00	10.398
$(r = 0,81)$		$\bar{X} = 10,96$	$\bar{X} = 10.043$

TABLA 7. Contenido de K en meq/100 grs obtenido en el suelo al final del cultivo

Tratamiento	Dosis Ceniza (Kg/Ha)	Potasio (meq/100 grs S)	Producción (Kg/Ha)
1	0	0,120	5.852
2	0	0,087	10.338
3	300	0,079	11.516
4	600	0,092	10.780
5	900	0,066	10.771
6	1.200	0,069	10.858
7	1.600	0,066	9.741
8	2.000	0,089	10.080
9	2.500	0,082	10.398
$(r = 0,70)$		$\bar{X} = 0,083$	$\bar{X} = 10.043$

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

4.1.3.8 Nitrógeno.

El nitrógeno del suelo mostró diferencias altamente significativas a nivel de tratamientos. Los testigos absoluto y comercial presentaron los niveles más bajos de nitrógeno, en contraste con los tratamientos en donde se aplicó la ceniza de la cascarilla del arroz en donde se mostraron los niveles más altos de nitrógeno indicando así que con dosis adecuadas de este material fertilizante y las fuentes nitrogenadas úrea y sulfato de amonio se puede lograr una mejor eficiencia por parte de la planta y una disminución en las pérdidas de nitrógeno en el suelo (Tabla 5, Figura 5).

4.1.3.9 Sodio.

El sodio del suelo al analizarlo estadísticamente no mostró diferencias significativas entre los tratamientos del ensayo. Se pudo observar un leve incremento de este nutriente, ya que cambió de 0,23 a 0,54 meq/100 grs S. Los tratamientos 2 y 9 mostraron los niveles más altos de sodio con 0,59 meq/100 grs S. Al realizar una prueba de Duncan no se encontró diferencias significativas; pero en general los niveles de sodio observados no son considerados como problema grave, ya que no se acercan a los niveles críticos de sodificación pero será necesario observarlo en estudios posteriores (Tabla 5, Figura 7).

4.1.3.10 Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva.

La capacidad de intercambio catiónico efectiva del suelo al analizarla estadísticamente presentó diferencias altamente significativas a nivel de tratamientos. Los testigos absoluto y comercial acusaron los niveles más bajos, en contraste con los tratamientos en donde se aplicó la ceniza de la cascarilla del arroz en los cuales se observaron incrementos a medida que se incrementaron las dosis de este material, debiéndose ésto al aporte de cationes intercambiables por parte del material al igual que el incremento de materia orgánica del suelo los cuales contribuyeron al mejoramiento de la capacidad de intercambio catiónico efectiva del suelo (Tabla 5, Figura 7).

4.1.3.11 Retención de Humedad.

Estadísticamente la retención de humedad presentó diferencias significativas a nivel de tratamientos incrementándose ésta a medida que se aumentaron las dosis de ceniza de la cascarilla del arroz. Los testigos comercial y absoluto presentaron los porcentajes más bajos, en contraste con los tratamientos en donde se aplicó tal material. Es obvio resaltar el efecto de la ceniza sobre la retención de humedad del suelo como quiera que se desee recuperar suelos que presenten problemas de mucha permeabilidad y de textura arenosa (Tabla 5, Figura 6).

4.2 Relación Entre el Contenido de Nutrientes en el Suelo al Final del Cultivo y la Producción.

4.2.1 Relación Entre el Contenido de Nitrógeno y Potasio en el Suelo y la Producción de la Variedad Oryzica-1.

Al relacionar el contenido de N y K en el suelo con la producción obtenida se encontró que la mayor eficiencia por parte de la planta se dió cuando hubo la mayor absorción del elemento potasio, utilizando menores contenidos de nitrógeno y quedando en el suelo mayores niveles de este nutriente, lo cual quiere decir que con dosis adecuadas de potasio, la planta responde en mejor forma a la absorción y utilización del nitrógeno, mostrando así la aplicación necesaria del K en la fertilización normal del arroz (Tabla 8).

4.2.2 Relación Entre el Contenido de Fósforo y Potasio en el Suelo y la Producción de la Variedad Oryzica-1.

Relacionando el contenido de estos elementos con la producción del cultivo, se observó que hubo mayor aprovechamiento de ellos en donde se hizo la fertilización nitrogenada y con ceniza de la cascarilla del arroz, encontrándose los menores niveles de P y K en los tratamientos en donde se obtuvieron los mejores rendimientos, lo que muestra el efecto vital de estos nutrientes en la producción del cultivo del arroz. (Tabla 8).

TABLA 8. Contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, obtenido en el suelo al final del cultivo y la producción de la variedad ORYZICA-1.

Tratamiento	Dosis Ceniza (Kg/Ha)	N (%)	P p.p.m.	K (meq/100)	Producción (Kg/Ha)
1	0	0,0015	14	0,120	5.852
2	0	0,0019	11,33	0,087	10.338
3	300	0,00222	8,33	0,079	11.516
4	600	0,00215	9,00	0,092	10.780
5	900	0,00211	10,66	0,066	10.771
6	1.200	0,00207	11,00	0,069	10.858
7	1.600	0,00222	13,00	0,066	9.741
8	2.000	0,00205	10,33	0,089	10.080
9	2.500	0,00222	11,00	0,082	10.398

$\bar{X} = 0,00204$ $\bar{X} = 10,96$ $\bar{X} = 0,83$ $\bar{X} = 10.043$

Con estos resultados obtenidos al analizar el comportamiento de respuesta de la variedad Oryzica-1 a diferentes dosis de ceniza de la cascarilla del arroz y el efecto de este material sobre las características físico-químicas del suelo, es de considerar las influencias benéficas de esta fuente al aplicarlo como fertilizante en dosis fraccionadas al cultivo del arroz y en las épocas específicas de abonamiento comercial, lográndose incrementar sensiblemente los rendimientos y afectar favorablemente las características físico-químicas del suelo.

Como quiera que se desee adoptar una tecnología eficiente en procura de obtener mejores rendimientos, con bajos costos de producción y poco deterioro de las características físico-químicas del suelo, se debe centrar la investigación en lo que relaciona a este material a su uso constante en un monocultivo específico y dentro de todas las alternativas posibles de estudio como dosis, época de aplicación, mezclas, estudio de resistencia a plagas y enfermedades, efecto residual sobre el suelo, disponibilidad de ciertos elementos con problemas de solubilidad como el fósforo y en último caso de rendimiento del cultivo del arroz.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la fertilización de la variedad de arroz Oryzica-1, con las diferentes dosis de ceniza de la cascarilla de arroz y las fuentes nitrogenadas Urea (46% de N) y Sulfato de Amonio (21% de N), se presentaron las siguientes conclusiones sobre el comportamiento de la planta y el efecto sobre las características físico-químicas del suelo.

La mayor producción obtenida en este ensayo fue la del tratamiento 3 con 11.516 Kg/Ha de arroz cáscara. Esta sobrepasa en 4.116 Kg/Ha, lo que representa un 55,6% más que la producción comercial obtenida en la zona arroceras de Aracataca. Le siguen en orden los tratamientos 6, 4, 5 y 9.

Los resultados logrados en el tratamiento 3 con respecto a los testigos absoluto y comercial del ensayo representan aumentos de 5.664 y 1.178 Kg/Ha con incrementos porcentuales de 96,7 y 11,39%.

El peso de mil granos aumentó sensiblemente al aplicar la ceniza de la cascarilla del arroz. El mejor peso promedio se obtuvo en el tratamiento 9 en donde se adicionó 2.500 Kg/Ha de este material. El peso obtenido fue de 29,31 grs.

La altura y macollamiento de planta aumentaron sensiblemente al adicionar la ceniza de la cascarilla del arroz, siendo mejor el

tratamiento 3.

El pH del suelo no sufre cambio alguno al aplicar la ceniza de la cascarilla del arroz.

La conductividad del suelo no muestra variación alguna al adicionar la ceniza de la cascarilla del arroz.

La materia orgánica del suelo aumenta con la aplicación de la ceniza de la cascarilla del arroz.

El potasio aportado por este material es fácilmente absorbido y utilizado por la planta en los niveles en que ésta lo requiere y en las épocas establecidas en este ensayo.

El calcio del suelo aumenta a medida que se incrementan las dosis de la ceniza de la cascarilla del arroz.

El magnesio sufre aumento en el suelo a medida que se incrementan las dosis del material.

Hay una mayor absorción y utilización del fósforo por la planta cuando se adiciona la ceniza de la cascarilla del arroz.

Hay mayor eficiencia del N cuando se adicionan cantidades adecuadas de ceniza de la cascarilla del arroz.

El suelo no sufre cambios de sodificación al aplicar la ceniza de la cascarilla del arroz.

La capacidad de intercambio catiónico efectiva del suelo mejora por el aporte de cationes y el incremento de la materia orgánica ocasionado por el material aplicado.

La retención de humedad mejora cuando se incrementan las dosis de la ceniza de la cascarilla del arroz.

6. RESUMEN

El presente ensayo se realizó con el fin de evaluar la respuesta de la variedad de arroz Oryzica-1, a la fertilización con las fuentes nitrogenadas Urea y Sulfato de amonio y los diferentes niveles de ceniza de la cascarilla del arroz, así como el efecto de ésta fuente sobre las características físico-químicas del suelo.

El estudio se realizó en la granja experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena, municipio de Santa Marta, Departamento del Magdalena, situada al noroeste de Colombia, geográficamente la zona está enmarcada entre los $11^{\circ} 11'$ de latitud norte y $74^{\circ} 01'$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich, la temperatura promedio anual es de 28°C , con una precipitación promedio anual de 674,4 m.m. y una humedad relativa del 75%.

La investigación se efectuó entre los meses de Febrero a junio de 1986 dentro de un protector de cultivo, forrado en anejo, estructuras de madera y piletas construidas en ladrillo-cemento y llenadas con suelo de textura Franco-Arcilloso-Arenoso hasta 15 cms por debajo del nivel superior. El diseño empleado fue el de Bloques Completamente al Azar, con 9 tratamientos y tres replicaciones para un total de 27 unidades experimentales. Para el siguiente ensayo se hicieron aplicaciones de nitrógeno con dosis de 0 y 200 Kg de N/Ha y las dosis de ceniza adicionadas fueron de 0; 300; 600; 900; 1.200; 1.600; 2.000 y 2.500 Kg/Ha, aplicadas ambas fuentes el

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA⁵²

50% inicial a los 30 días y el 50% restante a los 60 días de germinado el cultivo.

Para evaluar los resultados del ensayo se analizaron estadísticamente parámetros importantes como el rendimiento, el peso promedio de mil granos y la altura y macollamiento promedio de plantas así como también las características físico-químicas del suelo como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico efectiva y retención de humedad.

Los datos estadísticos indicaron que cuando se aplican 200 Kg de N/Ha más 300 Kg de ceniza/Ha se obtiene un incremento en el rendimiento de 96,7% del tratamiento 3 sobre el testigo absoluto del ensayo y de 55,6% sobre la producción comercial de la zona arrocería de Aracataca.

En cuanto al peso promedio de mil granos se observó un incremento de los tratamientos 9 y 3 sobre el testigo absoluto de 3,25 y 2,42% y sobre el peso promedio comercial de 5,8 y 2,8%.

Sobre la altura y macollamiento promedio de plantas se presentaron aumentos sensibles aunque estadísticamente no fueron significativos.

En lo que concierne a las características físico-químicas del suelo

la ceniza de la cascarilla del arroz no causó efectos marcados sobre el pH y la conductividad eléctrica del suelo. La materia orgánica del suelo aumentó al aplicar la ceniza al igual que la capacidad de intercambio catiónico afectiva y los cationes calcio y magnesio. El potasio del suelo y el adicionado por la ceniza de la cascarilla del arroz fueron fácilmente absorbidos y eficientemente utilizados por la planta mostrándose respuestas significativas en la producción del cultivo y quedando en el suelo bajos niveles del elemento.

El fósforo liberado por el material fue fácilmente absorbido y utilizado por la planta de arroz, al igual que el fósforo del suelo, el cual se hizo más soluble al aplicar la ceniza de la cascarilla del arroz. El sodio del suelo no sufrió aumento apreciable que pueda considerarse como problema grave al aplicar la ceniza al cultivo. La retención de humedad del suelo mejoró al agregar este material debido al aumento de materia orgánica en el suelo, mostrando así el efecto bondadoso de la fuente.

SUMMARY

The present assay was realized with the objective of to evaluate the answer of the variety of rice ORYZICA-1 to the fertilization with the nitrogenized sources Urea and sulphate of ammonium and the different levels of the ash rice peruvian bark as soon as the effect of this source on the physicol-Chemical characteristic of the ground.

The study was realized at the experimental farm of the technological University of the Magdalena, Santa Marta city, Magdalena Departament situated to the north-west of Colombia. Geographically the zone is localized between the $11^{\circ} 11'$ latitude north and the $74^{\circ} 01'$ longitude west Greenwich meridian; the temperature average annual is of 28°C with a precipitation of 674,4 m.m. and a relative humity of the 75%.

The investigation was effected between the months from february to june of 1986 in a protector of cultivation lined with coarse sort of linen, structures of wood and dims constructed in brick - cement filled with ground of franc texture, arenacesus argil until 15 centimetres under of the superior level.

The employed design was the of blocks completely to the hazard with nine treatments and three replications for a total of 27 experimentals unities.

For the following assay did applications of nitrogen in doses of 0 and 200 Kg/each hour and the doses of additioned ash were of 0; 300; 600; 900; 1.200; 1.600; 2.000 and 2.500 Kg/each hour applied both sources to the 50% initial to the 30 days and the 50% remainder to the 60 days of germinated the cultivation,

To evaluate the results of the assay analysed statistically important parameters as rendition, weight average of thousand grams and the height and bunchment average of plants to the 60 days of germinated the cultivation as soon as too the physicol-chemical characteristics of the ground as nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sodium, pH, electric conductivity, organical matter, capacity of cationic effective interchange and retention of humity.

The statistics datums, indicated that when apply 200 Kg of N each hour plus 300 Kg of ash/each hour it obtains a increment in the rendition of 96,7% of the treatment 3 on the absolute witness of the assay and of 55,6% on the comercial production of the rice zone of Aracataca.

With regard to weight average of thousand grans it observed a increment of the treatments 9 and 3 on the absolute witness of 3,25 and 2,42% and on the weight comercial average of 5 - 8 and 2 - 8%.

On the height and bunchment average of plants presented sensible increases, but statistically were not significative increases.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

As for to the physical - chemical characteristics of the ground the application of the rice ash caused not marked effects on the pH electric consecutivity of the ground. The organic matter of the ground increased to apply the ash equally was the capacity of cationic effective interchange and the cations Ca and Mg. The potassium of the ground and the additioned for the ash were ground and the additioned for the ash were easily absorbed and efficiently utilized for the plant show it significative answers in the production of the cultivation and was giving on the ground under levels of the element the liberated phosphorus for the material too was easily absorbed and efficiently utilized fot the plant equally that the present phosphorus on the ground which it did most soluble to apply the material.

The sodium of the ground suffered not appreciable increases that can consider grave problem when it applies the ash.

The retention of humity of the ground improved to the aggregate it this material due to the increase of the organic matter on the ground and shouw it so the kind effect of the source.

BIBLIOGRAFIA

1. ABSTRACTS ON TROPS. Agric. 1(8), Países bajos.
2. COLLINGS, Gilbeart. Fertilizantes comerciales. Barcelona, Salvat, 1950. 686 p.
3. ENCICLOPEDIA UNIVERSAL ILUSTRADA. Madrid, Espasa-Calpe, 1958. V. 12, 1.040 p.
4. GLAMDER, H. y PETER, A. Conocimientos y experimentos en la fertilización del arroz. Hannover, Verlagsgesellschaft, 1962. 36 p. (Boletín verde).
5. GUSTAFSON, F.A. Uso y explotación de los suelos. Buenos Aires, Suelo Argentino, 1955. 533 p.
6. HARDY, Frederick. Edafología tropical. México, Herero, 1970. 334 p.
7. MARTINEZ T., Thirsa. Recomiendan cascarilla del arroz para generar energía en Colombia. El Heraldó, Barranquilla, Abr., 4 de 1986. p. 12A, c. 1-4.
8. MELA MELA, Pedro. Tratado de edafología. Zaragoza, Agrocien-
cia, 1963. 615 p.
9. TEUSCHER, H. y RUDOLPH, Adler. El suelo y su fertilidad. Mé-
xico, Continental, 1965. 491 p.
10. UTILIZACION INDUSTRIAL de la cascarilla del arroz. s.p.i.
7 p. (Xerox copia).
11. VARGAS Z., Patricio. Comportamiento de Oryzica-1, una nueva
variedad de arroz para Colombia. Arroz, Bogotá, 32 (322):
32-41, Ene-Feb., 1983.
12. VILLEGAS V., Gustavo. Algunos aspectos sobre fertilización
en arroz sembrado bajo el sistema de fanguero. Arroz,
Bogotá, 28 (301) : 6-13, Jul-Agos., 1979.
13. ZEQUEDA, I y PAEZ, C. J. Respuesta del arroz a cinco niveles
de fertilización con N y K en la zona bananera del Magda-
lena. Tes., Ing. Agr. Santa Marta, Universidad Tecnoló-
gica del Magdalena, 1979. 38 p.

APENDICE

TABLA 9. Análisis de varianza para rendimiento

F.V	G.L.	S.O.	C.M.	F.Calc.	F.Tab.	
					0,05	0,01
Bloques	2	2.63019	1.315095	1.1466019	3,63	6,23
Tratam.	8	65.51822	8.189777	7.1404835 ⁺⁺	2,59	3,89
Error	16	18.3512	1.14695			
Total	26	86.49961				

C.V. = 10,66%

