ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Evaluación de cinco dosis de aplicación de ceniza de cascarilla de arroz como fuente de silicio y complemento a la fertilización con fósforo y potasio en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad F-50"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Presentada por:

Livinsgthone Arístides Andrade Barragán

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2006

AGRADECIMIENTO

A la todas las personas que de una u otra manera estuvieron involucradas en la realización de este trabajo, así como a mi Director de Tesis Ing. Arturo Álvarez y a los Vocales, Ing. Homero Robalino e Ing. Eison Valdiviezo por su invaluable ayuda y tiempo.

DEDICATORIA

A DIOS

MIS PADRES

MI FAMILIA

MIS SERES QUERIDOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Ribadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Arturo Álvarez A.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Homero Robalino R.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

_____

Livinsgthone Andrade B.

RESUMEN

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* **L**.), después del trigo, es uno de los alimentos básicos de la humanidad. En el Ecuador es uno de los cultivos más importantes, tanto por la superficie de su sembrío que se aproxima a las 400000 hectáreas, como por su valor alimenticio y por aporte de divisas que genera (60 millones de dólares al año). Se lo siembra mayormente en las provincias del Guayas y Los Ríos. El consumo por persona por año es de 43 Kg de arroz blanco. En 1997 se exportaron 140000 toneladas métricas de arroz pilado. Dentro de la Comunidad Andina, el Ecuador es el país con mayor superficie sembrada de este cultivo.

Para el crecimiento normal del arroz es necesario el silicio. La primera evidencia de que este nutriente es necesario en el arroz fue dado por Sommer (1926). Se acepta generalmente que el arroz requiere grandes cantidades de silicio. En un cultivo de arroz que produce 10 Tn/Ha de grano, las plantas pueden absorber hasta 1 Tn/Ha de silicio.

En la industria arrocera el principal desecho que se genera es la cascarilla que cubre el arroz, que en algunos casos, es usada la combustión de la misma para el calentamiento del aire destinado al proceso de secamiento del arroz. Pero una vez quemada, esta ceniza no tiene algún uso, la cual

representa un problema en el momento de deshacerse de ella perjudicando el entorno.

Es necesario realizar investigaciones dirigidas a encontrarle un provecho a esta ceniza, ya que entre el contenido de nutrientes se encuentra en gran cantidad el silicio, y este elemento es necesario para el cultivo de arroz.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN II

ÍNDICE DE GRÁFICOS III

ÍNDICE DE TABLAS IV

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1

1. REVISIÓN DE LITERATURA 4

1.1. El cultivo de arroz 4

1.1.1. Origen 4

1.1.2. Morfología, fisiología y taxonomía 5

1.1.3. Variedades más comunes del cultivo en el Ecuador 8

1.1.3.1. Variedad F-50 9

1.1.3.1.1. Características agronómicas 9

1.1.4. Importancia económica y distribución geográfica 13

1.1.5. Requerimientos edafoclimáticos 13

1.1.5.1. Clima 14

1.1.5.2. Temperatura 14

1.1.5.3. Suelo 16

1.1.5.4. pH 16

1.1.5.5. Radiación solar 17
1.1.6. Labores del cultivo 18
1.1.6.1. Preparación del suelo 18
1.1.6.2. Siembra 18
1.1.6.3. Fertilización 20
1.1.6.4. Riego 21
1.1.6.5. Malezas 23
1.1.7. Plagas y enfermedades 24
1.1.7.1. Plagas 24
1.1.7.2. Enfermedades 24
1.1.8. Cosecha 25
1.1.9. Subproductos del arroz 26
1.1.9.1. Cascarilla de arroz 27
1.1.9.1.1. Ceniza de cascarilla de arroz 28
1.2. Nutrición mineral 29
1.2.1. Elementos esenciales para el arroz 29
1.2.2. Diagnostico de las deficiencias de nutrientes y toxicidades 30
1.2.3. Funciones y síntomas de deficiencia de los nutrientes 32
1.2.4. Nitrógeno 32
1.2.5. Fósforo 33
1.2.6. Potasio 34
1.2.7. Silicio 36

1.2.7.1. Silicio en suelos y aguas 39
1.2.7.2. Silicio en la planta 43
1.2.7.3. Fuentes de silicio 49
1.2.7.4. Determinación de necesidades de fertilización con silicio 50
1.2.7.5. Respuesta del arroz al silicio en Colombia 56

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS 59
2.1. Ubicación del ensayo 59
2.2. Materiales y herramientas 60
2.2.1. Fase de campo 60
2.2.2. Fase de laboratorio 61
2.3. Metodología de la investigación 61

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS 73

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 92

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1. 1 Principales procesos y transformaciones que afectan la concentración del silicio en la solución del suelo……...42
Gráfico 1.2 Esquema de una célula epidérmica de la hoja de la planta.de.arroz...……...44
Gráfico 3.1 Altura de la planta a los 75 y 105 días después del transplante y prueba de Tukey al 5%……..……..……74
Gráfico 3.2 Altura de la planta a los 45 y 105 días después del transplante y prueba de Tukey al 5%.....74
Gráfico 3.3 Longitud de raíz a los 15 y 45 días después del transplante y prueba de Tukey al 5%.....76
Gráfico 3.4 Análisis de correlación y línea de tendencia de la longitud de raíces a los 15 ddt respecto a las dosis de ceniza evaluadas……..……76
Gráfico 3.5 Análisis de correlación y línea de tendencia de la longitud de raíces a los 45 ddt respecto a las dosis de ceniza evaluadas……..……77
Gráfico 3.6 Macollos y panículas por metro cuadrado en 139 y 104Kg de K_20/Ha y prueba de Tukey al 5%.....79
Gráfico 3.7 Número de panículas por metro cuadrado y prueba de Tukey al 5%.....79
Gráfico 3.8 Análisis de correlación y línea de tendencia del número de panículas/m^2 respecto a las dosis de ceniza evaluadas……..80
Gráfico 3.9 Producción ajustada al 22% de humedad (Tn/Ha) y prueba de Tukey al 5%.....82
Gráfico 3.10 Rendimiento (Tn/Ha) ajustado al 22% de humedad por cada factor y prueba de Tukey al 5%.....82
Gráfico 3.11 Correlación entre el contenido foliar de N y el rendimiento..…83
Gráfico 3.12 Correlación entre el contenido foliar de P y el rendimiento……83
Gráfico 3.13 Correlación entre el contenido foliar de K y el rendimiento……84
Gráfico 3.14 Correlación entre el contenido foliar de SiO_2 y el rendimiento..84

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Taxonomía del arroz…….....5
Tabla 2 Variedades mejoradas y criollas del arroz……..8
Tabla 3 Aspectos técnicos en la etapa de cosecha de la variedad F-50…….……..……..13
Tabla 4 Contenido de nutrientes de la ceniza……29
Tabla 5 Absorción de silicio por la variedad CICA 8, en el CIAT……38
Tabla 6 Efecto de la aplicación de silicio en la producción de caña de azúcar…..……46
Tabla 7 Efecto de la aplicación de silicio en cohombro en solución nutritiva…….……..47
Tabla 8 Relación entre silicio y suministro de nitrógeno en erección de hojas de arroz……..……...48
Tabla 9 Rangos óptimos y niveles críticos de silicio en los tejidos de la planta…….……...…52
Tabla 10 Efecto del silicio sobre el rendimiento de arroz paddy en Aguazul……..……57
Tabla 11 Efecto del silicio sobre el rendimiento de arroz paddy en Nunchía.……58
Tabla 12 Descripción de tratamientos del ensayo……...62
Tabla 13 Contenido de nutrientes de la ceniza de cascarilla de arroz y su aporte mineral de las diferentes dosis empleadas…….64
Tabla 14 Resultados de análisis foliares realizados por tratamiento a los 80 días después del transplante…….……85
Tabla 15 Análisis de dominancia……...87
Tabla 16 Análisis de la tasa de retorno marginal……87

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata de la “Evaluación de cinco dosis de aplicación de ceniza de cascarilla de arroz como fuente de silicio y complemento a la fertilización con fósforo y potasio en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) variedad F-50”, enfocado a estudiar la ceniza ya que se han realizado investigaciones y estudios que demuestran cantidades de silicio en la misma.

El silicio no es considerado por los fisiólogos y nutricionistas vegetales como elemento esencial, para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo para muchas familias de plantas, especialmente monocotiledóneas, gramíneas; el aporte de silicio al suelo incide en lograr cosechas de mejores rendimientos y calidad (18).

La ceniza fue aplicada de forma manual y uniforme en sus respectivas dosis en cada bloque de tratamientos e incorporada con la ayuda de un motocultor. Se mantuvo una lámina pequeña de agua para evitar que la ceniza flote y derive hacia los bloques vecinos. Finalmente se hizo un pase de tabla y se procedió con el transplante.

La aplicación de fertilizantes se la efectuó simultáneamente que el agricultor, así como el control malezas y plagas, usando el mismo sistema de aplicación. Se determinaron costos para poder llegar a un análisis económico de cada tratamiento evaluado.

Por las razones expuestas, se realizó la presente investigación en el arroz variedad F 50, persiguiendo los objetivos siguientes.

General

Conocer el efecto de la aplicación de ceniza de cascarilla de arroz con relación a la fertilización en el cultivo de arroz.

Específicos

- Evaluar el efecto de cinco dosis de aplicación de ceniza como fuente de silicio en el cultivo de arroz.
- Medir el efecto de la ceniza en la reducción de los niveles de fertilización con fósforo y potasio.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

CAPÍTULO 1

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. El cultivo de arroz

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se considera la superficie cosechada, pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. Además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo al mayor sector de la población rural (2) (10) (12).

1.1.1. Origen

El cultivo del arroz es muy antiguo. La planta probablemente se originó en el sur de la parte Oriental de Asia, habiéndose

diseminado desde entonces a los trópicos y subtrópicos. Existen muchas variedades de arroz pero la mayoría de ellas proceden de dos especies salvajes. La principal es la especie *Oryza sativa*, que es la especie asiática y de donde proceden la mayoría de variedades de todo el mundo. Otra especie es la *Oryza glaberrima*, procedente del delta del Níger en África. Esta última se encuentra mucho más restringida ya que su ámbito alcanza desde su zona de origen hasta el Senegal (19).

1.1.2. Morfología, fisiología y taxonomía

La taxonomía del arroz se describe en la Tabla 1.

TABLA 1

TAXONOMÍA DEL ARROZ

Reino	Plantae
División	Anthophyta
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	Oryza
Especie	Sativa
Nombre científico	*Oryza sativa*
Nombre vulgar	Arroz

Fuente: EDIFARM, 2004

El arroz es una planta anual o perenne, según a las especies o híbridos interespecíficos que le dieron origen a las variedades que pertenecen a las especies oryza perenni y oryza breviligulata, porque forman después de la cosecha nuevos

brotes (retoños) capaces de fructificar nuevamente, denominado segundo ciclo (17) (19).

Raíz: Las plantas desarrollan órganos primarios, radículas e hipocótilos de corta duración, porque mueren al cabo de poco tiempo del haber nacido, luego se forman de inmediato las raíces secundarias que forman un sistema radicular fasciculado compuesto de numerosas raíces adventicias superficiales y cortas, lo que le da a la planta cierta resistencia a la sequía (23) (20).

Tallo: El tallo como en las demás gramíneas está dividido por nudos, siendo el nudo inferior muy importante, porque de él salen las raíces adventicias que fijan y alimentan a la planta permanentemente. Otra razón es que la planta tiene la capacidad para ahijar y formar nuevos brotes fértiles que florecen y fructifican normalmente. El ahijamiento es muy importante, pero es muy variable, siendo un carácter muy influenciado por los factores ambientales y la técnica de cultivo. La altura de los tallos también es un carácter varietal muy variable según variedades (23) (20).

Hojas: Las hojas del arroz son alternas y se forma de las vainas, cuello y lámina (limbo). Las vainas superiores se

superponen sobre las inferiores sucesivamente y tienen formas cilíndricas, terminan en el cuello de la hoja donde se encuentran las lígulas y las saurículas de colores muy variables según las variedades. La lámina es de forma lanceolada, es además angosta y muy aguda en el ápice, cuya coloración varía en función a la variedad que le dio origen (23) (20).

Panícula: La panícula es terminar con ramificaciones primarias y secundarias donde se forman las flores, las cuales son hermafroditas fértiles, compuesta de seis estambres de filamentos largos. El gineceo de la flor está compuesto de un ovario esférico un oblongo que termina en tres ramas estigmáticas donde una es muy pequeña y las otras dos son bien desarrolladas y que están cubiertas de papila. El ovario es uniovular (23) (20).

Fruto: El arroz en las mayorías de las variedades las panículas terminales tienen espiguillas fértiles en los 2/3 superior y son estériles en el último tercio inferior (en la base de la panícula). Las espiguillas tienen glumillas adherentes (llamado arroz en cáscara o grano paddy). El fruto es un cariópsides de tamaño muy variable según variedades (23) (20).

1.1.3. Variedades más comunes del cultivo en el Ecuador

Las variedades mejoradas de arroz permiten a los agricultores producir el cultivo en forma más eficiente, a un costo unitario más bajo. Además de aumentar las ganancias del agricultor, éstas permiten que haya una mayor oferta de arroz a un costo más bajo. Las nuevas variedades de arroz benefician también al medio ambiente, pues tienden a disminuir el uso de plaguicidas y reducen la presión para incorporar nuevas tierras a la producción de arroz. En la Tabla 2 se observan algunas variedades del arroz (15).

TABLA 2

VARIEDADES MEJORADAS Y CRIOLLAS DEL ARROZ

Mejoradas	Criollas
INIAP 415	Pico negro
IR-8	Donato
INTI	Pancho negro
CICA 9	Cubanito
ORICICA	Blue Bonnet
INIAP 11	
INIAP 12	
INIAP 14	

Fuente: Agripac, 1992

El Programa de Arroz del INIAP realiza su investigación en mejoramiento de arroz utilizando métodos de cruzamientos e introducción de líneas avanzadas de centros internacionales. Al momento se dispone de 300 líneas uniformes avanzadas que

se encuentran evaluándose en ensayos de rendimientos en las diferentes zonas agroecológicas y sistemas de producción arrocera del Ecuador. Las variedades INIAP 415, INIAP 11, INIAP 12 e INIAP 14 se siembran en el 93% del área arrocera del Ecuador (15).

La variedad escogida para el desarrollo de este ensayo es Fedearroz-50 (F-50), de la cual se describirán sus características generales a continuación.

1.1.3.1. Variedad F-50

1.1.3.1.1. Características agronómicas

Origen de Fedearroz-50

Fedearroz-50 se lanza al mercado en el año 1998 con ocasión de los 50 años de existencia de FEDEARROZ, es obtenida mediante cruce simple en la entonces finca la Oryza, cruce realizado por el ingeniero Edgar Corredor en 1992. Esta variedad marca en Colombia un cambio en el desarrollo tecnológico del cultivo, después de 15 años con la variedad Oryzica 1 con todas sus limitantes en rendimiento, volcamiento y problemas fitosanitarios (7).

Fedearroz-50 se obtiene del cruce de Oryzica Llanos 4(P5413-8-3-5-11) con la línea P1274-6-8M-1-3M-1 obteniendo una planta compacta de crecimiento inicial rápido, rústica de follaje verde intenso con hojas semierectas, alto potencial de rendimiento y excelente calidad de molinería. Estas características hacen que el promedio en rendimientos se incremente en el primer semestre de siembras en una tonelada por hectárea en casi todas las zonas arroceras de Colombia (7).

El periodo vegetativo del F-50 es de 115 – 130 días. El macollamiento intermedio es en sistemas de siembra tradicional. El macollamiento alto es en sistemas de siembra por transplante. El F-50 es una planta de tipo semicompacta. Tiene un tallo fuerte y flexible con alta resistencia al vuelco. Su hoja bandera es erecta, presenta senescencia tardía y en algunas plantas se observa un bronceado de la hoja al final del ciclo de cultivo. El saneamiento es de 12% -25%, compensado con mayor numero de granos por panícula. El rendimiento en molinería es bueno (11).

Comportamiento agronómico

Resistencia a enfermedades: El F-50 es resistente a seis linajes de Pyricularia grises (hoja y cuello). Tolerante a Helminthosporium, y complejo de manchado de grano. También es tolerante al virus de la hoja blanco (11).

Resistencia a plagas: El F-50 es muy resistente al daño mecánico de Sogata. Tolerante a Hydrellia y barrenadores (Diarrea; Rupela). Susceptible al enrollador de la hoja (Syngamia) (11).

Manejo del riego: La semilla de esta variedad no tolera la inundación permanente. En proceso de germinación se deben efectuar riegos ligeros o mojes, seguidos de un buen drenaje. Posterior a la germinación, hasta finales del ciclo de cultivo la variedad F-50 tolera láminas de agua como cualquier otra variedad. La frecuencia del riego depende de las características físicas del suelo (liviano o pesado) (11).

Fertilización: La variedad F-50 responde bien a las dosis y épocas de fertilización promedio de cada zona. Un análisis de suelo y la recomendación de un ingeniero agrónomo son factores importantes para obtener resultados óptimos (11).

Densidad de siembra: Deben utilizarse entre 60–120 kilogramos de semilla por hectárea, según el tipo de siembra, suelo y zona de producción. En la medida en que se incrementa la densidad de siembra, disminuye el macollamiento y la variedad F-50 se hace más propensa a la Rhizoctonia (11).

Cosecha: F-50 presenta un desgrane intermedio (mayor que Oryzica 1 y Caribe8), esta variedad debe cosecharse con una humedad del 24%. Por la característica de su desgrane intermedio, las combinadas y operarios deben regirse por los siguientes aspectos técnicos. También hay que tomar los datos presentados en la Tabla 3 (11).

TABLA 3

ASPECTOS TÉCNICOS EN LA ETAPA DE

COSECHA DE LA VARIEDAD F-50

Velocidad de corte	Máximo 3 kilómetros por hora
Velocidad de molinete	Cerca de 20 revoluciones por minuto
Velocidad del cilindro	De 600 a 700 revoluciones por minuto
Calibración de la combinada	Muchos agricultores pierden hasta el 15% de sus cosechas por no tener en cuenta este factor en la recolección

Fuente: Fedearroz

1.1.4. Importancia económica y distribución geográfica

En el Ecuador las principales zonas arroceras se cultivan en la provincia de El Guayas (54%) y Los Ríos (38%); con alrededor de 67680 productores de los cuales un 68% son productores de 1 a 50 Has y el 32% son productores con más de 50 Has (2). Llegando así a unas 400000 Ha sembradas aproximadamente (9). Convirtiendo a este cultivo en uno de lo más importantes en el país; y dentro de la Comunidad Andina, Ecuador es el país con mayor superficie sembrada de este cultivo (21).

1.1.5. Requerimientos edafoclimáticos

Las principales zonas arroceras se cultivan por debajo de los 10 m.s.n.m. La planta de arroz en su desarrollo y crecimiento

reacciona positiva o negativamente en función de los factores ambientales, en consecuencia el cultivo necesita que estos factores se presenten dentro de un rango que esté acorde a las necesidades del mismo (15).

1.1.5.1. Clima

Se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtrópicos y en climas templados. El cultivo se extiende desde los 49-50º de latitud norte a los 35º de latitud sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2500 m. de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultivan en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas (15).

1.1.5.2. Temperatura

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10º a 13ºC, considerándose su óptimo entre 30º y 35ºC. Por encima de los 40ºC no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7º C,

considerándose su óptimo en los 23ºC. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades. El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días. La panícula, usualmente llamada espiga por el agricultor, comienza a formarse unos treinta días antes del espigado, y siete días después de comenzar su formación alcanza ya unos 2 mm. A partir de 15 días antes del espigado se desarrolla la espiga rápidamente, y es éste el período más sensible a las condiciones ambientales adversas (15).

La floración tiene lugar el mismo día del espigado, o al día siguiente durante las últimas horas de la mañana. Las flores abren sus glumillas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas. Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización (15).

El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15ºC. El óptimo de 30ºC. Por encima de los 50ºC no se

produce la floración. La respiración alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo después del espigado. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos (15).

1.1.5.3. Suelo

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propia del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos. Los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes (2) (15).

1.1.5.4. ph

La mayoría de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para suelos alcalinos ocurre lo contrario. El pH óptimo para el arroz es 6.6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas y además las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos están por debajo del nivel tóxico (2) (15).

1.1.5.5. Radiación solar

Las necesidades de radiación solar para el cultivo del arroz varían con los diferentes estados de desarrollo de la planta. Una baja radiación solar durante la fase vegetativa, afecta muy ligeramente los rendimientos y sus componentes, mientras que en la fase reproductiva existe una marcada disminución en el número de granos. Por otro lado durante el período de llenado a maduración del grano, se reducen drásticamente los rendimientos por disminución en el porcentaje de granos llenos (2) (15).

Una radiación de 300 cal/cm² por día durante el estado reproductivo hace posible rendimientos de 5 ton/ha. El punto de vista en el cual coincide la mayoría de los investigadores, es que una temperatura alta y abundante radiación solar, son necesarias para el arroz, sin embargo, un concepto universal es que una alta disponibilidad de agua, es el requisito más crítico en su producción (2) (15).

1.1.6. Labores del cultivo

1.1.6.1. Preparación del suelo

La preparación del suelo se realiza bajo condiciones de terreno seco e inundado. Para la primera se usan labores solas o combinadas de arado, romplow, rastras en A y B, y para la segunda, a más de las mencionadas se realiza la actividad del “fangueo” que consiste en batir el suelo previamente inundado con un motocultor o tractor provisto de unas canastas de hierro que reemplazan a las llantas convencionales (20) (14).

1.1.6.2. Siembra

Los métodos de siembra utilizados en el Ecuador son los siguientes: La siembra directa se hace a máquina (sembradora). En la siembra a máquina con sembradora, la distancia está establecida en 0,18m entre hileras (20) (14).

La siembra al voleo se hace con semilla pregerminada y sin pregerminar; la densidad de siembra es de 80 kg de semilla por hectárea. Cuando es al voleo y si es necesario debe usarse 100 Kg de semilla por hectárea (20) (14).

El transplante se usa cuando el método de transplante se necesita entre 30 y 50 kg de semilla para establecer el semillero necesario para una hectárea. Las distancias de siembra en transplante es: 0,30 x 0,20m; 0,25 x 0,25m; 0,30 x 0,30m. En el caso de transplante colocar de dos o tres plantas por sitio. Los semilleros que deben establecerse para el caso del método de transplante, son

de dos clases: el semillero cama húmeda y seca (20) (14).

Los semilleros a los 14 días de edad se fertilizan y entre los 21 y 25 días se realiza el transplante. Las plantas deben arrancarse cuidadosamente del semillero, tratando de ocasionar el menor daño posible al follaje y las raíces, para ello se recomienda tener inundado el terreno en las camas húmedas y mojadas en las secas. Para realizar el trasplante es necesario, contar con un terreno bien nivelado, a fin de evitar problemas futuros como la presencia de malezas, plagas e insectos en el cultivo (20) (14).

1.1.6.3. Fertilización

Dentro del manejo del cultivo de arroz, el plan de fertilización es importante ya que de él depende la producción del cultivo. El nitrógeno es absorbido rápidamente desde las primeras etapas de desarrollo del cultivo hasta el final del período vegetativo. La deficiencia de nitrógeno produce una clorosis acentuada limitando severamente el crecimiento. La absorción de nitrógeno decrece ligeramente antes de la iniciación del primordio

floral, pero inmediatamente después continua con rapidez hasta la fase de grano pastoso. Al comenzar el macollamiento el cultivo ha tomado el 2%, a la iniciación de la panícula el 25% y a la floración el 52% de todo el nitrógeno que necesita durante el ciclo. El 48% restante es absorbido durante la etapa del llenado del grano. En cambio la absorción de fósforo es más bien lenta hasta la diferenciación floral, aumentando posteriormente en forma significativa. El potasio también es absorbido intensamente desde el inicio del cultivo hasta la etapa lechosa del grano. A la floración, el cultivo ha absorbido el 38% del fósforo y 46% de todo el potasio necesario. Es importante señalar que la deficiencia ya sea de N, P o K reduce el macollamiento y por lo tanto el numero de espigas producidas, lo que se traduce en perdidas de rendimiento (15).

En promedio, para producir una tonelada de grano el cultivo absorbe 22 Kg de N, 5 Kg de P, 25 Kg de K, 6 Kg de Ca, 4 Kg de Mg y 2 Kg de S. Cerca del 75% del N y del P, y el 10% del K absorbido por el cultivo se acumulan en el grano, el resto permanece en la paja y eventualmente retorna al suelo. Concentraciones foliares

de 4.2% de N, 0.29% de P, 2.5% de K, 0.40% de Ca, 0.39% de Mg, 790 ppm de Mn y 160 ppm de Zn se asocian con altos niveles de rendimiento en arroz (15).

1.1.6.4. Riego

En un cultivo normal los requisitos de agua varían con las condiciones climáticas, las condiciones físicas del suelo, el manejo del cultivo y el período vegetativo de la variedad. Haciendo énfasis en el ciclo de las variedades, es obvio que en las precoces (menos de 120 días) como INIAP 11, INIAP12 e INIAP 14 se va a necesitar menor gasto de agua que las tempranas (120 a 140 días) y tardías (más de 140 días) y en consecuencia se tendrá un menor costo de producción. Las necesidades de agua en el cultivo del arroz se estiman entre 800mm a 1240mm (15).

Los períodos de mayores requerimientos de humedad son el establecimiento de las plantas, el macollamiento y, desde la diferenciación hasta llenar el grano. Situaciones de “stress” iniciales inciden sobre la población del cultivo y el número de hijos por planta, mientras que en la fase reproductiva pueden afectar el número de panojas

momento en que el agua falte. El período más crítico se considera el momento alrededor de la diferenciación de la panícula. Es importante señalar la planificación del sistema de riego debe estar precedida de un estudio completo y detallado del área (15).

1.1.6.5. Malezas

Uno de los problemas exclusivos del cultivo de arroz es la presencia de algas en las parcelas. Éstas compiten con el cultivo causando problemas por la dificultad en la realización de labores culturales. Se puede utilizar piedras de sulfato de cobre para su eliminación (10).

Una de las plantas adventicias cuya presencia y competencia es más nociva para el arroz es la cola de caballo o *Echinochloa sp.* esta es una de las plantas de la familia de las gramíneas. Pueden emplearse los herbicidas molinato (formulado como granulado o líquidos emulsionable), tiocarbacilo (líquido emulsionable) o tiobencarb (granulado) en presiembra del arroz y preemergencia de la *Echinochloa* (10).

Otras malas hierbas, como las vivaces grama de agua (*Paspalum distichum*) y espiga de agua (*Potamogeton*

natuns) son resistentes a ciertos herbicidas. Antes que nazca el arroz pueden eliminarse con la materia activa paraquat, pero después de la germinación, la escarda debe realizarse a mano. Para eliminar estas malas hierbas de los caballones, puede emplearse el dalapón o el glifosato (10).

1.1.7. Plagas y enfermedades

1.1.7.1. Plagas

Entre los insectos que atacan este cultivo están lepidópteros como el barrenador del arroz (*Chilo sppressalis)* y la rosquilla negra *(Spodoptera littoralis)*, hemípteros como la pudenda (*Eusarcoris sp.)*, ciertos dípteros como los gusanos de los planteles (englobados en varias familias) y, de forma menos frecuente también los pulgones. Todos ellos, de biologías distintas causan distintos daños en las plantas del arroz. Insecticidas químicos como el fenitrothion, malathion, carbaril, triclorfon, etc. Son productos autorizados para el control de las plagas citadas (10) (12).

1.1.7.2. Enfermedades

Como medida preventiva contra las enfermedades criptogámicas, suele emplearse la mezcla comercial de carboxina más tiram para la desinfección de la semilla. Si el grano se deja al remojo con una solución de estas materias activas, los problemas posteriores durante el cultivo por causa de los hongos *rizhoctonia* y *helminthosporium* se reducen enormemente. Otra enfermedad más perniciosa en el cultivo del arroz, llamada el mal del cuello *(Pericularia oryae)*, enfermedad que afecta a la panículas y hojas del arroz. Otros fungicidas que puedan utilizarse como el triciclazol o ciertos productos mercuriales son aptos para tal finalidad pero estos últimos presentan la desventaja de ser fitotóxicos para ciertas variedades de arroz (10) (12).

1.1.8. Cosecha

Tres aspectos fundamentales deben tomarse en cuenta para la recolección del cultivo del arroz: cuando cosechar, el método de cosecha y las pérdidas en rendimiento y calidad de grano (2) (10) (12).

El período de floración a madurez en el trópico cálido ha demostrado ser bastante constante entre 30 y 35 días. El arroz

debe cosecharse cuando el grano está maduro, para lo cual el mejor indicador es la humedad y el color del mismo. Se debe cosechar cuando el 95% de los granos en las espigas tengan color “pajizo” y el resto esté amarillento, lo cual coincide con un 20 a 25% de humedad en el grano (2) (10) (12).

Si se cosecha con una humedad mayor del 27% se obtendrán menores rendimientos y granos yesosos y si se lo hace por debajo del 18% habrá pérdida de granos, de calidad y mayor riesgo (2) (10) (12).

La cosecha puede hacerse en forma mecánica, mediante el empleo de la combinada y en forma manual, cortando las plantas con hoces para proceder a la trilla mediante el empleo de trilladoras estacionarias o realizando la labor del “chicoteo”, la cual consiste en golpear manojos de plantas contra un madero situado en una lona (2) (10) (12).

1.1.9. Subproductos del arroz

Los residuos o deshechos de la agroindustria sean estos de origen vegetal o animal son materiales fertilizantes de gran importancia en la práctica de la agricultura orgánica, pues debidamente procesados son capaces de mejorar la calidad física, química y biológica de los suelos de cultivo. Los residuos

de la agroindustria más disponibles de origen vegetal en el Ecuador son: cenizas de madera, cenizas de tamo de arroz, cenizas de c de algodón, cenizas de leña y harina de higuerilla (22).

1.1.9.1. Cascarilla de arroz

En la industria arrocera el principal desecho que se genera es la cascarilla que recubre el grano de arroz. La cascarilla del arroz, compuesta fundamentalmente por fibras, celulosa, y minerales, tiene una utilización restringida en el campo de la elaboración de alimentos concentrados para animales, debido a su alto contenido de sílice (SiO_2) elemento que disminuye notablemente su digestibilidad (20).

Debido a su constitución físico-química, la cascarilla es además un desecho de muy difícil biodegradación, esto sumado al hecho de que en las plantas procesadoras de arroz la cantidad de cascarilla generada oscila en cifras cercanas al 20% en peso de la producción total, y considerando el muy bajo peso específico de la cascarilla a granel (100 kg/m3) ocasiona que la evacuación y el transporte de la cascarilla represente un problema

considerable que implica unos costos elevados y un impacto perjudicial para el medio ambiente al contaminar las fuentes de agua (20).

1.1.9.2. Ceniza de arroz

Uno de los campos que tiene más utilización en los molinos arroceros es el aprovechamiento de la combustión de la cascarilla de arroz para el calentamiento del aire destinado al proceso de secamiento del mismo arroz. La ceniza proviene del quemado de la cascarilla, del silicio absorbido por la planta solo un parte queda en el grano y la gran mayoría forma la parte estructural de la cascarilla. La ceniza esta compuesta principalmente por óxido de silicio (SiO_2) en un 42.16 % y también contiene K_2O (20).

En la Tabla 4 se observa un análisis de ceniza de cascarilla de arroz donde se puede observar el contenido de nutrientes de la misma.

TABLA 4

CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LA CENIZA

Elemento	Contenido (%)
N	0,07
P	0,44
K	1,30
Ca	0,47
Mg	0,24
S	0,00
	ppm
Zn	36,30
Cu	25,00
Fe	351,90
Mo	221,30
B	7,79

Fuente: Análisis realizado por INIAP

1.2. Nutrición mineral

La nutrición es el suministro y absorción de aquellos elementos químicos nutritivos que requiere un organismo. Los nutrientes necesarios para los cultivos son los elementos, o compuestos inorgánicos simples, indispensables para su crecimiento y que no pueden ser sintetizados por la planta durante sus procesos metabólicos normales (8).

1.2.1. Elementos esenciales para el arroz

Para el arroz, son esenciales 16 elementos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio,

magnesio, zinc, hierro, cobre, molibdeno, boro, manganeso y cloro. Estos se dividen en macro elementos y micro elementos. Todos los elementos esenciales deben estar presentes en cantidades óptimas y en formas utilizables por las plantas de arroz. El nitrógeno, fósforo, zinc y potasio son los elementos que mas frecuentemente aplican los agricultores para cultivar el arroz. Existen dos formas de determinar si un elemento específico es esencial o no para la vida de la planta:

- Si las plantas se cultivan en una solución nutritiva completa que carece de solo un elemento especifico, muestran anormalidades al compararlas con plantas cultivadas en una solución que contenga a dicho elemento.
- Si el elemento especifico en cuestión se añade a la solución nutritiva en la cual están creciendo las plantas anormales, los síntomas de anormalidad desaparecen o disminuyen su intensidad (8).

1.2.2. Diagnóstico de las deficiencias de nutrientes y toxicidades

Los síntomas de deficiencias nutricionales en la planta de arroz se observan en el color de las hojas, tallos y raíces, en el tamaño de la planta y capacidad de formación de vástagos y en el desarrollo de los sistemas radicales (8).

El tamaño de la planta puede ser normal o mostrar atrofia. Los síntomas de deficiencia se expresan cuando los vástagos son anormales, demasiado pocos o demasiado abundantes (8).

En las hojas, los síntomas de deficiencia incluyen:

- Coloración amarilla o verde oscura.
- Presencia o ausencia de clorosis intervenla.
- Presencia o ausencia de manchas cafés en las hojas superiores o inferiores.
- Presencia de manchas cafés en la punta o las áreas marginales de las hojas, las cuales varían de tamaño con la intensidad de los síntomas (8).

El mejor momento para observar los síntomas de deficiencia o toxicidad en el arroz es en las etapas tempranas de desarrollo de los síntomas. Por ejemplo, las deficiencias de zinc en el arroz de tierras bajas suelen aparecer dentro de las 2 a 3 semanas después del transplante, después de lo cual el cultivo aparentemente comienza a recuperarse cuando la deficiencia es moderada. Solo cuando esta deficiencia es bastante aguda los síntomas pueden persistir hasta la floración o una etapa posterior (8).

Por otra parte, los síntomas de toxicidad del hierro pueden aparecer al cabo de 1 a 2 semanas, o bien hasta 1 a 2 meses después del transplante (8).

Los síntomas de ciertas enfermedades algunas veces se confunden con los debidos a alteraciones nutricionales. Por ejemplo, es difícil distinguir entre la deficiencia de zinc y el virus de la atrofia herbácea en sus primeras etapas (8).

1.2.3. Funciones y síntomas de deficiencia de los nutrientes

Las funciones y síntomas de deficiencia de los nutrientes en el arroz son bastante distintos para cada elemento. A continuación se hablará de algunos nutrientes (8).

1.2.4. Nitrógeno

Las plantas de arroz requieren una gran cantidad de nitrógeno en las etapas temprana e intermedia de formación de los vástagos para maximizar el número de panículas. El nitrógeno absorbido en la etapa de inicio de la formación de la panícula puede aumentar el número de espiguillas por panícula. Sin embargo, parte de él se requiere también en la etapa de maduración (8).

Las funciones del nitrógeno en el arroz son las siguientes:

- Confiere el color verde oscuro a las partes de la planta como componente de la clorofila.
- Favorece el crecimiento rápido o mayor altura y el número de vástagos.
- Aumenta el tamaño de las hojas y granos.
- Aumenta el número de espiguillas por panícula.
- Aumenta el porcentaje de espiguillas llenas en las panículas.
- Aumenta el contenido de proteínas en los granos (8).

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno son los siguientes:

- Plantas atrofiadas con un número limitado de vástagos.
- Hojas angostas, pequeñas y erectas que se vuelven de color verde amarillento conforme maduran (las hojas jóvenes se mantienen más verdes).

Las hojas viejas adquieren un color paja claro y mueren (8).

1.2.5. Fósforo

El fósforo contribuye al suministro y transferencia de energía en todos los procesos bioquímicas que ocurren en la planta de arroz. Sus funciones son:

- Estimula el desarrollo de la raíz.

- Favorece la floración y maduración tempranas, particularmente en climas fríos.
- Estimula la formación de vástagos de forma más dinámica, lo cual permite a las plantas de arroz recuperarse rápidamente y más completamente después de haber enfrentado una situación adversa.
- Favorece el buen desarrollo del grano y le da al arroz un mayor valor nutritivo debido al contenido de este elemento en el grano (8).

Los síntomas de deficiencia de fósforo son los siguientes:

- Plantas atrofiadas con un número limitado de vástagos.
- Hojas angostas, pequeñas y erectas, de color verde oscuro sucio.
- Las hojas jóvenes permanecen más sanas que las hojas viejas, las cuales adquieren un color café y mueren.

Puede aparecer un color rojizo o púrpura en las hojas de variedades que tienden a producir el pigmento antocianina (8).

1.2.6. Potasio

El potasio no es componente de ningún compuesto orgánico de la planta, pero es un cofactor de 40 o más enzimas.

Sus funciones son:

- Favorece la formación de vástagos y aumenta el tamaño y peso de los granos.
- Aumenta la respuesta al fósforo.
- Tiene una importante función en los procesos fisiológicos de la planta, entre ellos, la apertura y cierre de los estomas y la tolerancia a condiciones climáticas desfavorables.
- Confiere resistencia a enfermedades como el tizón y al Helminthosporium (8).

Los síntomas de deficiencia de potasio son:

- Plantas atrofiadas y capacidad de formación de vástagos un poco reducida.
- Hojas pequeñas, senescentes y de color verde oscuro.
- Amarillamientos en las internervaduras, y en las hojas inferiores de la planta, empezando en la punta y finalmente secándolas, hasta adquirir un color café claro.
- A veces, aparecen manchas cafés en las hojas de color verde oscuro.
- Pueden aparecer manchas necróticas irregulares en las panículas.
- Se forman panículas largas y delgadas (8).

Algunos síntomas de marchitamiento, cuando existe una desproporción excesiva con el nitrógeno (baja proporción de K y N en la planta) (8).

1.2.7. Silicio

El silicio es el mayor constituyente de la porción inorgánica del suelo donde existe en forma de cuarzo y varios tipos de silicato. En fuentes naturales en el suelo, el silicio se lo encuentra en componentes de numerosos minerales; silicatos laminares, etc. La solubilidad de estos compuestos es generalmente baja. Los más solubles parece que existen en los Hydroaluminosilicatos amorfos (3).

El silicio es tomado en gran cantidad por la planta de arroz, sin embargo por su abundancia en la naturaleza no es tenida en cuenta como un nutriente esencial y ha sido ignorado en los planes de fertilización. El silicio es necesario para el crecimiento normal del arroz. La primera evidencia de que este nutriente es necesario en el arroz fue dada por Sommer (1926). Se ha observado que las deficiencias de fósforo disminuyen con las aplicaciones de silicatos solubles, gracias al desplazamiento que hace el ion silicato del fosfato en la molécula fijadora de fósforo (3).

Muchas plantas pueden absorber silicio, dependiendo de las especies, el contenido de silicio que va acumulando en la biomasa puede ir de 10 a mayor que 100 g/kg. Las dicotiledóneas como el tomate, pepino y soya son consideradas como pobres acumuladores de silicio con los valores menos de 1 g/Kg en su biomasa. El silicio es acumulado en niveles iguales o mayores que los nutrientes esenciales en especies de plantas que pertenecen a las familias Poaceae, Equisetaceae, y Cyperaceae. En el arroz, por ejemplo, la acumulación de silicio es aproximadamente 108% mayor que el de nitrógeno (16).

Las funciones del silicio en el crecimiento del arroz no son muy claras, y aunque los resultados de varios estudios difieren, parece que un incremento en la absorción de este elemento por parte de las plantas las protege de las infecciones de hongos y el ataque de insectos, mantiene erecta las hojas, disminuye tanto las perdidas por transpiración como la absorción de hierro y manganeso, e incrementa el poder oxidante de las raíces (3) (8) (9).

En el Tabla 5 se observa el empleo del silicio por el cultivo de arroz; la absorción del silicio es paralela al aumento de materia seca a través de las diversas etapas de desarrollo del cultivo.

La cantidad empleada de este elemento útil por el cultivo es mayor que la de los elementos esenciales. Alto contenido de sílice (SiO_2) en los suelos mejora la absorción de otros nutrimentos (4) (5).

TABLA 5

ABSORCIÓN DE SILICIO POR LA VARIEDAD CICA 8, EN EL CIAT (5)

Edad de la planta, días	**Si Kg/Ha**
15	0.30
30	2.43
45	8.12
60	17.89
75	40.48
90	92.24
105 paja	140.67
105 panícula	25.86
140 paja	242.47
140 paja	136.50

En el momento de la cosecha si solamente se saca el grano y se retorna la paja al lote, se remueven ~15 Kg de silicio t-1 de grano. La quema de la paja no resulta en pérdidas importantes de silicio, excepto cuando la paja se quema en montones grandes y luego el silicio se lixivia de la ceniza (por la irrigación o fuertes lluvias) (9).

Tomando en cuenta que el silicio puede controlar varias enfermedades en el arroz al mismo grado de un fungicida, es

posible que el silicio pudiera ayudar a reducir el número de aplicaciones del fungicida o la proporción del uso del ingrediente activo. Esta hipótesis se probó por Seebold en el campo, los experimentos en arroz fueron en Colombia (16).

1.2.7.1. Silicio en suelos y aguas

Por su posición en el sistema periódico, el silicio se encuentra en el límite de los metales y no metales. Forma aproximadamente el 25% de la corteza terrestre, que hace el elemento más abundante en la tierra después del oxígeno. Forma parte de los silicatos, los cuales constituyen un amplio grupo de compuestos que contienen en su molécula silicio, oxígeno y uno o varios metales que forman en la naturaleza las rocas silíceas y el importante grupo de las arcillas cristalinas y materiales amorfos como el alófono y la imogolita. A pesar del alto contenido total de silicio del suelo, el contenido disponible del elemento para la planta puede ser bajo en muchos casos. Muchos suelos en Asia, África y América Latina son altamente meteorizados y desilicatados y por tanto, es importante un buen manejo para aumentar y mantener la productividad de algunos cultivos en estas regiones (18).

En el suelo, el silicio se encuentra formando diferentes compuestos:

- Ácido monosilícico, H_4SiO_4, y como ácido polisilícico o polímero del anterior, que se constituyen en las formas disponibles de éste elemento para las plantas.
- Asociado con óxidos de hierro, aluminio y manganeso con los que se puede precipitar no quedando disponible para las plantas.
- En formas cristalinas y no cristalinas (amorfas), a manera de silicatos minerales (18).

La solubilidad del silicio en el suelo está influenciada por diversos factores: pH, temperatura, potencial redox, contenido de materia orgánica, tamaño de las partículas y su composición química principalmente. La dependencia del pH en la fijación por los sesquióxidos se ilustra en las siguientes ecuaciones (18):

$$H_4SiO_4 \rightleftharpoons [SiO(OH)_3]^- + H^+$$

$$[SiO(OH)_3]^- + Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe(OH)_2 OSi(OH)_3 + OH^-$$

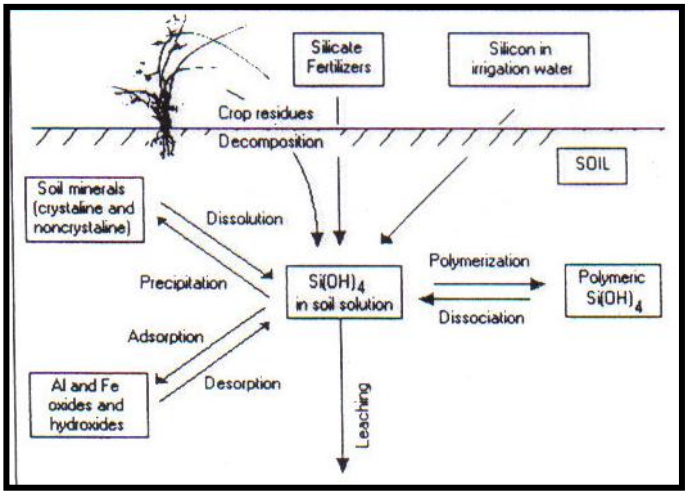
Suelos muy intemperizados y altamente lixiviados, ácidos con bajos contenidos de silicio intercambiable y baja relación silicio/sesquióxidos, son clasificados como suelos pobres en silicio disponible para las plantas. Por su parte la relación de óxidos de hierro más óxidos de aluminio/óxido de silicio mayor que 2.5 conlleva al proceso de desilicación conocido como laterización, en los que el contenido de silicio disponible es bajo. Algunos histosoles de elevado contenido de materia orgánica también son suelos con bajo contenido de silicio disponible (18).

En la Gráfico 1. 1 se muestran las principales reacciones y transformaciones que influyen en la concentración de silicio en la solución suelo y como es tomado por las plantas (18).

El agua de irrigación de ríos, embalses, agua de escorrentía, etc.; puede suplir alguna cantidad de silicio a los cultivos. Por ejemplo, en Chile el contenido de silicio puede variar de acuerdo a la naturaleza química de las rocas y de los suelos en contacto con las aguas (18).

En suelos inundados se incrementa la solubilidad del silicio debido posiblemente a la liberación del elemento de los complejos ferrisilíceos bajo condiciones de reducción del suelo. Por su parte puede ocurrir decrecimiento en el contenido de silicio disponible por baja solubilidad o lenta cinética de disolución del silicio del suelo, elevada absorción de silicio por las plantas, especialmente arroz; la no aplicación de silicio al suelo por parte de los agricultores bien sea de fuentes inorgánicas o de residuos de cosecha que al mineralizarse puede liberar silicio al suelo y el empleo de aguas de riego con bajo contenido de silicio disuelto (18).

Gráfico 1. 1 Principales procesos y transformaciones que afectan la concentración del silicio en la solución del suelo (18).

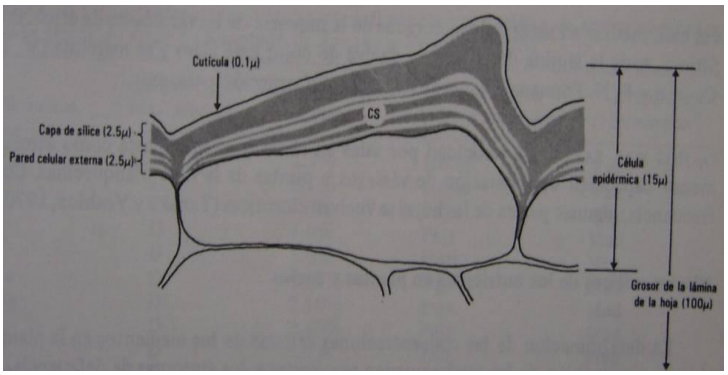


1.2.7.2. Silicio en la planta

La esencialidad del silicio para las plantas no ha sido demostrada. Numerosos estudios tienden probar que en las plantas acumuladoras de silicio juega papel importante en el crecimiento y productividad, como es el caso del arroz, caña de azúcar, sorgo, maíz, avena, trigo y en general la mayoría de las gramíneas. Es absorbido por las plantas como ácido monosilícico, llamado también ácido ortosilícico (H_4SiO_4). La gran cantidad de silicio absorbida por el arroz indica que no es sólo un proceso pasivo, difusión y flujo de masa. Parece estar relacionado con la respiración aeróbica y articulado con glicólisis anaeróbica, lo cual fue derivado de estudios usando inhibidores metabólicos como NaF, NaCN y 2,4-dinitrofenol, y permitió concluir que la absorción del elemento, es básicamente un proceso activo. Después de que el silicio es absorbido por la planta como ácido monosilícico, el agua se pierde por transpiración y el silicio permanece en el tejido. A medida que la concentración del elemento aumenta, el ácido monosilícico se polimeriza conformado silicagel (18).

Del silicio polimerizado dentro de la planta, el 87-99% existe como una forma ligeramente soluble en el haz de las hojas, vainas y cortezas en donde se deposita como una capa de 2.5 *u* de espesor en el espacio inmediatamente debajo de la cutícula delgada (Gráfico 1.2). Se ha sugerido que esta doble capa cutícula-silicio ayuda a mantener las hojas erectas, minimiza la transpiración y protege a la planta de arroz de enfermedades fungosas y de algunas plagas (18).

Gráfico 1.2 Esquema de una célula epidérmica de la hoja de la planta de arroz, CS=celulosa silicada (8) (18)



Aún cuando el efecto es casi netamente físico, se ha sugerido que la asociación del silicio con los constituyentes de la pared celular los hace menos asequibles a la degradación enzimática que acompaña la penetración de la pared celular por las hifas de los hongos (18).

Las especies vegetales difieren en lo que concierne a su absorción de silicio. Está demostrado que las gramíneas y las ciperáceas acumuladoras de sílice tiene contenidos de SiO_2 diez veces más elevados que los de las leguminosas y dicotiledóneas (2% de SiO_2 diez contra 0.2%). Por ejemplo, los contenidos de SiO_2 en cebada y reygrass son de 1.95 y 1.60%, y de 0.12 y 0.24% para el trébol violeta y el altramuz. La distribución del silicio en las plantas depende de las especies. En plantas débilmente acumuladoras de silicio (tomate, rábano, etc.) hay poca diferencia entre las raíces y las partes aéreas. Para las plantas acumuladoras del elemento como el arroz, avena y otras gramíneas, una proporción muy elevada puede encontrarse en las partes aéreas (18).

La caña de azúcar responde también positivamente al silicio. En la Tabla 6 se muestra el efecto de la aplicación de silicio en el rendimiento y en la producción de azúcar. Los datos de la Cuadro 1.6 muestran altos incrementos tanto en producción de caña como de azúcar debido a la aplicación de metasilicato de calcio en la región de los Everglades, estado de la Florida (18).

TABLA 6

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE SILICIO EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (18)

Lugar	Corte	Producción de caña (Tn/Ha)		Producción de azúcar (Tn/Ha)	
		Sin Si	Con Si	Sin Si	Con Si
A	1	100,1	129,2	13,4	15,7
	2	109,6	126,6	12,9	14,6
	3	83,1	100,5	10,6	13,4
B	1	94,6	123,0	11,6	13,4
	2	89,0	118,5	10,5	14,4
	3	51,9	72,0	5,8	8,7

Cultivos de tomate y cohombro han respondido significativamente a la aplicación de silicio. Las plantas de tomate crecen normalmente sin aplicación de silicio hasta la iniciación de la floración; luego las hojas nuevas son malformadas, la polinización es impar (impaired), y en casos severos no hay formación de frutos (18).

En la Tabla 7 se muestran algunos resultados obtenidos en cohombro. Como aparece en la Tabla 7, el silicio además de incrementar el peso y el número de frutos, redujo apreciablemente el ataque del mildeo, el cual es una enfermedad grave si no es controlada (18).

TABLA 7

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE SILICIO EN COHOMBRO EN SOLUCIÓN NUTRITIVA (18)

	Mg SiO_2/Litro			
	0	5	20	100
Peso seco de tallo (g)	61	71	79	95
Número de frutos	0,3	1,7	2,5	4,5
Peso fresco de fruto (g)	8	67	142	261
Mildeo	> 1	> 1	0,2 - 0,5	< 0,1

En ausencia de silicio en caña de azúcar, se ha encontrado un considerable decrecimiento en la incorporación de fosfato inorgánico en ADP y azúcar fosfatos. En la pared celular de raíces de trigo la proporción de lignina se reduce y los compuestos fenólicos aumentan. Hay evidencia de intervenciones específicas entre el silicio y el contenido y metabolismo de polifenoles en las paredes celulares del xilema. Por tanto, el silicio puede afectar la estabilidad de las plantas superiores no solo como una deposición inerte en las paredes celulares lignificadas, sino también modulando la biosíntesis de lignina (18).

Bajo condiciones de campo, especialmente con altas densidades de población de cereales, el silicio puede estimular el crecimiento y rendimiento debido a efectos

indirectos como disminución de sombrío por hojas más erectas, reducción en el volcamiento e incidencia de infecciones fungosas, y previniendo la toxicidad de hierro y manganeso. Al incrementarse la aplicación de nitrógeno decrece la erección de las hojas; el silicio aumenta la erección foliar contrarrestando el efecto negativo producido por la aplicación de nitrógeno en la interceptación de luz; igualmente reduce el efecto de volcamiento producido por el nitrógeno (18).

En la Tabla 8 se muestra el efecto del nitrógeno y del silicio en la erección de la hoja en un cultivo de cereales (18).

TABLA 8

RELACIÓN ENTRE SILICIO Y SUMINISTRO DE NITRÓGENO EN ERECCIÓN DE HOJAS DE ARROZ(18)

	SiO_2 (mg/L)		
Nitrógeno aplicado (mg/L)	0	40	200
5	23	16	11
20	53	40	9
200	77	69	22

En las plantas de arroz de inundación, el silicio aumenta la tolerancia a elevados niveles de manganeso y hierro, reduciendo la rata de absorción de estos dos elementos.

El efecto se debe a que el silicio aumenta el poder oxidante de las raíces al aumentar el volumen y rigidez del aerénquima (espacios llenos de aire en tallos y raíces), y por tanto incrementando el transporte de oxígeno de los tallos al sistema radical sumergido, expuesto a concentraciones tóxicas de manganeso y hierro en forma reducida, que es la tomada por las plantas; la oxidación pasa los dos elementos a formas oxidadas no tomadas por la planta (18).

Otros efectos benéficos de la aplicación de silicio son la movilización del fósforo del suelo aumentando su disponibilidad para la planta, reducción de la pérdida de agua por transpiración cuticular, incremento de la resistencia contra plagas y enfermedades y reducción del volcamiento, especialmente en cereales. Igualmente el silicio puede reducir el efecto tóxico del exceso de salinidad (18).

1.2.7.3. Fuentes de silicio

La fuente más común de fertilizantes que contienen silicio es la escoria (lava esponjosa) que contiene silicato de calcio, como la que se usa en el Japón. En Corea, las

escorias más comunes derivan de los desperdicios de las fundiciones de hierro, ferroníquel y manganeso. Sin embargo, parte de la fuente de silicio utilizada en Corea proviene de la wolastonita (metasilicato de calcio). La respuesta registrada al silicio fue también el resultado del rendimiento obtenido al utilizar fertilizantes de N, P y K (3) (18).

En Taiwán, la escoria de silicato produce buenos resultados en un amplio grupo de suelos. En general, todas las escorias de componentes básicos muestran una mayor solubilidad del silicio y por lo tanto, tienen un mayor valor nutricional (3) (18).

1.2.7.4. Determinación de necesidades de fertilización con silicio

Síntomas de deficiencia de silicio

Las hojas se tornan suaves y se agobian, esto incrementa la sombra mutua y reduce la actividad fotosintética, lo que reduce el rendimiento. El incremento de las enfermedades como piricularia (*Pyricularia oryzae*) o mancha café (*Helminthosporium oryzae*) pueden indicar deficiencia de silicio. La aplicación de nitrógeno

tiende a producir hojas caídas y flácidas, mientras que el silicio ayuda a mantener las hojas erectas. Una severa deficiencia de silicio reduce el número de panojas por metro cuadrado y el número de espiguillas llenas por panojas. Las plantas con deficiencia de silicio son particularmente susceptibles al volcamiento (8) (9).

Causas de la deficiencia de silicio

Las deficiencias de silicio pueden presentarse por uno o más de los siguientes factores detallados a continuación.

- El bajo poder de abastecimiento de silicio es debido a que el suelo es muy viejo y altamente meteorizado.
- El material parental contiene pequeñas cantidades de silicio.
- Agotamiento del silicio disponible en el suelo debido a la remoción de paja de arroz del lote en un largo período.
- La erosión disminuye los contenidos de materia orgánica, alterando la población de microorganismos que intervienen en su mineralización afectando la disponibilidad de silicio (4) (9).

Incidencia de la deficiencia de silicio

Un bajo contenido de silicio en plantas de arroz indica que el suelo tiene mala fertilización (el silicio es muy susceptible a la lixiviación). En la Tabla 9 se observan los niveles críticos de silicio. Los suelos que contienen baja cantidades de silicio generalmente también son pobres en otros nutrientes y viceversa. El contenido de silicio es un indicador general del contenido de nutrientes en la planta, excepto en suelos volcánicos que a menudo contienen una alta concentración de silicio, pero bajas cantidades de fósforo, calcio y magnesio (9).

TABLA 9

RANGOS ÓPTIMOS Y NIVELES CRÍTICOS DE SILICIO EN LOS TEJIDOS DE LA PLANTA (9) (13)

Etapa de crecimiento	Parte de la planta	Óptimo %	Nivel crítico para la deficiencia (%)
Macollamiento a inicio de la panoja	Hoja Y		<5
Madurez	Paja	8 - 10	<5

En suelos con bajos niveles de silicio disponibles, la aplicación de este elemento aumentan los rendimientos de una variedad moderna, con altas tasas de aplicación

de fertilizantes nitrogenados. Los efectos del silicio se clasifican en cuatro categorías (8).

El primer efecto es sobre el crecimiento normal de las plantas. Favorece el crecimiento, fortalece los tallos y raíces y favorece la formación de la panícula. Aumenta el número de espinillas por panícula y el porcentaje de granos maduros. Ayuda a mantener las hojas erectas, lo cual es importante para la alta tasa de fotosíntesis (8).

El segundo efecto es sobre la economía del agua. Las plantas deficientes en silicio sufren de estrés interno por agua cuando se colocan en ambientes en los cuales aumenta considerablemente la transpiración o empeora en forma notable la absorción de agua. El suministro de silicio es crítico durante el inicio de la formación de la panícula, cuando la actividad de la raíz es un poco menor y la pérdida de agua por transpiración es alta (8).

El tercer efecto es sobre la resistencia a los insectos y enfermedades. Una capa gruesa de silicio en la cutícula representa una barrera excelente ante los ataques de hongos, insectos y ácaros, debido a su dureza física. La aplicación de silicio disminuye la acción desfavorable del

nitrógeno sobre la resistencia del arroz sobre las enfermedades de tizón o añublo (8).

El cuarto efecto es sobre otros nutrientes. El silicio parece estimular la traslocación del fósforo en la planta de arroz y la retención de exceso del fósforo absorbido. El silicio hace que el fósforo del suelo sea accesible para el arroz (8).

Estrategias preventivas para el manejo de silicio

Para prevenir la deficiencia de silicio se deben tomar en cuenta las siguientes medidas.

- En algunas áreas ocurren ingresos sustanciales de silicio en el agua de irrigación, particularmente si se usa agua de pozo de áreas con geología volcánica.
- La deficiencia de silicio se previene a largo plazo evitando remover la paja del lote después de la cosecha.
- Reciclar la paja del arroz (5-6% de silicio) y los residuos de molienda (10% de silicio), o sus cenizas para reducir la cantidad de silicio removido del suelo.
- Evitar las aplicaciones de cantidades excesivas y desbalanceadas de fertilizantes nitrogenados que

incrementan la absorción total de nitrógeno y silicio, pero que también reducen la concentración de silicio en la paja (por el excesivo crecimiento de la biomasa) (9).

Manejo de fertilizantes que contienen silicio

Casi una tercera parte del área del Japón (2.7 millones de hectáreas) donde se cultiva el arroz es deficiente en silicio. La dosis promedio de silicato (silicato de calcio, un derivado de la función del hierro) para tales campos arroceros es de 1.5 a 2.0 Tn/Ha (8).

En relación con valores críticos para recomendaciones de fuentes silicatadas en el Japón es < 105 ppm, Corea < 100 ppm y Taiwán < 40 ppm de SiO_2 en el suelo. El contenido crítico de SiO_2 en tejido en Japón es < 11%, en Corea < 10% y en Taiwán de < 9% (3). En Estados Unidos valores menores de 24 ppm de silicio (48 ppm de SiO_2) en el suelo y 3.4% en el tejido se consideran críticos (3).

En un cultivo de arroz que produce 10 Tn/Ha de grano, las plantas pueden absorber hasta 1Tn/Ha de silicio. En el Japón, Imaizumi y Yoshida (1958) indicaron que la

absorción promedio de este nutriente por el cultivo de arroz es de 443 Kg/Ha (8).

1.2.7.5. Respuesta del arroz al silicio en Colombia

El arroz es un cultivo importante en Colombia, donde se cultiva en los Llanos Orientales, Costa Atlántica, Hulia y Tolima principalmente. Problemas ocasionados por plagas, malezas, desórdenes nutricionales, volcamiento y enfermedades han generado bajas en la producción y en la rentabilidad. Con el objeto de evaluar el efecto de la aplicación de silicio en dos variedades de arroz en el norte del Huila se aplicaron niveles de 0 – 60 – 120 – 180 – 240 Kg Si/Ha con y sin aplicación de funguicidas; la fuente de silicio fue silicato de potasio con un contenido de 26.5% de SiO_2 y 12.7% de K_2O. Los resultados obtenidos mostraron disminución de la severidad del añublo de la vaina y mancha marrón, aumento del rendimiento en dos variedades (Caribe 8 y Oryzica 1); en el suelo se incrementó la disponibilidad del fósforo (18).

Por su parte en Aguazul (Casanare), en un suelo clasificado como OxycDystropept, y otro localizado en Nunchía (Casanare), clasificado como Vertic Plinthic

Tropaquept, se llevó a cabo una investigación para evaluar el efecto en arroz de la aplicación de silicio sobre vigor, resistencia al vuelco, tolerancia a algunas enfermedades, saneamiento, rendimiento, índice de pilada, disponibilidad de fósforo y absorción de algunos nutrimentos. La fuente de silicio fue silicato de potasio del 27% de SiO_2 y la variedad de arroz empleada Oryzica 1. Los resultados mostraron el efecto significativo en el rendimiento con y sin aplicación de fungicidas; el volcamiento se redujo significativamente, lo cual se reflejó en el peso de 1000 granos; el contenido foliar de fósforo se incrementó y el de hierro y manganeso se redijo. En las Tablas 10 y 11 se muestra el efecto sobre el rendimiento del arroz paddy (18).

TABLA 10

EFECTO DEL SILICIO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ARROZ PADDY EN AGUAZUL (Kg/Ha) (18)

Kg Si/Ha	Con fungicida	Sin fungicida	Diferencia
100	5546 b	5123 d	383 **
200	5657 b	5778 c	-121 n.s
300	6009 a	5945 b	64 ms
400	6046 a	6185 a	-139 n.s
0	5277 c	4842 e	435 **

Promedios con la misma letra no son diferentes (Duncan 5%).
** Significancia al 1%

TABLA 11

EFECTO DEL SILICIO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ARROZ PADDY EN NUNCHÍA (Kg/Ha) (18)

Kg Si/Ha	Con fungicida	Sin fungicida	Diferencia
100	4861 b	4176 e	685 **
200	5305 a	4250 e	1055 **
300	5276 a	4833 b	443 **
400	5392 a	5000 a	392 **
0	4648 e	476 c	472 **

Promedios con la misma letra no son diferentes (Duncan 5%).
** Significancia al 1%

Los resultados muestran que la aplicación de silicio puede disminuir la aplicación de plaguicidas, reduciendo la contaminación ambiental; aumentarse los rendimientos disminuyendo los costos de producción (18).

En Colombia otros trabajos realizados por Bejarano y Ordóñez (1999), registran respuesta del arroz a la aplicación de silicio como silicato de potasio y Magnesio con valores en el suelo de 54 ppm de SiO_2, y entre 8 y 10% de SiO_2 en el tejido. En la meseta de Ibagué se ha encontrado respuesta al silicio en suelos con un contenido < 10 ppm de silicio disponible o 21 ppm de SiO_2 y contenidos de materia orgánica <1% (3).

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El presente proyecto se llevó a cabo en los terrenos de la hacienda Jesús María, ubicado en el kilómetro 53 de la vía Daule-Santa Lucía, cantón Daule, provincia de El Guayas.

El terreno se encuentra en las coordenadas 01 49´43´´ latitud sur y 79 58´47´´ de longitud oeste, a una altura de 9 m.s.n.m y una humedad relativa promedio de 79%, con una temperatura promedio anual de 25.60^{o} C. Presenta una precipitación promedio anual de 89 mm, y una radiación solar 547 cal/cm^{2}/día (2).

Materiales y herramientas

Fase de campo

Materiales

- Cañas
- Cinta
- Balde
- Machete
- Pala
- Sacos
- Cartón
- Fundas plásticas de distintos tamaños
- Marcador
- Piola

Insumos

- Ceniza de cascarilla de arroz
- Arrocero inicio
- Urea
- Sulpomag
- Sulfato de potasio
- Metsul
- Butaclor

- Cekufon
- Semillas de arroz F-50

Fase de Laboratorio

- Muestras de suelo
- Muestras foliares

Metodología de la investigación

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en este ensayo fue un modelo de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas.

El diseño está constituido por 20 tratamientos y 4 repeticiones (Ver Tabla 2.1). En campo se dispuso como parcela principal las dosis de ceniza de cascarilla de arroz como fuente se silicio y los niveles de fertilización con fósforo y potasio fueron las subparcelas. Las dosis de fósforo y potasio se determinaron en base a un análisis químico de suelo, efectuado en el lugar del ensayo con anterioridad (Ver Anexo 19). El diseño está dividido en 5 bloques, cada uno de los bloques tuvo un área de 1058 m^2 y representan a las dosis de ceniza; entre los bloques hubo una separación de 2 metros. El total de unidades experimentales fueron 80, siendo el área de 50 m^2 cada una; entre las unidades experimentales hubo una separación de 1

metro (Ver Anexo 1). Dentro de las unidades experimentales se estableció un área útil de 24 m^2, denominada parcela neta, donde se evaluaron las variables detalladas más adelante.

TABLA 12

DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS DEL ENSAYO

Tratamientos	***Dosis de aplicación de ceniza (Tn/Ha)***	***Fertilización fosfórica***	***Fertilización potásica***
T_1	0,25	100%	100%
T_2	0,25	100%	75%
T_3	0,25	75%	100%
T_4	0,25	75%	75%
T_5	0,5	100%	100%
T_6	0,5	100%	75%
T_7	0,5	75%	100%
T_8	0,5	75%	75%
T_9	0,75	100%	100%
T_{10}	0,75	100%	75%
T_{11}	0,75	75%	100%
T_{12}	0,75	75%	75%
T_{13}	1	100%	100%
T_{14}	1	100%	75%
T_{15}	1	75%	100%
T_{16}	1	75%	75%
T_{17}	0	100%	100%
T_{18}	0	100%	75%
T_{19}	0	75%	100%
T_{20}	0	75%	75%

La ubicación de cada tratamiento, así como los bloques de las dosis de ceniza, se distribuyó en base a un sorteo como lo indica el diseño de bloques completos al azar y se detallan a continuación (Ver

Anexo 1). Se identificó a las dosis de ceniza como factor A, las dosis de fósforo como factor B y las dosis potasio como factor C.

Instalación del ensayo

- Obtención de la ceniza de cascarilla de arroz

Uno de los insumos importantes en este ensayo fue la ceniza de la cascarilla de arroz. Ésta se la extrajo de la piladora de propiedad de la compañía Procesadora Nacional de Alimentos C. A. (Pronaca). La ceniza es el resultado final en el proceso de la secadora de arroz. Hay que mencionar que ésta ceniza estuvo sometida a una temperatura máxima de 500 ^{o}C, por esto es una ceniza que mantiene una contextura y no se deshace. Se recogieron algunos sacos para su posterior pesaje según las dosis de silicio de cada tratamiento.

- **Análisis de la ceniza de cascarilla de arroz**

De la ceniza recolectada para este ensayo se tomó una muestra para saber el contenido de nutrientes de la misma. Las dosis de silicio utilizadas en el ensayo fueron de 0; 197.3; 394.7; 592 y 789.3 Kg/Ha (Ver Tabla 13).

TABLA 13

CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LA CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y SU APORTE MINERAL DE LAS DIFERENTES DOSIS EMPLEADAS

		Aporte de nutrientes (Kg/Ha)			
	%	0.25 Tn/Ha	0.5 Tn/Ha	0.75 Tn/Ha	1.0 Tn/Ha
SiO_2	78,93	197,3	394,7	592,0	789,3
P_2O_5	0,649	1,6	3,2	4,9	6,5
K_2O	2,97	7,4	14,9	22,3	29,7
Fe_2O_3	0,518	1,3	2,6	3,9	5,2
CaO	0,513	1,3	2,6	3,8	5,1
MgO	0,206	0,5	1,0	1,5	2,1

Fuente: Análisis realizado por INIAP Sta. Catalina, Departamento de Nutrición Vegetal

- Análisis de suelo inicial

Se realizó la toma de una muestra de suelo del lugar donde se llevaría a cabo el ensayo experimental (1). El análisis fue realizado en el laboratorio Nemalab S.A., ubicado en Machala. Con ésta información se determinaron las recomendaciones de los nutrientes para cada tratamiento nombrado anteriormente. Las cantidades evaluadas en este ensayo de P_2O_5 fueron 17 Kg/Ha, correspondiente al 75%, y 22.5 Kg/Ha, correspondiente al 100%; y de K_2O fueron de 104 Kg/Ha, correspondiente al 75%, y 139 Kg/Ha correspondiente al 100%.

- **Preparación del suelo**

La preparación del suelo se realizó bajo condiciones de terreno seco e inundado. Con el terreno seco se hizo dos pases de rastra a una profundidad de 25 centímetros. Teniendo el suelo preparado en seco, se procedió a inundar para el fangueo. Primero se niveló el suelo para evitar pendientes, y luego se pasó un motocultor provisto de canastas de hierro que reemplazan a las llantas convencionales. Con ayuda de estacas y piola se delimitaron las parcelas, de acuerdo a la distribución de cada unidad experimental.

- **Riego**

A diferencia del manejo tradicional del arroz que se lleva en el país, en éste ensayo se mantuvo durante todo el ciclo del cultivo una lámina de agua de 10 centímetros aproximadamente. El riego fue por medio de una bomba principal que tomaba el agua del río Daule, y mediante canales llegaba al terreno donde se desarrolló el ensayo.

- **Siembra**

La semilla que se utilizó en el ensayo fue la variedad F-50. La semilla fue pregerminada antes de colocarla en el semillero. Previo al transplante a terreno definitivo se realizó un semillero de 1 metro de ancho y 7 metros de largo, el cual se mantuvo por 30 días. Las plántulas fueron sembradas en un área total de 5658 m^2. La siembra

fue por medio de transplante, colocando alrededor de seis a siete plántulas por golpe a una distancia de 0,25 m entre planta y 0,25 m entre hilera (16 golpes/m^2).

- **Control de malezas**

Para el control de malezas como hoja ancha, gramíneas y ciperáceas, se hizo una aplicación de los productos Butaclor y Metsul en todas las unidades experimentales. El Butaclor es un herbicida de categoría toxicológica IV, de contacto y selectivo para el cultivo de arroz, con una dosis de 3 lt/Ha. El Metsul se aplicó en una dosis de 9 g/Ha.

- **Control de plagas**

Para el control del gusano trozador y chinches, se hizo una aplicación del producto Cekufon en todas las unidades experimentales. El Cekufon es un insecticida de categoría toxicológica III ligeramente peligrosa, para el control de un amplio espectro de plagas. La dosis utilizada fue de 1 Kg/Ha.

- **Aplicación de los tratamientos**

La aplicación de la ceniza se la relizó manual de una forma uniforme y con la ayuda del motocultor se incorporó al suelo en el momento de la preparación del suelo.

La fertilización general del cultivo en este ensayo, en donde se suministraron las dosis de fósforo y potasio evaluadas, fue dividida en 4 partes para ser aplicadas de la siguiente forma: la primera a los 15 días después del transplante, la segunda a los 30 días después del transplante, la tercera a los 45 días después del transplante y la última a los 60 días después del transplante; para un mejor aprovechamiento de los sustratos utilizados por la planta. Hay que tomar en cuenta que existió una fertilización inicial, la cual se realizó al momento de terminar el transplante, para darle un mayor vigor a la planta de arroz debido al estrés que sufre al ser transplantada del semillero al terreno definitivo.

- **Cosecha**

Al finalizar el ciclo del cultivo, a los 120 días después del transplante, se procedió a la cosecha manual con hoz de todos los tratamientos. Se cosechó cuando el grano tenía una humedad promedio de 20.65%. Posteriormente se guardó la producción de cada tratamiento en sacos diferentes previamente etiquetados.

- **Toma y análisis de muestras foliares**

A los 80 días después del transplante se tomaron muestras foliares, para lo cual se escogió la hoja bandera de 3 plantas representativas dentro de cada parcela neta de cada unidad experimental. Con el

objeto de evaluar los niveles de silicio en los que quedaron las plantas después de la aplicación de las diferentes dosis de la ceniza.

Medición de las variables

Con la finalidad de estimar los efectos de los tratamientos, se evaluaron las siguientes variables:

- Altura de la planta (cm)
- Longitud de raíces (cm)
- Número de macollos por metro cuadrado
- Número de panículas por metro cuadrado
- Número de granos por panícula
- Porcentaje de vaneamiento (%)
- Peso de mil granos (g)
- Producción del lote (Tn/Ha)

- **Altura de la planta**

La toma de los datos de la variable altura de la planta , se la hizo cada 30 días a partir de la primera toma de datos de la misma, que fue a los 15 días, hasta el final del ciclo del cultivo; es decir a los 45, 75 y 105 días después del transplante. Para esta variable se tomaron 10 plantas representativas por unidad experimental, escogidas dentro de la parcela neta. Las plantas evaluadas fueron marcadas para las posteriores lecturas.

- **Longitud de raíces**

En esta variable se registró la longitud de las raíces por unidad experimental a los 15 y 45 días después del transplante por lo que se arrancaron 10 plantas por unidad experimental con cuidado de dañar lo menos posible las raíces. Se tomaron 5 plantas representativas de cada mitad de la parcela neta de cada unidad experimental.

- **Número de macollos por metro cuadrado**

Se cosechó la parcela útil, en el cual se contó el número total de macollos que se encontraron a los 55 días después del transplante.

- **Número de panículas por metro cuadrado**

A los 90 días después del transplante, se contabilizó el número total de panículas presente en la misma parcela útil en la que se hizo la lectura de la variable número de macollos.

- **Número de granos por panícula**

Se procedió a contar el número de granos por panícula a los 100 días después del transplante; para lo cual se escogieron 5 panículas representativas por parcela neta.

- **Vaneamiento**

Se contó el total de granos vanos que presenten las panículas a los 100 días después del cultivo, dato que relacionado con el número total de granos de la espiga permitió obtener su porcentaje, las mismas espigas utilizadas en la variable número de granos por espiga se usaron en esta variables.

- **Peso de mil granos**

Durante la cosecha, de cada unidad experimental se seleccionó granos llenos, de los cuales se pesaron 1000 granos con cáscara.

- **Producción del lote**

A los 120 días después del transplante se registró la totalidad de producción comercial de $1m^2$ ubicado en el centro de la parcela neta y con ello se proyectó a una hectárea. Se consideró que dentro del metro cuadrado no hubo plantas sujetas a ninguna otra evaluación.

A la producción obtenida se la ajustó al 22% de humedad con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Rendimiento} * (100 - \text{Humedad cosechada})}{(100 - \text{Humedad deseada})}$$

También se le aplicó un efecto de cosecha mecanizada del 18.59%, este dato de pérdida fue establecido por el INIAP en 1995.

Análisis de datos

Luego que se finalizó con la fase de campo, se procedió a la ordenación y al análisis de todos los datos obtenidos durante toda la parte experimental del ensayo.

Los datos obtenidos de todas las variables fueron analizados mediante el análisis de varianza (ADEVA). Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al nivel de 5 % de probabilidad ($P \leq 0.05$), el programa estadístico utilizado fue Statistix.

Análisis económico

El análisis económico se lo realizó mediante el método de análisis de presupuestos parciales, desarrollado por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT). El análisis consta de tres fases básicas para llegar a recomendar los tratamientos económicamente rentables, estos son:

- **Análisis de presupuestos parciales.-** Aquí se organizan los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de cada uno de los tratamientos alternativos (6).

- **Análisis de dominancia.**- Se efectúa, primero, ordenando los tratamientos de menores a mayores costos totales que varían. Se

dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían mas bajos (6).

- **Tasa de retorno marginal.**- Aquí solo se analizan los tratamientos no dominados. Se hace una relación entre el beneficio neto marginal (es decir, el aumento de beneficios netos) dividido por el costo marginal (aumento en los costos que varían), expresada en un porcentaje (6).

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados

Los datos obtenidos de todas las variables fueron analizados mediante el análisis de varianza (ADEVA). Para la separación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al nivel de 5 % de probabilidad ($P \leq 0.05$), el programa estadístico utilizado fue el Statistix.

A continuación se muestra el resultado de todas las variables analizadas.

- **Altura de la planta**

  En esta variable con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos a los 15 días después del transplante. Manteniéndose válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes en esta época de la planta. Sin embargo, a

los 45 días después del transplante se observan diferencias altamente significativas en el factor C (dosis de K_2O), donde la dosis de 139 Kg K_2O/Ha es estadísticamente diferente y produjo una mayor altura con respecto a la dosis de 104 Kg K_2O/Ha.

A los 75 días después del transplante, se obtuvieron diferencias significativas en el factor A (dosis de ceniza). Se observó que la dosis de 0.5 Tn/Ha de ceniza fue estadísticamente superior a las demás dosis de ceniza evaluadas, según la prueba de Tukey al 5%. El segundo rango correspondió a la dosis de 0.75 Tn/Ha. Las dosis de 0; 0.25 y 1 Tn/Ha fueron estadísticamente iguales entre sí e inferiores a las otras dosis. Y a los 105 días después del transplante, se observaron diferencias altamente significativas tanto en el factor A como en el factor C, donde las dosis de 0.5 Tn/Ha de ceniza y 139 Kg K_2O/Ha obtuvieron la mayor altura según la prueba de Tukey al 5%. El segundo rango correspondió a las dosis de 0; 0.25; 0,75 y 1 Tn/Ha, así como la dosis de 104 Kg K_2O/Ha, fueron estadísticamente iguales entre sí e inferiores a la otras dosis. Los valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Tukey α 0.05) (Gráfico 3.1 y 3.2) (Ver Anexo 2 y 10).

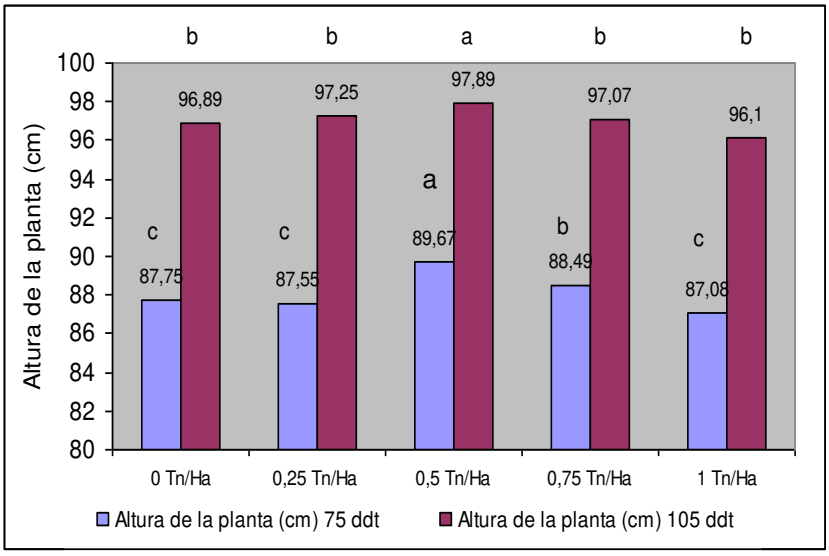


Gráfico 3.1 Altura de la planta a los 75 y 105 días después del transplante y prueba de Tukey al 5 %.

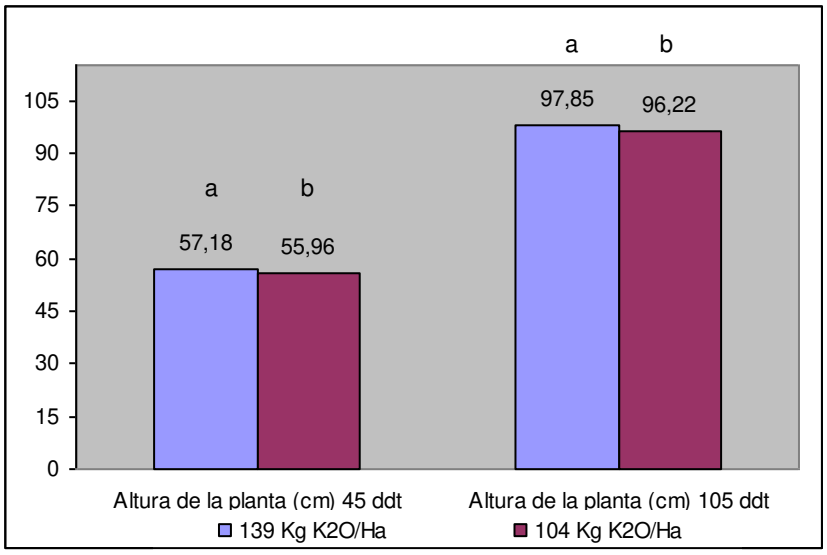


Gráfico 3.2 Altura de la planta a los 45 y 105 días después del transplante y prueba de Tukey al 5%.

- **Longitud de raíces**

  En la variable longitud de raíces se hicieron 2 lecturas en un intervalo de 30 días después del transplante cada una. Se encontró diferencias significativas a los 15 días después del transplante en el factor A (dosis de ceniza). A los 45 días después del transplante se observó diferencias altamente significativas en el factor A. En ambos casos se acepta la hipótesis alternativa de que todos entre los tratamientos existe alguno diferente a los demás.

  Así que son necesarias las pruebas de separación de medias para encontrar la dosis de ceniza que permita obtener la mayor longitud de raíz. La prueba Tukey al 5% muestra que en ambas épocas de evaluación, la dosis de ceniza de 0.5 Tn/ha proporciona una longitud de raíces superior estadísticamente al resto de dosis estudiadas. Los valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Tukey α 0.05) (Gráfico 3.3 a 3.5) (Ver Anexo 3 y 11).

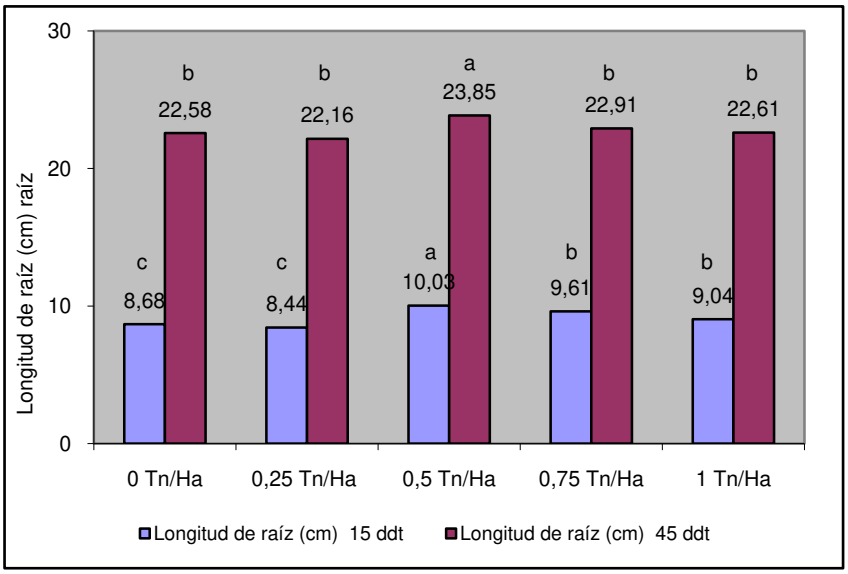


Gráfico 3.3 Longitud de raíz a los 15 y 45 días después del transplante y prueba de Tukey al 5%.

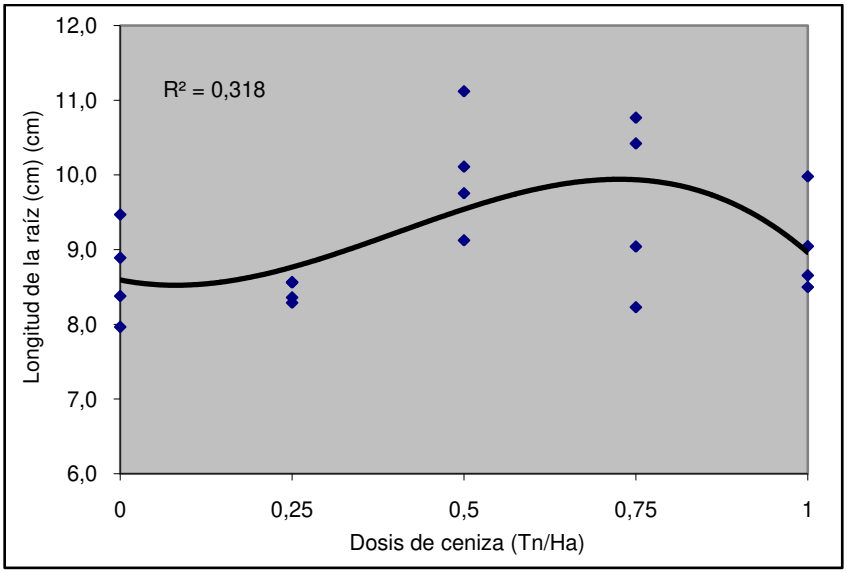


Gráfico 3.4 Análisis de correlación y línea de tendencia de la longitud de raíces (cm) a los 15 ddt respecto a las dosis de ceniza evaluadas.

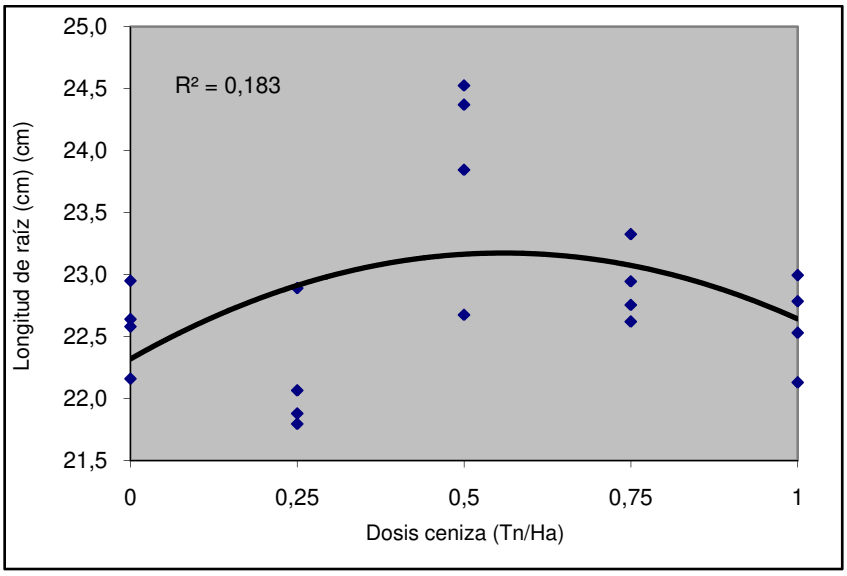


Gráfico 3.5 Análisis de correlación y línea de tendencia de la longitud de raíces (cm) a los 45 ddt respecto a las dosis de ceniza evaluadas.

- **Número de macollos por metro cuadrado**

  En esta variable, se encontraron diferencias altamente significativas en el factor C, es decir se acepta la hipótesis alternativa de que en este factor hay una dosis de K_2O superior al otro. Se encontró que la dosis de 139 Kg K_2O/Ha fue estadísticamente superior que la dosis de 104 Kg/Ha, con un promedio de 282.7 macollos por metro cuadrado comparado con la otra dosis de potasio (Gráfico 3.6) (Ver Anexo 4 y 12).

- **Número de panículas por metro cuadrado**

  En la variable número de panículas por metro cuadrado, con un nivel de significancia del 5%, se obtuvieron diferencias altamente significativas en el factor A (dosis de ceniza) como en el factor C (dosis de K_2O), es decir se rechaza la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se acepta la hipótesis alternativa que al menos un tratamiento es diferente.

  La dosis de 0.25 Tn/Ha, teniendo un promedio 289.06 de panículas, fue altamente significativo a nivel estadístico en relación a las demás dosis de ceniza, seguida por la dosis de 0.50 Tn/Ha. Por otro lado, las dosis de 0, 0.75 y 1 Tn/Ha no son diferentes estadísticamente entre ellas. En el factor C, la dosis de 139 Kg K_2O/Ha fue estadísticamente superior que la otra dosis de potasio. Los valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Tukey α 0.05) (Gráfico 3.6 a 3.8) (Ver Anexo 5 y 13).

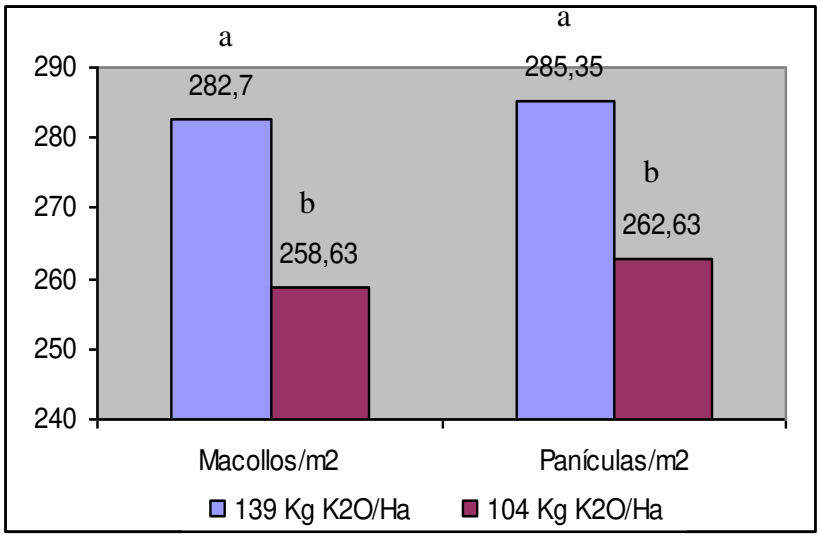


Gráfico 3.6 Macollos y panículas por metro cuadrado en 139 y 104Kg de K_20/Ha y prueba de Tukey al 5%.

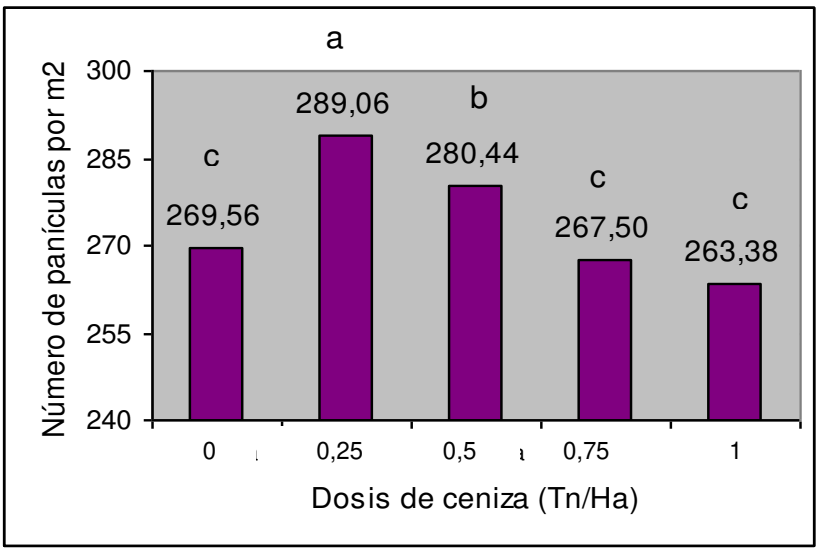


Gráfico 3.7 Número de panículas por metro cuadrado y prueba de Tukey al 5 %.

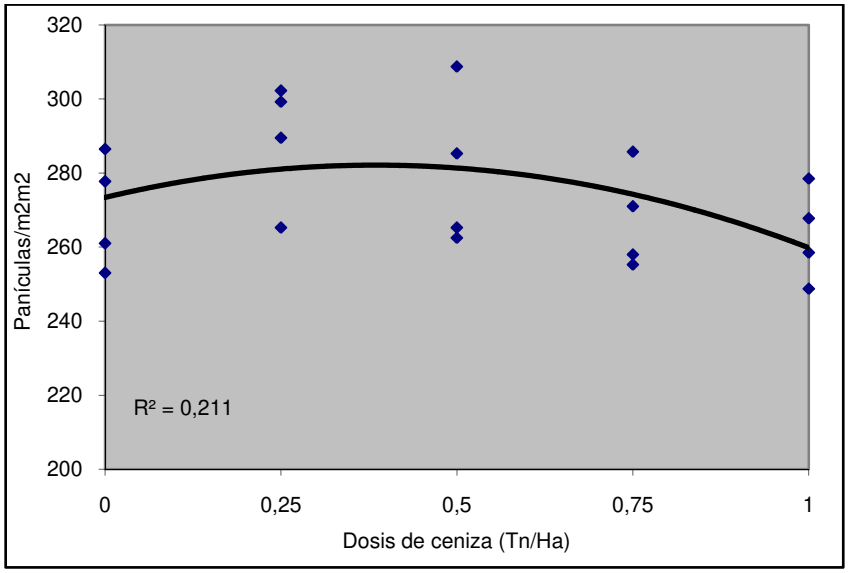


Gráfico 3.8 Análisis de correlación y línea de tendencia del número de panículas/m^2 respecto a las dosis de ceniza evaluadas.

- **Número de granos por panícula**

  En esta variable con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en el número de granos por panícula, es decir es válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes (Ver Anexo 6 y 14).

- **Porcentaje de vaneamiento**

  Con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en relación al vaneamiento. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable, es

decir es válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes (Ver Anexo 7 y 15).

- **Peso de 1000 granos**

  Con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en relación al peso de 1000 granos. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable, es decir es válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes (Ver Anexo 8 y 16).

- **Producción del lote**

  Con respecto a la producción del lote, en el análisis de varianza se observa que existen diferencias estadísticas significativas para tratamientos en el factor C (dosis de K_2O), con respecto a la variable producción (Tn/Ha) ajustada al 22% de humedad, es decir se rechaza la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se acepta la hipótesis alternativa que al menos un tratamiento es diferente. La dosis de 139Kg K_2O/Ha fue estadísticamente superior en relación a la de 104 Kg K_2O/Ha (Gráfico 3.9 y 3.10) (Ver Anexo 9 y 17).

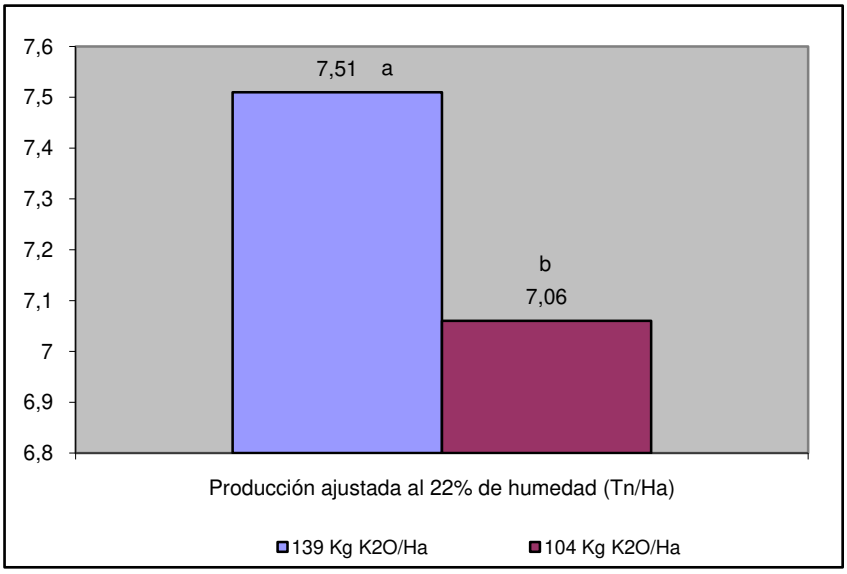


Gráfico 3.9 Producción ajustada al 22% de humedad (Tn/Ha) y prueba de Tukey al 5%.

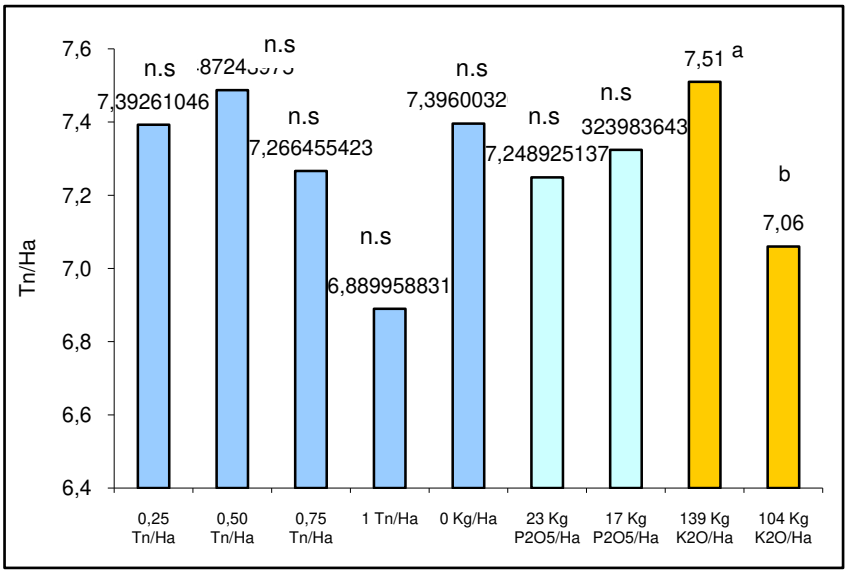


Gráfico 3.10 Rendimiento (Tn/Ha) ajustado al 22% de humedad por cada factor y prueba de Tukey al 5%.

Se obtuvieron análisis de correlación entre los análisis foliares de N, P, K y SIO_2 versus el rendimiento, éstos se presentan a continuación (Gráfico 3.11 a 3.14).

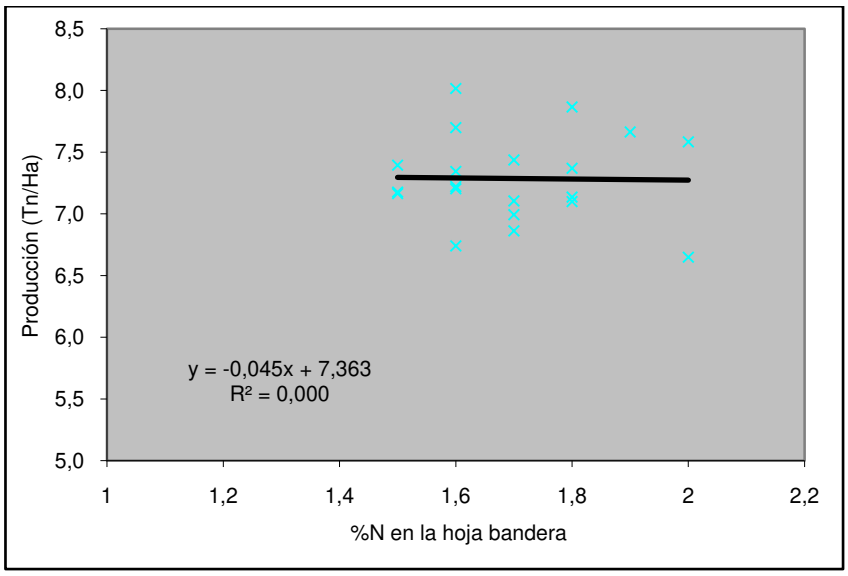


Gráfico 3.11 Correlación entre el contenido foliar de N y el rendimiento.

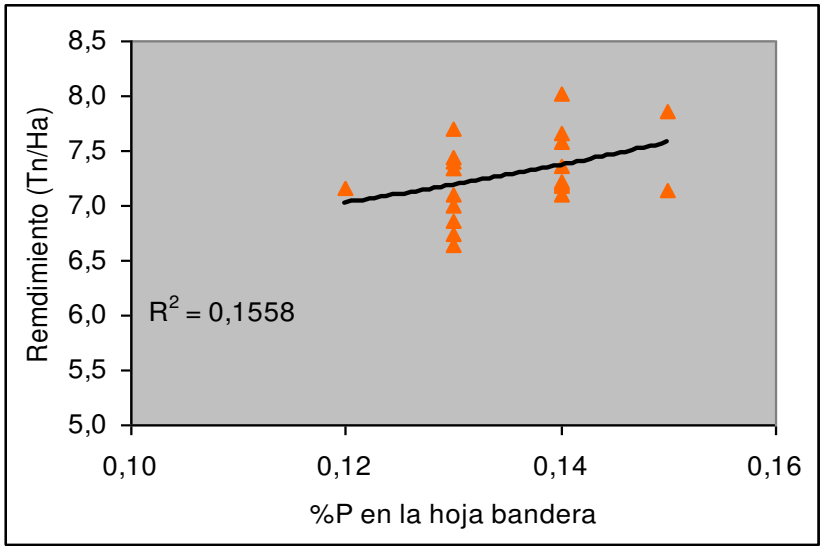


Gráfico 3.12 Correlación entre el contenido foliar de P y el rendimiento.

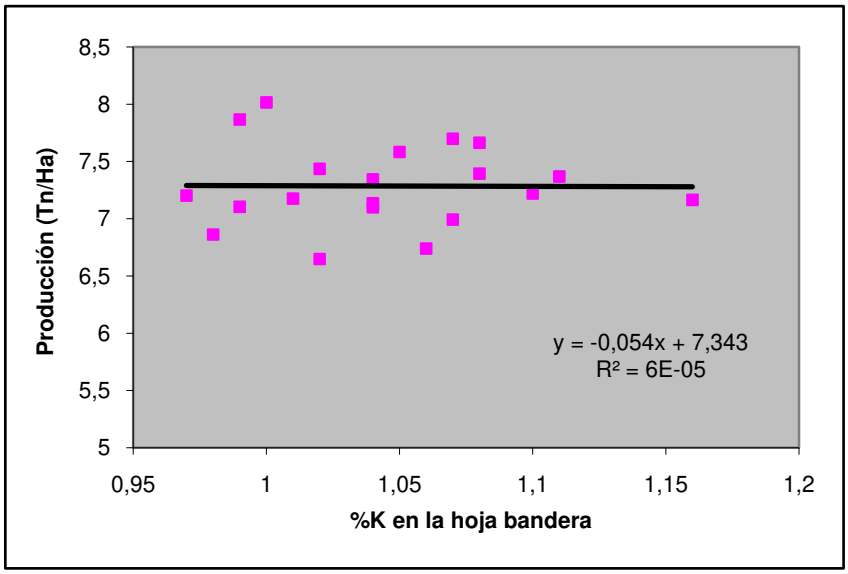


Gráfico 3.13 Correlación entre el contenido foliar de K y el rendimiento.

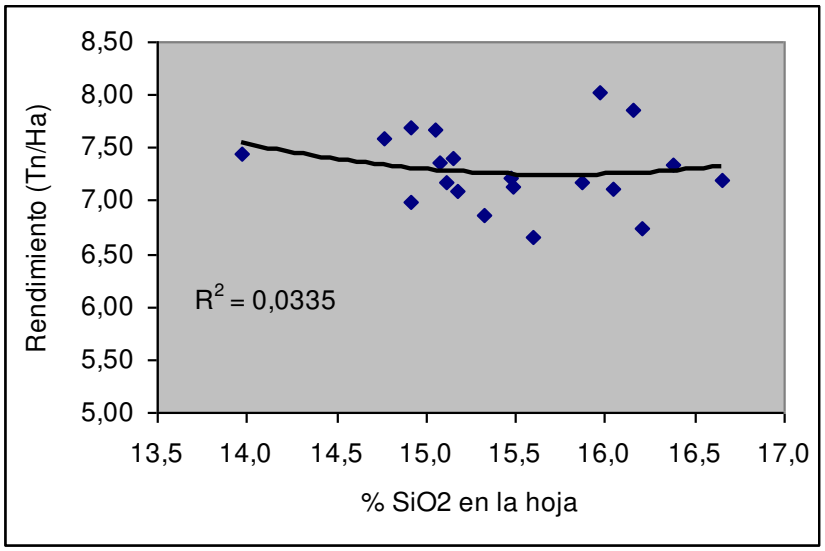


Gráfico 3.14 Correlación entre el contenido foliar de SiO_2 y el rendimiento.

Se realizó un análisis foliar a los 80 días después del transplante por tratamiento para comprobar el estado nutricional del cultivo y las cantidades de silicio presentes en las hojas. En la Tabla 14 se indica los resultados de los análisis.

TABLA 14

RESULTADOS DE ANÁLISIS FOLIARES REALIZADOS POR TRATAMIENTO A LOS 80 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE

Identificación	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**SiO_2**
	%					
T1	1,80	0,14	1,11	0,86	0,12	15,08
T2	1,70	0,13	1,02	0,89	0,12	13,97
T3	1,90	0,14	1,08	0,88	0,12	15,05
T4	1,80	0,14	1,04	0,90	0,12	15,17
T5	1,80	0,15	0,99	0,86	0,10	16,15
T6	1,70	0,13	0,98	0,81	0,11	15,33
T7	1,60	0,14	1,00	0,86	0,10	15,97
T8	1,60	0,14	0,97	0,84	0,10	16,65
T9	1,50	0,13	1,08	0,83	0,10	15,15
T10	1,70	0,13	0,99	0,84	0,10	16,04
T11	1,60	0,13	1,04	0,84	0,10	16,38
T12	1,60	0,14	1,10	0,86	0,09	15,47
T13	1,70	0,13	1,07	0,88	0,11	14,92
T14	1,60	0,13	1,06	0,90	0,11	16,20
T15	1,50	0,14	1,01	0,90	0,12	15,87
T16	2,00	0,13	1,02	0,88	0,12	15,60
T17	2,00	0,14	1,05	0,83	0,11	14,76
T18	1,80	0,15	1,04	0,84	0,10	15,49
T19	1,60	0,13	1,07	0,84	0,11	14,91
T20	1,50	0,12	1,16	0,83	0,10	15,11

Fuente: Análisis foliares realizado por INIAP Sta. Catalina, Departamento de Nutrición vegetal

Después de observar los resultados que se obtuvieron se realizó un análisis económico para determinar cual de los tratamientos evaluados presentaron mejores beneficios económicos. En el análisis económico se calculó el beneficio neto de cada tratamiento mediante el análisis de presupuesto parcial, donde a la ceniza se le asignó un precio referencial de $0.35 por cada saco, en vista que es un desecho industrial (Anexo 18).

En la Tabla 15 se presenta el análisis de dominancia realizado a los tratamientos. En la Tabla 16 se muestra el análisis de la tasa de retorno marginal determinada con los beneficios netos y costos que varían.

TABLA 15

ANÁLISIS DE DOMINANCIA

Tratamientos	Costos que varían	Beneficio neto	Dominancia
T20	159,37	1261,72	No dominado
T18	162,70	1252,68	Dominado
T4	167,74	1240,51	Dominado
T2	171,07	1303,95	No dominado
T8	176,12	1252,63	Dominado
T6	179,45	1181,68	Dominado
T12	184,49	1247,84	Dominado
T10	187,82	1221,45	Dominado
T16	192,86	1125,88	Dominado
T14	196,19	1140,74	Dominado
T19	201,61	1325,50	No dominado
T17 (TF)	205,08	1299,11	Dominado
T3	209,98	1310,19	Dominado
T1	213,45	1248,18	Dominado
T7	218,36	1371,60	No dominado
T5	221,83	1338,48	Dominado
T11	226,73	1229,98	Dominado
T9	230,20	1236,48	Dominado
T15	235,10	1188,36	Dominado
T13	238,57	1148,58	Dominado

TABLA 16

ANÁLISIS DE LA TASA DE RETORNO MARGINAL

Tratamiento	Costos que varían	Costos marginales	Beneficio neto	Beneficio marginal	Tasa de retorno marginal
T20	159,37		1261,72		
T2	171,07	11,70	1303,95	42,24	360,89
T19	201,61	30,54	1325,50	21,55	70,55
T7	218,36	16,75	1371,60	46,11	275,25

Discusión

En ambas épocas (15 y 45 ddt) muestra que el máximo desarrollo radicular se lo registra conforme la dosis de ceniza sube hasta 0.75 Tn/Ha y a partir de ahí se reduce mientras la dosis de ceniza va aumentando hasta 1 Tn/Ha.

En el caso del número de panículas por metro cuadrado, la línea de tendencia aumenta desde 0 Tn/Ha hasta 0.25 Tn/Ha de ceniza, luego decrece ligeramente a 0.5 Tn/Ha y de ahí en adelante desciende pronunciadamente conforme la dosis de ceniza aumenta.

El factor de fósforo no generó diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables estudiadas; por esto hay que considerar aquellos tratamientos con dosis bajas de fósforo en el aspecto económico, ya que con dosis más altas los costos aumentan.

No se registraron interacciones significativas entre los factores en estudio en ninguna de las variables estudiadas. Dentro de los resultados establecidos en este ensayo no se obtuvo diferencias estadísticas significativas en ninguno de los factores estudiados en las variables granos por espiga, vaneamiento y peso de 1000 granos.

Fairhurst y Dobbermann, (2000), consideran como nivel crítico el 5% de silicio en las hojas en madurez por lo que todos los tratamientos

sobrepasan dicho valor, incluso los tratamientos en los que no se aplicó dicho elemento, pero valores ligeramente mayores se registraron en los testigos tratados. Esto nos indica que donde se desarrolló el ensayo es un suelo no degradado en la actualidad, el cual no tiene un desgaste de silicio. Castilla, (2001), señala que trabajos realizados en Colombia presentan valores entre 8 y 10% de SiO_2 en el tejido; en cambio en este ensayo existió un promedio de 15.46% de SiO_2. Cabe mencionar que en el Ecuador no existe un lugar donde poder realizar un análisis de suelo que proporcione el contenido de silicio.

Según trabajos citados por Ortega (2001) y Castilla (2001), mencionan investigaciones realizadas con respuesta en el arroz a la aplicación de silicio, pero éste en forma sintética usando silicato de potasio y magnesio, no en forma vegetal como se hizo en este ensayo usando ceniza de cascarilla de arroz. También indican que los resultados obtenidos en las investigaciones mostraron un incremento en el rendimiento.

Al realizar los análisis de correlación respectivos entre los análisis foliares de N, P, K y SiO_2 versus el rendimiento, se encontraron coeficientes de correlación de 0.02 n.s; 0.39 n.s; 0.002 n.s y 0.18 n.s respectivamente para los elementos mencionados.

Según el análisis económico realizado, el tratamiento 2 de 0.25 Tn/Ha de ceniza, 22.50 P_2O_5 Kg/Ha y 104 K_2O Kg/Ha y el tratamiento 7 de 0.5

Tn/Ha de ceniza, 17 P_2O_5 Kg/Ha y 139 K_2O Kg/Ha alcanzaron tasas de retorno marginales por encima de la tasa mínima de retorno del 100%. Las tasas fueron 360.89% y 275.25% respectivamente. Esto nos indica que en ambos casos la inversión es recuperada y además se obtiene una ganancia por cada dólar invertido.

Hay que tomar en cuenta que con la adición de un componente poco costoso, en este caso la ceniza de cascarilla de arroz, se pudo lograr un mayor rendimiento. A la vez se le ofrece al agricultor el uso de ceniza, adaptada a sus condiciones y recomendar este componente fácilmente obtenible para ellos; así no implique cambios radicales en su sistema de cultivo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en el experimento, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1. La dosis de 394,7 Kg de SiO_2/Ha (0.5 Tn/Ha) permitió alcanzar los más altos rendimientos con 7.49 Tn/Ha de grano con humedad del 22%, superior en 0.09 Tn a los tratamientos sin uso de silicio. Dosis de SiO_2 mayores produjeron disminución en la producción. Los niveles foliares de SiO_2 en todos los tratamientos fueron altos y se encontró una baja correlación entre dichos niveles y el rendimiento.

2. La fertilización con dosis bajas de fósforo (17 Kg P_2O_5/Ha) y con dosis altas evaluadas (22.5 Kg P_2O_5/Ha) no mostraron diferencias en ninguna de las variables estudiadas ni en el rendimiento. Paradójicamente el contenido foliar de fósforo, mostró el mayor coeficiente de correlación con

el rendimiento a pesar de no ser un valor estadísticamente significativo en este ensayo.

3. Con respecto al potasio sucedió lo contrario con la dosis alta (139 Kg K_2O/Ha) produjo mejores características en todas las variables evaluadas y rendimiento estadísticamente superior a la dosis inferior probada de 104 Kg K_2O/Ha en la variedad F50.

4. Económicamente el tratamiento 2 (0.25 Tn/Ha de ceniza, 22.50 P_2O_5 Kg/Ha y 104 K_2O Kg/Ha) y el tratamiento 7 (0.5 Tn/Ha de ceniza, 17 P_2O_5 Kg/Ha y 139 K_2O Kg/Ha) lograron tasas de retorno marginales de 360.89% y 275.25% respectivamente.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones mencionadas anteriormente, se muestran las siguientes recomendaciones:

1. Continuar con la investigación descartando los tratamientos que no presentaron diferencias significativas en las variables evaluadas en el factor ceniza, entre ellos los tratamientos con mayor dosis de ceniza en este caso 0.75 y 1 Tn/Ha.

2. Los tratamientos propuestos en futuras investigaciones, sean con dosis más específicas entre el intervalo de 0.25 y 0.5 Tn/Ha de ceniza de cascarilla de arroz, ya que entre estas dosis se presentaron diferencias estadísticas y mejores rendimientos.

3. Efectuar la aplicación de la ceniza en seco en el momento del pase de la rastra para así poder bajar los costos en el aspecto económico.

4. Realizar esta investigación en otras zonas donde se cultive arroz, para observar y comparar los resultados obtenidos.

5. Ejecutar el ensayo en invierno, debido a que los resultados logrados fueron en época de verano.

ANEXOS

ANEXO 1

DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CAMPO

T3	T2	T1	T4	T13	T15	T14	T16	T17	T19	T18	T20	T10	T12	T11	T9	T8	T7	T5	T6	**R1**
T2	T4	T3	T1	T14	T15	T13	T16	T20	T18	T17	T19	T10	T9	T11	T12	T5	T8	T6	T7	**R2**
T1	T3	T2	T4	T16	T14	T15	T13	T20	T18	T19	T17	T9	T12	T10	T11	T8	T6	T5	T7	**R3**
T4	T3	T1	T2	T14	T13	T16	T15	T17	T19	T20	T18	T12	T11	T10	T9	T7	T8	T6	T5	**R4**

0.25 Tn/Ha 1 Tn/Ha 0 Tn/Ha 0.75 Tn/Ha 0.50 Tn/Ha

ANEXO 2

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA (cm)

A LOS 15 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	44,89	42,15	47,13	41,80	175,97	43,99
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	40,97	44,07	44,77	43,15	172,96	43,24
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	41,03	44,02	46,31	47,18	178,54	44,64
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	42,56	44,26	41,24	45,98	174,04	43,51
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	45,88	43,83	42,22	37,26	169,19	42,30
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	43,01	41,94	45,58	37,64	168,17	42,04
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	46,51	41,23	46,71	44,53	178,98	44,75
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	46,45	44,08	42,88	39,97	173,38	43,35
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	39,75	44,75	45,40	42,43	172,33	43,08
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	41,77	42,21	44,67	44,39	173,04	43,26
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	43,06	44,09	39,56	43,73	170,44	42,61
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	42,95	45,05	46,66	43,62	178,28	44,57
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	45,81	44,18	42,19	43,87	176,05	44,01
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	42,30	42,27	45,62	43,21	173,40	43,35
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	42,48	41,77	43,38	40,62	168,25	42,06
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	39,44	42,07	41,84	41,77	165,12	41,28
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	40,11	43,35	45,72	44,74	173,92	43,48
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	39,81	40,84	43,63	43,02	167,30	41,83
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	39,17	45,79	43,72	42,82	171,50	42,88
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	41,86	42,52	44,53	45,38	174,29	43,57
					42,49	**43,22**	**44,19**	**42,86**	**3455,15**	**43,19**

A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	55,20	56,72	56,98	54,86	223,76	55,94
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	57,10	58,00	53,44	54,30	222,84	55,71
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	54,96	58,26	55,62	59,34	228,18	57,05
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	52,88	57,10	52,20	56,44	218,62	54,66
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	58,08	61,34	55,46	57,68	232,56	58,14
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	56,34	59,62	57,44	54,50	227,90	56,98
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	58,92	57,46	57,10	56,90	230,38	57,60
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	55,44	58,02	57,30	54,62	225,38	56,35
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	56,92	58,12	59,66	60,60	235,30	58,83
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	53,88	54,90	56,10	58,90	223,78	55,95
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	58,76	56,72	54,40	57,02	226,90	56,73
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	57,76	55,86	58,30	52,56	224,48	56,12
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	56,26	59,12	55,74	60,82	231,94	57,99
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	55,50	58,28	57,30	56,74	227,82	56,96
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	58,44	56,50	58,42	55,64	229,00	57,25
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	57,74	55,60	54,64	54,72	222,70	55,68
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	52,10	56,52	59,82	57,28	225,72	56,43
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	56,70	56,18	57,84	54,40	225,12	56,28
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	51,98	59,56	58,48	53,26	223,28	55,82
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	55,22	53,52	58,52	52,58	219,84	54,96
					56,01	**57,37**	**56,74**	**56,16**	**4525,50**	**56,57**

A LOS 75 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	89,73	88,50	86,05	87,20	351,48	87,87
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	82,05	88,90	88,53	89,60	349,08	87,27
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	87,45	86,73	90,50	88,63	353,30	88,33
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	90,05	88,35	84,30	84,20	346,90	86,73
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	91,88	91,05	89,25	87,90	360,08	90,02
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	91,80	91,58	91,55	86,75	361,68	90,42
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	92,33	87,45	88,00	87,38	355,15	88,79
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	88,93	92,40	87,98	88,45	357,75	89,44
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	87,88	89,13	91,40	85,83	354,23	88,56
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	90,48	87,00	88,50	86,78	352,75	88,19
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	92,60	89,40	87,30	87,08	356,38	89,09
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	91,13	89,05	88,60	83,70	352,48	88,12
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	90,80	88,75	85,63	86,10	351,28	87,82
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	91,55	86,75	87,23	86,38	351,90	87,98
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	84,58	85,35	85,28	86,85	342,05	85,51
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	90,25	88,18	84,98	84,60	348,00	87,00
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	90,35	88,00	88,45	84,78	351,58	87,89
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	89,25	85,20	88,95	86,58	349,98	87,49
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	88,20	89,38	88,20	83,58	349,35	87,34
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	91,20	85,63	89,43	86,88	353,13	88,28
					89,62	**88,34**	**88,00**	**86,46**	**7048,48**	**88,11**

A LOS 105 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Suma
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	98,05	96,90	100,03	97,73	392,70	98,18
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	97,70	96,70	94,48	98,33	387,20	96,80
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	99,63	97,43	96,38	97,70	391,13	97,78
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	96,38	95,95	95,20	97,35	384,88	96,22
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	98,25	97,88	97,35	100,50	393,98	98,49
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	98,33	99,43	96,43	96,38	390,55	97,64
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	101,13	98,68	97,78	99,45	397,03	99,26
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	95,98	97,33	96,05	95,23	384,58	96,14
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	98,20	97,50	96,50	98,30	390,50	97,63
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	97,83	96,90	96,83	93,25	384,80	96,20
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	96,95	96,63	96,58	99,63	389,78	97,44
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	96,03	96,75	95,40	94,85	383,03	95,76
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	97,88	97,75	96,98	96,95	389,55	97,39
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	95,23	94,35	92,63	95,40	377,60	94,40
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	99,60	96,50	97,28	96,70	390,08	97,52
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	95,88	94,50	95,43	94,50	380,30	95,08
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	96,65	98,28	96,58	97,70	389,20	97,30
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	97,58	96,15	95,58	93,28	382,58	95,64
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	97,38	98,63	97,05	97,08	390,13	97,53
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	98,55	96,83	95,18	97,73	388,28	97,07
					97,66	**97,05**	**96,28**	**96,90**	**7757,83**	**96,97**

ANEXO 3

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE

LONGITUD DE RAÍZ (cm)

A LOS 15 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	7,24	6,08	9,54	10,30	33,16	8,29
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	10,52	9,28	7,04	7,42	34,26	8,57
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	11,14	9,10	7,98	6,02	34,24	8,56
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	7,96	7,76	9,28	8,44	33,44	8,36
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	9,36	10,78	9,86	10,44	40,44	10,11
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	10,04	10,92	11,44	12,08	44,48	11,12
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	9,78	9,02	7,70	10,00	36,50	9,13
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	10,90	8,94	9,70	9,48	39,02	9,76
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	10,00	11,12	11,24	9,32	41,68	10,42
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	6,72	10,28	7,74	8,18	32,92	8,23
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	13,14	7,98	12,78	9,16	43,06	10,77
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	9,50	9,52	9,74	7,40	36,16	9,04
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	10,40	10,64	8,30	10,58	39,92	9,98
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	6,84	8,98	10,32	10,04	36,18	9,05
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	9,90	6,94	7,70	9,46	34,00	8,50
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	7,28	7,98	10,90	8,46	34,62	8,66
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	9,46	9,12	8,40	10,90	37,88	9,47
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	6,72	6,98	10,18	9,64	33,52	8,38
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	7,86	8,82	7,34	7,84	31,86	7,97
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	8,06	8,22	11,08	8,20	35,56	8,89
					9,14	**8,92**	**9,41**	**9,17**	**732,90**	**9,16**

A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100%P; 100% K	T1	C25	P100	K100	23,30	22,54	20,78	20,56	87,18	21,80
0,25 Tn/Ha; 100%P; 75% K	T2	C25	P100	K75	23,00	22,46	23,12	22,98	91,56	22,89
0,25 Tn/Ha; 75%P; 100% K	T3	C25	P75	K100	23,66	22,18	20,52	21,90	88,26	22,07
0,25 Tn/Ha; 75%P; 75% K	T4	C25	P75	K75	22,38	20,74	22,82	21,58	87,52	21,88
0,5 Tn/Ha; 100%P; 100% K	T5	C5	P100	K100	23,26	23,36	22,60	21,48	90,70	22,68
0,5 Tn/Ha; 100%P; 75% K	T6	C5	P100	K75	25,56	24,34	23,18	25,02	98,10	24,53
0,5 Tn/Ha; 75%P; 100% K	T7	C5	P75	K100	25,12	23,96	23,02	23,28	95,38	23,85
0,5 Tn/Ha; 75%P; 75% K	T8	C5	P75	K75	24,16	25,76	24,10	23,46	97,48	24,37
0,75 Tn/Ha; 100%P; 100% K	T9	C75	P100	K100	22,02	25,08	21,20	22,18	90,48	22,62
0,75 Tn/Ha; 100%P; 75% K	T10	C75	P100	K75	23,80	23,36	22,26	21,60	91,02	22,76
0,75 Tn/Ha; 75%P; 100% K	T11	C75	P75	K100	22,98	24,12	23,30	21,38	91,78	22,95
0,75 Tn/Ha; 75%P; 75% K	T12	C75	P75	K75	23,06	24,50	22,68	23,06	93,30	23,33
1 Tn/Ha; 100%P; 100% K	T13	C1	P100	K100	22,34	22,36	23,48	22,96	91,14	22,79
1 Tn/Ha; 100%P; 75% K	T14	C1	P100	K75	22,38	22,42	22,46	21,26	88,52	22,13
1 Tn/Ha; 75%P; 100% K	T15	C1	P75	K100	23,16	22,26	21,76	22,94	90,12	22,53
1 Tn/Ha; 75%P; 75% K	T16	C1	P75	K75	24,00	23,72	22,12	22,14	91,98	23,00
0 Tn/Ha; 100%P; 100% K	T17	C0	P100	K100	24,80	22,26	22,90	21,84	91,80	22,95
0 Tn/Ha; 100%P; 75% K	T18	C0	P100	K75	22,10	23,28	22,84	22,34	90,56	22,64
0 Tn/Ha; 75%P; 100% K	T19	C0	P75	K100	22,16	22,94	22,22	21,32	88,64	22,16
0 Tn/Ha; 75%P; 75% K	T20	C0	P75	K75	21,92	22,98	22,66	22,76	90,32	22,58
					23,26	**23,23**	**22,50**	**22,30**	**1825,84**	**22,82**

ANEXO 4

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE NÚMERO DE MACOLLOS POR METRO CUADRADO

A LOS 55 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	287,00	283,00	301,00	299,00	1170,00	292,50
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	271,00	277,00	265,00	250,00	1063,00	265,75
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	227,00	294,00	261,00	326,00	1108,00	277,00
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	250,00	223,00	277,00	294,00	1044,00	261,00
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	302,00	274,00	297,00	251,00	1124,00	281,00
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	244,00	249,00	272,00	276,00	1041,00	260,25
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	314,00	282,00	279,00	346,00	1221,00	305,25
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	247,00	270,00	243,00	286,00	1046,00	261,50
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	239,00	271,00	306,00	281,00	1097,00	274,25
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	239,00	247,00	256,00	268,00	1010,00	252,50
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	258,00	280,00	260,00	305,00	1103,00	275,75
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	256,00	246,00	260,00	296,00	1058,00	264,50
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	260,00	302,00	295,00	353,00	1210,00	302,50
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	245,00	270,00	281,00	248,00	1044,00	261,00
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	234,00	267,00	300,00	250,00	1051,00	262,75
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	244,00	246,00	254,00	257,00	1001,00	250,25
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	261,00	289,00	259,00	282,00	1091,00	272,75
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	258,00	257,00	270,00	247,00	1032,00	258,00
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	270,00	262,00	316,00	285,00	1133,00	283,25
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	247,00	274,00	255,00	230,00	1006,00	251,50
					257,65	**268,15**	**275,35**	**281,50**	**21653,00**	**270,66**

ANEXO 5

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE NÚMERO DE PANÍCULAS POR METRO CUADRADO

A LOS 110 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	300,00	293,00	293,00	323,00	1209,00	302,25
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	286,00	318,00	306,00	248,00	1158,00	289,50
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	295,00	304,00	288,00	310,00	1197,00	299,25
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	262,00	260,00	254,00	285,00	1061,00	265,25
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	297,00	295,00	292,00	257,00	1141,00	285,25
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	241,00	258,00	259,00	292,00	1050,00	262,50
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	327,00	308,00	293,00	307,00	1235,00	308,75
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	244,00	276,00	267,00	274,00	1061,00	265,25
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	263,00	318,00	289,00	273,00	1143,00	285,75
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	237,00	273,00	261,00	261,00	1032,00	258,00
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	282,00	274,00	257,00	271,00	1084,00	271,00
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	260,00	260,00	280,00	221,00	1021,00	255,25
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	252,00	286,00	293,00	283,00	1114,00	278,50
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	262,00	298,00	266,00	245,00	1071,00	267,75
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	251,00	292,00	254,00	237,00	1034,00	258,50
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	270,00	226,00	255,00	244,00	995,00	248,75
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	270,00	305,00	272,00	264,00	1111,00	277,75
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	268,00	277,00	263,00	236,00	1044,00	261,00
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	312,00	291,00	289,00	254,00	1146,00	286,50
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	275,00	261,00	233,00	243,00	1012,00	253,00
					272,70	**283,65**	**273,20**	**266,40**	**21919,00**	**273,99**

ANEXO 6

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA

A LOS 120 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	187,00	191,67	160,67	190,00	729,33	182,33
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	168,00	166,00	171,00	200,67	705,67	176,42
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	191,33	180,00	194,67	174,33	740,33	185,08
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	198,67	194,33	169,00	170,67	732,67	183,17
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	143,67	188,00	161,33	189,00	682,00	170,50
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	147,00	208,33	147,00	184,00	686,33	171,58
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	216,33	149,00	169,67	177,00	712,00	178,00
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	151,00	176,00	176,33	169,33	672,67	168,17
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	188,67	160,67	158,00	166,67	674,00	168,50
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	191,67	191,67	190,00	166,33	739,67	184,92
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	191,00	175,00	172,33	166,00	704,33	176,08
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	185,67	198,00	174,00	172,33	730,00	182,50
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	180,67	174,33	162,67	167,00	684,67	171,17
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	146,00	164,67	169,33	160,67	640,67	160,17
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	161,67	177,67	194,67	150,33	684,33	171,08
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	176,67	188,33	192,33	166,33	723,67	180,92
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	163,00	193,67	170,00	197,33	724,00	181,00
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	177,00	142,00	197,67	157,33	674,00	168,50
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	187,33	184,00	177,33	164,67	713,33	178,33
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	189,00	172,00	185,67	158,33	705,00	176,25
					177,07	**178,77**	**174,68**	**172,42**	**14058,67**	**175,73**

ANEXO 7

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE VANEAMIENTO (%)

A LOS 120 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	9,46	8,92	12,84	23,23	54,46	13,61
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	21,71	19,54	18,28	12,99	72,52	18,13
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	15,13	10,78	16,52	23,56	65,98	16,49
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	13,02	12,80	22,21	14,92	62,95	15,74
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	12,33	18,74	12,29	25,95	69,31	17,33
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	11,74	14,54	10,87	16,52	53,67	13,42
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	13,98	25,52	18,58	6,62	64,69	16,17
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	7,55	11,62	13,00	10,81	42,98	10,74
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	19,53	16,44	14,56	11,61	62,15	15,54
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	14,62	15,26	19,54	13,61	63,04	15,76
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	10,26	12,04	18,82	13,89	55,01	13,75
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	13,45	14,27	13,80	14,34	55,86	13,97
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	8,28	18,80	11,54	15,84	54,46	13,61
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	8,58	10,50	12,25	18,01	49,34	12,33
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	12,27	16,22	22,52	13,31	64,32	16,08
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	12,03	16,07	19,28	15,11	62,48	15,62
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	9,37	15,46	24,77	15,68	65,29	16,32
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	7,96	17,69	15,75	23,61	65,02	16,25
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	15,57	17,24	17,70	20,05	70,55	17,64
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	10,73	18,53	12,29	14,15	55,70	13,92
					12,38	**15,55**	**16,37**	**16,19**	**1209,76**	**15,12**

ANEXO 8

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE PESO DE 1000 GRANOS (g)

		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	30,0	30,0	31,5	31,5	123,00	30,75
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	30,5	29,5	30,5	31,0	121,50	30,38
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	30,0	29,5	31,0	30,5	121,00	30,25
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	30,0	31,0	28,5	30,0	119,50	29,88
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	31,5	31,0	30,5	30,0	123,00	30,75
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	31,0	30,0	30,5	30,5	122,00	30,50
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	30,0	30,0	31,5	32,0	123,50	30,88
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	30,5	31,0	29,0	32,0	122,50	30,63
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	30,5	31,0	30,5	30,5	122,50	30,63
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	30,0	30,0	30,0	29,5	119,50	29,88
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	30,5	30,0	29,0	30,0	119,50	29,88
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	28,5	30,5	31,0	29,5	119,50	29,88
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	30,5	29,0	31,5	30,5	121,50	30,38
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	30,5	30,0	30,5	30,5	121,50	30,38
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	30,5	30,0	30,0	30,0	120,50	30,13
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	30,0	28,5	31,0	30,0	119,50	29,88
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	29,0	31,0	31,5	31,5	123,00	30,75
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	29,5	30,0	30,5	30,5	120,50	30,13
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	30,0	31,0	28,5	30,5	120,00	30,00
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	30,5	29,5	30,5	31,0	121,50	30,38
					30,18	**30,13**	**30,38**	**30,58**	**2425,00**	**30,31**

ANEXO 9

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE PRODUCCIÓN AJUSTADA AL 22% DE HUMEDAD (Tn/Ha)

		A	B	C	I	II	III	IV	Suma	Media
0,25 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T1	C25	P100	K100	8,69	7,17	6,84	6,77	29,48	7,37
0,25 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T2	C25	P100	K75	7,62	8,15	6,76	7,22	29,75	7,44
0,25 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T3	C25	P75	K100	7,80	7,00	7,83	8,03	30,66	7,66
0,25 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T4	C25	P75	K75	7,80	7,70	6,41	6,49	28,40	7,10
0,5 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T5	C5	P100	K100	9,68	6,32	7,04	8,43	31,47	7,87
0,5 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T6	C5	P100	K75	6,57	5,88	6,87	8,13	27,45	6,86
0,5 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T7	C5	P75	K100	9,47	7,05	7,85	7,70	32,07	8,02
0,5 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T8	C5	P75	K75	7,72	6,21	6,24	8,64	28,81	7,20
0,75 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T9	C75	P100	K100	6,90	8,26	7,01	7,41	29,58	7,39
0,75 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T10	C75	P100	K75	7,28	8,12	7,48	5,54	28,42	7,11
0,75 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T11	C75	P75	K100	7,95	5,91	7,21	8,31	29,38	7,34
0,75 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T12	C75	P75	K75	7,25	7,80	7,00	6,84	28,89	7,22
1 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T13	C1	P100	K100	6,94	6,36	6,71	7,96	27,97	6,99
1 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T14	C1	P100	K75	5,93	7,50	7,11	6,43	26,96	6,74
1 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T15	C1	P75	K100	7,57	8,02	6,17	6,94	28,71	7,18
1 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T16	C1	P75	K75	6,77	6,69	6,62	6,52	26,60	6,65
0 Tn/Ha; 100% P; 100% K	T17	C0	P100	K100	7,52	7,76	6,61	8,45	30,34	7,58
0 Tn/Ha; 100% P; 75% K	T18	C0	P100	K75	7,41	6,50	8,40	6,24	28,54	7,14
0 Tn/Ha; 75% P; 100% K	T19	C0	P75	K100	8,88	6,83	8,36	6,72	30,80	7,70
0 Tn/Ha; 75% P; 75% K	T20	C0	P75	K75	8,42	6,11	8,66	5,47	28,66	7,16
					7,71	**7,07**	**7,16**	**7,21**	**582,92**	**7,29**

ANEXO 10

ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE LA PLANTA EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 20 TRATAMIENTOS

Fuentes de variación	g l	Altura de la planta 15 ddt	Altura de la planta 45 ddt	Altura de la planta 75 ddt	Altura de la planta 105 ddt
Repeticiones	3	10.655 n.s	7.685 n.s	33.809 **	6.442 **
Ceniza (A)	4	3.195 n.s	7.091 n.s	16.309 *	6.682 **
Error X	12	9.258	6.520	4.271	0.779
%P (B)	1	1.376 n.s	9.786 n.s	4.758 n.s	0.249 n.s
%K (C)	1	2.884 n.s	29.452 **	0.019 n.s	53.236 **
A x B	4	7.922 n.s	0.772 n.s	2.791 n.s	2.034 n.s
A x C	4	2.738 n.s	0.779 n.s	2.687 n.s	2.142 n.s
B x C	1	1.248 n.s	0.300 n.s	0.347 n.s	0.995 n.s
A x B x C	4	2.232 n.s	2.587 n.s	1.166 n.s	2.043 n.s
Error Y	45	3.618	3.883	4.053	1.302
CV Error X		7.045%	4.514%	2.346%	0.910%
CV Error Y		4.404%	3.483%	2.285%	1.177%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad
* = Significativo al 5 % de probabilidad
n.s = No significativo
CV = Coeficiente de variación

ANEXO 11

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LONGITUD DE LA RAÍZ EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 20 TRATAMIENTOS

Fuentes de variación	g l	Longitud de raíz 15 ddt	Longitud de raíz 45 ddt
Repeticiones	3	0.804 n.s	4.872 **
Ceniza (A)	4	6.875 *	6.465 **
Error X	12	1.472	0.802
%P (B)	1	3.192 n.s	0.173 n.s
%K (C)	1	1.978 n.s	2.768 n.s
A x B	4	2.039 n.s	0.825 n.s
A x C	4	4.170 n.s	1.004 n.s
B x C	1	1.474 n.s	0.052 n.s
A x B x C	4	1.090 n.s	1.297 n.s
Error Y	45	2.251	0.699
CV Error X		13.245%	3.924%
CV Error Y		16.379%	3.664%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad
* = Significativo al 5 % de probabilidad
n.s = No significativo
CV = Coeficiente de variación

ANEXO 12

ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE MACOLLOS POR METRO CUADRADO EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 20 TRATAMIENTOS

Fuentes de variación	g l	Macollos/m^2
Repeticiones	3	2100.41 *
Ceniza (A)	4	351.113 n.s
Error X	12	353.788
%P (B)	1	154.012 n.s
%K (C)	1	11592.1 **
A x B	4	913.700 n.s
A x C	4	140.738 n.s
B x C	1	21.012 n.s
A x B x C	4	465.95 n.s
Error Y	45	492.757
CV Error X		6,949%
CV Error Y		8,201%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad
* = Significativo al 5 % de probabilidad
n.s = No significativo
CV = Coeficiente de variación

ANEXO 13

ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE PANÍCULAS POR METRO CUADRADO EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 20 TRATAMIENTOS

Fuentes de variación	g l	Panículas/m2
Repeticiones	3	1021.41 *
Ceniza (A)	4	1772.61 **
Error X	12	259.215
%P (B)	1	644.113 n.s
%K (C)	1	10328.5 **
A x B	4	653.831 n.s
A x C	4	270.919 n.s
B x C	1	418.612 n.s
A x B x C	4	222.269 n.s
Error Y	45	360.499
CV Error X		5.876%
CV Error Y		6.930%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad
* = Significativo al 5 % de probabilidad
n.s = No significativo
CV = Coeficiente de variación

ANEXO 14

ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 20 TRATAMIENTOS

Fuentes de variación	g l	Granos/ panícula
Repeticiones	3	153.933 n.s
Ceniza (A)	4	315.666 n.s
Error X	12	274.646
%P (B)	1	395.872 n.s
%K (C)	1	18.069 n.s
A x B	4	47.631 n.s
A x C	4	213.807 n.s
B x C	1	41.098 n.s
A x B x C	4	184.119 n.s
Error Y	45	288.761
CV Error X		9.431%
CV Error Y		9.670%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad
* = Significativo al 5 % de probabilidad
n.s = No significativo
CV = Coeficiente de variación

ANEXO 15

ANÁLISIS DE VARIANZA DE PORCENTAJE DE VANEAMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 20 TRATAMIENTOS

Fuentes de variación	g l	Vaneamiento (%)
Repeticiones	3	64.341 *
Ceniza (A)	4	12.151 n.s
Error X	12	17.114
%P (B)	1	2.4395 n.s
%K (C)	1	16.191 n.s
A x B	4	17.996 n.s
A x C	4	26.244 n.s
B x C	1	13.786 n.s
A x B x C	4	8.462 n.s
Error Y	45	18.398
CV Error X		27.644%
CV Error Y		28.593%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad
* = Significativo al 5 % de probabilidad
n.s = No significativo
CV = Coeficiente de variación

ANEXO 16

ANÁLISIS DE VARIANZA DE PESO DE 1000 GRANOS EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 20 TRATAMIENTOS

Fuentes de variación	g l	Peso de 1000 granos
Repeticiones	3	0.845 n.s
Ceniza (A)	4	0.875 n.s
Error X	12	0.617
%P (B)	1	1.512 n.s
%K (C)	1	1.250 n.s
A x B	4	0.231 n.s
A x C	4	0.062 n.s
B x C	1	0.450 n.s
A x B x C	4	0.294 n.s
Error Y	45	0.649
CV Error X		2.592%
CV Error Y		2.658%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad
* = Significativo al 5 % de probabilidad
n.s = No significativo
CV = Coeficiente de variación

ANEXO 17

ANÁLISIS DE VARIANZA DE PRODUCCIÓN AJUSTADA AL 22% DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 20 TRATAMIENTOS

Fuentes de variación	g l	Producción ajustada al 22% de humedad
Repeticiones	3	1.65380 n.s
Ceniza (A)	4	0.88512 n.s
Error X	12	1.35660
%P (B)	1	0.11175 n.s
%K (C)	1	4.01856 n.s
A x B	4	0.04055 n.s
A x C	4	0.31751 n.s
B x C	1	0.08128 n.s
A x B x C	4	0.11724 n.s
Error Y	45	0.68477
CV Error X		15.974%
CV Error Y		11.345%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad
* = Significativo al 5 % de probabilidad
n.s = No significativo
CV = Coeficiente de variación

ANEXO 18

ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL DEL ENSAYO

	Unidad	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17 (TF)	T18	T19	T20
Semillero	USD/Ha/ciclo	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39
Preparación del suelo	USD/Ha/ciclo	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
Trasplante	USD/Ha/ciclo	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50
Control de malezas	USD/Ha/ciclo	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04
Control de plagas	USD/Ha/ciclo	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13	10,13
Fertilización química	USD/Ha/ciclo	205,08	162,70	201,61	159,37	205,08	162,70	201,61	159,37	205,08	162,70	201,61	159,37	205,08	162,70	201,61	159,37	205,08	162,70	201,61	159,37
Riegos	USD/Ha/ciclo	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60	83,60
Cosechadora	USD/Ha/ciclo	123,21	124,34	128,15	118,71	131,53	114,74	134,03	120,44	123,64	118,80	122,80	120,74	116,93	112,70	120,00	111,17	126,80	119,31	128,73	119,80
Ceniza	USD/Ha/ciclo	8,37	8,37	8,37	8,37	16,75	16,75	16,75	16,75	25,12	25,12	25,12	25,12	33,49	33,49	33,49	33,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Costos que varían		213,45	171,07	209,98	167,74	221,83	179,45	218,36	176,12	230,20	187,82	226,73	184,49	238,57	196,19	235,10	192,86	205,08	162,70	201,61	159,37
Costos totales	USD/Ha/ciclo	749,32	708,07	750,79	699,11	766,02	706,85	765,05	709,22	766,50	719,28	762,19	717,89	768,16	721,55	767,76	716,69	744,54	694,68	743,00	691,82
Prod. Ajust. 22%	Tn/Ha/ciclo	7,37	7,44	7,66	7,10	**7,87**	6,86	**8,02**	7,20	7,39	7,11	7,34	7,22	6,99	6,74	7,18	6,65	7,58	7,14	7,70	7,16
Ajuste 10%	Tn/Ha/ciclo	6,63	6,69	6,90	6,39	7,08	6,18	7,21	6,48	6,66	6,39	6,61	6,50	6,29	6,07	6,46	5,98	6,83	6,42	6,93	6,45
Precio de venta	USD/Tn	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38	220,38
Beneficio Bruto	USD/Ha/ciclo	1461,63	1475,02	1520,17	1408,25	1560,31	1361,13	1589,96	1428,74	1466,67	1409,27	1456,71	1432,32	1387,15	1336,93	1423,46	1318,74	1504,18	1415,38	1527,11	1421,08
Beneficio Neto	**USD/Ha/ciclo**	1248,18	1303,95	1310,19	1240,51	1338,48	1181,68	1371,60	1252,63	1236,48	1221,45	1229,98	1247,84	1148,58	1140,74	1188,36	1125,88	1299,11	1252,68	1325,50	1261,72
Diferencia resp. TF	USD/Ha/ciclo	-50,93	4,84	11,08	-58,60	39,37	-117,43	72,49	-46,48	-62,63	-77,66	-69,13	-51,27	-150,53	-158,37	-110,75	-173,23	0,00	-46,43	26,39	-37,39

ANEXO 19

ANÁLISIS DE SUELO EN LA ETAPA INICIAL DEL ENSAYO

NEMALAB S.A.
En convenio con el MAG y AGEAP

NOMBRE DEL PROPIETARIO: SR. HENRY TORAL
NOMBRE DEL REMITENTE: PRONACA
NOMBRE DE LA PROPIEDAD: **JÉSUS MARÍA**
LOCALIZACIÓN: DAULE

N° DE DOCUMENTO: 7247
FECHA DE MUESTREO: 12-05-05
FECHA DE INGRESO: 14-05-05
FECHA DE SALIDA: 26-05-05

RESULTADOS E INTERPRETACIÒN DE ANÀLISIS DEL SUELO

COD. LAB.	IDENTIF. MUESTRA	pH	NH4	P	S	K	Ca	Mg	M.O	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
			p.p.m.			meq/100g			%	RELACIONES		
12212	ENSAYO	7.0	18 B	30 A	49.6 A	0.23 M	15.70 A	6.25 A	1.44 B	2.51	68.26	27.17

pH			NIVELES	METODOLOGÍA USADA	
Ac:	Acido	<5.5		pH: SUELO: AGUA (1:2.5)	Cu, Fe,Mn, Zn: OLSEN MODIFICADO
LAc:	Lig. Acido.	5.6 - 6.4	B: BAJO	S,B: FOSFATO DE CALCIO	B: CURCUMINA
PN:	Practic.Neutro	6.5 - 7.5	M: MEDIO	P,K,Ca,Mg: OLSEN MODIFICADO	CE: PASTA SATURADA
LAl:	Lig. Alcalino	7.6 - 8.0	A: ALTO	NH4: KCl: ESPECTROFOTOMETRIA	M.O.: DICROMATO DE POTASIO
Al:	Alcalino	>8.1			

TEC. ORLANDO AGUIRRE
ELABORADO

DR. WILFRIDO NARVÀEZ
GERENTE TÈCNICO

" ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO"

"Una Agricultura sostenida, amiga del Medio Ambiente es nuestro compromiso con la humanidad"

Kilómetro 1½ vía El Cambio - Machala (Antigua Vía Férrea) • Telefax: 2 939006 • Fax Celular 098 091369 • CASILLA 0701044 • MACHALA-EL ORO

BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIPAC S.A., Manual Agrícola, Segunda Edición, Ecuador, 1992, Páginas 208-213.

2. ANDRADE FRANCISCO, Proyecto Integral Arroz Manual del Cultivo de Arroz, Iniap-Fenarroz, Ecuador 1998.

3. CASTILLA LOZANO LUIS ARMANDO, Compendio Resultados de Investigación 2001-2002, Respuesta de Fedearroz 50 a la aplicación de silicio en forma edáfica y foliar, Fedearroz, 2001, Páginas 88-92.

4. CASTILLA LOZANO LUIS ARMANDO, Manejo Integrado del Cultivo de Arroz en Colombia, Fedearroz, Ibagué, Agosto 16 del 2002, Página 69.

5. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Los macro nutrimentos en la nutrición de la planta de arroz Guía de estudio, Cali Colombia 1983, Páginas 9-14.

6. CIMMYT, “Análisis de presupuesto parciales”, 1989, Páginas 1-54.

7. CUEVAS MEDINA ALFREDO, Octubre 2005, Cincuenta razones para sembrar Fedearroz 50, http://www.fedearroz.com.co/arroz/458/resumen.shtml#5

8. DE DATTA SURAJIT K., Producción de arroz Fundamentos y prácticas, Editorial Limusa, Primera Edición, México, 1986, Páginas 395-470.

9. DOBERMANN ACHIM Y FAIRHURST THOMAS, Arroz Desórdenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes, Primera edición en español, Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and Internacional Rice Research Institute (IRRI), 2000, Páginas 108-111.

10. EDIFARM, Vademécum Agrícola 2004 Ecuador, Octava Edición, Ecuador 2004, Páginas 41-52.

11. FEDEARROZ, F-50 Semilla de arroz La semilla del cambio, Folleto de información.

12. IDEA BOOKS S.A., Biblioteca de la Agricultura, Editorial Lexus, Segunda Edición, España, Mayo 1998, Páginas 481-487.

13. IFA (International Fertilizer Industry Association), World Fertilizer Use Manual, CD-Rom.

14. INFOAGRO, 2002, El cultivo del arroz, http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm

15. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), Clima, Suelos, Nutrición y Fertilización de Cultivos Manual Técnico No. 26 Arroz, Páginas 3-4.

16. LAWRENCE E. DATNOFF Y FABRÍCIO Á. RODRIGUES, The role of Silicon in Suppresing Rice Diseases, APS net, Febrero 2005, Archivo Adobe.

17. LIMUSA EDITORIAL, Cultivo del arroz Manual de Producción, México 1979.

18. ORTEGA JORGE E., El silicio, un nutrimento con fortalezas para la eficiente productividad de diversos cultivos, especialmente para el arroz, Mejisulfatos S.A., Colombia 2001.

19. OSCHSE J. J. – SOULE JR. M. J., Cultivo y Mejoramiento de plantas Tropicales y Subtropicales, Editorial Limusa-Wiley S.A., Volumen I y II, México 1972, Páginas 252-253, 244-245, 1343-1362.

20. SECRETARÍA DE ESTADO DE AGRICULTURA DE REPÚBLICA DOMINICANA, 2000, Informaciones Culturales, http://www.agricultura.gov.do/perfiles/arroz1.htm

21. SICA (Servicio de información y censo agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador), 2003, http://www.sica.gov.ec.

22. SUQUILANDA V. MANUEL B., Agricultura Orgánica Alternativa Tecnológica del Futuro Serie Agricultura Orgánica, Ediciones UPS Fundagro, 1996, Páginas 163-165, 182-183, 366-369, 284-285.

23. TRILLAS, Manual para Educación Agropecuaria Arroz Área producción vegetal, Primera Edición, Octava Impresión, México 1993.