

EFFECTO DEL FERTILIZANTE LIQUIDO BIOFIX-GRO EN EL
CULTIVO DE ARROZ (Oryza sativa L.) Y EN LAS CARAC-
TERISTICAS QUIMICAS Y MICRO-
BIOLOGICAS DEL SUELO

POR

Oscar. Geovanny Diaz R.

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OSTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

MICROISIS:	<i>6066</i>
FECHA:	<i>8-10-93</i>
ENTARCADO:	<i>Betha Rencis</i>

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

Abril, 1991

EFFECTO DEL FERTILIZANTE LIQUIDO BIOFIX-GRO EN EL CULTIVO DE
ARROZ (Oryza sativa L.) Y EN LAS CARACTERISTICAS
QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS DEL SUELO.

Por

Oscar Geovanny Díaz R.

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos de autor.

Oscar G. Díaz

Abril 1991

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar esta tesis.

A mis padres, Roberto y Alba por todo su amor, apoyo y comprensión.

A mi Tía María del Carmen, por ser como una segunda madre para mí, todos estos años.

A mis hermanos Roberto, Fátima y Eduardo, por todo lo que me han permitido compartir con ellos.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Leonardo Corral por su asesoramiento, orientación y amistad brindada para la realización de esta tesis.

A mis asesores Dr. Marciano Rodríguez, Dr. Silvio Viteri e Ing. José Perdomo por ayudarme y orientarme en la culminación de esta tesis.

A los profesores del Departamento de Agronomía, Drs. Juan Carlos Rosas y Juan José Alán.

A mis tíos y primos por el cariño mostrado.

A mis amigos David Moreira, Raúl Espinal, José Andino y en especial a Jacobo Puerto por su afecto y apoyo mostrados en todo momento.

A mis compañeros: Armando Calidonio, Roque Barrientos, Joaquín Romero, José Melgar, Edward Moncada, Ricardo Pérez y Juan Carlos Andrade, por todos los buenos momentos que compartimos durante el cuarto año.

Al personal administrativo y docente del Departamento de Agronomía.

A los hermanos de la Cuarta Comunidad Catecumenal de Loarque, por el apoyo espiritual que me brindaron.

A la familias Puerto Ramírez, Calidonio Alvarado y Gallardo Ponce por el afecto que he recibido de ellos.

A Dinorah Aguilar y Karla Peña por la amistad y el cariño brindado.

A la familia Montoya Girón por haberme brindado su amistad.

Agradezco a la Agencia Internacional para el Desarrollo, (AID-ASHA), por financiarme los estudios del cuarto año.

INDICE

	Pag.
Título	i
Derechos de Autor	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Indice	v
Indice de Cuadros	vi
Indice de Anexos	vii
I INTRODUCCION	1
II REVISION DE LITERATURA	4
III MATERIALES Y METODOS	21
IV RESULTADOS Y DISCUSION	28
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
VI RESUMEN	38
VII LITERATURA CITADA	40
Datos Biográficos del Autor	46
Aprobación	47

Indice de Cuadros

	Pag.
Cuadro 1. Cuadrados medios de la variable días a floración, altura de planta y número de hijuelos efectivos. El Zamorano, 1991	29
Cuadro 2. Medias para días a floración y altura de planta. El Zamorano, 1991	29
Cuadro 3. Cuadrados medios de la variables rendimiento e indice de cosecha. El Zamorano, 1991	31
Cuadro 4. Análisis de covarianza para la covariable rendimiento ajustada mediante las variables pH en KCl, materia orgánica y fósforo antes del cultivo. El Zamorano, 1991	31
Cuadro 5. Cuadrados medios para las variables: 1) pH en agua, 2) pH en KCl, 3) materia orgánica (antes del cultivo) 4) pH en Agua, 5) pH en KCl, 6) materia orgánica (después del cultivo). El Zamorano, 1991.....	33
Cuadro 6. Cuadrados medio para las variables contenido de Potasio, magnesio y hierro (después del cultivo). El Zamorano, 1991.....	34
Cuadro 7. Cuadrados medios para las variables contenido de zinc y manganeso (después del cultivo). El Zamorano, 1991	34
Cuadro 8. Cuadrado medio para el número total de colonias de hongos por gramo de suelo. El Zamorano, 1991	36
Cuadro 9. Separación de medias para la variable número de colonias de hongos en el suelo. El Zamorano, 1990	36

Indice de Anexos

Anexo 1. Análisis químico de cada unidad experimental muestreada antes del ensayo. El Zamorano, 1991	43
Anexo 2. Análisis químico de cada unidad experimental muestreada después del ensayo. El Zamorano, 1991	44
Anexo 3. Variables agonomías tomadas en el transcurso del experimento.....	45

I. INTRODUCCION

El arroz (Oryza sativa) miembro de la familia Poaceae, es la base de la alimentación para un elevado porcentaje de la población humana a nivel mundial. Si se toma en cuenta la superficie cosechada, este cultivo ocupa el segundo lugar después del trigo; pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo.

Se estima que el 40% de la población mundial consume arroz como su principal fuente de calorías y que constituye más de la mitad de todo el alimento diario consumido por 1300 millones de personas y entre 25 y 50% del alimento diario de otros 400 millones (De Datta 1986).

En el cultivo del arroz es indispensable un amplio conocimiento de los factores que intervienen en la producción para que los agricultores obtengan máximos beneficios con esta gramínea.

Los factores que afectan el rendimiento del cultivo, entre otros, son:

1. Genotipo de la planta.
2. Ambiente, que incluye el clima, el suelo, el agua y el entorno biótico.
3. Prácticas culturales, como la preparación del suelo, forma de siembra, uso de fertilizantes, pesticidas, sistemas de riego, método de cosecha y manejo post-cosecha.

Los fertilizantes son uno de los insumos más eficaces para el incremento de la producción en el cultivo del arroz.

El resultado del uso de fertilizantes es el rendimiento obtenido por unidad de nutrimento aplicado bajo un conjunto específico de condiciones climáticas y edafológicas (Da Datta, 1986).

Los fertilizantes foliares tiene ventajas importantes entre las cuales podemos mencionar (Tisdale, 1984):

1. El requerimiento de energía para producirlos es bajo.
2. No hay problemas de contaminación ni en la manufactura ni en su uso respectivo.
3. Los costos de almacenaje y manejo son más bajos que en el caso de los fertilizantes sólidos.
4. Los equipos para producir mezclas de fertilizantes líquidos son simples y baratos.

El fertilizante foliar Biofix gro¹ 6-12-6 es un producto completamente natural e inofensivo para cualquier forma de vida animal o vegetal. De acuerdo con la compañía que produce Biofix-gro, la fabricación de este producto incluye un proceso de fermentación, la quelatación natural de elementos menores y la formación de aminoácidos, vitaminas, enzimas y otros compuestos.

De acuerdo con la información consultada, y bajo la hipótesis de que Biofix-gro incrementa el rendimiento del arroz los objetivos de este trabajo fueron:

¹. Biofix-gro es un producto elaborado en los Estados Unidos por Biofix Corp, Casilla 704, Denton Texas 76202

1. Determinar el efecto de diferentes niveles de Biofix gro en los rendimientos del arroz.
2. Estudiar los efectos del Biofix gro sobre el contenido de materia orgánica, pH y nutrimentos del suelo.
3. Estudiar el efecto de Biofix Gro sobre los niveles de población de hongos del suelo.

II. REVISION DE LITERATURA

Origen e Importancia de la Planta de Arroz

El género Oryza pertenece a la tribu Oryzae de la familia Poaceae. Cerca de 25 especies verdaderas están distribuidas principalmente en los trópicos húmedos de Africa, sur y sureste de Asia, China meridional, América del Sur y Central y Australia (De Datta, 1986).

Antiguamente se señaló que el centro de origen del género Oryza sección sativa a la que pertenece Oryza sativa L. y Oryza glaberrima S. era Africa. Los botánicos Sampath y Oka consideraron que Oryza perennis es el ancestro común del arroz cultivado tanto en Asia como en Africa (De Datta, 1986).

Según Angladette (1969), el arroz se propagó desde el sudeste asiático y desde la India hacia la China, probablemente hace más de 3000 años antes de nuestra era. Este mismo autor indica que las diversas especies del género Oryza han sido objeto de muchas clasificaciones sucesivas teniendo en cuenta criterios estrictamente morfológicos y más recientemente criterios anatómicos, citogenéticos y filogenéticos.

Actualmente se conocen tres razas ecogeográficas de Oryza sativa que son: indica, japónica, javánica. Los arroces tipo indica son plantas indígenas de las regiones húmedas de los trópicos y subtropicos de Asia. Las tipo japónica están limitadas a las zonas templadas y subtropicales. Los tipo

Javánica se cultivan principalmente en regiones de Indonesia (De Datta, 1986).

De Datta (1986) indica que el arroz es uno de los cereales que aporta más calorías. Si se toma en cuenta los rendimientos promedios en el mundo, una hectárea de arroz podría sostener a 5.7 personas al año en comparación a 5.3 en el caso del maíz y 4.1 en el caso del trigo. La producción calórica total de todo el alimento mundial equivale a 3,119 kilocalorías por persona al día, de las cuales 552 kilocalorías por persona al día, corresponden al arroz. Esto equivale al 18% del total.

Crecimiento y Etapas de Desarrollo de la Planta de Arroz

El entender cómo se desarrolla la planta de arroz es esencial para los que trabajan en investigación y producción de este cultivo. Si existen variantes en los resultados obtenidos en investigación, se comprenden mejor y son mejor interpretados cuando se relacionan con el ciclo completo o con una etapa de crecimiento de la planta.

El ciclo de vida de la planta de arroz está comprendido en un rango de 100 a 210 días con la moda entre 110 a 150 días. El crecimiento de la planta de arroz se divide en tres fases: vegetativa (desde la germinación de la semilla hasta iniciación de la panícula), reproductiva (desde la iniciación de la panícula hasta la doble fecundación) y la de maduración

(desde la doble fecundación hasta la madurez fisiológica) (CIAT, 1985).

De Datta (1986) señala que la germinación de la semillas de arroz es a través de la coleorriza. El coleóptilo que encierra a las hojas jóvenes nace como un cilindro ahusado; después se abre en el ápice y aparece la hoja primaria. La radícula sale de la coleorriza después de que ésta ya ha aparecido.

Luego de que la semilla ha germinado, ésta desarrolla raíces seminales y laterales (Universidad de Filipinas, 1975). Las raíces adventicias que forman el sistema radical fibroso sustituyen a las raíces seminales temporales (De Datta, 1986). La etapa de formación de vástagos comienza con la aparición del primer vástago hasta cuando la planta alcanza el máximo número de ellos. Los vástagos primarios emergen en secuencia a partir del primero, segundo, tercero y nudos subsiguientes del tallo principal. Los vástagos secundarios emergen después del desarrollo de cada vástago primario en su primer, segundo y tercer nudo. Los vástagos terciarios emergen del primer nudo de los vástagos secundarios (CIAT, 1985).

El aumento de vástagos terciarios continúa hasta el punto en el cual es difícil distinguir la caña principal y la planta ha formado el máximo de número de vástagos posibles (De Datta, 1986).

La elongación del tallo, comienza cuando el cuarto entrenudo del tallo principal se vuelve visible y termina

cuando está totalmente elongado (CIAT, 1985).

Información procedente de la Universidad de Filipinas (1975) indica que la formación de la panoja o panícula es de 70 a 75 días antes de la fecha de maduración. De Datta (1986), señala que la formación de la panícula ocurre primero en el tallo principal y en forma regular continúa en los vástagos. Este mismo autor indica que durante el desarrollo de la panícula es posible distinguir las espiguillas y la panícula en la parte superior de la vaina de la hoja bandera.

Cuando la planta se encuentra en estado de primordio se diferencian las espiguillas las que forman con el raquis la inflorescencia que crece dentro de la vaina de la hoja bandera. Esto causa un abultamiento que se conoce popularmente como "embuchamiento". Las condiciones ambientales desfavorables afectan el rendimiento al reducir el número de espiguillas diferenciadas y fértiles (CIAT, 1985).

La Universidad de Filipinas (1975) señala que la floración se inicia con la rotura de las primeras anteras dehiscentes en las espiguillas de las ramas de las panojas. De Datta (1986) indica que los flósculos se abren en un número de 900 a 1500 por planta, dependiendo de la variedad y el clima.

Después de la fecundación de las flores comienza la formación de los granos y luego se lleva a cabo la translocación de los carbohidratos almacenados en los tallos al grano. De Datta (1986) indica que el llenado de grano causa que la parte superior de la panícula se doble hasta formar un

arco de 90 grados. Este mismo autor señala que la porción lechosa del grano se vuelve primero una masa blanda que después se endurece. La panícula dobla su punta en un arco de 180 grados, y las ramas de la mitad del raquis a 90 grados. En la etapa de maduración del grano la planta alcanza su máximo peso en materia seca (CIAT, 1985).

El grano individual está maduro cuando la cariósida está completamente desarrollada. La maduración del cultivo se completa cuando están maduros más del 90% de los granos de las panojas.

El Uso de Fertilizantes Líquidos

Cuando los cultivos de arroz están establecidos en ultisoles y oxisoles, se espera que aparezcan con frecuencia nuevos problemas nutricionales especialmente cuando hay diversificación de variedades que no responden en la misma forma a las deficiencias o toxicidades que se encuentran en estos suelos.

Dada la importancia del arroz es indispensable determinar el efecto de cada uno de los elementos esenciales en la nutrición de la planta y su influencia en el rendimiento del grano. Esto, con el objeto de ofrecer a los productores una recomendación integral de fertilización, evitando la aplicación de elementos que no se requieran o adicionando aquellos que faltan en la fórmula (Fedearroz, 1985).

A partir del año 1930 los fertilizantes líquidos se han utilizado en gran cantidad en las zonas de regadío del sudoeste de los Estados Unidos, en aplicaciones directas a las plantas con el agua de riego. Desde 1947 se han usado en los estados del centro y sur para aplicación directa al suelo (Collings, 1958).

Según Tisdale y Nelson (1966), el uso de nutrimentos disueltos en agua permite una flexibilidad de colocación. Los fertilizantes solubles en agua pueden ser aplicados directamente a la parte aérea de las plantas. Los nutrimentos pueden penetrar a través de la cutícula de la hoja o de los estomas y entrar a la célula.

Olson (1973) indica que el incremento en el uso de fertilizantes líquidos se debe a las siguientes razones:

a) su transporte y manejo es más sencillo, b) provee una uniforme aplicación de macro y micro nutrimentos.

Los fertilizantes líquidos se pueden aplicar mezclados con herbicidas e insecticidas. El costo de inversión para producir los fertilizantes líquidos es más bajo que para producir fertilizantes sólidos y también producen muy poca contaminación del aire. Según Tisdale y Nelson (1966) la aplicación foliar facilita una rápida utilización de los nutrimentos y permite la corrección de deficiencias observadas en menos tiempo que los tratamientos al suelo. Sin embargo, la respuesta es solamente temporal.

Para los agricultores el uso más importante de las aspersiones

foliares de fertilizantes ha sido la aplicación de micronutrientes.

La casa Proecosa (1979) indica que la aplicación de micronutrientes por vía foliar no sustituye la función principal de las raíces, sino que representan una segunda vía, en ocasiones necesaria por la naturaleza y composición del suelo, en donde pueden coincidir incompatibilidades de absorción de nutrientes.

El principal problema de las aplicaciones foliares para suplir nitrógeno, fósforo y potasio es el utilizar cantidades adecuadas que eviten quemaduras severas en las hojas.

La FAO (1986) indica que los fertilizantes mixtos líquidos son de dos tipos: líquidos claros y fertilizantes en suspensión. Los líquidos claros son soluciones acuosas que contienen nutrientes primarios y cuya formulación es tal que no están expuestos a la precipitación o a la cristalización a las temperaturas que prevalezcan.

Los fertilizantes líquidos requieren concentraciones bastante puras y por consiguiente, los costos son más altos que para los fertilizantes sólidos. Los fertilizantes líquidos en suspensión contienen una pequeña cantidad de una arcilla especial que retarda la precipitación y cristalización de las sales. Por lo tanto, se puede obtener un nivel de concentración superior al de los líquidos claros, pero no tan elevado como el de los fertilizantes sólidos.

El fertilizante que produce la casa Biofix Gro es un

producto fabricado por medio de un proceso de fermentación que incluye la quelatación natural de elementos menores como son hierro, zinc, manganeso, magnesio, azufre, y molibdeno y que también resulta en la producción de aminoácidos, vitaminas y enzimas.

Un quelato es un complejo formado de la combinación química de cationes con un agente orgánico cargado negativamente. La molécula orgánica del agente quelatante rodea las cargas positivas del catión y lo protege en forma tal, que el elemento mineral es liberado lentamente.

El análisis químico muestra que el fertilizante líquido Biofix gro está formado por nitrógeno 6%, ácido fósforico asimilable 12%, potasa soluble 12%, ácido húmico 1%, zinc 0.05%, manganeso 0.10%, cobre 0.01%, magnesio 0.05%, hierro 0.05%, azufre 0.6% y molibdeno 0.0005%. Sin embargo, no es recomendable utilizar el Biofix-Gro como un sustituto de un buen programa de fertilización pero sí como un buen suplemento. Biofix-gro puede ser incorporado en el último pase de rastra o puede ser aplicado directamente al follaje en las primeras fases de desarrollo del cultivo. Los quelatos orgánicos solubles que produce la casa Algagenésis pueden aplicarse con fertilizantes líquidos durante las etapas de fertilización del cultivo de arroz o cuando se detecten deficiencias (Algagénesis, sf). Sin embargo la casa Proecosa indica que los fertilizantes foliares se deben aplicar cuando la planta tenga suficientes hojas para garantizar una buena

absorción (Proecosa, 1979).

El Nitrógeno en el cultivo de arroz

Según Sánchez (1981), el nitrógeno es absorbido del suelo en forma de ion nitrato (NO_3^-) y como ion amonio (NH_4^+). En el cultivo del arroz bajo inundación, después que el oxígeno del suelo se consume, todos los nitratos presentes se denitrifican y se pierden en la atmósfera en la forma de N_2O y N_2 . Se han registrado pérdidas del orden de 20 a 300 kg/ha de N durante el primer mes de inundación. Se presentan valores altos cuando el movimiento ascendente de nitratos durante la estación seca da por resultado su acumulación en la capa arable y cuando se usan fuentes de fertilizantes que contienen nitratos. En los suelos inundados no se acumulan nitratos, contrario a esto, el ion amonio se encuentra en estado reducido, acumulándose en los suelos inundados ya sea como NH_4^+ intercambiable o en la solución del suelo. El nitrógeno puede utilizarse como fertilizante en la forma de amoníaco anhidro o amoníaco en solución (Angladette, 1969).

La secretaría de Recursos Naturales del Estado de Sinaloa México (1983) demostró que el rendimiento obtenido con aplicaciones de amoníaco es igual o mejor que el obtenido con urea. La diferencia en rendimiento se debe a que la planta utiliza más eficientemente el nitrógeno del NH_3 que el de la urea, lo cual indica que la volatilización o pérdida de nitrógeno a la atmósfera es mayor con urea.

La FAO (1980) indica que el N tomado del suelo interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono de las plantas para formar aminoácidos y proteínas.

Datta (1986) indica que para obtener un buen rendimiento de arroz, la nutrición óptima con nitrógeno es importante en las tres fases de crecimiento. Es decir: después del enraizamiento, en la etapa de diferenciación del primer nudo y antes de la etapa de división reductora de la célula madre del polen.

De acuerdo con estudios realizados en el Estado de Sinaloa, México, la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz se hace en dos aplicaciones: después de la siembra y la segunda aplicación al inicio de la formación de la panícula (60-75 días después de la siembra).

La Universidad de Filipinas (1975) indica que para variedades de tallos débiles o en suelos de textura gruesa se recomienda una aplicación dividida de nitrógeno con el fin de evitar el acame o reducir a un mínimo las pérdidas de nitrógeno que ocasiona la lixiviación.

De Datta (1986) indica que plantas de arroz con un período de crecimiento intermedio (145 días), cuando se cultivan a bajos niveles de nitrógeno, cerca de 20 kg/ha, aprovechan mejor el fertilizante para producir granos durante la etapa de máxima formación de vástagos y en torno a la etapa de floración. Sin embargo, en estudios realizados por Fedearroz (1985) para determinar las dosis más adecuadas de

fertilización nitrogenada para Cica-8 el mayor rendimiento fue obtenido con aplicaciones que oscilaban entre 115 kg/ha de N (4,805 kg/ha de arroz) y 322 kg/ha de N (5,510 kg/ha de arroz).

Según resultados de una investigación realizada por Patra y Padhi (1989) con tres niveles de nitrógeno 30, 60 y 90 kg/ha aplicados de diferentes maneras a saber: como urea granular distribuida en dos o tres aplicaciones y urea supergranular colocada manualmente en 8-10 cm de profundidad, el más alto retorno se obtuvo con 90 kg/ha de nitrógeno aplicado en forma de urea granular.

Suárez (1990) realizó estudios con la variedad Cica-8. Se probaron cuatro niveles de nitrógeno 0, 50, 100 y 150 kg/ha y cuatro niveles de fósforo 0, 18, 36, 54 kg/ha con la variedad CICA-8. Se obtuvo la máxima respuesta aplicando 112 kg/ha de nitrógeno.

De Datta (1986) indica que las plantas de arroz requieren una gran cantidad de nitrógeno en las etapas tempranas e intermedias de formación de vástagos para maximizar el número de panículas. El nitrógeno absorbido en la etapa de inicio de formación de la panícula puede aumentar el número de espiguillas por panícula. Sin embargo, parte de él es requerida también en la etapa de maduración. Según el mismo autor, después de la floración, la translocación del nitrógeno de los órganos vegetativos a los granos se vuelve importante.

Efectos del Fósforo

Sánchez (1981) indica que la concentración de fósforo en la solución del suelo aumenta con la inundación. Este aumento se debe a la reducción de fosfatos férricos a formas más solubles de fosfato de hierro, a la disponibilidad de compuestos de fósforo soluble, a la hidrólisis de algunos fosfatos de hierro y aluminio en suelo ácidos, al aumento de minerilización del fósforo orgánico en suelos ácidos, al aumento de la solubilidad de la apatita en suelos calcáreos cuando el pH disminuye a 6 ó 7, y a la mayor difusión de iones de $H_2FO_4^-$ en un volumen mayor de solución del suelo.

Según estudios realizados por Willet y colaboradores (citado por De Datta, 1986) el manejo del fósforo depende en gran parte de las características del suelo, como su reacción, grado de intemperismo, tipo de minerales de arcilla, régimen de agua, intensidad del cultivo y patrones del cultivo. Los suelos previamente inundados mostraron una mayor capacidad de absorción de fósforo que los que no habían sido inundados.

De Datta (1986) indica que la absorción de fósforo por la planta de arroz alcanza su máximo cerca de la etapa de floración. La translocación de este elemento, proveniente de las hojas y tallos a las panículas, continúa hasta el estado masoso. Esto coincide con la translocación y acumulación de almidón en el grano, demostrándose que existe una estrecha relación entre el metabolismo de los carbohidratos y el fósforo.

La FAO (1980) menciona que el F desempeña un papel fundamental en la transferencia de energía, es decir, que es esencial en la fotosíntesis y es indispensable para la diferenciación celular y para el desarrollo de los tejidos que constituyen los puntos de crecimiento de las plantas.

De Datta (1986) indica que en general, el fósforo se aplica en el arroz durante la siembra, pero puede aplicarse tardíamente, siempre que no se aplique después de la etapa activa de formación de vástagos. Según estudios realizados en la Universidad de Filipinas (1975) el nivel óptimo para suelos con deficiencias de P parece encontrarse entre 8 a 36 kg/ha de P_2O_5 .

Sin embargo, según De Datta (1986) los estudios efectuados sobre la fertilización con P tienden a despertar poco interés debido a que el efecto que tiene la aplicación de este elemento sobre el rendimiento de arroz rara vez es tan notable como el que tiene la aplicación de N; pero si el contenido de P en el suelo es bajo, el rendimiento de arroz es también bajo.

Efectos del Potasio

Según la Universidad de Filipinas (1975) las respuestas del arroz a las adiciones de K no son tan notables como las que ofrecen las adiciones de N y P. Se dice que los suelos de los arrozales contienen suficiente potasio para satisfacer las necesidades de los cultivos, como resultado de la presencia de K en las aguas de riego y al alto contenido de K_2O de los

suelos de textura fina en los que se cultiva casi siempre arroz.

Sánchez (1981) indica que en algunos suelos calcáreos hay respuesta al potasio debido a desequilibrios de Ca y K. Una enfermedad común del arroz, la mancha foliar causada por Helminthosporium oryzae, se acentúa con la deficiencia de potasio y se atenúa con fertilización potásica.

De acuerdo con Tanaka y Yoshido (1970) citados por Sánchez, (1981), cuando se presentan deficiencias se las puede corregir con dosis de unos 40 kg de K/ha. Kilmer et al. (1968) indica que la forma más común de aplicar el potasio es como cloruro de potasio.

Efectos del Zinc

Yoshida (1968), citado por De Datta (1986), encontró que una alteración de la planta del arroz conocida como "hadda" en Pakistán se debía a la deficiencia de este elemento. Este mismo autor indica que los materiales y métodos recomendados para corregir los síntomas de deficiencias de zinc son el drenaje de las zonas bajas, la aplicación de zinc al suelo, la aspersión foliar con sulfato de zinc, y la inmersión de las plántulas de arroz en ZnO previo al transplante.

Efectos del Hierro

La Universidad de Filipinas (1975) indica que el hierro desempeña un papel catalítico, ya sea en forma inorgánica o en combinación con compuestos orgánicos como componentes de enzimas de redox.

Sánchez (1981) indica que la reducción de hierro es la reacción más importante que ocurre en suelos inundados porque eleva el pH, aumenta la disponibilidad de fósforo y desplaza muchos cationes de los sitios de intercambio.

De Datta (1986) indica que después de la inundación de un suelo, los hidróxidos férricos se reducen a compuestos ferrosos; como resultado el color del suelo cambia de café a gris y una gran cantidad de Fe bivalente entra a la fase de solución. En estudios realizados por Ishizuka et al. (1961), citados por la Universidad de Filipinas (1975), se observó que una cantidad de 0.1 ppm de Fe podía aumentar los rendimientos, las concentraciones de hasta 10 ppm no tenían influencia y cuando eran superiores a 10 ppm, los rendimientos disminuían.

Efectos del Manganeso

En suelos altamente reducidos el manganeso aparece principalmente como Mn bivalente, excepto en suelo alcalinos en los que se encuentra en forma de $MnCO_3$.

En los suelos inundados, la reducción de los óxidos de manganeso más altos, principalmente Mn tetavalente, se efectúa casi al mismo tiempo que la denitrificación.

De Datta (1986) indica que la reducción puede dar lugar a que estos compuestos funcionen como aceptores de electrones en la respiración de microorganismos y oxidantes químicos de los productos de reducción. Según la Universidad de Filipinas (1975), la adición de 1 y 5 ppm de Mn incrementó la actividad de la catalasa en las raíces y hojas del arroz,

respectivamente.

Efectos en la Microbiología en el Suelo

Waksman (1952) indica que como resultado de la relación entre las plantas superiores y los microorganismos aumenta la disponibilidad de nitrógeno y fósforo y en general el crecimiento de las plantas se ve favorecido por la producción de estimuladores y fitohormonas.

Según Alexander (1977), la función más importante de la flora microbiana es la degradación de la materia orgánica. Burges (1960) indica que los microorganismos que habitan los 25 cm de la capa superior del suelo, están sometidos a la influencia del arado y cultivo en general, y los organismos de la capa superior están afectados por la influencia de las cosechas, así como por las condiciones climáticas.

Cuando se inunda un suelo la disponibilidad de oxígeno baja a cero antes del primer día de inundación. Los microorganismos aeróbicos se vuelven latentes o mueren; los anaeróbicos descomponen la materia orgánica, utilizando oxígeno de compuestos oxidados del suelo como aceptores de electrones (CIAT, 1985).

CIAT (1985) indica que el espesor de la capa oxidada en suelos inundados depende del equilibrio de difusión y el consumo de oxígeno. En suelos con alto contenido de materia orgánica y alta población de microorganismos, el consumo de oxígeno es grande y la capa oxidada es delgada.

Según Teuscher y Alder (1987), la vida de los hongos del

suelo depende del contenido de materia orgánica del suelo. Los hongos son incapaces de obtener su carbono del anhídrido carbónico del aire. La importancia de la descomposición de la materia orgánica por los hongos y otros microorganismos consiste en la liberación de elementos nutritivos puedan ser aprovechadas por las plantas.

Sánchez (1981) indica que las bacterias anaeróbicas involucradas en la descomposición de la materia orgánica son menos eficientes que la microflora aeróbica más diversificada. La descomposición anaeróbica se efectúa con niveles menores de energía y por lo tanto requieren menos nitrógeno. Según este mismo autor, la consecuencia química superior de la inundación es la transformación microbiológica de un suelo oxidado a uno reducido. Sin embargo, no todo el perfil de un suelo inundado está reducido; una delgada capa cercana a la superficie así como la rizósfera en raíces de crecimiento rápido permanecen oxidadas.

II. MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el terreno conocido como Las Chorreras de San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), situada en el Valle del Río Yeguaré, a 14°00" latitud Norte, 87°02" longitud Oeste y a una altitud de 805 msnm. La temperatura promedio es de 22°C. Se registra una precipitación anual promedio de 1035.4 mm.

En este experimento se trató de determinar el efecto de diferentes dosis del fertilizante líquido Biofix-Gro en el comportamiento agronómico de la variedad Cica-8 y en las características químicas y microbiológicas del suelo.

Características del suelo

Estos suelos son miembros de la familia gruesa sobre mediana, mixto, isohipertérmico del Mollic Ustifluvent. Los suelos son profundos, bien drenados y con una permeabilidad moderadamente rápida en el perfil, formados a partir de depósitos aluviales del Cuaternario o más recientes, derivados de rocas extrusivas ácidas sin diferenciación del Terciario. La topografía es plana a casi plana, con pendientes entre 0-2 por ciento y grado de erosión ligera. Estos suelos son utilizados para la producción de cultivos básicos.

La capa superficial es de color pardo oscuro, textura

mediana y con una profundidad aproximada de 15 cm. El subsuelo con un espesor aproximado de 39 cm es de color pardo grisáceo muy oscuro a pardo intenso, textura gruesa, friable, sin adherencia y no plástico; el substrato con un espesor aproximado de 48 centímetros es por lo general rojo oscuro, textura mediana y presencia de pocos fragmentos gruesos y pedregones redondeados constituyendo un dos por ciento del volumen del substrato.

Preparación del terreno e inundación

La preparación del terreno consistió en un pase de arado, luego dos pases de rastra. Para la nivelación del terreno se realizó un estudio topográfico previo, cuyos resultados determinaron que ameritaba una nivelación, la cual se realizó con una cuchilla tirada por un tractor John Deere 2550. El terreno se inundó 25 días después de la siembra y se mantuvo inundado durante todo el ciclo.

Siembra

El ensayo se sembró manualmente a chorro corrido en surcos separados 25 cm. La densidad de siembra fue de 70 kg/ha de semilla. La siembra se realizó el 26 de junio de 1990.

Fertilización

La fertilización se efectuó en forma convencional, en banda y con incorporación posterior del fertilizante. Se aplicó el equivalente a 100 kg N/ha y 80 kg de P_2O_5 /ha. Se usó 18-46-0 y urea, todo el fósforo a la siembra y el nitrógeno dividido en tres partes (1/3 a la siembra, 1/3 al macollamiento y 1/3 en la etapa de elongación del tallo a los 65 días).

Combate de plagas y malezas

No se efectuó ningún control contra insectos o enfermedades por no encontrarse niveles críticos de daños. El control de malezas se efectuó manualmente y utilizando el herbicida bentazon (Basagran) contra malezas de hoja ancha en dosis de 2.5 L/ha de producto comercial.

Diseño experimental y niveles en estudio

El experimento se condujo con un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones. Cada parcela consistió de 10 surcos separados a 25 cm. Las dimensiones de las parcelas fueron de 5 m de largo por 2.5 m de ancho. Para la toma de datos se utilizó como parcela útil los tres surcos centrales de cada parcela, es decir un área de 4.5 m².

Los tratamientos en estudio fueron:

- 1) Testigo
- 2) Biofix-Gro, 1L/ha a la planta en la elongación del tallo.
(BFG-1)
- 3) Biofix-Gro, 0.5 L/ha al suelo presiembra incorporado y 0.5 L/ha a la planta en la etapa de elongación del tallo (BFG-0.5-0.5).
- 4) Biofix-Gro, 2L/ha en la etapa de elongación del tallo (BFG-2).
- 5) Biofix-Gro, 1L/ha al suelo presiembra incorporado y 1 L/ha de Biofix-Gro en la etapa de elongación del tallo (BFG-1-1).
- 6) La mitad de la aplicación granular (AG) y 2 L/ha de Biofix-Gro en la etapa de elongación del tallo (BFG+AG).

Cosecha

La cosecha se efectuó manualmente el 4 de diciembre 1990. Se cosecharon por separado los surcos centrales, bordes y un metro lineal de surco que se midió en el surco central de cada parcela.

Datos tomados

1. Días a Floración

Se contaron los días desde la siembra hasta el momento en que el 50% de la parcela presentó la inflorescencia al descubierto y empezaba la antesis.

2. Altura de Planta

Se tomó la longitud en cm de los tallos principales desde el nivel del suelo hasta la base de la panícula. De cada parcela se tomaron 4 plantas al azar y luego se promediaron los datos. Esta información se tomó entre la etapa de estado lechoso y maduración del grano.

3. Número de macollos efectivos

Para esta evaluación se contó en un metro lineal del surco central el número de tallos que presentaban panícula. Macollos efectivos son los que producen panícula.

4. Rendimiento de Grano

Se basó en el rendimiento de grano de los tres surcos centrales de cada parcela. Este grano se obtuvo por trilla manual.

5. Rendimiento Biológico

Este es el peso total de la planta cortada al ras del suelo (paja y grano). Esta evaluación se realizó cosechando las plantas de un metro lineal del surco central.

6. Índice de Cosecha

Para obtener esta variable se utilizaron las plantas de un metro lineal del surco central de cada parcela. Se tomó el peso total de la plantas cortadas a ras del suelo (rendimiento biológico). Luego se trillaron y se pesó el grano por separado. El índice de cosecha se calculó con la fórmula siguiente:

$$\text{Índice de cosecha (IC)} = \frac{\text{Rendimiento de grano}}{\text{Rendimiento biológico}}$$

7. Características Químicas del Suelo

Para el análisis químico del suelo se muestreó cada una de las unidades experimentales antes de la aplicación de los fertilizantes sólidos y líquidos y también se muestreó cada unidad al final del ciclo del cultivo.

En cada muestra se determinó el porcentaje de materia orgánica por el método Wakley Black, el pH mediante el uso un de potenciómetro (Fisher Scientific, Model S10), el contenido de fósforo por medio del método colorimétrico y el contenido de K, Ca, Mg, Fe y Zn con un espectrofotómetro de absorción atómica.

8. Estimación de la población de hongos en el suelo.

Para el análisis microbiológico se muestreó cada una de las unidades experimentales al final del ciclo del cultivo.

Para cada muestra se determinó el número de colonias de hongos mediante el siguiente procedimiento:

- 1) Se pesó 1 g de suelo de cada muestra y se pasó a un tubo de ensayo.
- 2) Se agregó 9.5 ml de agua destilada estéril a cada tubo de ensayo.
- 3) Se agitó por cinco minutos en un Vortex a una velocidad constante de tres, en la escala de uno a diez del aparato.
- 4) Del contenido de cada tubo se hicieron diluciones en serie desde 10^{-1} hasta 10^{-7} . Cada tubo tenía 9.9 ml de agua destilada estéril y empezando con la primera dilución (10^{-1}) se pasó 0.1 ml de la suspensión al tubo siguiente, después de agitar en el Vortex por un minuto.
- 5) Se paso por duplicado 0.5 ml de cada dilución a platos Petri preparados con un medio de papa, dextrosa, agar (PDA) acidificado. los platos Petri fueron incubados a una temperatura de 28 grados centígrados.
- 6) Se procedió al conteo diario de la colonias de hongos en cada plato Petri. El conteo se realizó durante cinco días consecutivos, en platos cuyo número de colonias estaba en el rango 30 a 300.

Para los cálculos los resultados se expresaron en número de colonias por gramo de suelo. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Colonias/g suelo} = \bar{Y} \text{ colonias/muestra} * \text{factor de dilución}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presentan los cuadrados medios de las variables días a floración, altura de planta y número de hijuelos efectivos.

Días a Floración

Como se observa en el Cuadro 1 no fue significativa la diferencia entre tratamientos, lo que indica que el fertilizante líquido Biofix Gro utilizado como suplemento no tiene efecto en los días a floración en la planta de arroz. En el Cuadro 2 se presentan las medias de días a floración para cada tratamiento.

Altura de planta

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en estudio (Cuadro 1), para la variable altura de planta, posiblemente porque los nutrimentos se encontraban en cantidades adecuadas en el suelo. En el Cuadro 2 se muestran las medias para la variable altura de planta.

Numero de hijuelos efectivos

No se detectó ninguna diferencia significativa para esta variable. Por ser esta característica un componente de rendimiento más afectada por la densidad de siembra, no se espera encontrar diferencias en el misma. Los cuadrados medios se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cuadrados medios de días a floración, altura de planta e hijuelos efectivos. El Zamorano, 1991.

Fuente de Variación	g.l.	Días a flor	Altura de planta	Hijuelos efectivos
Repeticiones	4	0.383 ns	62.83 ns	331.92 ns
Tratamientos	5	0.193 ns	47.70 ns	142.00 ns
Error	20	0.143 ns	40.99 ns	283.57 ns
C.V.		0.33%	7.70%	12.29%

ns= indica valores no significativos al 0.05 nivel de probabilidad

Cuadro 2. Medias para: 1)días a floración y 2)altura de planta (cm). El Zamorano, 1991.

Tratamientos	1	2
1 Testigo	115.2	86.66
2 BFG-1	115.2	84.60
3 BFG-0.5-0.5	115.2	84.60
4 BFG-2	115.0	84.02
5 BFG-1-1	115.6	77.13
6 BFG+AG-2	115.0	82.67

Rendimiento

En el Cuadro 3 se presentan los cuadrados medios para la variable rendimiento de grano e índice de cosecha. No se encontró diferencia entre los tratamientos en estudio para esta variable probablemente debido a que los nutrimentos en el suelo estaban en cantidades suficientes, sin que se produzca efecto alguno por la aplicación del fertilizante foliar como suplemento nutricional. Al ajustar los valores de rendimiento en función del pH en KCl, contenido de materia orgánica y fósforo por medio de covarianza (Cuadro 4), tampoco se encontró diferencia estadística significativa. Esto indica que las variaciones iniciales en el pH y en contenidos de materia orgánica y fósforo no afectaron a la variable rendimiento.

Índice de cosecha

No se detectó diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 3). A mayor índice de cosecha el uso peso del grano es mayor con relación al peso de la planta. El índice de cosecha es una característica determinada por genes y relativamente poco afectada por el medio ambiente.

Cuadro 3. Cuadrados medios de las variables rendimiento e índice de cosecha. El Zamorano, 1991.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Rendimiento	I.C.
Repeticiones	4	1.45 ns	0.008 ns
Tratamientos	5	0.97 ns	0.003 ns
Error	20	0.57	0.003
C.V.		10.82%	22.07%

ns= indica valores no significativos al 0.05 nivel de probabilidad

Cuadro 4. Analisis de covarianza para la variable rendimientos ajustada mediante las covariables: pH en KCL, materia orgánica y fósforo antes del cultivo. EL Zamorano, 1991.

Fuente de variación	g.l.	Cuadrados Medios		
		pH (KCl)	M.O	P
Repeticiones	4	0.007 ns	0.078 ns	54.04 ns
Factor A	5	0.002 ns	0.154 ns	3.20 ns
covarianza	1	0.001 ns	0.044 ns	10.75 ns
Error	19	0.004	0.122	7.34
C.V.		1.47%	13.88%	18.78%

ns= indica valores no significativos al 0.05 nivel de probabilidad

Características químicas del suelo

En los anexos 1 y 2 se presentan los análisis químicos de cada unidad experimental.

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Cuadro 5), para las variables pH en agua y pH en KCl, antes y después del cultivo, lo que indica que el Biofix gro no afectó a esa característica química del suelo. Tampoco hubo diferencias significativas entre los tratamientos para las variables contenido de materia orgánica antes y después del cultivo.

En los contenidos de fósforo, potasio, manganeso, magnesio, hierro y zinc en el suelo antes y después del cultivo, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. Los cuadrados medios para estas variables se presentan en los Cuadros 6 y 7. Sin embargo, la cantidad de fósforo en el suelo al final del cultivo, disminuyó con respecto a la cantidad de fósforo antes del cultivo. Posiblemente esto se debió a que la disponibilidad del fósforo aumentó con la inundación, lo que permitió que la planta pudiera absorber mayor cantidad de fósforo; o se pudo deber a que las cantidades de hierro al final del cultivo aumentaron debido a que el agua que se utilizó en la inundación posiblemente tenía altos contenidos de este elemento. No se realizó un análisis del agua empleada para la inundación, pero según análisis de otras aguas de procedencias circundantes, éstas poseen alto contenido de hierro. Posiblemente este

Cuadro 5. Cuadrados medios para las variables: 1) pH en agua 2) pH en KCl, 3) materia orgánica, (antes del cultivo) 4) pH en agua 5) pH en KCl 6) materia orgánica, (después del cultivo). El Zamorano, 1991.

Fuente de Variación	g.l.	1	2	3	4	5	6
Repeticiones	4	0.026	0.007	0.078	0.023	0.008	0.120
Tratamientos ¹	5	0.011	0.002	0.202	0.009	0.009	0.066
Error	20	0.008	0.004	0.118	0.019	0.011	0.066
C.V.		1.65%	1.44%	13.6%	2.54%	2.42%	10.2

1. Los valores F de los tratamientos no fueron significativos al 0.05 nivel de probabilidad para ninguna de las variables

Cuadro 6. Cuadrados medios para las variables contenido de potasio, magnesio y hierro (después del cultivo). El Zamorano, 1991

Fuentes de Variación	g.l.	K	Mg	Fe
Repeticiones	4	6066.00	267.53	11688.89
Tratamientos	5	368.04 ns	67.43 ns	27836.11 ns
Error	20	731.20	135.15	42556.06
C.V.		6.69%	7.82%	24.12%

ns=indica valores no significativos al 0.05 nivel de probabilidad

Cuadro 7. Cuadrados medios para las variables contenido de zinc y manganeso (después del cultivo). El Zamorano, 1991.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Zn	Mn
Reprticiones	4	0.234 ns	507.32 ns
Tratamientos	5	0.054 ns	110.79 ns
Error	20	0.078	96.46
C.V.		22.46%	16.27%

ns= indica valores no significativos al 0.05 nivel de probabilidad

elemento reaccionó con el fósforo soluble, precipitándolo y formando fosfatos de hierro insolubles.

Características Microbiológicas.

Para la variable cantidad de hongos en el suelo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Como se observa en el Cuadro 8 los tratamientos tuvieron un efecto significativo sobre el número de colonias de hongos ($P < 0.01$). Al separar las medias mediante la prueba del rango múltiple de Duncan (Cuadro 9) se encontró que al aplicar la dosis de un litro de Biofix gro a la elongación del tallo y un litro al suelo presiembra incorporado se obtuvo el mayor número de colonias de hongos. Posiblemente esto se debió a que los componentes orgánicos que contiene el Biofix gro, en las cantidades aplicadas, constituyeron un sustrato favorable para el crecimiento de hongos del suelo.

Cuadro 8. Cuadrado medio para el número total de colonias de hongos por gramo de suelo. El Zamorano, 1991.

Fuente de Variación	g.l	Número total Colonias
Repeticiones	4	66273.05
Tratamientos	5	347643.61**
Error	20	13136.68
C.V.		12.73%

** : Denotan valores estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad de 0.01.

Cuadro 9. Separación de medias para la variable número de colonias de hongos en el suelo. El Zamorano, 1991.

Tratamientos	Medias colonias Hongos
BFG-1-1	1240.0 a ^{1/}
BFG-0.5-0.5	930.5 b
BFG+AG	900.0 b
BFG-2	680.0 c
BFG-1	600.0 cd
Testigo	450.0 d

(P < 0.01)

1/ Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes al nivel del 0.01 probabilidad de acuerdo con la prueba de Duncan.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las diferentes dosis del bioestimulante Biofix gro no tuvieron efecto alguno sobre el comportamiento agronómico de la variedad Cica-8.
2. Las aplicaciones de Biofix gro al suelo antes de la siembra y durante la elongación del tallo no incidieron en un mayor desarrollo vegetativo ni en mayores rendimientos.
3. Al contrario de lo que indica la casa comercial que fabrica Biofix gro, en este experimento el producto no alteró las características químicas del suelo.
4. Las dosis altas de Biofix gro aplicadas al suelo causaron un mayor desarrollo de hongos en este medio que eventualmente puede contribuir a cambios físicos y químicos en el suelo.
5. En futuros ensayos se recomienda identificar los tipos de hongos del suelo que resulten afectados en su crecimiento por Biofix gro y el papel que estos cumplen en el suelo.
6. En futuros ensayos se recomienda incluir estudios sobre los efectos de Biofix gro en otros organismos como bacterias y actinomicetos, y en especial algas y helechos de suelos inundados. Entre estos últimos se encuentran algunos que fijan nitrógeno en asociaciones simbióticas y que podrían afectar positivamente la fertilidad del suelo.

VI. RESUMEN

El presente experimento se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, para determinar el efecto del fertilizante líquido Biofix-gro sobre el comportamiento agronómico de la variedad de arroz CICA-8 y sobre el contenido de materia orgánica, pH y nutrimentos del suelo y niveles de población de hongos del suelo.

Los tratamientos que se evaluaron fueron un testigo y diferentes dosis de Biofix gro aplicados al suelo antes de la siembra y en la época de elongación del tallo de la planta de arroz.

En las variables días a floración, altura de planta, número de hijuelos efectivos y rendimiento no se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos.

Tampoco se pudo detectar diferencias en las características químicas del suelo como efecto de los tratamientos, aunque se dieron cambios en los resultados del análisis químico después del ciclo del cultivo. Esto probablemente se debió a condiciones externas del estudio.

En lo que respecta a las características microbiológicas evaluadas a través del conteo de colonias de hongos, se encontró una alta diferencia significativa entre tratamientos. El mayor número de colonias de hongos se presentó en el tratamiento con la dosis del fertilizante líquido más alta aplicada al suelo. Esto indica que el fertilizante aumentó la flora microbiana del suelo, que juega un papel importante en la descomposición de la materia orgánica y que podría tener

efectos en otros cambios químicos y físicos posteriores del suelo.

Para trabajos posteriores se recomienda incluir estudios sobre el efecto de Biofix gro en el crecimiento y actividades de otros organismos como bacterias, actinomicetos y en especial algas y helechos de suelos inundados. Entre estos últimos se encuentran algunos que fijan nitrógeno en asociaciones simbióticas y que podrían afectar positivamente la fertilidad del suelo.

VII. LITERATURA CITADA

- ALEXANDER, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2a. ed. John Wiley & Sons, New York, U.S.A. 487 p.
- ALGAGENESIS, S. A. sf. Quelatos orgánicos solubles en polvo y granulados. Valencia, España. sp. (boletín comercial informativo).
- ANGLADETTE, A. 1969. El arroz. Trad. del Francés por Vicente Ripoll. 1a ed. Editorial Blume. Barcelona, España. 876 p.
- BURGES, A. 1960. Introducción a la microbiología del suelo. Trad. del Inglés por Andrés Suarez y Suarez. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 190 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Arroz: Investigación y Producción. Compilado y editado por Eugenio Tascon y Elías García. Cali, Colombia. 676 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Sistema de evaluación estándar para arroz. 2a. ed. Manuel Rosero (traductor y adaptador). Cali, Colombia. 110 p.
- COLLINGS, G. 1958. Fertilizantes comerciales, sus fuentes y uso. Trad. del inglés por Eleuterio Sanchez. 1ra. ed. Barcelona, España. 710 p.
- DE DATTA, S. 1986. Producción de arroz. Fundamentos y prácticas. Trad. del inglés por Manuel Guzmán y Zulai Fuentes. Editado por Arturo Sanchez. 1ra. ed. México, D.F., México, Editorial Limusa. 425 p.
- FAO. 1980. Los Fertilizantes y su empleo, guía de bolsillo para extensionistas. 3ra. ed., FAO, Roma, Italia. 54p.

- FAO. 1986. Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. FAO, Roma, Italia. 195 p.
- FEDEARROZ (Federación Nacional de Arroceros). 1985. Fedearroz, Un gremio al servicio de Colombia. 1ra. ed. Colombia, OP Gráficas Ltda. 186 p.
- KILMER, V., YOUNTS, S., BRADY, N. 1968. The role of Potassium in Agriculture. 2da ed. American Society Crop Science and Soil Science of America. Madison, Wisconsin, U.S.A. 509 p.
- OLSON, R., ARMY, T., HANWAY, J., KILMER V. 1973. Fertilizer Technology & use. 2a. ed. Editorial Committee. Soil Science of America, Madison, Wisconsin, U.S.A. 611 p.
- PATRA, S. and PADHI, A. 1989. Response of rice to sources, methods, and levels of N. Vol. 14(6): p. 20. International Rice Research Newsletter, Manila, Phillipines.
- PROECOSA (Productos Ecologicos, S.A.) 1979. Abono foliar portador de microelementos. Autorizado por la Dirección General de Agricultura, Valencia, España. sp. (Boletín comercial informativo).
- SANCHEZ, P. 1981. Suelos del Trópico. Características y Manejo. Traducido del inglés por Edilberto Camacho. 1ra. ed. San José, Costa Rica, IICA. IICA: Serie de libros y materiales educativos. 48. 660 p.
- SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES DEL ESTADO DE SINALOA MEXICO. 1983. El nitrógeno aplicado como anhídrido de amonio en el arroz. Sinaloa, México. 17 p.
- SUAREZ, G. 1990. Evaluación de niveles de fertilización, densidades de siembra y uso de herbicidas en dos variedades de arroz. Tesis de Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 64 p.
- TRUSCHER, H y ALLER, R. 1987. El suelo y su fertilidad. Traducido del inglés por Rodolfo Vera y Zapata. 11va ed. Editorial Continental, Mexico, Mexico. 497 p.

TISDALE, S. y NELSON, N. 1966. Soil fertility and fertilizers 2a. ed. The Macmillan company, New York, U.S.A. 894 p.

UNIVERSIDAD DE FILIPINAS. 1975. Cultivo del arroz. manual de producción. Trad. del inglés por Agustin Contin. Editorial Limusa, México. 425 p.

WAKSMAN, S. 1952. Soil microbiology. John Wiley & sons. New York, U.S.A. 358 p.

Anexo 1. Análisis químico de cada unidad experimental
muestreada antes del ensayo. El Zamorano, 1991.

VARIABLES	DESCRIPCION	VARIABLES	DESCRIPCION
1	Repeticiones	6	Cont. K (ppm)
2	Tratamientos	7	Cont. Mg (ppm)
3	pH en Agua	8	Cont. Fe (ppm)
4	pH en KCl	9	Cont. Zn (ppm)
5	Materia orgánica (%)	10	Cont. Mn (ppm)
		11	Cont. P (ppm)

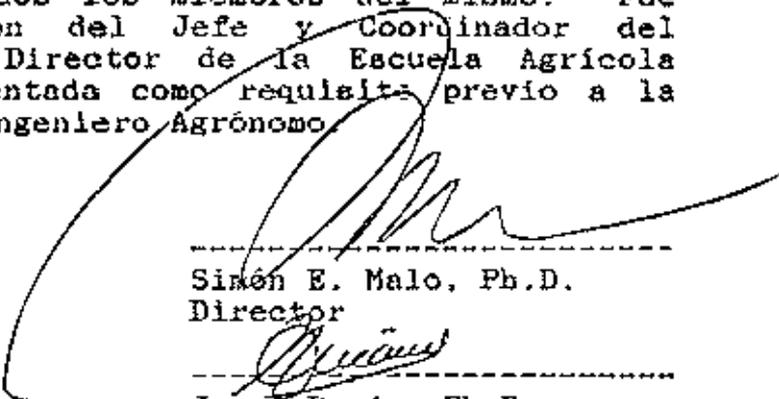
CASO	NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	1	1	5.45	4.49	2.41	375.0	157.2	24.00	1.14	58.3	11.65		
	2	1	5.45	4.46	2.02	345.3	165.4	32.10	1.09	63.7	9.58		
	3	1	5.33	4.53	2.35	350.4	163.5	27.70	1.50	59.5	9.48		
	4	1	5.54	4.47	3.22	410.7	167.7	26.30	1.36	60.0	13.25		
	5	1	5.52	4.56	2.02	375.0	152.5	18.77	1.00	54.2	7.41		
	6	1	5.29	4.73	2.02	417.0	190.2	18.75	1.11	56.0	13.52		
	7	2	1	5.41	4.49	3.22	434.8	202.0	22.87	1.32	55.8	14.55	
	8	2	2	5.39	4.50	2.56	428.6	166.2	19.60	1.50	58.3	13.75	
	9	2	3	5.48	4.51	2.28	361.0	164.8	29.60	1.54	60.9	16.82	
	10	2	4	5.27	4.41	2.43	357.6	156.9	27.29	1.09	58.2	14.50	
	11	2	5	5.31	4.48	2.41	393.8	159.4	26.15	1.18	58.3	13.90	
	12	2	6	5.23	4.47	2.55	411.3	149.6	18.20	1.31	53.9	17.30	
	13	3	1	5.50	4.57	3.09	494.3	174.9	31.70	1.92	74.4	18.30	
	14	3	2	5.54	4.53	2.62	378.2	158.2	22.80	1.62	62.1	14.98	
	15	3	3	5.40	4.52	2.41	330.3	173.8	32.40	1.33	66.9	12.77	
	16	3	4	5.58	4.60	2.96	531.5	180.8	30.60	1.60	71.4	22.70	
	17	3	5	5.46	4.48	2.48	363.6	156.4	25.50	1.25	61.3	16.00	
	18	3	6	5.36	4.48	2.28	323.9	165.2	36.10	1.20	67.9	9.58	
	19	4	1	5.62	4.46	2.68	509.4	185.0	22.60	1.64	59.8	18.55	
	20	4	2	5.41	4.49	2.29	360.0	162.2	35.23	1.70	71.1	14.60	
	21	4	3	5.23	4.44	2.82	449.8	180.4	28.30	1.77	65.5	18.70	
	22	4	4	5.37	4.51	2.15	412.7	167.3	31.67	1.30	65.7	16.45	
	23	4	5	5.40	4.50	2.55	534.0	192.8	24.40	1.76	64.2	19.00	
	24	4	6	5.46	4.52	2.82	496.7	174.8	24.80	1.98	65.0	21.00	
	25	5	1	5.55	4.47	2.41	333.6	160.6	37.80	1.08	63.5	12.80	
	26	5	2	5.48	4.43	2.02	303.3	152.4	43.30	1.14	65.6	11.20	
	27	5	3	5.52	4.59	3.09	394.0	183.3	44.80	0.98	67.4	11.96	
	28	5	4	5.53	4.43	2.84	344.2	154.2	23.38	1.16	62.8	12.08	
	29	5	5	5.50	4.40	2.15	307.8	156.0	40.80	1.05	66.7	14.40	
	30	5	6	5.56	4.47	2.42	362.0	175.8	52.00	1.06	68.2	10.00	

DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR

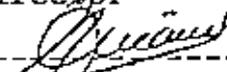
Nombre: Oscar Geovanny Diaz Rodríguez
Lugar de Nacimiento: ... Tegucigalpa - Honduras
Fecha de Nacimiento: ... 15 de Marzo de 1968
Nacionalidad: Hondureña
Educación primaria: Instituto San Francisco 1975-1980
Educación secundaria: .. Instituto San Francisco 1981-1985
Educación superior: E. A. P. 1986-1988
Títulos obtenidos: Agrónomo Zamorano

Esta tesis fue preparada bajo la dirección del Consejero Principal del Comité de Profesores que asesoró al candidato y ha sido aprobada por todos los miembros del mismo. Fue sometida a consideración del Jefe y Coordinador del Departamento, Decano y Director de la Escuela Agrícola Panamericana y fue presentada como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Abril de 1991



Simón E. Malo, Ph.D.
Director



Jorge Román, Ph.D.
Decano

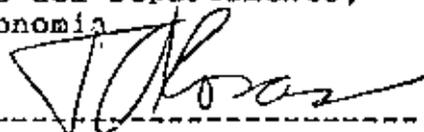


Leonardo Corral, Ph.D.
Jefe del Departamento,
Agronomía

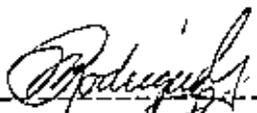
Comité de Profesores:



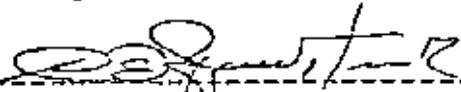
Leonardo Corral, Ph.D
Consejero Principal



Juan Carlos Rosas, Ph.D.
Coordinador del
Departamento, Agronomía



Marciano Rodríguez, Ph.D
Consejero



Silvio Viteri, Ph.D
Consejero



Jose Berdazo, M.S.
Consejero

Anexo 2. Análisis químico de cada unidad experimental
muestreada después del ensayo. El Zamorano, 1991.

VARIABLES	DESCRIPCION	VARIABLES	DESCRIPCION
1	Repeticiones	6	Cont. k (ppm)
2	Tratamientos	7	Cont. Mg (ppm)
3	pH en Agua	8	Cont. Fe (ppm)
4	pH en KCl	9	Cont. Zn (ppm)
5	Materia orgánica (%)	10	Cont. Mn (ppm)

CASO										
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	5.63	4.48	2.66	399.0	163	559	1.16	63.20
2	1	2	5.30	4.20	1.99	385.0	136	294	1.05	78.50
3	1	3	5.33	4.48	2.39	360.0	155	506	1.02	64.30
4	1	4	5.37	4.31	2.92	403.0	149	398	0.89	43.10
5	1	5	5.50	4.44	2.61	401.0	163	371	0.88	45.00
6	1	9	5.79	4.73	2.23	398.0	176	625	1.11	47.60
7	2	1	5.49	4.38	2.70	417.0	136	493	1.13	71.70
8	2	2	5.53	4.38	2.42	446.0	157	1091	1.26	64.40
9	2	3	5.51	4.47	2.92	414.0	161	401	1.10	51.10
10	2	4	5.59	4.50	2.20	415.0	167	755	1.33	61.00
11	2	5	5.52	4.42	2.59	423.0	148	1073	1.15	60.60
12	2	6	5.18	4.30	2.66	465.0	125	497	2.11	86.30
13	3	1	5.40	4.33	2.96	444.0	135	1117	1.59	59.70
14	3	2	5.53	4.40	2.82	403.0	153	1032	1.38	56.60
15	3	3	5.48	4.42	2.28	399.0	150	1087	0.98	43.40
16	3	4	5.52	4.49	2.69	440.0	161	495	1.85	66.80
17	3	5	5.46	4.33	2.28	364.0	143	1080	1.23	61.90
18	3	6	5.41	4.38	2.15	357.0	153	1051	0.90	43.23
19	4	1	5.35	4.33	2.82	458.0	142	1076	1.37	50.30
20	4	2	5.45	4.36	2.42	435.0	158	1053	1.16	61.50
21	4	3	5.32	4.36	2.82	432.0	153	1064	1.83	46.60
22	4	4	5.38	4.34	2.55	463.0	150	1084	1.50	46.10
23	4	5	5.53	4.42	2.96	443.0	150	1079	1.41	45.00
24	4	6	5.35	4.32	2.82	403.0	147	1067	1.62	52.80
25	5	1	5.51	4.39	2.42	317.0	145	695	0.93	67.30
26	5	2	5.37	4.30	2.28	340.0	128	1183	1.12	80.40
27	5	3	5.36	4.54	2.42	380.0	148	1130	0.97	71.70
28	5	4	5.35	4.29	2.42	375.0	137	1069	1.34	73.20
29	5	5	5.36	4.27	2.28	392.0	138	1076	0.95	71.50
30	5	6	5.10	4.31	2.28	354.0	134	1106	1.08	76.50

Anexo 3. Variables agronómicas tomadas en el transcurso del experimento. El Zamorano, 1991.

VARIABLES	DESCRIPCION
1	Repeticiones
2	Tratamientos
3	Rendimientos (ton/ha)
4	Días a flor
5	Altura de planta (cm)
6	Número de hijuelos efectivos
7	Índice de cosecha

Casos								
No	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	6.67	115	86.00	140	0.23	
2	1	2	7.12	115	84.00	129	0.22	
3	1	3	5.12	115	84.33	142	0.24	
4	1	4	6.78	115	88.00	148	0.00	
5	1	5	5.61	115	52.33	110	0.17	
6	1	6	5.43	115	70.33	126	0.24	
7	2	1	7.66	115	83.67	135	0.23	
8	2	2	5.16	115	87.33	131	0.26	
9	2	3	8.00	115	85.00	161	0.24	
10	2	4	7.94	115	83.67	152	0.29	
11	2	5	7.77	116	85.67	117	0.26	
12	2	6	6.56	115	85.67	108	0.31	
13	3	1	8.41	115	86.67	146	0.23	
14	3	2	6.81	116	86.67	129	0.30	
15	3	3	6.83	115	83.00	155	0.29	
16	3	4	8.04	115	84.67	152	0.29	
17	3	5	7.61	116	83.00	112	0.25	
18	3	6	6.84	116	84.67	151	0.28	
19	4	1	8.07	116	87.33	142	0.28	
20	4	2	7.18	115	85.33	119	0.16	
21	4	3	6.61	116	82.67	108	0.27	
22	4	4	6.09	115	83.67	124	0.16	
23	4	5	7.29	116	84.00	149	0.25	
24	4	6	6.41	115	86.67	140	0.23	
25	5	1	7.11	115	84.66	142	0.26	
26	5	2	6.21	115	79.66	145	0.24	
27	5	3	7.52	115	88.00	134	0.26	
28	5	4	6.73	115	80.00	148	0.22	
29	5	5	7.61	115	80.66	163	0.27	
30	5	6	6.93	115	86.00	147	0.21	