

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"ESTUDIO DE LA FERTILIZACION DEL SISTEMA DE MONO-
CULTIVO DE ARROZ DE SECANO, CON NITROGENO Y FOS-
FORO EN EL AREA DE PROGRESO, CHIRIQUI, PANAMA"

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto
de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la
Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

por

ELACIO GONZALEZ GEORGE

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Departamento de Producción Vegetal
Turrialba, Costa Rica

1984

DEDICATORIA

A mis hijos Jisennia y Elacio Jr.
a mi esposa Mary, con todo cariño
y amor: quienes estuvieron en mi
pensamiento en todo instante; y
que sirvieron como antorcha inex-
tinguible en la culminación de es
ta empresa.

A mis padres Ana y Elacio;
quienes siempre me dieron una
palabra de aliento en los mo-
mentos difíciles.

A mis hermanos, Rigoberto,
Juana y Anayansi; a mis
sobrinos como un faro de
estímulo en su vida futura

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso, quien me dio la fuerza y optimismo, de haber podido soportar tanto; en el proceso de culminación de mis estudios.

Al Ing. Washington Bejarano, consejero principal en este trabajo, quien en todo momento me brindó su experiencia y consejos; al Dr. Donald Kass, al Dr. Julio Henao, al Ing. Roberto Díaz-Romeu y al Dr. Alvaro Cordero, como miembros principales del comité asesor, quienes me brindaron sus sanos consejos continuamente.

Al Gobierno de Holanda, por la ayuda prestada a través de la beca, al Ministerio de Desarrollo Agropecuario, por la licencia concedida.

Al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, al Programa ROCAP; por su colaboración brindada en la realización del trabajo práctico y escritura de esta tesis.

A mis compañeros de estudio y a todas las personas que en una u otra forma contribuyeron de buena fe y desinteresadamente a que esta tesis se convirtiera en realidad.

BIOGRAFIA

El autor nació en la Ciudad de Penonomé, Provincia de Coclé, República de Panamá, el 10 de mayo de 1945.

Realizó estudios primarios en la Escuela Simeón Conte de su ciudad natal. Los estudios secundarios los cursó en la Escuela Nacional de Agricultura de Divisa, obteniendo el título de Bachiller Agrícola, en 1964.

Posteriormente ingresó en la Universidad Nacional de Panamá, Facultad de Agronomía, recibiendo en 1973 el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica, con especialización en fitotecnia.

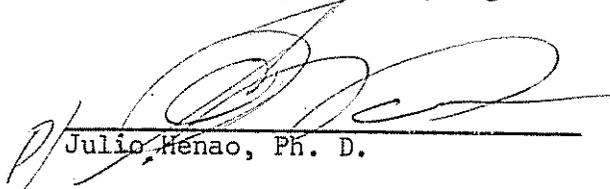
Ese mismo año ingresó a trabajar en el área de Progreso, Chiriquí con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, como Jefe de Area; actualmente forma parte de la Dirección Nacional de Producción Agrícola, del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) en Panamá.

En 1981 ingresó al Sistema de Estudios de Posgrado UCR-CATIE, completando los requisitos para optar al título de Magister Scientiae en 1983.

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar el grado de

Magister Scientiae


Washington Bejarano E., Mag. Sc. Profesor Consejero


Julio Henao, Ph. D. Miembro del Comité


Roberto Díaz-Romeu, Mag. Sc. Miembro del Comité


Donald Kass, Ph. D. Miembro del Comité


Alvaro Cordero V., Ph. D. Miembro del Comité


Director del Programa de Estudios de Posgrado
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales


Decano del Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica


Eladio González George
Candidato

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades	3
2.2 Nitrógeno	3
2.3 Fósforo	8
2.4 Azufre	11
2.5 Microelementos	12
3. MATERIALES Y METODOS	14
3.1 Aspectos generales	14
3.1.1 Localización política	14
3.1.2 Suelos	14
3.1.2.1 Descripción de los suelos	17
a. Jacú franco limoso	17
b. Jacú franco arenoso	17
3.1.2.2 Muestreo de suelos	18
3.1.2.3 Características químicas de los suelos	18
3.2 Experimentos de invernadero	21
3.3 Tratamientos y diseño experimental	22
3.3.1 Tratamientos de fertilización	22
3.3.2 Diseño experimental	22
3.3.3 Tamaño de parcela y distanciamiento entre surcos	23
3.3.4 Número de ensayos	23
3.4 Ejecución del experimento	24
3.4.1 Preparación de suelos	24
3.4.2 Siembra y semilla utilizada	24
3.4.3 Fertilización	24
3.4.4 Manejo de los ensayos	25
3.4.4.1 Combate de insectos	25
3.4.4.2 Control de malezas	25
3.4.4.3 Combate de enfermedades	25

	<u>Página</u>
3.5 Datos a tomar	25
3.5.1 Meteorológicos	25
3.5.2 Características agronómicas	26
- Población inicial de plantas	26
- Vigor	26
- Floración	26
- Altura de cosecha	26
- Número de tallos y espigas	26
- Número de granos completos, vanos y peso	26
3.5.3 Cosecha	27
3.5.4 Análisis estadístico	27
4. RESULTADOS Y DISCUSION	28
4.1 Características de la planta	28
4.1.1 Población inicial de plantas	28
4.1.2 Vigor	28
4.1.3 Floración	32
4.1.4 Altura de la planta a la cosecha	37
4.2 Componente del rendimiento	37
4.2.1 Número promedio de tallos	37
4.2.2 Número de espigas	40
4.2.3 Número de granos en 10 espigas.....	40
4.2.4 Número de granos vanos en 10 espigas....	42
4.2.5 Peso de granos	45
4.3 Rendimiento	49
4.3.1 Efecto de fertilización en suelos Aquic- Dystropepts, Franco-limoso, Isohipertér- mico	49
4.3.1.1 Finca de Baudilio Pitty	49
a. Experimento de Invernadero 1	49
b. Experimento de Campo 1	50
4.3.1.2 Finca de Gregorio Moreno	52
a. Experimento de Invernadero 2	52
b. Experimento de Campo 2	53

	<u>Página</u>
4.3.1.3 Finca del Asentamiento 11 de Octubre	55
a. Experimento de Invernadero 3	55
b. Experimento de Campo 3	55
4.3.1.4 Finca de Serafín Morantes	58
a. Experimento de Invernadero 4	58
b. Experimento de Campo 4	58
4.3.1.5 Análisis combinado de los expe- rimentos realizados en el suelo franco-limoso	60
4.3.2 Efecto de fertilización en suelos Aquic- Tropofluvents, Franco Arenoso, Isohiper- térnico	64
4.3.2.1 Finca de Patrocinio González ..	64
a. Experimento de Invernadero 5	64
b. Experimento de Campo 5	64
4.3.2.2 Finca de Ignacio Delgado	67
a. Experimento de Invernadero 6	67
b. Experimento de Campo 6	67
4.3.2.3 Finca de Román Arosemena	68
a. Experimento de Invernadero 7	68
b. Experimento de Campo 7	70
4.3.2.4 Análisis combinado de los expe- rimentos realizados en el suelo franco arenoso	70
4.3.3 Efecto de azufre y microelementos	75
4.3.4 Análisis económico de los resultados ex- perimentales	77
4.3.4.1 Beneficio neto	77
4.3.4.2 Tasa marginal de retorno	77
5. CONCLUSIONES	82
6. BIBLIOGRAFIA	84
7. ANEXO	90

LISTA DE CUADROS

Cuadro N°		Página
1	Resultados de los análisis químicos y físicos de los suelos utilizados en los experimentos.....	19
2	Interpretación de resultados de los análisis químicos de los suelos de los siete sitios experimentales.....	20
3	Análisis de varianza para promedios de población inicial de plantas.....	29
4	Prueba de Duncan al 5%, para promedios de población inicial de plantas. Suelo franco limoso...	30
5	Prueba de Duncan al 5%, para promedios de población inicial de plantas. Suelo franco arenoso..	31
6	Prueba de Duncan al 5%, para valores promedios del vigor (altura en cm). Suelo franco limoso..	33
7	Prueba de Duncan al 5%, para valores promedios del vigor (altura en cm). Suelo franco arenoso.	34
8	Prueba de Duncan al 5%, para promedios de días al 50% de la floración. Suelo franco limoso....	35
9	Prueba de Duncan al 5%, para promedios de días al 50% de la floración. Suelo franco arenoso...	36
10	Prueba de Duncan al 5%, para promedio de altura de plantas en cm a la cosecha. Suelo franco limoso.....	38
11	Prueba de Duncan al 5%, para promedio de altura de plantas en cm a la cosecha. Suelo franco arenoso	39
12	Cuadrados medios del análisis de varianza del número promedio de granos contenidos en 10 espigas.	41
13	Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de granos contenidos en 10 espigas. Suelo franco limoso.....	43
14	Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de granos contenidos en 10 espigas. Suelo franco arenoso.....	44

Cuadro N°

Página

15	Cuadrado medio del análisis de varianza para el peso promedio de los granos contenidos en 10 espigas.....	46
16	Prueba de Duncan al 5%, para el peso promedio de los granos contenidos en 10 espigas. Suelo franco limoso.....	47
17	Prueba de Duncan al 5%, peso promedio de los granos contenidos en 10 espigas. Suelo franco arenoso.....	48
18	Rendimiento promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 1.....	50
19	Prueba de Duncan al 5%, para promedio de rendimiento por efecto de los niveles crecientes de nitrógeno. Experimento 1.....	52
20	Rendimiento promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 2.....	53
21	Rendimiento promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 3.....	56
22	Prueba de Duncan al 5%, para rendimientos promedios por efecto de los niveles de nitrógeno y fósforo. Experimento 3.....	56
23	Rendimiento promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 4.....	60
24	Análisis de varianza combinado por rendimientos promedio de los cuatro experimentos del suelo franco limoso.....	61
25	Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos de los cuatro experimentos del suelo franco limoso.....	61
26	Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos por tratamiento de los cuatro experimentos del suelo franco limoso.....	62
27	Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos, por efecto del fósforo en el suelo franco limoso.....	63

Cuadro N°		Página
28	Rendimientos promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 5.....	64
29	Prueba de Duncan al 5%, para promedios de rendimientos obtenidos con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 5.....	65
30	Rendimiento promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 6.....	68
31	Rendimiento promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 7.....	70
32	Prueba de Duncan al 5%, para promedio de rendimientos por efecto de nitrógeno. Experimento 7.....	70
33	Análisis de varianza combinado para rendimientos promedio de los tres experimentos del suelo franco arenoso.....	73
34	Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos de los tres experimentos del suelo franco arenoso.....	73
35	Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos por tratamiento del análisis combinado de los tres experimentos del suelo franco arenoso....	74
36	Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos por efecto del fósforo en el suelo franco arenoso.....	75
37	Análisis de varianza para promedio de rendimientos considerando los tratamientos adicionales.....	75
38	Prueba de Duncan al 5%, para los promedios de rendimientos, incluyendo los tratamientos adicionales.	76
39	Beneficio neto obtenido con el promedio de rendimiento de los experimentos realizados en el suelo franco limoso.....	78
40	Beneficio neto obtenido con el promedio de rendimiento de los experimentos realizados en el suelo franco arenoso.....	79

Cuadro N°

Página

41	Tasas de retorno marginal, obtenidas con los mejores tratamientos de fertilización en el suelo franco limoso.....	81
42	Tasas de retorno marginal, obtenidas con los mejores tratamientos de fertilización en el suelo franco arenoso.....	81

CONTENIDO DEL ANEXO

		Página
Cuadro 1A.	Tratamientos estudiados en los ensayos.....	91
Figura 2A.	Croquis de la disposición de tratamientos en el campo.....	92
Figura 3A.	Curva de precipitación mensual en el Corregimiento de Progreso - Chiriquí.....	93
Cuadro 4A.	Rango de niveles del contenido de elementos para interpretación del análisis químico de suelos...	94
Cuadro 5A.	Correlaciones simples entre las variables observadas en el experimento, con el rendimiento promedio. Suelo franco limoso.....	95
Cuadro 6A.	Correlaciones simples entre las variables observadas en el experimento, con el rendimiento promedio. Suelo franco arenoso.....	95
Cuadro 7A.	Promedios de la población inicial de plantas, en un metro lineal.....	96
Cuadro 8A.	Vigor (altura promedio de las plantas en cm, a los 60 días.....	96
Cuadro 9A.	Días promedio al 50% de la floración.....	97
Cuadro 10A.	Altura promedio de las plantas en centímetros, a la cosecha.....	97
Cuadro 11A.	Número promedio de tallos en 15 cm de suelo, a la cosecha.....	98
Cuadro 12A.	Promedio de espigas en 15 cm de surco, a la cosecha.....	98
Cuadro 13A.	Promedio de granos contenidos en 10 espigas.....	99
Cuadro 14A.	Promedio de granos vanos en 10 espigas.....	99
Cuadro 15A.	Peso promedio de los granos contenidos en 10 espigas (gramos).....	100
Cuadro 16A.	Cuadrados medios del análisis de varianza para promedio en altura en cm, de las plantas a los 60 días.....	101

	Página
Cuadro 17A. Cuadrados medios del análisis de varianza para promedio de días, al 50% de la floración.....	101
Cuadro 18A. Cuadrados medios del análisis de varianza para promedio en altura en cm, de las plantas a la cosecha.....	101
Cuadro 19A. Cuadrados medios del análisis de varianza para el número promedio de tallos en 15 cm de surco, a la cosecha.....	102
Cuadro 20A. Cuadrados medios del análisis de varianza para el promedio de espigas en 15 cm de surco, a la cosecha.....	102
Cuadro 21A. Cuadrados medios del análisis de varianza para el promedio de granos vanos en 10 espigas.....	102
Cuadro 22A. Cuadrados medios del análisis de varianza para los rendimientos promedios de arroz de los siete experimentos.....	103
Sección 23A. Descripción del perfil típico del suelo franco limoso.....	104
Sección 24A. Descripción del perfil típico del suelo franco arenoso.....	107
Figura 25A. Histograma de rendimientos relativos (materia seca). Experimento 1. Baudilio Pitty. Suelo franco limoso.....	110
Figura 26A. Histograma de rendimientos relativos (materia seca). Experimento 2. Gregorio Moreno. Suelo franco limoso.....	111
Figura 27A. Histograma de rendimientos relativos (materia seca). Experimento 3. Asentamiento 11 de Octubre N°1. Suelo franco limoso.....	112
Figura 28A. Histograma de rendimientos relativos (materia seca). Experimento 4. Serafín Morantes. Suelo franco limoso.....	113

	Página
Figura 29A. Histograma de rendimientos relativos (materia seca). Experimento 5. Patrocinio González. Suelo franco arenoso.....	114
Figura 30A. Histograma de rendimientos relativos (materia seca). Experimento 6. Ignacio Delgado. Suelo franco arenoso.....	115
Figura 31A. Histograma de rendimientos relativos (materia seca). Experimento 7. Román Arosemena. Suelo franco arenoso.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura N°		Página
1	Mapa de localización del Corregimiento de Progreso. República de Panamá.....	15
2	Mapa de los tipos de suelo del Corregimiento de Progreso y ubicación de los ensayos.....	16
3	Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 1.....	51
4	Representación cronológica del experimento 1.....	51
5	Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 2.....	54
6	Representación cronológica del experimento 2.....	54
7	Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 3.....	57
8	Representación cronológica del experimento 3.....	57
9	Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 4.....	59
10	Representación cronológica del experimento 4.....	59
11	Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 5.....	66
12	Representación cronológica del experimento 5.....	66
13	Relación del rendimiento, con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 6.....	69
14	Representación cronológica del experimento 6.....	69
15	Relación del rendimiento, con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 7.....	71
16	Representación cronológica del experimento 7.....	71

R E S U M E N

En el Corregimiento de Progreso, Provincia de Chiriquí, Panamá, se realizó en 1983, un estudio de fertilización con nitrógeno y fósforo en el sistema de producción de arroz de secano, con el objeto de de terminar las dosis adecuadas de fertilización.

En los dos tipos de suelo predominantes en el área: Aquic-Dystropepts; franco limoso y Aquic-Tropofluent, franco arenoso, se sembraron siete experimentos de campo, cuatro en el primer tipo, y tres en el segundo. Además, se hicieron en el invernadero pruebas del elemento faltante con el suelo de cada uno de los siete sitios.

Se estudiaron cinco niveles de nitrógeno y tres de fósforo con un arreglo factorial en un diseño de bloques al azar. En tratamientos adicionales se observó el efecto del uso de azufre, de microelementos (Fe, Zn, Cu y Mn) y la práctica de los agricultores del área. Las variables población inicial de plantas; número de tallos, de espigas y de granos vanos, no demostraron ningún efecto de los nutrimentos. Sin embargo, el vigor de las plantas, la época de floración, la altura de las plantas a la cosecha y el número y peso de granos en 10 espigas, fueron influenciadas por las dosis de nitrógeno y fósforo en la mayoría de los experimentos.

El rendimiento, en dos experimentos del suelo franco limoso se in crementa significativamente hasta la dosis de 160 kg/ha de nitrógeno. No hubo en ningún caso efecto del fósforo. En el suelo arenoso, el ni trógeno igualmente favoreció el rendimiento en dos experimentos y el fósforo en uno de los sitios.

No se reflejó efecto del azufre y de los micronutrientes en ningu na de las variables estudiadas en los siete experimentos.

Los mayores beneficios netos se obtienen con dosis de 120 kg/ha de N en los suelos franco limosos y con 160 kg/ha y 30 de fósforo en los suelos franco arenosos.

A B S T R A C T

In 1983, a study was made of nitrogen and phosphorus fertilization in upland rice in the Corregimiento of Progreso, Chiriqui, Province, Panama, with the aim of determining the optimum application rate.

A total of seven field trials were sown in the two predominant soil types in the area, Aquic-Dystropepts (silt loam) and Aquic-Tropofluvent (sandy loam). Four were sown in the first type and three in the second. Missing element trials were carried out in the greenhouse with the soils from each of the seven sites.

Five levels of nitrogen and three of phosphorus were studied in a randomised complete block design with a factorial arrangement, augmented with treatments to determine the effect of sulfur and trace elements (Fe, Zn, Cu & Mn) and a treatment which represented farmers' practice in the area. The treatments did not affect initial plant population nor the number of stems, seed heads and vain grains. In most experiments nitrogen and phosphorus levels affected plant vigor, time to floering, plant height at harvest and the number and weight of grain from 10 seed heads.

In two of the four experiments on the silt loam soil significant yield increases were found up to 160 Kg of nitrogen per hectare. In no case was there an effect of phosphorus. In the sandy loam soil, the effect of nitrogen was the same in two of the three experiments and an effect of phosphorus was detected at one site.

Neither sulfur nor trace elements had any effect on any of the variables studied at any of the seven sites.

Net profit was greatest with an application rate of 120 Kg of N/ha on the silt loam soil and with 160 Kg of N/ha + 30 Kg of P/ha on the sandy loam soil.

1. INTRODUCCION

En 1953 la superficie sembrada de arroz de secano en Panamá, fue de 79.500 has que representan cerca de 90% del área cultivada. El cultivo de secano se caracteriza por su siembra directa en suelo seco, preparado en forma convencional y por su dependencia completa de la lluvia para el suministro de agua (54). En 1965 la superficie sembrada fue de 113.100 has, habiéndose incrementado en un 70% con relación a 1953, la misma que se mantuvo estable hasta 1970, años en que se observó un ligero descenso. Los rendimientos promedios observados fueron de 1.16 Ton/ha en las explotaciones pequeñas y 2.65 Ton/ha en las grandes (25).

En los años 1967-77 se registraron excedentes en la producción que motivaron exportaciones de arroz, quizás la causa principal para el aumento de la producción fue el adelanto tecnológico, especialmente en el uso de fertilizantes y otros insumos agrícolas. El empleo de fertilizantes fue mínimo en la década de los 50, pero en 1974 se estimó que el 45% del área sembrada de arroz, utilizó fertilizantes y herbicidas. Es significativo el caso de la Provincia de Chiriquí (área en la que se realizó este estudio), en donde actualmente se siembra el 40% del área dedicada al cultivo de arroz en Panamá, a la vez que se utilizan fertilizantes y otros insumos en un 80% de la superficie sembrada (25).

El Corregimiento de Progreso es representativo del área productiva de arroz en la Provincia de Chiriquí, siendo el factor fertilización del suelo, uno de los más importantes de la producción y no habiendo información sobre este particular en esa área (3, 43), se consideró importante realizar este trabajo de investigación, mediante la ejecución de siete experimentos de campo distribuidos estratégicamente en dos tipos de suelo predominantes en el área, con la finalidad de de

terminar en dichos experimentos, las dosis óptimas de fertilización de nitrógeno y fósforo, las que una vez en uso por parte del agricultor, se traducirían en un incremento de la producción de arroz, en la minimización y uso de los fertilizantes y finalmente en la reducción de los costos de producción: ocasionando así una mejor rentabilidad económica para el agricultor del área.

Los objetivos específicos del estudio fueron:

1. Definir la curva de respuesta del arroz, a las aplicaciones de dosis crecientes de nitrógeno y fósforo.
2. Estimar la dosis económica de nitrógeno y fósforo para el cultivo en el área de Progreso.
3. Relacionar las respuestas del arroz a la aplicación de nitrógeno y fósforo, con los dos grupos de suelo en los cuales se realizó el estudio.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades.

Como segundo cereal del mundo el arroz constituye la base alimenticia de vastas regiones desarrolladas o en desarrollo y la mejora e incremento de su producción, constituye uno de los elementos esenciales en la lucha contra el hambre y la desnutrición. Las condiciones ecológicas de la producción arroceras son extremadamente diversas. El arroz es una planta de amplia adaptación que se cultiva desde El Ecuador, hasta más allá de los 45° de Latitud Norte y 20° de Latitud Sur, desde el nivel del mar, hasta los 1,500 m y más de altitud s.n.m.; en los suelos de textura diversas que son desde arcillosos hasta limosos, tanto en cultivos acuáticos, como en cultivos de secano (1).

El ambiente tiene dos componentes, el medio natural que incluye los elementos climáticos, el suelo y el ambiente biótico y el ambiente introducido por el hombre, que trata de aumentar al máximo los rendimientos en grano, por medio del uso de fertilizantes y de otros insumos (16, 58).

La evaluación y mejoramiento de la fertilidad del suelo es el proceso mediante el cual se hace un diagnóstico de los problemas de nutrición y se hace recomendaciones de fertilización (54). Uno de los objetivos fundamentales de un programa de fertilidad de suelo, es llegar a conocer con aceptable grado de precisión, la cantidad de un nutrimento con el cual un cultivo produce el máximo rendimiento estable en un sitio y en una zona específica, para luego pasar a la recomendación de la cantidad que debe aplicarse de dicho nutrimento, a fin de poder obtener un adecuado desarrollo y un máximo rendimiento en un cultivo futuro (60).

2.2 Nitrógeno.

Quizás no sea exagerado afirmar que la deficiencia de nitrógeno,

más que la de cualquier otro nutrimento, es la que con mayor frecuencia limita el crecimiento y el rendimiento de los cultivos bajo las condiciones de lavado del suelo y del régimen hídrico en las zonas tropicales húmedas (5, 7).

En las zonas tropicales se ha encontrado en algunos suelos un alto contenido de nitrógeno, pero variando dentro de amplios límites, es común el comprendido entre 0.2 y 0.7% para la denominada capa arable. El porcentaje tiende a disminuir al aumentar la profundidad del perfil. El clima es el factor que más influye en el contenido total del nitrógeno en el suelo, cuyo porcentaje tiende a incrementar al disminuir la temperatura y aumentar la precipitación dentro de ciertos límites (26, 41).

El nitrógeno es el elemento nutritivo que presenta el mejor efecto en los rendimientos del arroz, considerándose como el determinante de una buena producción. Debido a la baja capacidad de la mayoría de los suelos arroceros para suministrar nitrógeno, la mayor parte del nitrógeno que necesita el cultivo debe aplicarse en forma de fertilizantes (35).

Doyle (23), indica en resumen que en miles de experimentos de fertilización en arroz, el cultivo responde casi universalmente a aplicaciones de nitrógeno, excepto en aquellos casos donde el suelo suministra el nitrógeno mineral a partir del nitrógeno orgánico, en los que las respuestas fueron negativas en muchos casos. Estos resultados indican un promedio mundial de incremento de 12 a 13 kg de arroz por cada kg de nitrógeno aplicado.

La generación de tecnología de producción de arroz, contempla el estudio de prácticas agronómicas en forma paralela a la obtención de variedades con características agronómicas y de alto rendimiento. Dentro de estas prácticas está involucrada la fertilización, la cual los agricultores tradicionales la realizan sin tener un conocimiento técnico sobre el efecto que puede tener la aplicación de determinada

dosis de N-P-K, en el comportamiento de una variedad de arroz. Por lo general, las cantidades usadas varían entre localidades, a la disponibilidad de capital que el agricultor posea en el preciso momento de iniciar la siembra de este grano, y a la experiencia que el agricultor mismo ha venido obteniendo a través de los años dedicados a este cultivo, como su fuente de ingreso (37).

Las recomendaciones específicas de los fertilizantes nitrogenados varían considerablemente de una región a otra y aún a veces de una a otra finca. La variedad de arroz sembrado, el manejo del agua, los métodos utilizados para erradicar las malezas y otros factores afectan el empleo o uso de los fertilizantes (15).

La aplicación de los niveles óptimos de nitrógeno, que permitan a las nuevas variedades de arroz expresar su capacidad de rendimiento, es un problema de aplicación local, que merece la atención en algunas variedades. Los niveles de fertilización nitrogenada, la incidencia de algunas enfermedades, así como la tendencia al acame de las variedades, hace mucho más interesante las implicaciones en la producción arroceras, especialmente para los agricultores que tienen la práctica de hacer aplicaciones liberales de fertilizantes nitrogenados (24).

Las prácticas de fertilización que se sugieren para el nitrógeno, basados en el análisis de suelos, tienen en cuenta además el contenido de materia orgánica, de arena y arcilla del suelo en la capa arable. Se requieren cantidades más altas en suelos arenosos que arcillosos con igual contenido de materia orgánica. Si sobre el suelo caen lluvias fuertes, inmediatamente después de la aplicación de fertilizantes nitrogenados al cultivo, será necesario más nitrógeno para reemplazar el que se pierde por lixiviación (35).

Las plantas de arroz han de tener tanto nitrógeno como necesiten, en la etapa temprana y mediana de formación de renuevos, para hacer que aumenten al máximo el número de panojas; las plantas siguen necesitando nitrógeno incluso en la etapa de maduración (17).

Las funciones del nitrógeno en la planta de arroz son las siguientes: 1. Da un color verde oscuro a todas las partes aéreas de la planta. 2. Fomenta el crecimiento rápido (aumento de la altura y formación de renuevos, siendo esta última particularmente importante para incrementar el rendimiento en grano). 3. Hace que aumente el tamaño de las hojas y los granos. 4. Incrementa el contenido proteínico de los granos. 5. Mejora la calidad de los cultivos y 6. Proporciona nitrógeno a microorganismos, mientras se descomponen materiales orgánicos de bajo contenido de nitrógeno (17).

El nitrógeno es usualmente tomado por la planta de arroz en la forma de iones de amonio o nitrato, absorbiéndose más fácilmente la forma amoniaca, especialmente cuando la planta es joven, a la iniciación de su período de crecimiento vegetativo. La forma amoniaca da menos movilidad al nitrógeno, preservándolo de la lixiviación, asegurando así un mejor suministro. La forma nítrica es más eficaz en la fase de espigamiento, influyendo favorablemente sobre el tamaño de la espiga y el número de granos (22, 45).

Hay muchas razones importantes del por qué deben usarse dosis adecuadas del fertilizante nitrogenado y por qué debe seguirse prácticas apropiadas de aplicación. Es de gran significancia que el uso eficaz del nitrógeno en arroz resulta en cultivos de mayor rendimiento y calidad por unidad de tierra y a un costo menor por unidad de producción. Esto significa mayores ganancias para el agricultor. Con este fin tendrán que aplicarse para cada caso cantidades suficientes pero no excesivas de nitrógeno (4).

Espinoza (24), en ensayos efectuados en Tocumen-Panamá, con las variedades Awini, Cica 6 y Cica 4, estudió seis niveles de nitrógeno (60-80-100-120-180) kg/ha con un nivel uniforme de fósforo (100 kg/ha de P_2O_5) y aplicando el nitrógeno en forma fraccionada, reporta que obtuvo respuesta en el rendimiento a las aplicaciones crecientes de nitrógeno. El análisis económico sugirió que el nivel de 100 kg de N/ha es el más

rentable, para dichas variedades. Para la variedad Awini los niveles fueron, inferiores (60 y 80 kg/ha). Sin embargo, al aumentar la dosis de aplicación arriba de 120 kg de N/ha se redujeron los márgenes de utilidad.

Lara (34), en Costa Rica, encontró que los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de urea fraccionada, en dosis de 135 kg de N/ha, con lo cual obtuvo producciones de 5.64 Ton/ha con la variedad Cica 4. Por consiguiente recomienda la aplicación de esa dosis en aquellas localidades que presenten condiciones similares.

Araúz (3), en Divalá y Palo Grande, Chiriquí - Panamá, estudiando dosis crecientes de nitrógeno (50-100-150 kg de N/ha) aplicadas en partes iguales a los 30 y 95 días, y haciendo una aplicación general de abono 12-24-12 al inicio de la siembra a razón de 226.8 kg/ha en las variedades Cica 4 y CR-1113, obtuvo los mejores rendimientos con 100 kg de N/ha.

Bravo (9), en Nicaragua, con la variedad IR-22, encontró que el nivel de nitrógeno con mayor rendimiento fue el de 150 kg de N/ha que produjo 5,726 kg de arroz. El rendimiento del nivel cero de N fue de 3,612 kg de arroz.

Brooks (10), en Costa Rica, determinó que el mayor rendimiento en Cica 4 fue de 7,095 kg/ha de arroz con niveles de 100 N + 60 P + 40 K kg/ha, pero observó que a niveles más altos (160 N + 80 P + 60 K kg/ha), produjo un efecto negativo, atribuyéndolo principalmente al exceso de nitrógeno.

Iglesias (30), en Costa Rica, en sus ensayos reporta que los rendimientos de arroz variedad Cica 4, aumentaron hasta el nivel de 120 kg de N/ha. Los niveles crecientes de nitrógeno favorecieron al ataque de Piricularia, tanto al cuello de la panícula, como a las hojas. Ohata y Kozaka, citados por Iglesias (30), indican que el nitrógeno acumulado en las plantas puede servir como un nutrimento adecuado pa-

ra el crecimiento del hongo, al igual las plantas que reciben alta fertilización nitrogenada tienen menos células epidérmicas silicatadas y por lo tanto muestran mayor susceptibilidad.

Aramburú (2) en experimentos realizados en los suelos de la región del Barú, Progreso, indica que las respuestas al nitrógeno en general son variables, por lo que recomienda observar el desarrollo del cultivo de arroz y efectuar las aplicaciones necesarias a la medida de su desarrollo.

2.3 Fósforo.

El fósforo se encuentra presente en los tejidos vegetales y en los suelos en cantidades más pequeñas que el nitrógeno y el potasio. Las cantidades generalmente pequeñas del fósforo en los suelos y su tendencia a reaccionar con los componentes de los mismos, para formar compuestos relativamente insolubles y por lo tanto no aprovechables para las plantas, hacen de él un tópico de gran importancia respecto a la fertilidad de los suelos (36).

Marinho, citado por Guzmán (27), indica que el fósforo se encuentra en el suelo formando complejos orgánicos e inorgánicos de las más diversas naturalezas. El fósforo es absorbido por las plantas principalmente, en forma de iones monofósforo ($H_2PO_4^-$) y difósforo (HPO_4^{2-}). También se ha indicado que pueden ser absorbidos en forma de ácido nucleico y fibra; pero todas las opiniones señalan que el fósforo que absorben las plantas es de la solución del suelo, y que el grado de absorción es variable dependiendo de la textura predominante en el suelo y de los minerales que estén presentes en él (22-38).

El fósforo se absorbe rápidamente durante el crecimiento de las plantas de arroz y alcanza el valor máximo en la época de floración; sin embargo, el índice de absorción es bajo durante el período de maduración. Es particularmente lento hasta la formación de los primordios florales, después de lo cual se va haciendo más rápido, hasta la floración, donde empieza a disminuir (17, 55).

Trabajos citados por Davide(18), indican que el 60 al 75% del P total fue absorbido antes de la floración, lo que presume que el P se podría aplicar desde la siembra hasta el embuchamiento de la planta de arroz.

De Geus, citado por De Datta (17), indica que además de contribuir al alto rendimiento del arroz, el fósforo es necesario en la planta para: 1. Estimular el desarrollo de las raíces, haciendo que las plantas sean más resistentes a la sequía; 2. Fomenta la floración y la maduración temprana; 3. Le da al arroz un mayor valor alimenticio, debido a que el alto contenido de P en los granos, favorece la formación de fitina.

El fósforo forma parte del ácido nucléico, constituyente principal del núcleo en el protoplasma de la célula. En consecuencia, el P es necesario para promover el macollaje, el cual depende de una activa multiplicación celular. El P es uno de los elementos que es fácilmente transportado en la planta, al lugar donde el crecimiento es más activo; y finalmente se transporta de las hojas o tallos a los granos. También desempeña un rol importante en la síntesis del almidón, celulosa y traslocación de carbohidratos (11, 17, 19).

El fósforo se mueve fácilmente dentro de la planta, hallándose en mayor proporción en los tejidos jóvenes en desarrollo a los cuales emigra desde los tejidos viejos cuando escasea. Durante la maduración, la mayor parte del fósforo es enviado a los frutos y semillas. Sin embargo, es escasa la movilidad del fósforo en el suelo, su solubilidad es tan pequeña y es retenido tan fácilmente, que puede considerarse que durante muchos años no se mueve más allá de unos centímetros de donde fue colocado al aplicarlo al suelo (22).

El contenido de fósforo en la solución del suelo está generalmente en los trópicos entre 0,01 y 0,6%. Los cultivos que se siembran inmediatamente después de la aplicación de fertilizantes fosfatados recobran solamente del 10 al 30% de la cantidad adicionada al suelo.

La cantidad restante, 70 a 90% se asume que puede ser precipitado por cationes solubles en la solución del suelo, o absorbida por el complejo coloidal del suelo (54, 55).

Cuando el fósforo en el suelo tiene un contenido de menos de 15 ppm (Método de Mehlich), la probabilidad de una respuesta significativa de la cosecha de arroz a la aplicación de dicho nutrimento, es mucho más alta que cuando tenga más de 15 ppm de contenido de fósforo o 3 ppm por el método de Olsen modificado, en cuyo caso no es necesario hacer abonamiento con fósforo. Las recomendaciones de fertilizantes fosfatados, están basados en el análisis de suelos, en las prácticas de cultivo de arroz. El suplemento de fósforo es esencial para la absorción de N y donde el P sea deficiente, difícilmente se obtendrán beneficios en las aplicaciones de nitrógeno y potasio (36, 55).

Sousa, et al. (57), en ensayos realizados en Alanje, Chiriquí, Panamá, con la variedad Cica 6, demuestran que el elemento más limitante en ese suelo fue el fósforo. La dosis de respuesta máxima a este elemento en los ensayos de campo fue de 120 kg de P_2O_5 por ha, obteniendo rendimiento de 4.900 kg/ha de arroz en cáscara, mostrando tendencia a descender con dosis de 520 kg de P_2O_5 por ha.

Aramburú, (2) en ensayos realizados en los suelos de la región del Barú, Progreso, indica que estos suelos son claramente deficientes en P, que fue el elemento que dio mejores respuestas en el cultivo de arroz.

Iglesias (30), reporta en sus experimentos en arroz que las dosis de fósforo utilizadas no mostraron significancia sobre ninguna de las variedades en estudio. Cordero y Miner citados por Iglesias (30), ya habían determinado en suelos de Costa Rica que contenidos superiores a 3 ug/ml por el método de Extracción de Olsen modificado, las posibilidades de encontrar respuesta a este elemento eran muy bajas.

Jiménez y Chávez (33), en estudios sobre aplicación de fósforo y nitrógeno, en el cultivo de arroz, reportan que se obtuvo respuesta a

las aplicaciones de los nutrimentos, obteniéndose el mejor rendimiento cuando se aplicó la mayor dosis de fósforo o sea 100 kg/ha de P_2O_5 , y el rendimiento más bajo resultó al no aplicar fósforo, lo que demuestra claramente la importancia de este elemento en suelo franco-arcilloso, con bajo contenido de fósforo y pH ácido, con poder de fijar fósforo.

2.4 Azufre.

El contenido de azufre en los suelos varía para suelos inorgánicos entre 0,02 y 0,2%, los suelos orgánicos presentan a veces contenidos hasta de 1% de azufre. Igual que el nitrógeno y el fósforo, el azufre se encuentra en formas orgánicas e inorgánicas. Los valores de asimilación de azufre por cultivos tropicales son similares a los del fósforo. Las concentraciones de azufre en los tejidos de las plantas oscilan entre 0,1 a 0,3% de azufre (54). En algunos suelos de América Central y Brasil, se han encontrado deficiencias de azufre, aunque Bornemisza citado por Fassbender, reporta contenidos altos de azufre en la meseta central en Costa Rica (26).

Cordero (14), indica que se han detectado deficiencias de azufre en ciertas zonas arroceras de Costa Rica.

Por lo general los suelos deficientes en azufre tienen una o más de las siguientes propiedades: Son altos en alófana u óxidos, también son bajos en materia orgánica y a menudo arenosos. Los suelos expuestos a quemas anuales son frecuentemente deficientes en azufre, ya que alrededor del 75% del azufre se volatiliza por el fuego. Una deficiencia de azufre en una etapa temprana de crecimiento del cultivo puede desaparecer posteriormente cuando la raíz se pone en contacto con el subsuelo. En tales casos puede ser necesaria pequeñas aplicaciones de fertilizantes azufrados al momento de la siembra. La mayoría de los requerimientos de azufre son lo suficientemente pequeños para ser satisfechos por portadores de nitrógeno y fósforo que contienen azufre. Cuando se utiliza urea o superfosfato triple se necesitan aplicaciones

directas de azufre (54).

El uso directo de fertilizantes azufrados es aún relativamente es caso, aunque Sánchez (54), recomienda que dosis de 10 a 40 kg/ha de azufre, son suficiente para eliminar deficiencias de azufre en suelos del trópico, para la gran mayoría de los cultivos tropicales.

Sousa et al. (57), realizando experimentos en tres zonas arroce--ras de Panamá, utilizando el azufre como tratamiento adicional no en--contró respuestas significativas a la aplicación suplementaria de azu--fre, en los rendimientos de arroz.

Ismunadjí y Zulkanaini (32) en Indonesia, realizando ensayos en potes con suelo que demostraron baja disponibilidad de azufre en los análisis químicos, indican que varias fuentes de azufre tuvieron aproximadamente igual efecto en la corrección de las deficiencias de azufre en el arroz. Parcelas demostrativas en campo, utilizando urea y sulfato de amonio, mostraron respuestas significativas al sulfato de amonio, atribuyéndose esto al contenido de azufre en el fertilizante.

2.5 Microelementos.

Los problemas de los microelementos en los suelos tropicales han sido analizados recientemente, abarcando muy amplios aspectos en la agricultura. Sin embargo, muy rara vez se menciona el arroz, cuyo cultivivo está tan difundido bajo condiciones de secano y de riego en los suelos tropicales. Las principales limitaciones de micronutrientos en el crecimiento del arroz conocidas hasta el momento, en los suelos tropicales ácidos, son las deficiencias de hierro y la toxicidad del manganeso en los cultivos de secano (aeróbicos), las toxicidad de Fe en los suelos sumergidos (anaeróbicos) y la deficiencia de zinc, en los suelos, continuamente inundados (49).

Las deficiencias de micronutrientos ocurren en los suelos donde el uso de buenas prácticas agrícolas y variedades mejoradas de alta producción agotan las reservas a veces moderadas de micronutrientos,

que pueden ser suficientes para obtener cosechas aceptables de un cultivo (44, 51).

Sousa, et al. (57), en ensayos realizados en tres localidades arroceras de Panamá, utilizando microelementos como tratamiento adicional no detectó respuestas significativas del cultivo de arroz, a la aplicación suplementaria de microelementos.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Aspectos generales .

3.1.1 Localización política y geográfica del área

El presente trabajo de investigación se realizó en el Corregimiento de Progreso, ubicado en el Distrito de Barú, Provincia de Chiriquí, República de Panamá; geográficamente se encuentra ubicado entre los 82° 46' y 82° 52' de longitud oeste y entre 8° 20' y 8° 31' de latitud norte, limitando al oeste con la República de Costa Rica (Fig. 1). El corregimiento consta de 13,550 has (31) dedicadas principalmente a la actividad agrícola.

Los ensayos forman parte del programa conjunto IDIAP-CATIE, que se desarrolla desde el año 1980 en el área y se realizaron en el período comprendido de abril a noviembre de 1982.

Según Holdridge (29), Progreso está dentro de la zona de vida, de bosque húmedo tropical, registrándose una precipitación anual promedio de 2,500 mm; con una distribución de 8-9 meses (abril a noviembre) de lluvia y una estación seca de 3-4 meses (diciembre a marzo). Posee una temperatura media anual de 25-27 grados centígrados, propia del clima cálido y una elevación de 40 m.s.n.m. en sus partes más elevadas (13).

3.1.2 Suelos.

En el Corregimiento de Progreso, existen dos tipos predominantes de suelo definidos por Mathews, et al. (40), estos tipos de suelo son los señalados con los números 271 y 272 en el mapa de la Figura 2.

Jacú franco limoso (271)

Jacú franco arenoso (272)

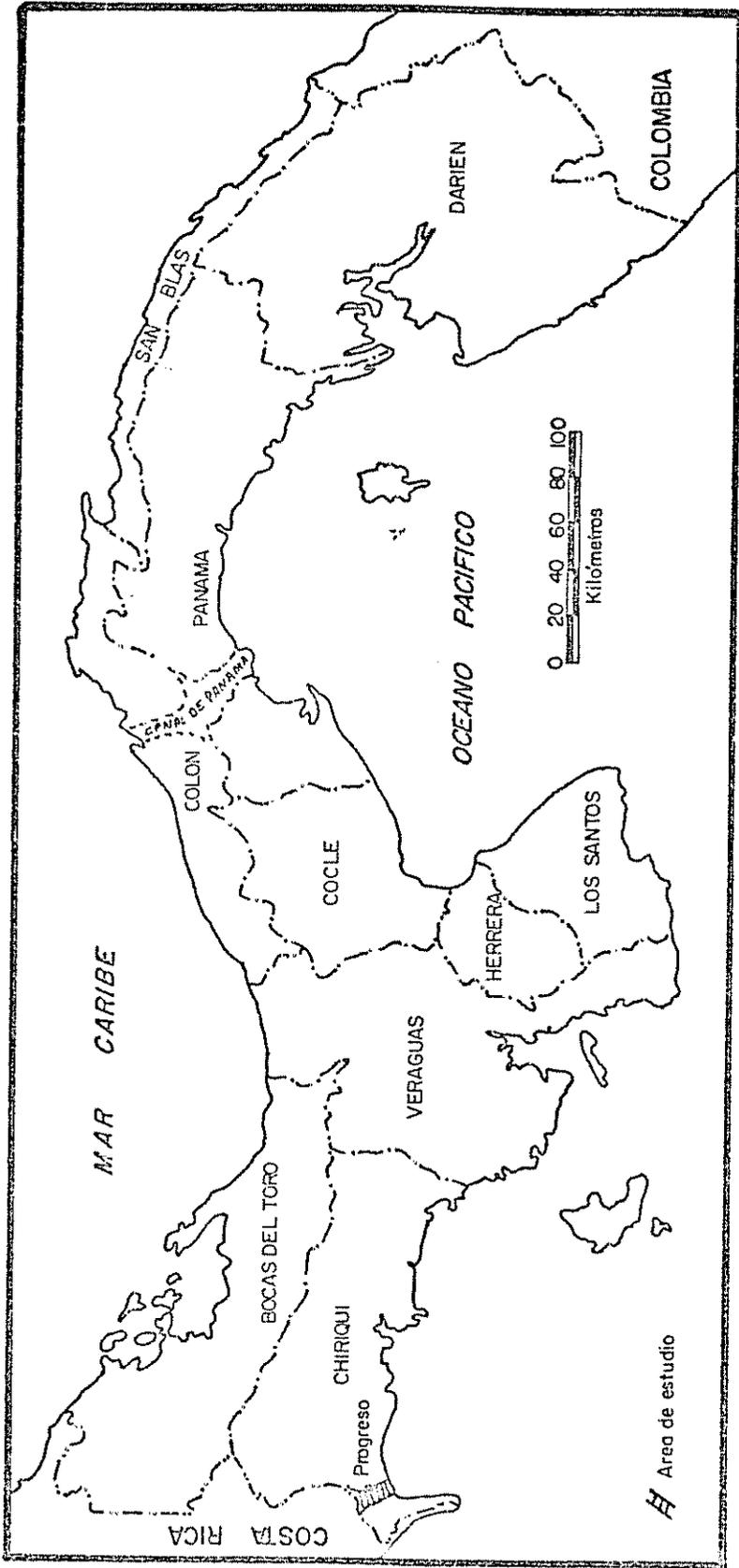


Fig. 1 Mapa de localización, del corregimiento de Progreso, República de Panamá.

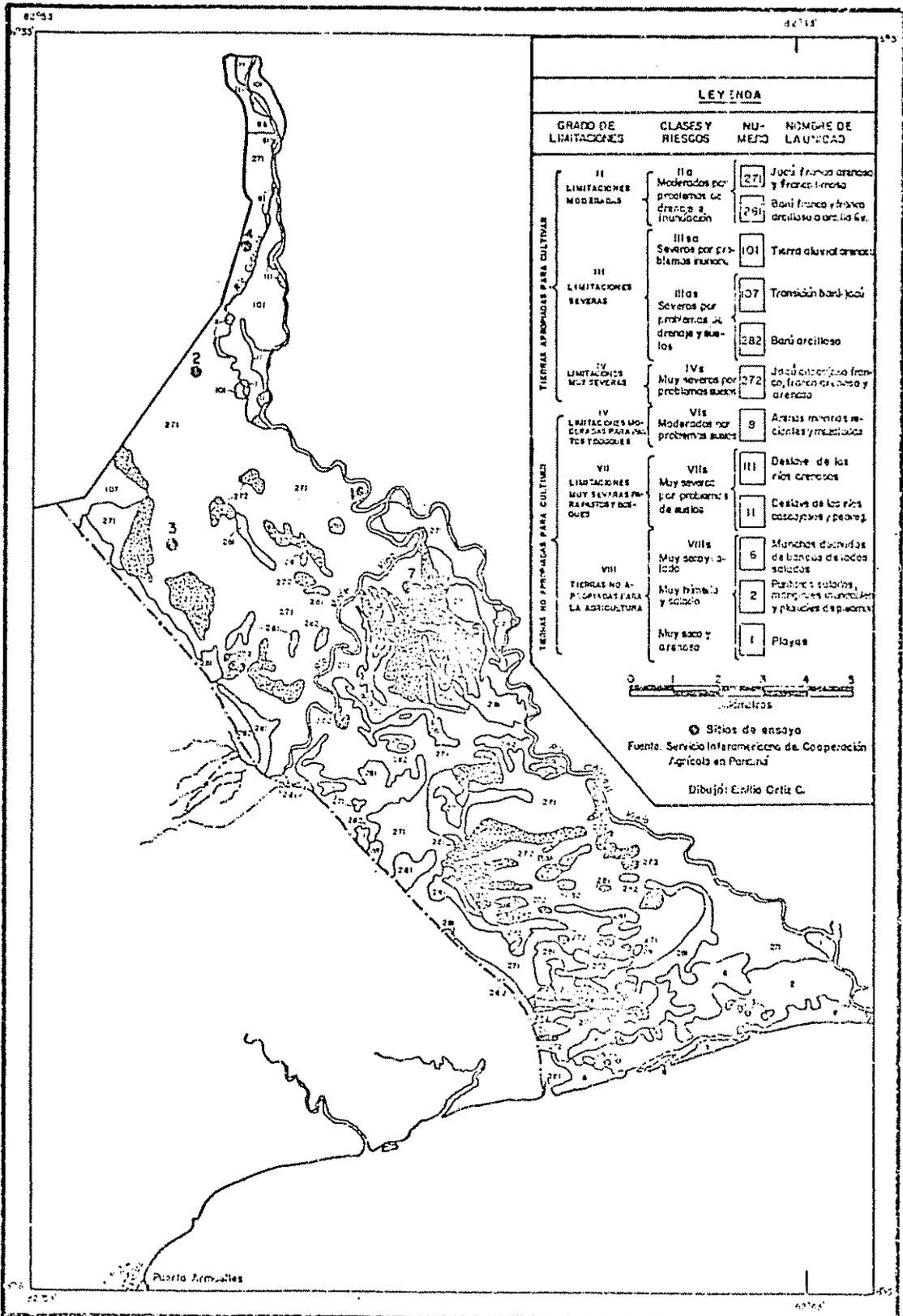


Fig.2 Mapa de los tipos de suelo del asentamiento de Progreso y ubicación de los ensayos. (4G).

Para facilidad de identificación en este estudio se designó como suelo franco limoso al 271 y como suelo franco arenoso al 272.

3.1.2.1 Descripción de los suelos.

Una breve descripción de estos suelos se indica a continuación:

a. -Jacú franco limoso (271).

La capa superficial hasta 45 cm consta de un material franco arenoso fino, de un color que va de pardo muy oscuro a casi negro y con una estructura granular. Su consistencia es algo dura cuando es tá seca, friable cuando está húmeda y algo pegajosa pero no plástica cuando está mojada. El pH varía de poco a moderadamente ácido, el contenido de materia orgánica y la permeabilidad son moderados (40).

El subsuelo que va desde 45-85 cm es pardo o gris oscuro, sin estructura, de textura franco arenosa fina o muy fina, siendo su con sistencia algo dura cuando está seca y muy friable cuando está húme- da, de acidez moderada y con una permeabilidad bastante rápida.

Más abajo y extendiéndose algunas veces por varios metros, hay una masa franco arenosa, pardo-amarillenta clara con moteados y man- chas grises, pardos grises y amarillas. Su consistencia es suave cuando está seca o floja o muy friable cuando está húmeda, la acidez es moderada y su permeabilidad rápida (40).

Son considerados aluviones recientes y clasificados como Incep- tisoles (Dystropepts). (Véase la descripción del perfil típico en la sección 23A del anexo).

b. -Jacú franco arenoso (272).

Esta unidad es de suelos entisoles (Tropofluvents). El perfil es igual al descrito en el Jacú franco limoso, a excepción de que, algunos de estos suelos tienen una textura más liviana (arenas fi--

nas francas) y en algunos casos son cascajosos o pedregosos. Sin embargo, todos estos suelos son buenos para cultivo, aún cuando resultan peligrosos durante la estación lluviosa por ser más propensos a inundaciones (40). (Véase la descripción del perfil típico en la sección 24A del anexo).

3.1.2.2 Muestreo de suelos.

En el sitio de cada ensayo se tomaron muestras representativas (compuestas de 20 submuestras tomadas al azar) de aproximadamente 454 gramos, que fueron enviadas al Laboratorio de Suelos, para su análisis químico y físico correspondiente.

Además, para los estudios de invernadero se tomó una muestra compuesta (20 submuestras tomadas al azar) de aproximadamente 20 kg.

Los dos muestreos se tomaron de 15-20 cm de profundidad.

3.1.2.3 Características químicas de los suelos.

Las características químicas de los suelos en los cuales se realizaron los ensayos, se presentan en el Cuadro 1 y su interpretación (Cuadro 2), se efectuó a base de los niveles críticos de los nutrimentos utilizados por el Laboratorio de Suelos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (Cuadro 4A.). 1/

Suelo franco limoso. Suelo con pH ácido, con mediano contenido de materia orgánica, lo que indica la posibilidad de obtener respuesta a aplicaciones de nitrógeno; no presenta problemas con fósforo, potasio, hierro, magnesio y aluminio, ya que sus contenidos son adecuados; el contenido de zinc y manganeso es bajo; el cobre su contenido en este suelo es bajo. Los valores de las relaciones Ca/Mg y Mg/K, están dentro de lo normal.

1/ A = Anexo.

Cuadro 1. Resultados de los análisis químicos y físicos de los suelos utilizados en los experimentos. 1/

Suelo	Sitio	pH	M.O %	ug/ml							meq/100 ml		Ca / Mg	Mg / K	Textura	Arena %	Limo %	Arcilla %
				P	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Ca	Mg	Al						
Franco	1	5,8	2,9	120,0	224,0	8,0	35,0	3,6	4,0	5,3	0,7	Tr	7,2	1,5	Franco	40,0	48,0	12,0
	2	5,3	5,1	20,5	180,0	8,0	56,0	2,0	4,0	4,9	0,6	0,1	8,2	2,6	Franco	56,0	34,0	10,0
Limoso	3	6,0	1,7	22,0	160,0	10,0	78,0	3,6	14,0	8,1	0,2	0,1	6,7	3,5	Franco	42,0	44,0	14,0
	4	5,7	8,9	50,0	388,0	12,0	14,0	2,4	2,0	8,0	0,8	0,1	9,5	0,8	Franco Arenoso	58,0	40,0	2,0
Franco Arenoso	5	6,1	2,5	120,0	268,0	10,0	82,0	4,8	24,0	8,6	1,2	Tr	7,1	3,5	Franco Arcilloso	26,0	46,0	28,0
	6	6,1	3,1	94,0	92,0	2,0	16,0	1,4	2,0	2,8	0,2	Tr	14,5	0,7	Franco Arenoso	66,0	20,0	14,0
7	5,9	2,5	120,0	148,0	6,0	52,0	1,4	4,0	2,5	0,2	Tr	12,9	0,3	Franco Limoso	36,0	54,0	10,0	

1/ Metodología utilizada

pH: H_2O

M.O: Combustión húmeda. Walkley & Black

P.K y E.M.: Doble ácido diluido

Ca, Mg y Acidez extraíble: KCl 1 N

Textura: Bouyucos. Hydrometro.

Cuadro 2. Interpretación de resultados de los análisis químicos de los suelos de los siete sitios experimentales. 1/

Suelo	Sitio	Agricultor	pH	M.O	P	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Ca	Mg	Al	Ca, Mg/		
														Mg	K	
Franco Limoso	1	B. Pitty	Acido	B	A	A	B	M	B	M	A	M	B	B	+	-
	2	G. Moreno	Acido	M	M	A	B	M	B	M	B	B	B	B	+	+
	3	Asent. 11 de Octubre	Poco ácido	B	M	A	B	A	B	A	A	B	B	B	+	+
	4	S. Morantes	Acido	A	M	A	B	B	B	B	B	A	M	B	+	-
Franco Arcilloso	5	P. González	Poco ácido	B	A	A	B	A	M	A	A	M	B	B	+	+
	6	I. Delgado	Poco ácido	M	A	M	B	B	B	B	B	B	B	B	+	-
	7	R. Arosemena	Acido	B	A	M	B	M	B	M	B	B	B	B	+	-

A: Alto M: Medio B: Bajo +: Sobre lo normal

-: Normal; -: Debajo de lo normal

1/ Utilizando la información del Cuadro 4A.

Suelo franco arenoso. Suelo poco ácido; con contenido de materia orgánica deficiente, lo cual indica que hay altas posibilidades de obtener respuesta a aplicaciones suplementarias de nitrógeno; no tiene problemas con fósforo, potasio, hierro, calcio y aluminio, su contenido es adecuado. El zinc, manganeso y magnesio son bajos, situación que llevaría a suponer que este suelo puede tener respuesta a aplicaciones suplementarias de estos microelementos; se presenta un contenido medio de cobre (suelos anteriormente cultivados con banano). La relación Ca/Mg es adecuada, pero la relación Mg/K es anormal por la deficiencia de magnesio. En ninguno de los dos suelos, hay problemas con el aluminio.

3.2 Experimentos de invernadero.

Los experimentos de invernadero tuvieron como objetivo, por una parte confirmar biológicamente en condiciones controladas, las deficiencias detectadas en los resultados analíticos, y por otra, observar las deficiencias o suficiencias de algunos microelementos cuyo comportamiento involucra ciertos procesos de antagonismo o sinergismo (20, 56).

Estos experimentos permitirían obtener un mejor conocimiento del estado de fertilidad de cada sitio donde se realizaron los ensayos y comprobar el comportamiento de los resultados obtenidos en el campo.

Estos experimentos se efectuaron en el invernadero del Laboratorio de Suelos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

La metodología utilizada para estos ensayos fue la denominada "Técnica del elemento faltante"; descrita por Díaz-Romeu y Hunter (21), la cual consiste en establecer, después de haber diseñado un tratamiento óptimo para el suelo de cada sitio de ensayo, una serie de tratamientos donde falte o se adicione un solo elemento nutritivo cada vez, al tratamiento óptimo, con la finalidad de que las respuestas en rendimiento de materia seca, sean un reflejo del comportamiento indivi

dual de cada tratamiento (6). Se utilizó como planta indicadora el sorgo var. BR-64, que fue sembrado en macetas que contenían 150 ml de suelo. El sorgo generalmente alcanza un adecuado crecimiento bajo estas condiciones a las cuatro o cinco semanas. Se cosechó la parte aérea de la planta para determinar el peso seco, expresando el rendimiento de materia seca en porcentaje.

3.3 Tratamientos y diseño experimental.

3.3.1 Tratamientos de fertilización.

Se estudiaron 18 tratamientos de fertilización, 15 de ellos provenían del arreglo factorial 5 X 3, constituido de cinco dosis de nitrógeno (0-40-80-120-160 kg/ha) por tres dosis de fósforo (0-30-60 kg/ha), más dos tratamientos adicionales: 80 N + 60 P₂O₅ + 40 K₂O + 40 S kg/ha y 80 N + 60 P₂O₅ + 40 K₂O + 20 E.M kg/ha, para observar el comportamiento del arroz frente a una dosis de azufre y de microelementos; además del utilizado por el agricultor que fue de: 64 N + 44 P₂O₅ + 22 K₂O kg/ha. Con relación al potasio, se utilizó una dosis estándar de 40 kg/ha, en los primeros 17 tratamientos, a excepción del tratamiento del agricultor (Cuadro 1A).

3.3.2 Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones en cada sitio experimental.

Del diseño anterior se desprende el siguiente modelo estadístico:

$$X_{ijkp} = u + E_i + B_j + (EB)_{ij} + P_k + (EBP)_{ijk} + S_p + (ES)_{ip} + (BP)_{jp} + (EBS)_{ijp} + \text{Error } ijpk.$$

Donde:

X_{ijkp} = El rendimiento de una parcela es una repetición cualquiera.

u = Es el efecto real de la media general.

E_i = Es el efecto del nivel i éximo del factor nitrógeno.

- B_j = Es el efecto del nivel j ésimo del factor fósforo.
- $(EB)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción del nivel i ésimo del factor nitrógeno con el nivel j ésimo del factor fósforo.
- P_k = Es el efecto del bloque k ésimo.
- $(EBP)_{ijk}$ = Es el efecto de la interacción del nivel i ésimo del factor nitrógeno, con el valor j ésimo del factor fósforo y el valor k ésimo del bloque.
- S_p = Es el efecto del nivel p ésimo del factor sitio.
- $(ES)_{ip}$ = Es el efecto de la interacción del nivel i ésimo del factor nitrógeno, con el valor p ésimo del factor sitio.
- $(BS)_{jp}$ = Es el efecto de la interacción del nivel j ésimo del factor fósforo, con el valor p ésimo del factor sitio.
- $(EBS)_{ijp}$ = Es el efecto de la interacción del nivel i ésimo del factor nitrógeno con el valor j ésimo del factor fósforo y el valor p ésimo del factor sitio.
- E_{ijkp} = Es el efecto del Error.

Modelo estadístico considerando los tratamientos adicionales.

$$X_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

3.3.3 Tamaño de parcela y distanciamiento entre surcos.

El tamaño de la parcela total fue de 3,20 X 6,0 m, (19,2 m²), y de la parcela útil de 2,4 m de ancho por 5 m de largo (12 m²). La distancia entre surcos fue de 0,20 m (Fig. 2A).

3.3.4 Número de ensayos.

Se sembraron siete ensayos distribuidos estratégicamente en el área de estudio; cuatro en el suelo (271) franco limoso y tres en el suelo (272) franco arenoso (40).

En esta forma se esperaba observar el comportamiento de las dosis de fertilización en los dos tipos de suelo, en relación con el rendimiento y otras características del cultivo.

3.4 Ejecución del experimento.

3.4.1 Preparación de suelo.

El suelo se preparó con rastra pesada y liviana, dando tres y dos pases respectivamente.

3.4.2 Siembra y semilla utilizada.

El arroz se sembró manualmente en chorro continuo, con una separación entre surcos de 0,20 m, y con una densidad de 136 kg de semilla por hectárea, utilizando la variedad IR-25, que demostró mejor comportamiento en ensayos de variedades realizadas anteriormente en el área*.

3.4.3 Fertilización.

La fertilización con fósforo, potasio, azufre y elementos menores se realizó manualmente en bandas, antes de la siembra en el fondo del surco. El nitrógeno se aplicó 1/3 de la dosis a la siembra; 1/3 a los 30 días después de la siembra, al inicio del período de macollamiento; y 1/3 a los 70 días, al inicio del primordio floral. Estas épocas coinciden con períodos críticos de necesidades de nitrógeno por el arroz (34).

Fertilizantes utilizados:

Nitrógeno: Urea (46% N)
 Fósforo: Superfosfato Triple (45% de P_2O_5)
 Potasio: Muriato de Potasio (60% K_2O)
 Azufre: Sulfato de Amonio (20,5% de N y 24,2% S)
 E.M.: Se preparó una mezcla de elementos menores a base de óxidos de B, Zn y Mn en las proporciones de 1:2:3 kg respectivamente.

* Comunicación personal; Ing. W. Bejarano. Técnico residente CATIE-Panamá.

3.4.4 Manejo de los ensayos.

3.4.4.1 Combate de insectos.

En los suelos arenosos se aplicó a la siembra, el insecticida granulado Volaton, a razón de 2 kg de i.a/ha y en los suelos arcillosos 1 kg i.a/ha, para prevenir el ataque del grillo talpa (Gryllotalpa hexadactyla).

En los ensayos 1, 2, 6 y 7, se utilizó una dosis adicional de 2 kg de i.a. de Volaton por la severidad del ataque de este insecto.

Igualmente, se utilizó después de la siembra el insecticida Heptacloro PM (25%) en los ensayos 2, 4, 6 y 7, para control del grillo talpa, ya que no fue efectiva en esas áreas el control con el Volaton granulado.

3.4.4.2 Control de malezas.

Para el control de malezas, se utilizó el herbicida Propanil a los 8-12 días de la siembra en dosis de 2,0 kg de i.a/ha y a los 28-30 días se utilizó una mezcla de Propanil 2,5 kg de i.a/ha + 0,72 kg de i.a/ha de 2-4 5T. En algunos ensayos el desarrollo de la maleza fue muy vigoroso, debiéndose emplear limpieza manual.

3.4.4.3 Combate de enfermedades.

A excepción de un ataque bastante severo de Helmin tosporium sp. en el ensayo 2, en el cual se utilizó el fungicida Tecto, a razón de 250 c.c/ha, la presencia de enfermedades en el cultivo no fue visible.

3.5 Datos a tomar.

3.5.1 Meteorológicos.

Previamente a la siembra se instalaron pluviómetros en

cada sitio de los experimentos y se tomaron diariamente los datos de precipitación en mm, desde la siembra hasta la cosecha.

Los datos de precipitación promedios mensuales del área para todo el año, fueron tomados del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación de Panamá, que han sido colectados por varios años (Fig. 3A).

3.5.2 Características agronómicas.

Población inicial de plantas: Tomando 4 lecturas por parcela se determinó el número de plantas por metro lineal, a los 10 días de la germinación.

Vigor: El vigor de las plantas se estimó midiendo su altura a los 60 días de la siembra, tomando 4 lecturas por parcela (12).

Floración: Para cada parcela se anotó el número de días desde la siembra, hasta cuando aproximadamente el 50% de las plantas por parcela estuvieron florecidas (12).

Altura a cosecha: Se estableció midiendo la altura de la planta en centímetros, desde la superficie del suelo hasta la punta de la espiga más alta, antes de la cosecha, efectuando 4 lecturas por parcela (12).

Número de tallos y espigas en 15 cm de surco: Al momento de la cosecha, se determinó el número de tallos y la cantidad de espigas en cuatro muestras de 15 cm de surco en cada parcela.

Número de granos completos, granos vanos y peso de esos granos en 10 espigas: Se recolectaron 10 espigas al

azar por tratamiento; estas fueron desgranadas y luego se contó la cantidad de granos fértiles (completos); de granos vanos y se midió el peso en gramos de granos fértiles.

3.5.3 Cosecha.

La cosecha de arroz se hizo manualmente cuando alcanzó su madurez fisiológica a los 120 días. Para el efecto se marcó la parcela útil, eliminando 0,50 m a cada extremo de los surcos y dos surcos a cada lado de la parcela, quedando un área de 12 m². Se midió el rendimiento de grano por parcela en kg/ha al 14% de humedad (12).

3.5.4 Análisis estadístico.

Para las características de la planta y componentes del rendimiento, se realizaron análisis de varianza en cada ensayo aplicado; además las respectivas pruebas de Duncan entre tratamientos.

Para la variable rendimiento se efectuó un análisis de varianza (factorial), pruebas de Duncan; curvas de respuestas y sus ecuaciones correspondientes, en cada ensayo.

Además se hizo un análisis de varianza combinado por tipo de suelo para evaluar las interacciones de los tratamientos por los sitios. También con estos datos se hizo la prueba de Duncan para medias de los rendimientos y se determinó las ecuaciones de regresión para los dos tipos de suelo.

4. RESULTADOS Y DISCUSION.

Se consideró conveniente tener en cuenta la naturaleza de las variables de respuesta para la presentación y discusión de resultados, ordenándolas de la siguiente forma:

1. Características de la planta.
2. Componentes del rendimiento.
3. Rendimiento.

4.1 Característica de la planta.

4.1.1 Población inicial de plantas.

Los datos de población inicial de plantas se presentan en el Cuadro 7A. El análisis de varianza (Cuadro 3), indica que los tratamientos no influyeron en la densidad inicial, en ninguno de los dos tipos de suelo; ya que no demuestran diferencias estadísticas, pero al realizar la prueba de Duncan para tratamientos (Cuadro 4 y 5), si hay diferencia estadística entre los valores determinados; principalmente en los experimentos 1, 2 y 3 del suelo franco limoso, y en el experimento 6 del suelo franco arenoso. Situación esta que pudo deberse a la heterogeneidad en germinación de la semilla utilizada; pero no al efecto de las dosis de fertilizantes; ya que en los dos tipos de suelo la población inicial varía independientemente del tratamiento utilizado.

Los estudios de correlación (Cuadros 5A y 6A), indican que la población inicial no influyó en los rendimientos promedios de arroz obtenidos.

4.1.2 Vigor.

Los datos de vigor de las plantas a los 60 días de nacidas; tomando como base la altura promedio; se presentan en el Cuadro 8A. Según el análisis de varianza (Cuadro 16A), los tratamientos utilizados

Cuadro 3. Análisis de varianza para promedios de población inicial de plantas.

F. de variación	G. L.	Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
		Cuadrado medio						
Repetición	2	441,2*	372,4*	238,2	109,3	38,8	398,7***	240,1*
Tratamiento	14	137,4	148,5	90,9	62,1	47,5	104,3	36,5
Error	28	87,2	113,1	80,9	92,8	70,8	53,0	50,9
CV		17,5	24,3	16,7	13,3	21,4	14,1	10,1

* Significativa al 5%.

*** Significativa al 1%.

Cuadro 4. Prueba de Duncan al 5%, para promedios de población inicial de plantas. Suelo Franco Limoso.

Ensayo 1			Ensayo 2			Ensayo 3			Ensayo 4		
Nº de Tratamiento	Población Inicial x	1/ Agrup.	Nº de Tratamiento	Población Inicial x	1/ Agrup.	Nº de Tratamiento	Población Inicial x	1/ Agrup.	Nº de Tratamiento	Población Inicial x	1/ Agrup.
3	67,7	A	4	58,3	A	15	63,7	A	4	83,3	A
5	58,9	AB	1	50,5	AB	8	62,4	A	2	77,0	A
8	58,0	AB	7	49,6	AB	1	61,9	A	14	75,7	A
4	56,3	AB	6	47,3	AB	7	55,5	AB	15	75,4	A
6	55,3	ABC	14	46,9	AB	9	55,3	AB	10	74,6	A
12	55,3	ABC	5	46,2	AB	11	54,2	AB	7	73,0	A
2	54,7	ABC	15	46,1	AB	12	54,0	AB	3	71,5	A
15	53,5	ABC	13	44,6	AB	4	52,8	AB	9	71,5	A
14	52,6	ABC	12	42,4	AB	10	51,8	AB	8	71,0	A
10	51,6	ABC	8	42,2	AB	13	51,7	AB	13	69,7	A
1	50,3	ABC	10	38,8	AB	2	51,2	AB	1	69,3	A
9	50,3	ABC	11	38,0	B	6	50,3	AB	6	69,0	A
11	49,0	BC	9	36,9	B	3	49,5	AB	11	67,5	A
7		C	2	36,4	B	14	47,6	AB	12	67,0	A
13	37,3	C	3	29,5	B	5	44,0	B	5	66,0	A

1/ Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

Cuadro 5. Prueba de Duncan al 5%, para promedios de población inicial de plantas. Suelo Franco Arenoso.

Ensayo 5			Ensayo 6			Ensayo 7		
Nº de Tratamiento	Población inicial \bar{x}	Agrup. <u>1/</u>	Nº de Tratamiento	Población inicial \bar{x}	Agrup. <u>1/</u>	Nº de Tratamiento	Población inicial \bar{x}	Agrup. <u>1/</u>
1	46,2	A	9	60,6	A	12	76,0	A
4	43,5	A	5	59,9	A	10	75,7	A
12	42,6	A	6	58,2	AB	2	73,5	A
14	42,6	A	8	57,9	AB	1	73,3	A
2	42,4	A	1	54,2	ABC	15	72,0	A
10	41,5	A	12	54,0	ABC	9	71,3	A
9	40,5	A	3	52,3	ABC	8	70,6	A
8	40,1	A	14	51,1	ABC	13	70,5	A
3	39,2	A	11	48,4	ABC	5	69,5	A
6	37,8	A	4	47,4	ABC	3	69,5	A
11	36,2	A	2	47,0	ABC	14	69,0	A
7	34,9	A	10	46,6	ABC	11	67,9	A
5	34,4	A	15	46,6	ABC	6	67,5	A
15	34,0	A	7	45,5	BC	4	66,0	A
13	33,5	A	13	41,4	C	7	63,3	A

1/ Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

influyeron directamente en el vigor, ya que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, en los dos tipos de suelo.

La prueba de Duncan (Cuadros 6 y 7), indica que a medida que se incrementa la dosis aumenta el vigor; especialmente con respecto al nitrógeno, esta situación se presenta en los dos tipos de suelo.

También, se puede observar que hay diferencia de vigor entre ensayos, siendo las menos vigorosas las de los ensayos 6 y 7; probablemente debido a que en estos sitios hubo déficit de agua entre los 10 y 25 días de nacida la planta (Fig. 6 y 14).

Los coeficientes de correlación (Cuadros 5A y 6A), indican que el vigor está relacionado con el rendimiento.

4.1.3 Floración.

Los promedios de días al 50% de floración de las plantas, se presentan en el Cuadro 9A. En el análisis de varianza (Cuadro 17A), se puede observar, en los dos tipos de suelo que en cinco de los siete sitios hubo diferencia estadística en la época de floración por efecto de los tratamientos aplicados. La prueba de Duncan (Cuadros 8 y 9), indica en seis de los ensayos que hubo una tendencia de las mayores dosis de nitrógeno y fósforo, a presentar una floración más temprana; mientras que los tratamientos con menores niveles de estos nutrimentos tuvieron un período más largo a la floración.

La correlación floración-rendimiento (Cuadros 5A y 6A), indica que la duración a la floración, no afectó directamente en la producción.

Variedades de arroz de 80-90 días a la floración, similares a la utilizada en estos experimentos, generalmente producen mayor cantidad de grano al aplicar dosis de 150 kg/ha de nitrógeno, sin embargo, al demorar cerca de 100 días la floración, la respuesta del rendimiento al nitrógeno tiende a disminuir (52). Esto se presentó

Cuadro 6. Prueba de Duncan al 5%, para valores promedios del vigor (altura en cm.). Suelo Franco Limoso.

Ensayo 1			Ensayo 2			Ensayo 3			Ensayo 4		
Nº de Tratamiento	Altura \bar{X}	Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Altura \bar{X}	Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Altura \bar{X}	Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Altura \bar{X}	Agrup. 1/
14	55,9	A	15	59,7	A	15	57,5	A	15	47,9	A
13	52,9	AB	14	59,3	A	13	55,9	AB	10	46,2	AB
15	48,9	ABC	4	57,4	A	10	53,5	ABC	13	45,6	AB
9	47,0	BCD	11	57,0	A	12	49,4	BCD	14	45,4	AB
11	44,0	CDE	6	56,4	A	11	48,9	CDE	4	45,0	AB
12	43,4	CDE	9	55,4	A	10	48,0	CDEF	9	44,6	AB
10	43,1	CDE	3	55,2	A	7	47,8	CDEF	3	44,5	AB
5	40,8	DEF	5	54,6	A	9	45,0	DEFG	11	43,8	AB
8	40,3	DEF	12	54,5	A	8	44,3	DEFGH	5	42,5	ABC
4	40,0	DEF	7	54,3	A	4	42,9	DEFGH	1	41,9	ABC
6	39,0	DEF	8	54,2	A	5	42,0	EFGH	7	40,9	ABC
7	38,5	EF	13	54,0	A	6	41,1	FGH	12	40,8	ABC
1	37,5	EF	10	53,7	A	2	38,9	GHI	8	39,5	BC
3	37,5	F	2	51,2	A	3	37,5	HI	6	39,2	BC
2	33,6	F	1	50,6	A	1	32,7	I	2	35,7	C

1/ Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

Cuadro 7. Prueba de Duncan al 5%, para valores promedios del vigor (altura cm.). Suelo Franco Arenoso.

Ensayo 5			Ensayo 6			Ensayo 7		
Nº de Tratamiento	Altura \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{\bar{X}}$	Nº de Tratamiento	Altura \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{\bar{X}}$	Nº de Tratamiento	Altura \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{\bar{X}}$
14	64,0	A	14	36,3	A	13	46,0	A
9	58,4	AB	15	35,8	AB	15	44,8	AB
13	58,1	AB	12	34,6	ABC	10	44,6	ABC
15	58,0	AB	6	34,5	ABCD	12	44,0	ABC
12	55,3	ABC	9	32,0	ABCDE	9	42,7	ABC
6	54,5	ABC	11	31,9	ABCDE	11	42,6	ABC
8	54,5	ABC	8	30,5	ABCDE	14	42,5	ABC
11	52,4	BCD	5	29,8	ABCDE	7	41,2	ABC
7	52,0	BCD	10	29,5	ABCDE	8	40,9	ABC
3	50,2	BCD	1	29,2	BCDE	4	39,0	BCD
10	49,9	BCD	7	28,7	CDE	6	38,6	CD
5	48,5	BCD	13	28,7	CDE	5	38,5	CD
4	46,7	CD	3	28,1	CDE	1	34,7	DE
2	43,0	D	2	27,6	DE	3	34,6	DE
1	42,9	D	4	26,2	E	2	30,9	E

$\frac{1}{\bar{X}}$ Tratamiento con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

Cuadro 8. Prueba de Duncan al 5%, para promedios de días al 50% de la floración. Suelo Franco Limoso.

Ensayo 1			Ensayo 2			Ensayo 3			Ensayo 4		
Nº de Tratamiento	Días a floración \bar{X}	Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Días a floración \bar{X}	Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Días a floración \bar{X}	Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Días a floración \bar{X}	Agrup. 1/
1	91,0	A	2	85,0	A	1	83,6	A	2	88,3	A
2	91,0	A	3	85,6	A	2	83,6	A	9	88,3	A
3	91,0	A	9	81,6	AB	4	81,6	AB	3	86,7	AB
13	91,0	A	5	79,3	AB	3	81,0	AB	7	83,3	ABC
4	83,6	B	7	79,3	AB	5	79,0	ABC	11	83,3	ABC
6	83,6	B	11	79,3	AB	6	79,0	ABC	13	83,3	ABC
7	83,6	B	13	79,3	AB	13	77,0	BC	14	83,3	BC
5	80,0	B	1	76,0	B	7	75,0	C	5	81,7	BCD
8	80,0	B	4	76,0	B	8	75,0	C	4	78,3	CDE
9	80,0	B	6	76,0	B	9	75,0	C	10	78,3	CDE
10	80,8	B	8	76,0	B	10	75,0	C	15	76,7	DE
11	80,0	B	10	76,0	B	11	75,0	C	1	75,0	E
12	80,0	B	12	76,0	B	12	75,0	C	6	75,0	E
14	80,0	B	14	76,0	B	14	75,0	C	8	75,0	E
15	74,3	B	15	76,0	B	15	75,0	C	12	75,0	E

1/ Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

Cuadro 9. Prueba de Duncan al 5%, para promedios de días al 50% de la floración. Suelo Franco Arenoso.

Ensayo 5			Ensayo 6			Ensayo 7		
Nº de Tratamiento	Días a floración \bar{X}	Agrup. ^{1/}	Nº de Tratamiento	Días a floración \bar{X}	Agrup. ^{1/}	Nº de Tratamiento	Días a floración \bar{X}	Agrup. ^{1/}
2	89,6	A	4	93,0	A	2	90,0	A
3	85,6	AB	2	91,0	AB	1	88,0	AB
1	85,0	AB	7	91,0	AB	4	86,6	ABC
13	84,0	AB	10	91,0	AB	13	86,6	ABC
15	84,0	AB	13	91,0	AB	3	84,6	BCD
5	81,6	B	1	88,0	AB	5	83,3	CD
7	81,6	B	3	88,3	AB	6	83,3	CD
8	81,6	B	5	88,3	AB	7	82,0	D
10	81,6	B	6	88,3	AB	8	82,0	D
4	80,0	B	14	88,3	AB	9	82,0	D
6	80,0	B	8	87,6	AB	10	82,0	D
9	80,0	B	9	85,6	AB	11	82,0	D
11	80,0	B	11	85,6	AB	12	82,0	D
12	80,0	B	12	85,6	AB	14	82,0	D
14	80,0	B	15	83,0	B	15	82,0	D

^{1/} Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

especialmente en el ensayo 6, donde el promedio de días a floración fue mayor y allí se obtuvieron los menores rendimientos de arroz.

4.1.4 Altura de la planta a la cosecha.

En el Cuadro 10A, se presenta la altura promedio de plantas medida en centímetros a la cosecha. El análisis de varianza para esta variable (Cuadro 18A), indica que hay diferencia estadística de altura a la cosecha entre tratamientos en cuatro de los siete ensayos; lo que se comprobó al realizar las pruebas de Duncan (Cuadros 10 y 11) donde se encontró que las mayores alturas de plantas a la cosecha se obtienen con las mayores dosis de nitrógeno y fósforo. Estos resultados, demuestran que hay respuesta positiva de esta variable a las aplicaciones crecientes de estos nutrimentos, hasta las mayores dosis que se aplicaron.

Bravo (8) en ensayos de niveles de nitrógeno con la variedad IR-22, encontró que la altura estuvo directamente relacionada con los niveles de nitrógeno, a mayores dosis 150 kg/ha obtuvo la mayor altura. Resultados semejantes se obtuvieron en estos experimentos en los dos tipos de suelo. Los coeficientes de correlación (Cuadros 5A y 6A), indican que la altura a cosecha influye positivamente en el rendimiento del arroz.

4.2 Componentes del rendimiento.

4.2.1 Número promedio de tallos.

El Cuadro 11A, presenta el número promedio de tallos al momento de la cosecha. El análisis de varianza (Cuadro 19A), indica que no hay diferencia a nivel estadístico en el número de tallos con respecto a los tratamientos utilizados. Estos resultados muestran que las dosis de nitrógeno y fósforo utilizados no influyeron en el macollamiento del arroz.

Muños (42), indica que durante el inicio del macollamiento el nivel de fertilización nitrogenada influye directamente en la producu

Cuadro 10. Prueba de Duncan al 5%, para promedios de altura de plantas en cm. a la cosecha. Suelo Franco Limoso.

Ensayo 1			Ensayo 2			Ensayo 3			Ensayo 4		
Nº de Tratamiento	Altura a cosecha \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{\bar{X}}$	Nº de Tratamiento	Altura a cosecha \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{\bar{X}}$	Nº de Tratamiento	Altura a cosecha \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{\bar{X}}$	Nº de Tratamiento	Altura a cosecha \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{\bar{X}}$
14	77,0	A	2	86,5	A	13	85,2	A	15	69,9	A
13	73,8	AB	3	85,0	AB	14	82,6	AB	14	69,4	A
15	70,0	ABC	11	83,9	AB	15	82,3	AB	4	69,0	AB
8	69,5	ABC	15	83,9	AB	12	79,9	ABC	10	68,3	ABC
11	68,3	ABC	4	82,4	AB	10	78,8	ABC	12	67,8	ABC
10	67,8	BCD	12	82,2	AB	11	77,8	BCD	9	67,3	ABC
9	67,4	BCD	8	80,9	AB	7	76,9	-BCD	1	67,0	ABC
7	67,0	BCD	7	80,6	AB	9	76,8	BCD	13	66,7	ABC
12	66,9	BCD	12	80,5	AB	8	76,7	BCD	3	66,1	ABC
4	64,6	BCDE	14	80,5	AB	4	74,5	CDE	6	66,1	ABC
5	61,8	CDE	10	80,4	AB	5	73,9	CDE	11	65,5	ABC
6	61,6	CDE	5	78,9	AB	6	71,2	DEF	5	65,5	ABC
1	61,5	CDE	9	78,5	AB	2	69,2	EF	8	64,3	BC
3	58,8	DE	1	77,2	AB	3	65,8	F	7	64,2	BC
2	56,5	E	6	76,6	B	1	64,9	F	2	63,8	C

1/ Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

Cuadro 11. Prueba de Duncan al 5%, para promedio de altura de plantas en cm. a la cosecha. Suelo Franco Arenoso.

Ensayo 5			Ensayo 6			Ensayo 7		
Nº de Tratamiento	Altura a cosecha \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{-}$	Nº de Tratamiento	Altura cosecha \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{-}$	Nº de Tratamiento	Altura a cosecha \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{-}$
15	88,5	A	11	67,3	A	12	68,5	A
13	84,3	AB	15	67,1	AB	15	66,0	AB
9	83,5	AB	9	65,2	ABC	10	64,5	ABC
14	83,5	AB	14	65,2	ABC	8	63,7	ABCD
12	82,6	AB	6	65,1	ABC	13	63,6	ABCD
8	82,0	ABC	12	65,1	ABC	4	63,4	ABCD
7	80,6	ABC	1	62,0	ABCD	9	63,2	ABCD
10	80,2	ABCD	7	61,5	ABCD	14	61,6	ABCD
11	79,8	BCD	5	60,6	ABCD	11	59,5	ABCD
3	77,0	BCD	8	59,3	ABCD	7	59,1	BCDE
5	76,4	BCD	10	58,5	ABCD	5	59,0	BCDE
6	72,2	BCD	4	54,9	BCD	2	58,4	BCDE
4	74,1	CDE	3	54,6	CD	6	55,3	CDE
1	72,1	DE	2	53,6	CD	3	54,5	DE
2	67,5	E	13	51,5	D	1	54,2	E

$\frac{1}{-}$ Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

ción de tallos bajo condiciones óptimas de cultivo, lo cual está estrechamente relacionado con el rendimiento en arroces de porte bajo, a mayor cantidad de tallos hay una mayor cantidad de espigas y por consiguiente una mayor producción de granos.

En los experimentos realizados no se detectaron diferencias entre el número de tallos, debido a que en todos los ensayos hubo deficiencia de agua durante el período de macollamiento (Fig. 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16), lo cual impidió un buen aprovechamiento del fertilizante en esa etapa de crecimiento.

Al no haber diferencias en el número de tallos, tampoco hubo correlación (Cuadros 5A y 6A) entre las variables rendimientos y número de tallos.

4.2.2 Número de espigas.

Los datos del número promedio de espigas en 15 cm de surco al momento de la cosecha se presentan en el Cuadro 12A. El análisis de varianza (Cuadro 20A), demuestra que no hay diferencia estadística en el número de espigas, por efecto de los tratamientos aplicados. Es notable el hecho de que el número de espigas es menor al número de tallos (Cuadros 11A y 12A); situación que pudo presentarse debido a problemas de suministro de nitrógeno por la falta de agua en el inicio del primordio de la panoja; lo cual provocó la formación de macollas infértiles (42). Estos resultados no son normales en este tipo de variedades, pero como el año agrícola fue anormal en precipitación, los resultados de estas variables también fueron anormales.

4.2.3 Número de granos en 10 espigas.

En el Cuadro 13A, se observan los datos del número promedio de granos normales en 10 espigas, al momento de la cosecha. Según el análisis de varianza (Cuadro 12), existen diferencias estadísticas en el número de granos, debido a los tratamientos solamente en

Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza del número promedio de granos contenidos en 10 espigas.

F. de variación	G. L.	Suelo Franco Limoso			Suelo Franco Arenoso			
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
Cuadrado medio								
Repetición	2	145288,9***	5229,6	57355,0***	9852,3	23799,8	12582,5	4881,5
Tratamientos	14	24811,5***	47532,3	8123,8	8781,7	45098,1***	18274,2**	4256,3
Error	28	8181,7	25629,2	8377,4	5783,4	11952,6	8686,0	2973,4
C.V.		13,8	22,9	15,7	15,9	12,3	24,8	16,2

* Significativa al 5%.

** Significativa al 1%.

el ensayo 1 del suelo franco limoso y en los ensayos 5 y 6 del suelo franco arenoso.

Resultados obtenidos por Bravo (9), demuestran que hay diferencias altamente significativas en el número de granos por panícula, cuando se aplican diferentes niveles de nitrógeno, y que el nitrógeno aplicado durante el estado de encañado de arroz influye directamente en la producción de granos fértiles.

La prueba de Duncan para esta variable (Cuadros 13 y 14), confirma lo expresado por la literatura, ya que en los dos tipos de suelo, la mayor cantidad de granos normales tienden a encontrarse en los tratamientos con mayor dosis de nitrógeno; y las menores cantidades con las más bajas.

En los ensayos 6 y 7 del suelo franco arenoso, se obtuvo la menor cantidad de granos, y los menores rendimientos.

Al efectuar estudios de perfil se encontró suelos franco-arenosos y limoso a una profundidad de aproximadamente de hasta 10 cm; a mayores profundidades solo contenía arena (Ver Sección 24A, descripción del perfil típico del suelo franco arenoso), demostrando poca retención de agua y una mayor pérdida de nutrientes por lixiviación; sumado a problemas en el régimen de lluvia son causas del pobre comportamiento de la planta de arroz.

La correlación (Cuadros 5A y 6A) de esta variable con respecto a rendimiento en el caso de estos experimentos no fue muy alta; (coeficiente de 0,48 a 0,78) como debió ocurrir; si el crecimiento del cultivo hubiera sido normal.

4.2.4 Número de granos vanos en 10 espigas.

Los datos del número promedio de granos vanos en 10 espigas a la cosecha, se presentan en el Cuadro 14A. El análisis de varianza (Cuadro 21A), indica que no existe diferencia estadística entre tratamientos, en relación con el número de granos vanos, en ninguno de

Cuadro 13. Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de granos contenidos en 10 espigas. Suelo Franco Limoso.

Ensayo 1			Ensayo 2			Ensayo 3			Ensayo 4		
Nº de Tratamiento	Granos \bar{X}	Agrup. 1/ Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Granos \bar{X}	Agrup. 1/ Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Granos \bar{X}	Agrup. 1/ Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Granos \bar{X}	Agrup. 1/ Agrup. 1/
10	801,0	A	10	894,3	A	6	658,0	A	14	591,0	A
13	794,7	A	2	882,7	A	13	650,7	A	11	516,3	AB
14	741,0	AB	7	878,0	A	15	650,7	A	15	515,3	AB
12	730,7	ABC	1	779,7	AB	14	637,7	A	13	509,7	AB
9	719,0	ABC	9	727,3	ABC	7	615,7	A	12	494,3	AB
15	683,0	ABCD	11	699,3	ABC	12	610,3	A	10	494,3	AB
11	679,7	ABCD	3	696,7	ABC	3	574,3	A	8	490,3	AB
4	666,3	ABCD	14	694,3	ABC	10	573,3	A	4	487,3	AB
8	640,7	ABCD	15	681,3	ABC	2	570,7	A	1	469,7	AB
7	596,3	BCD	5	672,3	ABC	11	570,7	A	5	453,3	AB
3	586,0	BCD	13	669,0	ABC	5	542,3	A	3	439,0	B
2	557,7	CD	8	629,7	ABC	8	538,7	A	9	431,7	B
5	554,7	CD	12	589,7	ABC	4	534,7	A	7	425,0	B
1	540,3	D	4	510,0	BC	9	527,7	A	2	419,0	B
6	532,0	D	6	462,0	C	1	489,0	A	6	401,0	B

Cuadro 14. Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de granos contenidos en 10 espigas. Suelo Franco Arenoso.

Ensayo 5			Ensayo 6			Ensayo 7		
Nº de Tratamiento	Granos \bar{X}	Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Granos \bar{X}	Agrup. 1/	Nº de Tratamiento	Granos \bar{X}	Agrup. 1/
15	1170,0	A	15	517,3	A	3	393,7	A
13	1026,7	AB	11	501,0	A	10	393,7	A
7	1008,3	ABC	6	466,3	AB	11	370,7	AB
14	997,3	ABCD	1	424,3	AB	14	366,7	AB
9	929,7	BCDE	13	396,7	ABC	15	361,3	AB
10	897,7	BCDEF	9	377,7	ABC	12	355,7	AB
8	888,7	BCDEF	7	375,3	ABC	5	350,7	AB
11	861,3	BCDEF	3	358,0	ABC	7	339,3	AB
4	859,0	BCDEF	10	355,3	ABC	6	318,0	AB
6	858,7	BCDEF	12	348,7	ABC	13	310,3	AB
12	806,3	CDEF	14	344,7	ABC	4	307,3	AB
1	793,3	DEF	5	335,7	ABC	8	297,7	AB
3	791,7	DEF	2	295,0	BC	1	295,7	AB
5	752,0	EF	8	287,3	BC	9	289,3	AB
2	694,0	F	4	233,6	C	2	283,7	B

1/ Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

los experimentos. No existe correlación (Cuadros 5A y 6A), entre el número de granos vanos y el rendimiento obtenido en los diferentes ensayos.

En el Cuadro 14A, se observa que el ensayo 2 del suelo franco limoso tiene cantidades superiores de granos vanos, comparado con los demás. Esta situación se debió tal vez a un ataque tardío de Rupella albinella, en la época de llenado de granos, que ocasionó el vaneado masivo. Por otra parte, la falta de agua en el período de llenado de granos (Fig. 10) contribuyó también a producir esta cantidad de granos vanos en este ensayo.

4.2.5 Peso de granos.

En el Cuadro 15A, se presentan los datos de peso promedio de los granos normales obtenidos en 10 espigas. Según el análisis de varianza (Cuadro 15) los tratamientos de nitrógeno y fósforo, influyeron en el peso final de los granos a cosecha, solamente en los ensayos 1 y 5.

Investigaciones realizadas (11, 47, 59), indican que la existencia de una amplia área foliar en el arroz, un adecuado suplemento de nitrógeno y fósforo y un buen suministro de agua durante las fases reproductivas, llenado de granos y maduración; son necesarias para que la planta pueda absorber estos nutrimentos y producir abundantes carbohidratos que indicará un mayor peso final de granos.

Existió correlación (Cuadros 5A y 6A) de esta variable, con el rendimiento final en cinco de los siete experimentos.

La prueba de Duncan (Cuadros 16 y 17), indica que el mayor peso de granos, se obtuvo con los mayores niveles de nitrógeno y el menor peso con las dosis más bajas. No se detectó una tendencia similar para los niveles de fósforo.

Hay diferencia entre el peso total obtenido para cada uno

Cuadro 15. Cuadrado medio del análisis de varianza para el peso promedio de los granos contenidos en 10 espigas.

F. de variación	G. L.	Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
		Cuadrado medio						
Repeticiones	2	90,3***	24,4	27,5	4,5	19,5	9,9	2,9
Tratamientos	14	12,9***	15,5	5,7	3,4	21,5*	8,9	2,3
Error	28	4,2	8,7	3,9	3,9	10,3	4,4	1,7
C.V.		8,3	21,5	9,3	10,7	15,7	36,1	8,9

* Significativa al 5%.

*** Significativa al 1%.

Cuadro 16. Prueba de Duncan al 5%, para el peso promedio de los granos contenidos en 10 espigas. Suelo Franco Limoso.

Ensayo 1			Ensayo 2			Ensayo 3			Ensayo 4		
Nº de Tratamiento	Peso \bar{X}	Agrup. <u>1/</u>	Nº de Tratamiento	Peso \bar{X}	Agrup. <u>1/</u>	Nº de Tratamiento	Peso \bar{X}	Agrup. <u>1/</u>	Nº de Tratamiento	Peso \bar{X}	Agrup. <u>1/</u>
10	25,8	A	2	19,2	A	14	22,9	A	14	20,8	A
14	24,8	AB	13	16,5	AB	15	22,8	A	13	19,6	AB
4	23,5	ABC	9	15,8	ABC	13	22,3	A	15	19,1	AB
13	22,9	ABC	10	14,8	ABC	6	21,9	AB	11	19,1	AB
9	22,9	ABCD	3	14,4	ABC	7	21,8	AB	10	19,1	AB
15	22,6	ABCD	7	14,0	ABC	11	21,5	AB	12	18,7	AB
12	22,3	ABCD	14	13,6	ABC	10	21,5	AB	1	18,7	AB
8	22,3	ABCD	4	12,9	BC	12	21,4	AB	4	18,4	AB
11	21,3	BCDE	1	12,8	BC	5	20,8	AB	5	18,2	AB
7	20,6	CDE	5	12,8	BC	8	20,3	AB	8	18,0	AB
3	20,3	CDE	12	12,4	BC	2	20,2	AB	2	17,8	AB
6	20,1	CDE	15	12,2	BC	9	19,8	AB	3	17,3	AB
5	20,1	CDE	8	11,9	BC	4	19,6	AB	7	17,3	AB
2	19,2	DE	6	10,8	BC	3	19,3	AB	9	17,3	AB
1	18,3	E	11	10,6	C	1	18,1	B	6	16,6	B

1/ Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

Cuadro 17. Prueba de Duncan al 5%, para el peso promedio de los granos contenidos en 10 espigas. Suelo Franco Arenoso.

Ensayo 5			Ensayo 6			Ensayo 7		
Nº de Tratamiento	Peso \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{\bar{X}}$	Nº de Tratamiento	Peso \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{\bar{X}}$	Tratamiento	Peso \bar{X}	Agrup. $\frac{1}{\bar{X}}$
14	24,1	A	15	8,9	A	11	15,9	A
13	23,5	AB	11	8,2	AB	10	15,9	A
9	23,3	AB	6	7,5	AB	5	15,7	A
7	23,2	AB	9	7,2	AB	3	15,5	AB
10	21,9	ABC	1	6,9	AB	14	15,0	AB
8	21,4	ABC	7	6,1	ABC	15	15,0	AB
12	21,0	ABCD	13	5,9	ABC	7	15,0	AB
11	20,5	ABCD	12	5,4	ABC	12	14,9	AB
4	20,3	ABCD	14	5,1	ABC	6	14,4	AB
15	20,2	ABCD	10	4,8	BC	2	14,4	AB
6	19,1	ABCD	3	4,8	BC	13	14,0	AB
3	18,9	ABCD	5	4,4	BC	9	14,0	AB
1	17,5	BCD	8	4,2	BC	1	13,9	AB
5	16,5	CD	2	4,0	BC	4	13,5	AB
2	15,0	D	4	2,0	C	8	13,0	B

1/ Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

de los ensayos, esto es debido a la cantidad promedio de granos contenidos (Cuadro 14A). El ensayo 2, demostró tener la mayor cantidad de granos en 10 espigas; pero su peso total es menor; debido a un llenado anormal de granos, por problemas de insectos barrenadores y falta de agua en el período de llenado.

El peso promedio de 1000 granos para este tipo de variedades es de 40-50 gramos; en estos experimentos el peso promedio fue de 15-43 gramos por 1000 granos, debido a que el cultivo creció durante un año irregular en precipitación y por consiguiente los resultados fueron anormales.

4.3 Rendimiento.

Los resultados de rendimiento de los experimentos de invernadero y de los experimentos de campo, se presentan de acuerdo al tipo de suelo en el cual se realizaron.

4.3.1 Efecto de fertilización en suelos Aquic-Dystropepts, franco limoso, Isohipertérmico.

4.3.1.1 Finca de Baudilio Pitty.

a. Experimento de invernadero: 1.

Se realizaron estos experimentos con la finalidad de disponer de información previa sobre el estado de fertilidad de los suelos, a fin de tomarla como base para establecer los tratamien--tos de campo.

Los rendimientos porcentuales de materia seca obtenidos en este experimento, se presentan en la Fig. 25A.

Las principales deficiencias nutritivas del suelo de este sitio detectadas en el análisis químico (Cuadros 1 y 2) fueron Nitrógeno, Manganeso y Zinc. En el ensayo de invernadero, no se detectó ninguna deficiencia, ya que al eliminar del tratamiento completo cada uno de estos tres nutrimentos, los rendimientos obtenidos

fueron superiores al nivel de 80%, que es considerado como mínimo para indicar deficiencias. El testigo rindió el 75.0%.

Es notable en este experimento, el efecto extraordinario de la aplicación de fósforo suplementario en el rendimiento de materia seca (188.0%) con respecto al tratamiento completo. Aunque el análisis químico indica que su contenido es alto, pudiese ser que las cantidades indicadas por el análisis son insuficientes, a nivel de invernadero, porque a nivel de campo no hubo respuesta a este nutrimento. Esta situación llevaría a la necesidad de efectuar es tudios posteriores de invernadero con suelo de este sitio.

b. Experimento de campo: 1.

Los rendimientos de arroz en kg/ha, obtenidos en el experimento 1, se presentan en el Cuadro 18. Se observa que a medida que aumenta la dosis de nitrógeno, también se incrementa el rendimiento hasta llegar a los 3076 kg/ha de arroz con 160 kg de nitrógeno por hectárea. Este rendimiento es superior con 1624 kg/ha de arroz, al producido con el nivel cero de nitrógeno, lo cual significa que con un aumento en el costo variable de \$104,00, el agricultor pue de obtener \$395,00 de beneficio adicional por hectárea.

Las dosis de fósforo en cambio, no ocasionaron ningún incremento en el rendimiento; tampoco este elemento estuvo interacción con el nitrógeno.

Cuadro 18: Rendimiento promedio de arroz en Kg/ha al 14% de humedad. Experimento 1.

		Fósforo (Kg/ha)			
		0	30	60	\bar{x}
Nitrógeno Kg/ha	Dosis				
	0	1492,2	1510,3	1353,7	1452,1
	40	2328,5	1650,3	1759,0	1912,5
	80	2304,3	2325,0	2427,0	2352,1
	120	2580,7	2583,3	2758,7	2641,9
	160	2839,0	3504,0	2884,0	3076,7
\bar{x}		2309,9	2314,6	2236,5	

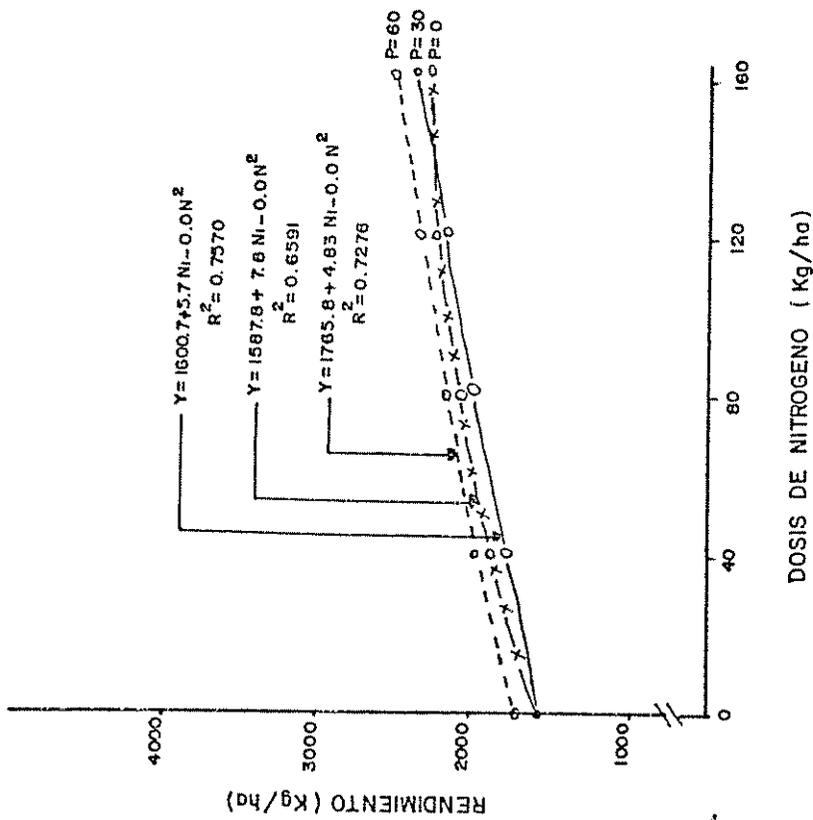


Figura 3. Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento I

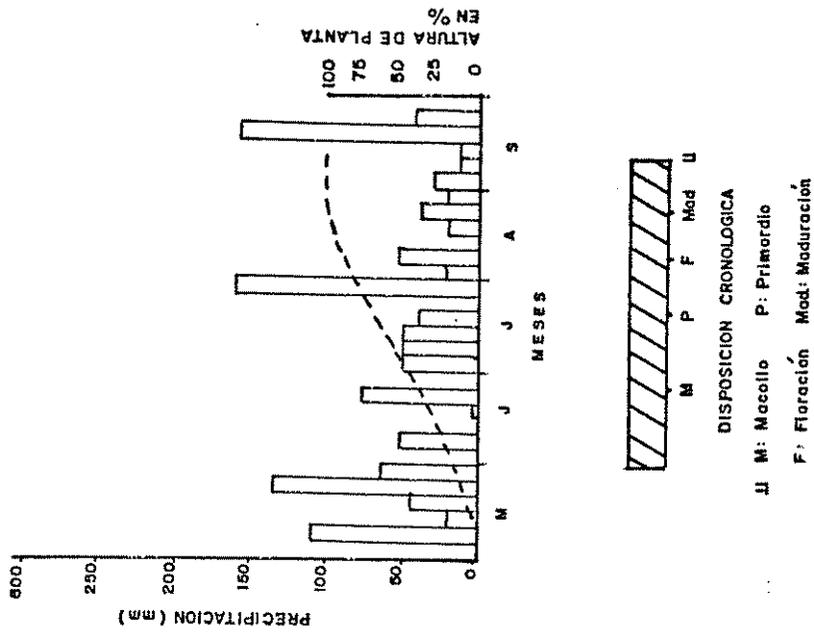


Figura 4. Representación cronológica del Experimento I

El efecto significativo del nitrógeno, se observa en el análisis de varianza del Cuadro 22A y en la prueba de Duncan del Cuadro 19.

Los rendimientos en este experimento no fueron buenos con respecto al potencial de la variedad utilizada (5,000-5,500 kg/ha) en un año de precipitación normal, debido a escasez de agua en los períodos de inicio de macollamiento, floración y llenado de granos (Fig. 4), lo cual influyó desfavorablemente en el rendimiento final del arroz. Se detecta sin embargo, el efecto favorable en la utilización de dosis crecientes de nitrógeno; lo que ha sido manifestada y comprobada por múltiples investigaciones realizadas en suelos de condiciones similares; por Aramburú (2) y Espinoza (24, 25) en áreas productoras de arroz en Panamá.

Cuadro 19. Prueba de Duncan al 5% para promedios de rendimiento por efecto de los niveles crecientes de nitrógeno.

Experimento 1.

Nitrógeno		
Dosis	Rend. \bar{x} (Kg/ha)	Agrup. $\frac{1}{/}$
160	3075	A
120	2640	B
80	2352	B
40	1912	C
0	1452	D

$\frac{1}{/}$ Dosis con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

La asociación entre los niveles de nitrógeno y de fósforo con el rendimiento de arroz, se observa en las ecuaciones de regresión de la Fig. 3

4.3.1.2 Finca de Gregorio Moreno.

a. Experimento de invernadero: 2.

Los rendimientos porcentuales de materia seca, obtenidos en el experimento realizado con el suelo de la finca de Gregorio Moreno, se presentan en la Fig. 26A. Se observaron deficiencias de Azufre, Nitrógeno y Fósforo, cuyos rendimientos acusaron valores del 65,1%, 52,4% y 48,9% respectivamente; con relación al tratamiento completo. El testigo rindió 35,8%.

b. Experimento de campo: 2.

Los rendimientos promedios de arroz en kg/ha del ensayo 2, se presentan en el Cuadro 20. Se observa que no hay respuesta a ninguno de los nutrimentos. La razón para esto fue la deficiencia de agua.

Cuadro 20. Rendimiento promedio de arroz en Kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 2.

Nivel	Fósforo (Kg/ha)			\bar{x}
	0	30	60	
Nitrógeno (Kg/ha)				
0	2408,0	3219,0	1961,3	2529,4
40	2076,4	1692,0	1752,3	1840,3
80	1870,3	1889,7	2762,7	2174,2
120	2291,7	2445,5	2220,3	2318,8
160	2583,7	2589,7	2249,0	2474,9
\bar{x}	2246,1	2366,2	2189,1	

Como es obvio, no hay efectos significativos en el análisis de varianza (Cuadro 22A).

En la Fig. 5, las curvas de asociación entre las dosis de nitrógeno y fósforo con los rendimientos, demuestran que hay cierta tendencia de respuesta a dosis crecientes de nitrógeno, manteniendo el fósforo constante, en especial dosis de 30 kg/ha de P_2O_5 .

Estos resultados difieren con los obtenidos en el ensayo de invernadero (Fig. 28A), en donde se detectó deficiencia de fósforo y nitrógeno, pero es conveniente tener presente que estos resultados

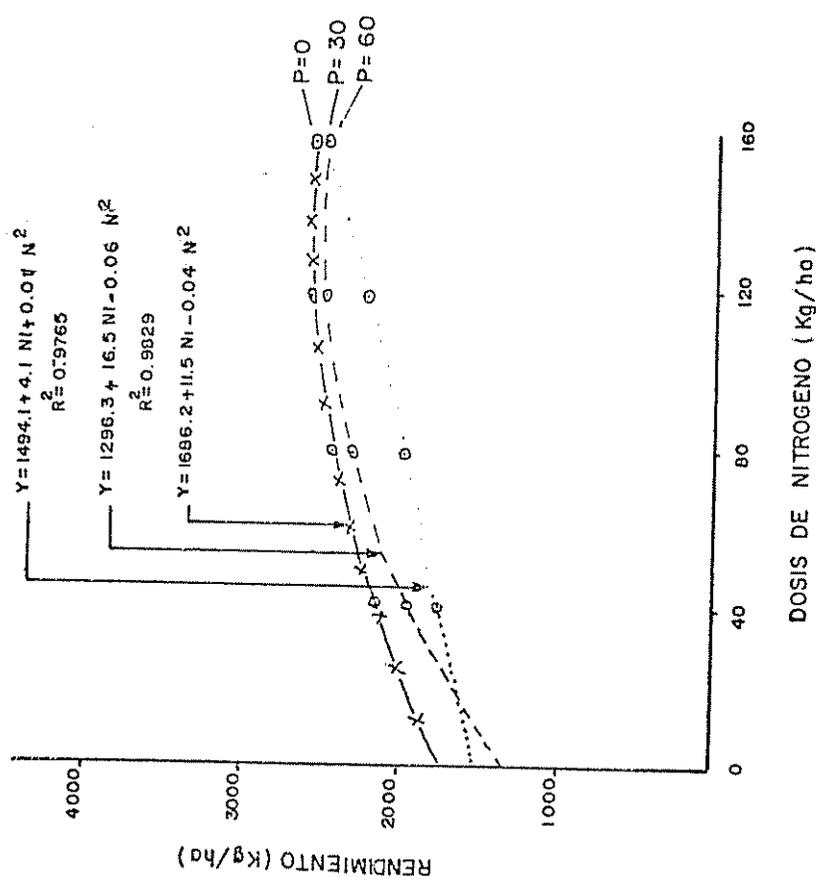


Figura 5. Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 2

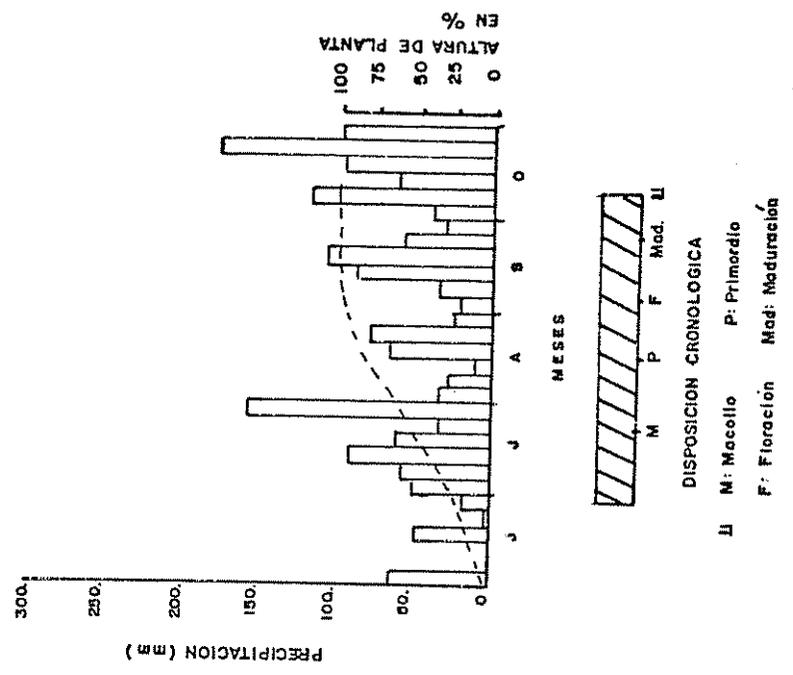


Figura 6. Representación cronológica del Experimento 2

son obtenidos en condiciones controladas de laboratorio. Pues las condiciones de campo son distintas en donde factores como la lluvia, no pueden ser controlados.

La lluvia fue escasa (Fig. 6), al inicio del macollamiento (5-15 de junio, 20 mm de precipitación) y durante el período de floración (10-25 de agosto con 29 mm). Además se presentó un ataque de Pupella albinella durante la época de llenado de granos, estas situaciones incidieron en la obtención de una gran cantidad de granos vanos (Cuadro 14A) y además en el menor peso de granos normales.

4.3.1.3 Finca del Asentamiento 11 de Octubre.

a. Experimento de invernadero: 3.

En la Figura 27A, se observan los rendimientos de materia seca de este experimento. Al eliminar del tratamiento completo indistintamente los elementos Manganeso, Cobre, Zinc, Magnesio; los rendimientos de materia seca con relación al completo fueron de 108,6%; 106,0%; 105,2% y 89,7% respectivamente; aunque el análisis químico de suelo (Cuadros 1 y 2) indicó que existía deficiencia de estos elementos. Solo se detectó una deficiencia marcada de azufre, y una muy ligera de nitrógeno. El testigo rindió 57,8%.

Aunque el fósforo en los resultados del análisis químico de suelo (Cuadros 1 y 2) no es deficiente, se nota que al aplicarlo en este suelo se obtiene el mayor rendimiento de materia seca. Esto conlleva a suponer que los niveles indicados por el análisis químico no son lo suficientemente altos en este suelo; o que tal vez habría que subir el nivel crítico obtenido en la curva de sorción para poder aplicar la dosis correcta en el tratamiento óptimo. Por otra parte la tasa de abastecimiento de fósforo del suelo, quizás inhibe la respuesta a este elemento a nivel de campo.

b. Experimento de campo 3.

Los datos de rendimientos promedios en kg/ha, obtenidos en este ensayo se presentan en el Cuadro 21. Observándose

que los rendimientos aumentan a medida que sube la dosis de nitrógeno, especialmente con el nivel 0 kg/ha de fósforo. En este caso con 160 kg/ha de nitrógeno, se obtienen 3673 kg/ha de arroz, superior con 1787 kg/ha al rendimiento del nivel cero. Pues si no es necesario usar fósforo, la aplicación de 160 kg/ha de nitrógeno, con un costo variable de \$104.00, redunda en un beneficio marginal de \$446.00/ha.

Cuadro 21. Rendimiento promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 3.

		Fósforo (Kg/ha)			
		0	30	60	\bar{x}
Nitrógeno (Kg/ha)	0	1886,0	2259,3	1836,3	1994,9
	40	2896,0	2417,3	2302,0	2538,4
	80	3524,0	2368,3	2517,0	2803,1
	120	2810,0	2552,7	2775,7	2713,8
	160	3673,7	3129,3	2939,0	3247,3
\bar{x}		2958,9	2545,4	2474,0	

Estadísticamente el análisis de varianza (Cuadro 22A), indica que hay diferencias altamente significativas en el rendimiento por efecto del nitrógeno y significativa negativamente al nivel de 5% para el fósforo. Esto se demuestra también con las pruebas de Duncan separadas para el efecto del nitrógeno y fósforo (Cuadro 22).

Cuadro 22. Prueba de Duncan al 5% para rendimientos promedios por efecto de las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 3.

Nitrógeno			Fósforo		
Dosis	Rend. \bar{x} (Kg/ha)	Agrup. <u>1/</u>	Dosis	Rend. \bar{x} (Kg/ha)	Agrup. <u>1/</u>
160	3247	A	0	2957	A
80	2803	AB	30	2545	B
120	2712	B	60	2474	B
40	2538	C			
0	1993	C			

1/ Dosis con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

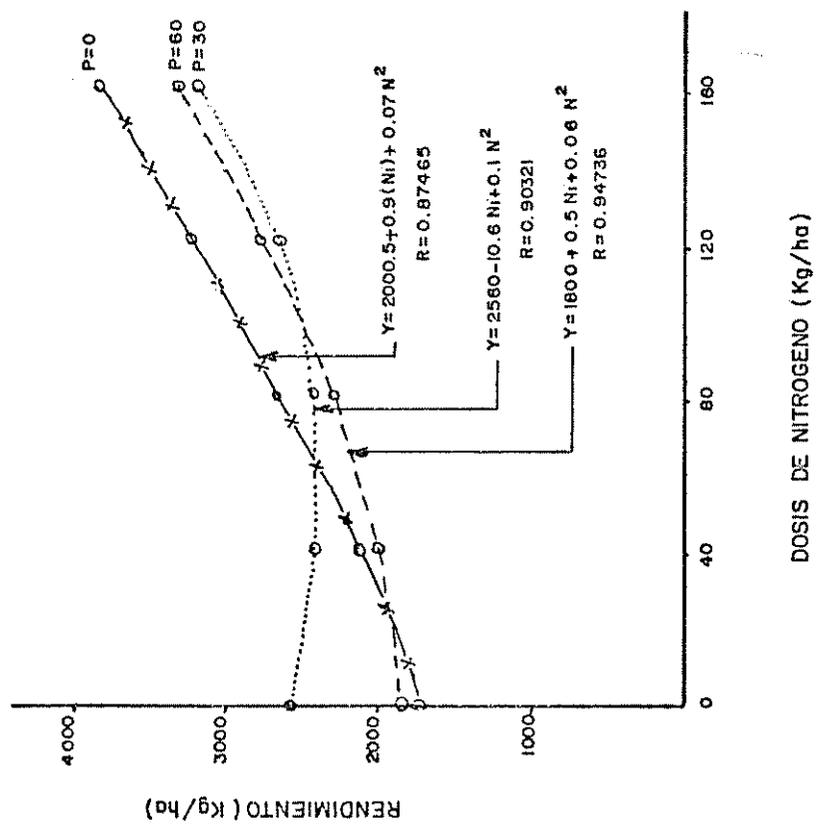


Figura 7. Relación del rendimiento con los dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 3

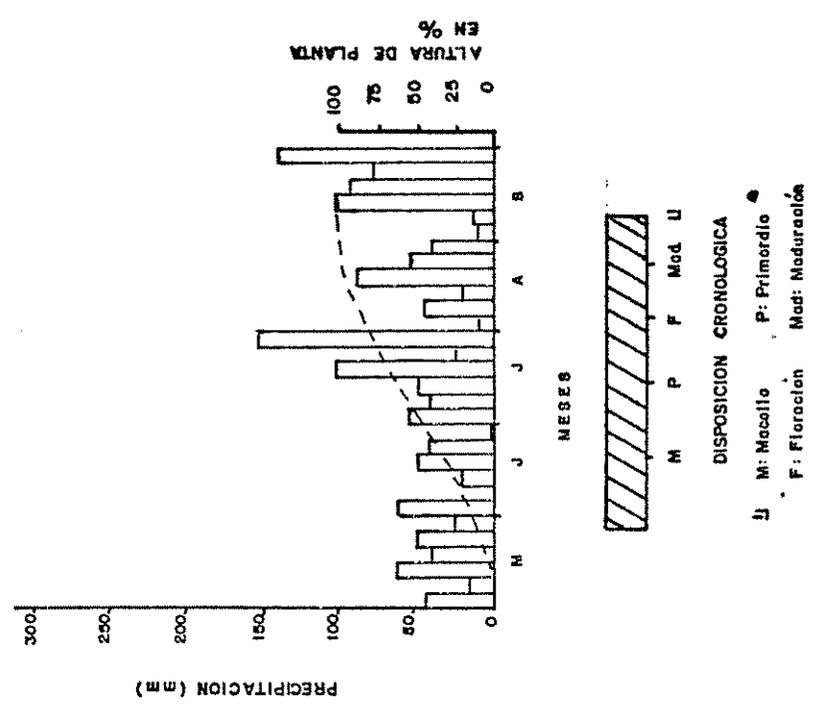


Figura 8. Representación cronológica del Experimento 3

La escasez de agua en los períodos de inicio de macollamiento y formación del primordio y floración (Fig. 8) y el contenido de cobre (14 meq/100 ml de suelo. Cuadro 1), por tratarse de suelos usados en el cultivo de banano abandonados, que pudieron ser las causas para obtener producciones relativamente bajas, en relación con el potencial de rendimiento de la variedad utilizada.

En la Fig. 7, se presenta gráficamente las curvas de regresión resultantes del comportamiento del cultivo al aplicar dosis crecientes de nitrógeno y fósforo.

4.3.1.4 Finca de Serafín Morantes.

a. Experimento de invernadero: 4.

Los rendimientos porcentuales de materia seca obtenidos en este experimento, se presentan en la Fig. 28A.

En este experimento se pudo detectar deficiencias únicamente de fósforo, cuyo rendimiento relativo al eliminar dicho nutrimento del tratamiento completo fue de 65,5%. El testigo rindió 94,6%; muy superior al nivel crítico de 80%; de acuerdo a estos datos este suelo posee las mejores características de todos los sitios utilizados para este estudio de fertilización del cultivo de arroz. Pero desafortunadamente los rendimientos de arroz obtenidos en el experimento de campo fueron bajos (2,100 kg/ha en promedio), debido a la ya mencionada anormalidad de la precipitación (Fig. 10).

b. Experimento de campo 4.

Los rendimientos promedios de arroz en kg/ha se presentan en el Cuadro 23. De acuerdo con estos datos no se observó ningún efecto de los nutrimentos utilizados, con respecto al rendimiento.

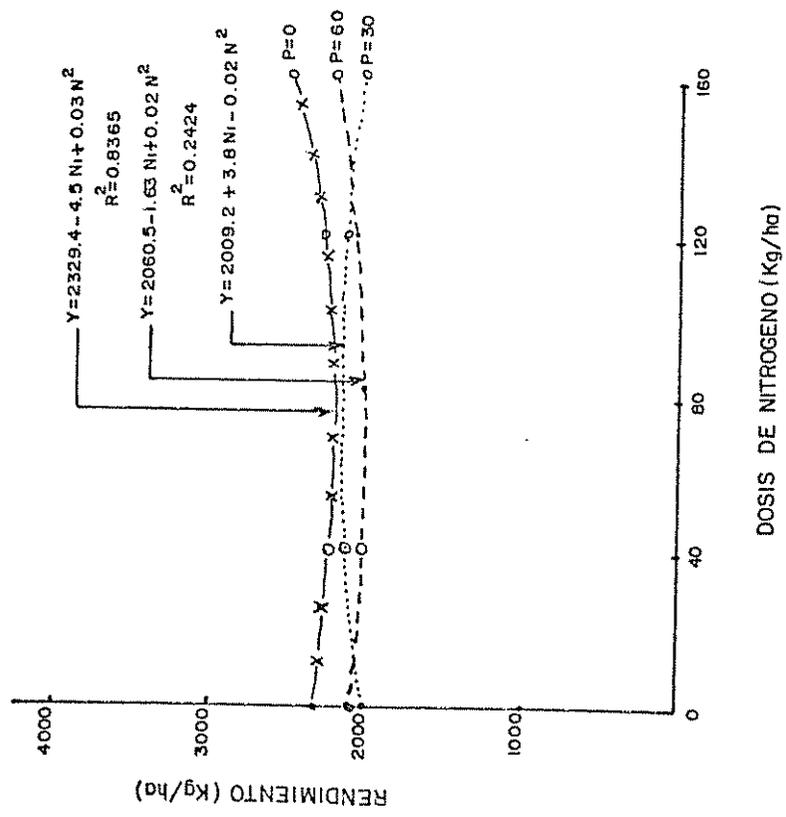


Figura 9. Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 4

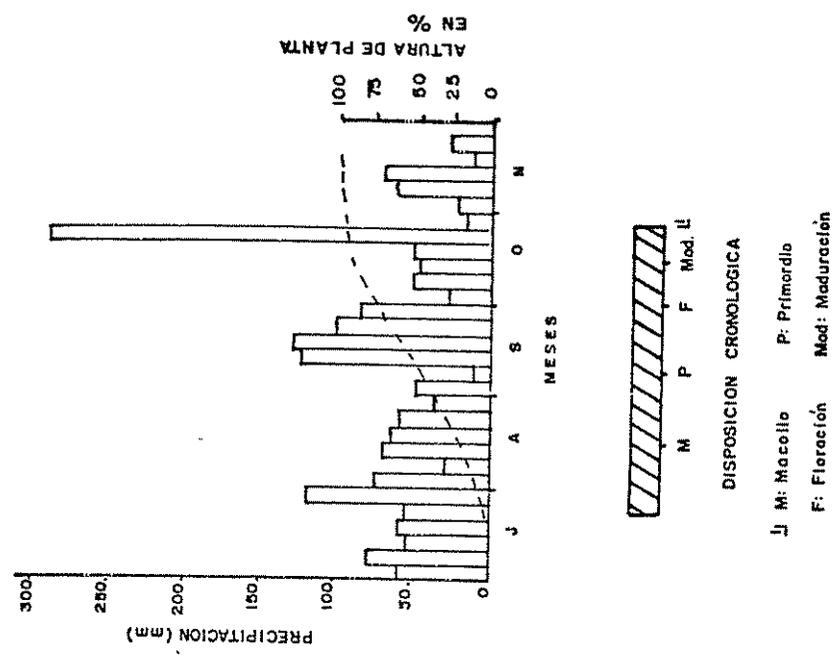


Figura 10. Representación cronológica del Experimento 4

Cuadro 23. Rendimiento promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 4.

		Fósforo (Kg/ha)			
		Dosis	0	30	60
Nitrógeno (kg/ha)	0	2351,7	2051,3	2094,0	2165,7
	40	2137,3	1976,7	2010,3	2041,4
	80	2264,3	2352,3	1875,0	2163,5
	120	2258,0	2031,0	2339,3	2209,4
	160	2492,3	2051,3	2144,0	2229,2
	\bar{x}	2300,7	2092,5	2092,3	

A igual conclusión sobre la falta de efecto de los nutrientes utilizados, se llega al observar el análisis de varianza (Cuadro 22A) y las curvas de regresión (Fig. 9).

4.3.1.5 Análisis combinado de los experimentos realizados en el suelo franco limoso.

El análisis de varianza combinado para rendimiento (Cuadro 24) de los ensayos (1, 2, 3 y 4); realizados en el Suelo Aquic Dystropept, franco limoso (Sección 23A), demuestra que existen diferencias altamente significativas entre sitios, además el efecto de las dosis de nitrógeno en el rendimiento fue significativo al nivel de 0,01.

Consecuentemente la interacción nitrógeno por sitio, también es significativa al nivel de 0,01. Por lo tanto, se determina que el efecto de las dosis de nitrógeno en el rendimiento está caracterizado por el sitio de cada ensayo. De esta manera la interpretación de los efectos de las dosis de nitrógeno para este suelo deberá efectuarse individualmente en cada uno de los sitios estudiados. Esto lleva a la deducción, que a pesar de que este suelo está clasificado taxónomicamente dentro de la misma categoría; sin embargo desde el punto de vista de su fertilidad, los sitios difieren entre sí.

Cuadro 24. Análisis de varianza combinado para rendimientos promedio de los cuatro experimentos del suelo franco limoso.

F. de V.	G. de L.	Cuadrado medio
Rep. (sitio)	8	956.004,5**
Sitio	3	2,124.941,8**
Tratamientos	14:	---
N	4	3,152.657,3**
P	2	641.876,8
N x P	8	321.824,7
Trat. x sitio	43:	---
N x sitio	12	1,005.353,1**
P x sitio	6	249.928,9
N x P x sitio	24	262.599,9
Error	112	243.499,7
Total	179	---
C.V.		21,05

** Significativa al 1%.

La prueba de Duncan (Cuadro 25) para los rendimientos promedio de los cuatro ensayos realizados en el suelo franco limoso, indica que el mayor rendimiento 2,659 kg/ha de arroz fue obtenido en el ensayo 3, que es superior estadísticamente a los rendimientos obtenidos en los otros tres experimentos.

Posiblemente esta situación se presentó, debido a las características de textura de este suelo del sitio 3; que contiene mayor cantidad de arcilla (Cuadro 1), razón por la cual pudo haber retenido mayor cantidad de agua, evitando así que la planta sufriera completamente los efectos nocivos de la sequía.

Cuadro 25. Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos de los cuatro experimentos del suelo franco limoso.

Experimento	Rend. \bar{x} (Kg/ha)	Agrupamiento $\frac{1}{x}$
3	2659,1	A
1	2286,7	B
2	2267,1	B
4	2161,9	B

1/ Experimentos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

La prueba de Duncan para los rendimientos promedio de cada tratamiento de los cuatro ensayos del suelo franco limoso (Cuadro 26), indica que los mayores rendimientos 2897,2 y 2818,4 kg/ha se obtuvieron con los tratamientos 160-0 y 160-30 kg/ha de (N-P₂O₅) respectivamente, que representan las mayores dosis de nitrógeno y las dosis más bajas de fósforo, lo que es indicativo que la aplicación de fósforo no determinó las variaciones de rendimiento en este suelo, sino más bien las dosis de nitrógeno.

Cuadro 26. Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos por tratamiento, de los cuatro experimentos del suelo franco limoso.

Nº de Trat.	Tratamiento	Rend. (Kg/ha) x	Agrup. ^{1/}
13	160-0	2897,2	A
14	160-30	2818,4	AB
15	160-60	2554,0	ABC
12	120-60	2523,0	ABC
7	80-0	2490,8	ABCD
10	120-0	2485,1	ABCD
11	120-30	2402,1	BCDE
9	80-60	2397,2	BCDE
4	40-0	2359,6	BCDEF
2	0-30	2260,0	CDEFG
8	80-30	2233,8	CDEFG
1	0-0	2034,5	DEFG
6	40-60	1955,9	EFG
5	40-30	1934,1	FG
3	0-60	1811,3	G

^{1/} Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

En el análisis de varianza (Cuadro 24), la interacción nitrógeno x sitio fue significativa al nivel de 0,01; demostrando de esta forma que el efecto de las dosis de nitrógeno en el rendimiento es caracterizado por el sitio de ensayo, además de indicar que hay diferencias al nivel de 0,01 entre rendimiento promedio obtenido en cada sitio. Debido a esta situación la interpretación del efecto de las

dosis de nitrógeno en este suelo, deberá efectuarse individualmente para cada uno de los sitios estudiados.

La prueba de Duncan (Cuadro 27), para el fósforo demuestra que no es necesario aplicar fósforo, más bien hay una tendencia hacia un efecto negativo.

Sin embargo, toda la información consultada sobre resultados de ensayos realizados en Panamá por varios investigadores (2, 3, 24, 25, 57) en áreas arroceras del país, señalan que han encontrado respuesta por efecto del fósforo en el rendimiento de arroz.

Cuadro 27. Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos por efecto del fósforo en suelo franco limoso.

Dosis	Rendimiento \bar{x} (Kg/ha)	Agrup. ^{1/}
0	2453,4	A
30	2329,7	AB
60	2248,0	B

^{1/} Dosis con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

Estos suelos han sido sembrados por varios años consecutivos con arroz, aplicando fertilizantes completos (12-24-12) a la siembra y se supone que el efecto residual del fósforo en el suelo influyó en la obtención de estos resultados.

Los resultados reportados anteriormente por otros investigadores y los obtenidos en este experimento, conllevan a manifestar que es conveniente seguir efectuando investigaciones en el área, para observar con mayor detenimiento los efectos del fósforo en el arroz, ya que un ciclo de cultivo no es determinante para emitir conceptos concluyentes al respecto.

La ecuación de regresión para el rendimiento de arroz en el suelo franco limoso, tomando como base las dosis de nitrógeno y

fósforo utilizadas es la siguiente:

$$Y = 2148,45 + 2,29 N - 5,49P - 0,01 N^2 + 0,02 P^2 + 0,01 NP$$

$$r = 0,823672$$

4.3.2 Efecto de fertilización en suelos Aquic-Tropofluvent, franco arenoso, Isohipertérmico.

4.3.2.1 Finca de Patrocinio González.

a. Experimento de invernadero: 5.

Los rendimientos porcentuales de materia seca obtenidos en el experimento de invernadero realizado con este suelo (Fig. 29A), indican lo siguiente: Al eliminar los elementos Nitrógeno y Azufre del tratamiento completo se obtuvo rendimientos de 51,8 y 65,0% respectivamente de materia seca, comparados con el óptimo. Estos resultados permiten concluir que había deficiencia de dichos nutrientes en este suelo. Cuando se eliminaron el Manganeso y el Zinc del tratamiento completo los rendimientos no disminuyeron; aunque en el análisis químico de suelo su contenido se consideró como bajo. El tratamiento testigo rindió 58,1%.

b. Experimento de campo 5.

Los datos de rendimientos promedios de arroz en kg/ha obtenido en el experimento 5, se presentan en el Cuadro 28, observándose que los mayores rendimientos se obtuvieron con los niveles más altos de nitrógeno y fósforo.

Cuadro 28. Rendimientos promedio de arroz en kg/ha al 14% de humedad. Experimento 5.

Dosis	Fósforo (Kg/ha)			\bar{x}
	0	30	60	
0	2296,7	2103,7	2588,0	2329,5
40	2466,0	2697,0	2836,7	2666,5
80	3607,3	3469,7	3746,0	3607,7
120	3747,7	3497,3	4068,7	3771,2
160	4185,7	4551,0	4464,0	4400,2
\bar{x}	3260,7	3263,7	3540,7	

El análisis de varianza (Cuadro 22A) muestra que el efecto de la dosis de nitrógeno fue significativa al 0,01% y la dosis de fósforo fue significativa al 5%, la interacción nitrógeno x fósforo no fue significativa, demostrando que estos dos nutrimentos actuaron independientemente en este ensayo.

La prueba de Duncan para los rendimientos promedios obtenidos con los niveles de Nitrógeno (Cuadro 29), señala que la mayor producción (4440,2 kg/ha) se obtuvo con la dosis de 160 kg/ha de N, superior estadísticamente a las otras dosis. El nivel 0, de este elemento rindió 2329,4 kg/ha de arroz.

Es decir que se obtuvo un rendimiento de 27,5 kg de arroz por cada kilogramo de Nitrógeno, lo que equivale a \$8.50 en arroz por \$0.58 invertido en nitrógeno, llegando así a un beneficio marginal de \$535.00 por hectárea. En cuanto al fósforo la dosis de 60 kg/ha, fue superior estadísticamente a las otras.

En la Fig. 11, se observan las curvas de respuesta del rendimiento a las dosis crecientes de nitrógeno, frente a dosis constantes de fósforo. De acuerdo con esta figura se puede decir que la respuesta del cultivo a las dosis de nitrógeno es de carácter lineal; las dosis de fósforo de 0 y 60 kg/ha son igualmente lineales, mientras que la dosis de 30 kg/ha es ligeramente cuadrática.

Cuadro 29. Prueba de Duncan al 5%, para promedio de rendimientos obtenidos con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 5.

Nitrógeno			Fósforo		
Dosis	Rend. \bar{x} (Kg/ha)	Agrup. ^{1/}	Dosis	Rend. \bar{x} (Kg/ha)	Agrup. ^{1/}
160	4400,2	A	60	3540,7	A
120	3771,2	B	30	3263,7	B
80	3607,7	B	0	3260,7	B
40	2666,5	C			
0	2329,5	C			

^{1/} Dosis con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

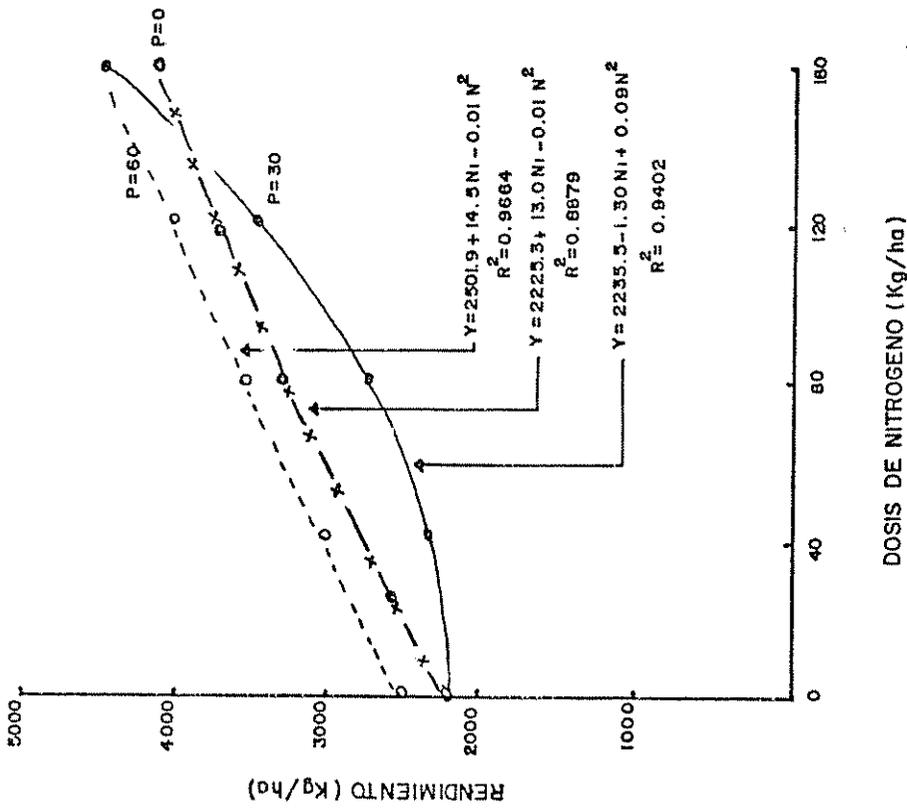


Figura 11. Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 5

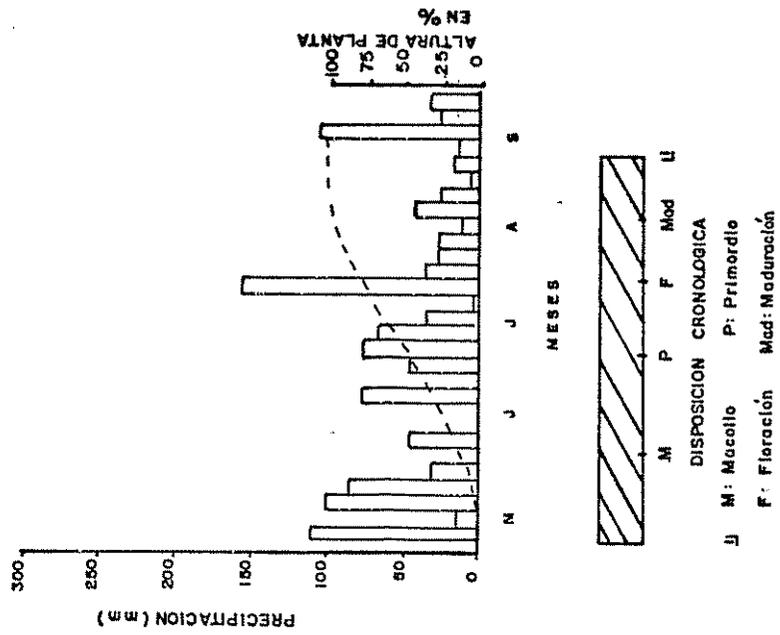


Figura 12. Representación cronológica del Experimento 5

4.3.2.2 Finca de Ignacio Delgado.

a. Experimento de invernadero . 6.

En la Fig. 30A se observan los rendimientos porcentuales de materia seca del experimento realizado con este suelo. Los tratamientos con menos zinc, manganeso, nitrógeno, azufre y fósforo, rindieron 79%; 73,0%, 67,0%; 67,0% y 56,0% respectivamente, lo cual demuestra que en condiciones de invernadero había deficiencias de estos nutrimentos. El tratamiento testigo rindió 50,0%.

b. Experimento de campo . 6.

Los rendimientos promedio de arroz en kg/ha, se presentan en el Cuadro 30. Según los resultados de este cuadro, los rendimientos son muy bajos, anormales y erráticos, lo que no permite llegar a ninguna consideración.

Este comportamiento del cultivo se debe principalmente a que las propiedades físicas del suelo como textura (muy arenoso), estructura, profundidad, permeabilidad y capacidad de retención del agua (Sección 24A), no fueron aceptables para el buen desarrollo del cultivo de arroz; además tenía características químicas muy pobres (Cuadro 1). También hubo deficiencia de agua (Fig. 14) durante el desarrollo del cultivo.

Estudios realizados por De Datta y Beachel citados por Sánchez (53) sugieren que con precipitaciones anuales al rededor de 2,000 mm, la duración de los períodos de escasez de agua, durante cualquier fase del crecimiento de la planta de arroz, es el factor más crítico para el cultivo de secano. En este experimento hubo escasez de agua durante los períodos de macollamiento (10 días de completa sequía en junio), en la floración (15 días en agosto) y en el llenado de granos (15 días secos en septiembre), Fig. 14.

Cuadro 30. Rendimiento promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 6.

		Fósforo (kg/ha)			\bar{x}
		0	30	60	
Nitrógeno (kg/ha)	Dosis				
	0	1566,7	866,7	746,7	1060,0
	40	1021,0	1061,0	1662,7	1248,2
	80	1226,0	1380,0	1570,3	1392,1
	120	1189,0	1626,7	1361,0	1392,1
	160	768,3	984,0	1711,7	1154,7
\bar{x}		1154,7	1183,7	1410,5	

4.3.2.3 Finca de Román Arosemena.

a. Experimento de invernadero 7.

Los rendimientos porcentuales de materia seca obtenidos en el experimento de invernadero con el suelo del sitio 7, se presentan en la Fig. 31A.

Las deficiencias detectadas en este experimento; fueron manganeso, nitrógeno y azufre. Eliminando dichos nutrimentos del tratamiento completo se obtuvieron rendimientos del orden de 78,0%; 62,0% y 33,0% respectivamente, observándose deficiencia bastante grave del elemento azufre, cuyo rendimiento fue inclusive inferior al tratamiento testigo que rindió 38,0%.

La deficiencia de azufre detectada en el 71,4% de los ensayos de invernadero realizados en este estudio, coincide con lo reportado por Sánchez (54), el cual manifiesta que en múltiples ensayos efectuados en arroz con suelos del trópico, éstos han acusado deficiencias de azufre.

Es muy importante señalar, que aunque en los resultados de los análisis químicos de este suelo, se indica que el contenido de fósforo es alto, la adición de fósforo al tratamiento completo, da como resultado en todos los casos un rendimiento muy su-

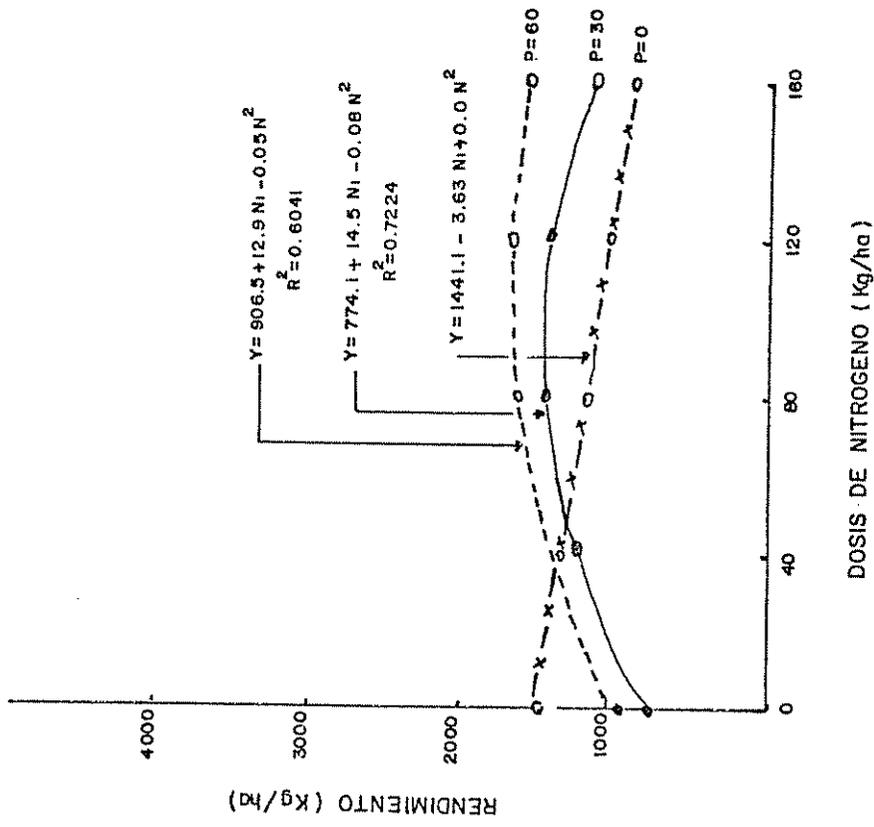


Figura 13. Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 6

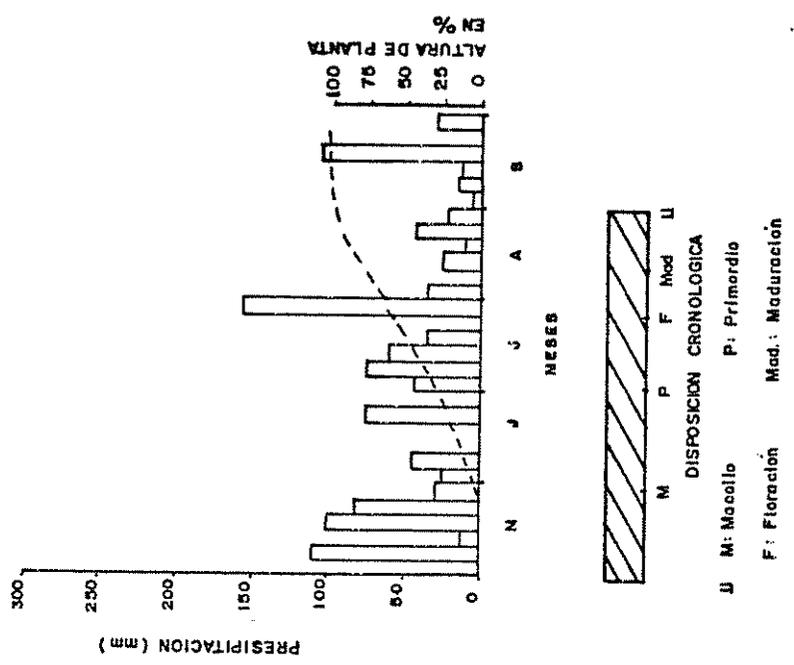


Figura 14. Representación cronológica del Experimento 6

perior al completo; lo que hace suponer que es necesario revisar el nivel crítico del fósforo para el análisis químico.

b. Experimento de campo 7.

Los datos de rendimientos promedios de arroz en kg/ha obtenido en el ensayo 7, se presentan en el Cuadro 31. Observándose que hay una tendencia a obtener los mayores rendimientos promedios con las más altas dosis de nitrógeno 2381,1 kg/ha. Igual información proporciona la prueba de Duncan del Cuadro 32.

Cuadro 31. Rendimiento promedio de arroz en kg/ha, al 14% de humedad. Experimento 7.

		Fósforo (kg/ha)			\bar{x}
		Dosis	0	30	
Nitrógeno (kg/ha)	0	1504,0	1562,3	1800,7	1622,3
	40	2130,3	1835,0	1771,7	1912,3
	80	1790,0	2209,3	2090,3	2030,9
	120	2361,0	1937,7	2578,3	2242,3
	160	2295,0	2467,0	2381,3	2381,1
	\bar{x}	2016,1	2002,3	2124,5	

El análisis de varianza (Cuadro 22A), indica que hay efecto significativo al nivel del 0,01 para nitrógeno.

Cuadro 32. Prueba de Duncan al 5%, para promedio de rendimientos por efecto de nitrógeno. Experimento 7.

NITROGENO		
Dosis	Rend. \bar{x} (kg/ha)	Agrup. $\frac{1}{/}$
160	2381,1	A
120	2242,3	AB
80	2030,9	BC
40	1912,3	CD
0	1622,3	D

$\frac{1}{/}$ Dosis con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

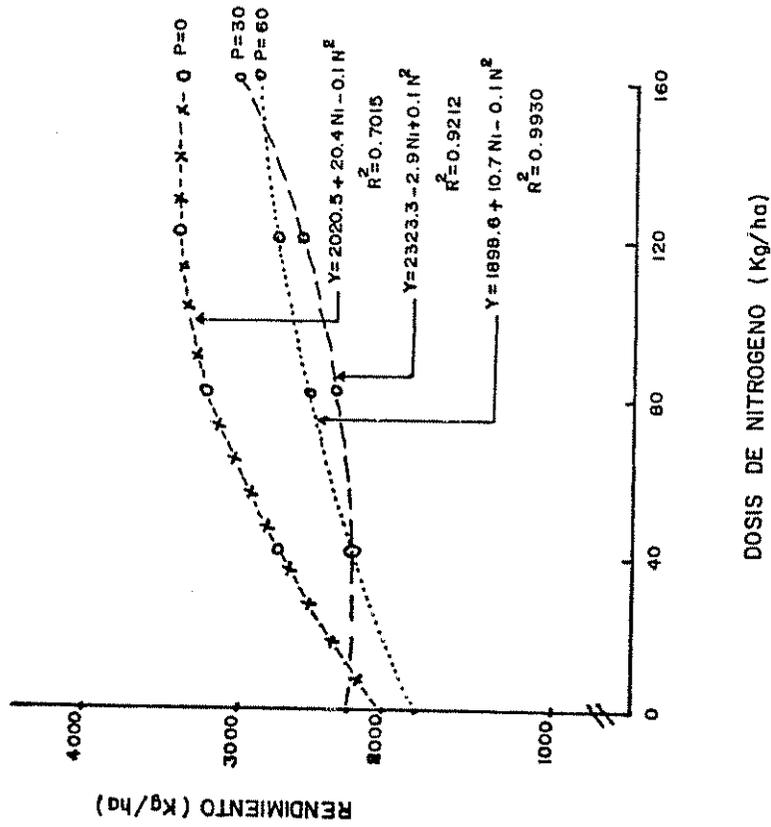


Figura 15. Relación del rendimiento con las dosis de nitrógeno y fósforo. Experimento 7

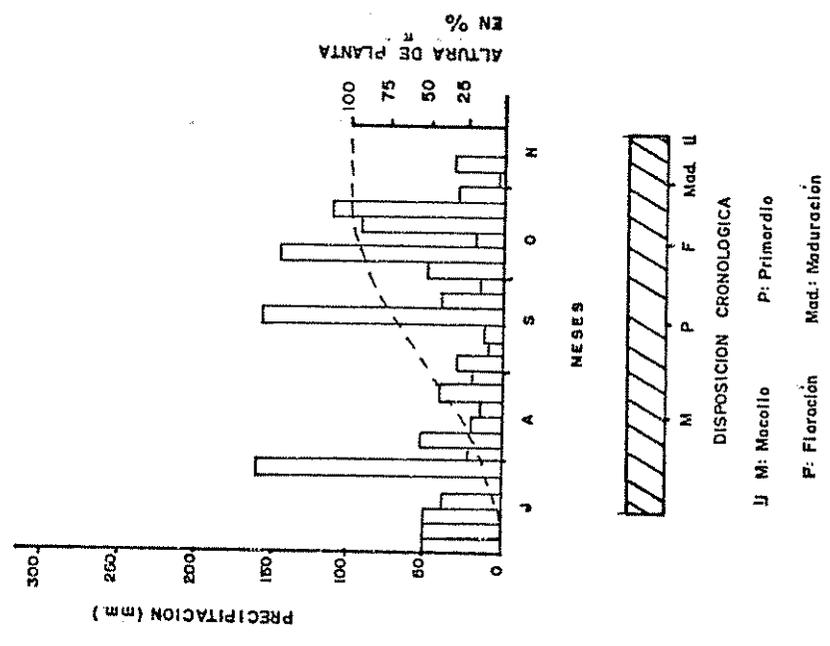


Figura 16. Representación cronológica del Experimento 7

En la Fig. 15, se observa la asociación entre las dosis de nitrógeno y fósforo con los rendimientos. Las ecuaciones de naturaleza cuadrática expresan los efectos de los tratamientos sobre el rendimiento de arroz, y de acuerdo a ellas el rendimiento aumenta (con dosis constantes de P_2O_5) al aumentar la dosis de nitrógeno, especialmente cuando se utiliza fósforo.

Se observa en la Fig. 16, que hubo escasez de agua en varios períodos críticos de crecimiento del cultivo. Prácticamente agosto fue un mes seco, septiembre fue seco al inicio y al final, y octubre presentó una semana seca a mitad del mes; esta situación afectó el rendimiento, a esto se sumaron las características arenosas del suelo, en donde se hizo el experimento (ver Sección 24A. Descripción del perfil típico del suelo franco arenoso) que posee una baja capacidad de retención de agua.

Efectos similares se han reportado por Sánchez (53), que señala que varios investigadores han demostrado que deficiencias de agua en cualquier etapa del desarrollo del cultivo de arroz, produce un efecto detrimento en el rendimiento.

4.3.2.4 Análisis combinado de los experimentos realizados en el suelo franco arenoso.

El análisis de varianza combinado para rendimiento (Cuadro 33) de los ensayos (5, 6 y 7) realizados en el suelo franco arenoso; que es clasificado como Aquic-Tropoplúvent, franco arenoso grueso (Sección 24A), demuestra que existen diferencias altamente significativas entre los tres ensayos ubicados en este suelo. También se observa que las dosis de nitrógeno y de fósforo influyeron significativamente al nivel de 0,01, en el rendimiento promedio obtenido.

También la interacción nitrógeno x sitio es significativa, por consiguiente la interpretación del efecto de la dosis de nitrógeno sobre el rendimiento en este suelo; deberá efec-

tuarse individualmente por cada uno de los sitios estudiados.

Cuadro 33. Análisis de varianza combinado para rendimientos promedio de los tres experimentos del suelo franco arenoso.

F. de V.	G. de L.	Cuadrado medio
Repet. (sitio)	6	403049,2*
Sitio	2	49831072,0**
Tratamientos	14	--
N	4	4241531,4**
P	2	745455,5
N x P	8	123296,9
Trat. x sitio	28	--
N x sitio	8	1520015,7**
P x sitio	4	53675,3
N x P x sitio	16	258773,3
Error	84	164812,4
Total	134	--
C.V.		18,36

* Significativa al 5%.

** Significativa al 1%.

La prueba de Duncan (Cuadro 34), para los rendimientos promedio de estos tres experimentos, indica que el mayor rendimiento se obtuvo en el experimento 5: (3,335 kg/ha), superior estadísticamente a los obtenidos en los experimentos 6 y 7.

Esto demuestra otra vez, que difieren notoriamente en su fertilidad los suelos de cada sitio; aunque taxonómicamente pertenecen a la misma familia. Bajo estas circunstancias, las recomendaciones de fertilización deberán ajustarse a las áreas de influencia de los sitios de los experimentos.

Cuadro 34. Prueba de Duncan al 5% para el promedio de rendimientos de los tres experimentos del suelo franco arenoso.

Experimento	Rend. \bar{x} (kg/ha)	Agrupamiento ^{1/}
5	3335,0	A
7	2047,6	B
6	1249,4	C

^{1/} Ensayos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

La prueba de Duncan para tratamientos (Cuadro 35), en este suelo, muestran que los mayores rendimientos se obtienen con los tratamientos 160-60, 120-60 y 160-30 kg/ha, lo que indica que los nutrientes influyeron en los rendimientos de arroz obtenidos en este tipo de suelo, principalmente las dosis más altas.

Cuadro 35. Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos por tratamiento del análisis combinado de los tres experimentos del suelo franco arenoso.

Nº de Trat.	Tratamiento (kg/ha)	Rend. \bar{x} (kg/ha)	Agrup. ^{1/}
15	160-60	2852,3	A
12	120-60	2669,3	AB
14	160-30	2667,3	AB
9	80-60	2468,9	ABC
13	160-0	2416,3	BC
11	120-30	2353,9	BC
8	80-30	2353,0	BC
10	120-0	2332,6	BC
7	80-0	2207,8	CD
6	40-60	2090,3	CDE
4	40-0	1872,4	DEF
5	40-30	1864,3	DEF
1	0-0	1789,1	DEF
3	0-60	1711,8	EF
2	0-30	1510,9	F

^{1/} Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

La prueba de Duncan (Cuadro 36), considerando el nutrimento fósforo; manteniendo el nitrógeno constante, muestra que hubo efecto de las dosis de fósforo en el promedio de rendimientos.

Esta situación es confirmada por Aramburú (2) que realizó ensayos de niveles de fósforo en el área, determinando que hubo respuesta del arroz a la aplicación de dicho nutrimento. Igualmente Jiménez y Chávez, en suelos muy similares en textura franco-arenosa y pH (6,0) de El Salvador, aplicando niveles de fósforo, obtuvieron respuestas positivas a la aplicación de dosis crecientes, obteniéndose

los mayores rendimientos con la dosis de 100 kg/ha.

Cuadro 36. Prueba de Duncan al 5%, para el promedio de rendimientos por efecto del fósforo en el suelo franco arenoso.

Dosis	Rendimiento \bar{x} (kg/ha)	Agrup. ^{1/}
60	2358,5	A
30	2149,9	B
0	2123,6	B

^{1/} Dosis con la misma letra no resentan dife^urencias entre sí.

La ecuación de regresión para rendimiento, tomando en cuenta las dosis de nitrógeno y fósforo utilizados en el suelo franco arenoso es la siguiente:

$$Y = 1682,3 + 7,92 N - 5,98 P - 0,02 N^2 + 0,10 P^2 + 0,04 NP$$

$$r^2 = 0,966733$$

donde los coeficientes de N, N² y N x P, fueron significativos estadísticamente.

4.3.3 Efecto de azufre y microelementos.

El análisis de varianza (Cuadro 37), incluyendo los tratamientos adicionales, indica que hay diferencia estadística altamente significativa al nivel de 0,01 entre tratamientos por efecto de las dosis de nitrógeno y fósforo.

Cuadro 37. Análisis de varianza para promedio de rendimientos considerando los tratamientos adicionales.

F. de V.	G. L.	Cuadrado medio
Rep.	2	686629,15
Trat.	17	1814095,81**
Error	358	637917,28
Total	377	
C.V.	21,38	

** Significativa al 1%.

La prueba de Duncan (Cuadro 38), demuestra que no existe diferencias estadísticas entre el rendimiento obtenido con el tratamiento control (80, 60 y 40 kg/ha de Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente) y los tratamientos: 16 en el que se adicionó 40 kg/ha de Azufre; 17, con adición a una mezcla de 40 kg/ha de elementos menores (óxido de Boro, Zinc y Manganeso) y el tratamiento comúnmente utilizado por el agricultor del área (64 N + 44 P₂O₅ + 22 K) (ver Cuadro 1A). Es decir no hubo respuesta del arroz al azufre y a los elementos menores.

Estos resultados obtenidos en este experimento, son similares a los reportados por Sousa, F. *et. al.* (57), quien detectó en tres áreas productoras de arroz en Panamá, que no hubo diferencias en rendimiento, al utilizar azufre y microelementos como tratamientos adicionales.

Cuadro 38. Prueba de Duncan al 5%, para los promedios de rendimientos incluyendo los tratamientos adicionales.

Nº de Tratamiento	Rendimiento \bar{x}	Agrup. ^{1/}
14	2753,7	A
13	2691,1	AB
15	2681,9	AB
12	2586,0	ABC
17	2441,7**	ABCD
9	2426,8*	ABCD
10	2419,7	ABCD
16	2394,5*	BCD
11	2381,4	BCD
7	2369,5	BCD
18	2312,6*	CDE
8	2284,9	CDE
4	2150,8	DEF
6	2013,5	EFG
2	1939,0	FG
1	1929,3	FG
5	1904,2	FG
3	1768,7	G

^{1/} Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias entre sí.

** Tratamiento tomando como testigo

* Tratamiento adicionales.

4.3.4 Análisis económico de los resultados experimentales.

4.3.4.1 Beneficio neto.

El análisis de preupuesto parcial permite organizar los datos experimentales y otras informaciones sobre costos y beneficios netos de los varios tratamientos utilizados en el experimento. El propósito del presupuesto parcial es organizar la información, de tal manera que ayude a tomar una decisión de manejo en particular, que servirá como una herramienta para recordar que no todos los costos de producción, y tal vez no todos los beneficios se incluyen en el presupuesto, sino únicamente aquellos que son pertinentes a la decisión, en este caso específico el uso de un nivel adecuado de fertilizantes para el cultivo de arroz, en el área de estudio (48, 50).

El Cuadro 39, indica que el mayor beneficio neto de \$784.00, se obtiene con el tratamiento 160-30 kg/ha de N y P_2O_5 en el suelo franco limoso; igualmente en el Cuadro 40, se observa que el mayor beneficio neto se obtiene con el tratamiento 160-30 kg/ha de N y P_2O_5 en el suelo franco arenoso.

Lo que permite concluir que la dosis de 160-30 desde el punto de vista del análisis del beneficio neto, es la mejor para los dos tipos de suelo utilizados en el experimento.

Perono se recomienda tomar la alternativa de la dosis con los beneficios netos más altos únicamente; debido principalmente, a la escasez de capital para la agricultura y a los riesgos que pudiesen estar asociados con los beneficios netos de una dosis alternativa seleccionada, por tal razón se utiliza como complemento el análisis marginal de beneficios netos (28, 35).

4.3.4.2 Tasa marginal de retorno.

El propósito del análisis marginal, es el de revelar el aumento de los beneficios netos de una inversión, conforme

Cuadro 39. Beneficio neto obtenido con el promedio de rendimiento de los experimentos realizados en el Suelo Franco Limoso.

Conceptos	Tratamientos de Fertilizantes: Dosis de N y P ₂ O ₅ en kg/ha.															
	N P ₂ O ₅	0	0	40	40	80	80	80	120	120	120	160	160			
Rend. promedio (ton/ha).		1,689	1,384	1,595	2,612	2,034	2,030	2,914	2,346	2,472	2,695	2,568	2,767	3,256	3,215	2,911
Rend. ajustado (ton/ha) menos 10%.		1,51	1,24	1,43	2,35	1,83	1,83	2,62	2,11	2,22	2,42	2,30	2,48	2,92	2,98	2,62
Beneficio bruto de campo (\$308.00/ha).		465.0	382.0	440.0	724.0	564.0	564.0	807.0	650.0	684.0	745.0	708.0	764.0	899.0	918.0	807.0
Costos Monetarios Variables.																
Nitrógeno (\$0.65/kg de N en campo).		0	0	0	26	26	26	52	52	52	78	78	78	104	104	104
Fósforo (\$0.50/kg de P ₂ O ₅ en campo).		0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30
Total costos monetarios variables (\$/ha).		0	15	30	26	41	56	52	67	82	78	93	108	104	119	134
Costos Variables de Oportunidad.																
Número requerido de aplicaciones.		0	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Costo de aplicación (1 día a \$5.00).		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Total costo de oportunidad variable (\$/ha)		0	5	5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Total Costos Variables (\$/ha).		0	20	35	41	56	71	67	82	97	93	108	123	119	134	149
Beneficio Neto (\$/ha).		465.0	362.0	405.0	683.0	493.0	493.0	740.0	568.0	587.0	652.0	600.0	641.0	780.0	784.0	658.0

Cuadro 40. Beneficio neto obtenido con el promedio de rendimiento de los experimentos realizados en el Suelo Franco Arenoso.

Conceptos	Tratamientos de Fertilizantes: Dosis de N y P ₂ O ₅ en kg/ha.															
	0	30	60	0	40	40	40	80	80	80	120	120	120	160	160	160
Reid. promedio (ton/ha).	1,900	1,833	2,194	2,298	2,266	2,304	2,699	2,840	2,918	3,054	2,718	3,324	3,240	3,509	3,423	
Reid. ajustado (ton/ha) menos 10%.	1,71	1,65	1,97	2,06	2,03	2,07	2,42	2,56	2,62	2,74	2,44	2,99	2,92	3,15	3,08	
Beneficio Bruto de Campo (\$308.00/ton).	527.0	508.0	607.0	634.0	625.0	638.0	745.0	789.0	807.0	844.0	752.0	921.0	899.0	970.0	949.0	
Costos Monetarios Variables.																
Nitrógeno (\$0.65/kg de N en campo).	0	0	0	26	26	26	52	52	52	78	78	78	104	104	104	
Fósforo (\$0.50/kg de P ₂ O ₅ en campo).	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	
Total costos monetarios variables (\$/ha).	0	15	30	26	41	56	52	67	82	78	93	108	104	119	134	
Costos Variables de Oportunidad.																
Número requerido de aplicaciones.	0	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Costo por aplicación (1 día a \$5.00).	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Total costo de oportunidad variable (\$/ha)	0	5	5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Total costos variables (\$/ha).	0	20	35	41	56	71	67	82	97	93	108	123	119	134	149	
Beneficio Neto (\$/ha).	527.0	488.0	572.0	593.0	569.0	567.0	678.0	707.0	710.0	751.0	644.0	798.0	780.0	836.0	800.0	

crece la cantidad invertida. El beneficio neto marginal es el incremento en beneficio neto que se puede obtener de un incremento dado de la inversión. La tasa marginal de retorno para un incremento determinado, es el beneficio marginal neto dividido entre el costo marginal (48).

Según los resultados del análisis marginal en el Cuadro 41, se observa que las mejores dosis para el suelo franco limo son las 160-0 y 80-0 kg/ha de nitrógeno y fósforo respectivamente, lo que comprueba la marcada necesidad de nitrógeno en el desarrollo del arroz en ese suelo; mientras que para el suelo franco arenoso (Cuadro 42), las dosis más recomendables son 160-30 y 120-60 kg/ha; comprobando de esta forma los resultados de campo donde se observa además de la respuesta total a nitrógeno, una ligera respuesta a la aplicación de fósforo, específicamente en este suelo con respecto al rendimiento.

Los niveles de fertilizantes determinados con los análisis económicos, dan respuesta a las inquietudes del agricultor, que desde el punto de vista económico, no es motivado a invertir en agricultura, sino está seguro de que podría obtener una tasa de retorno de por lo menos un 40% en cada ciclo de cultivo (39, 41).

Cuadro 41. Tasas de retorno marginal, obtenidas con los mejores tratamientos de fertilización.
Suelo Franco Limoso.

Tratamientos (Kg/ha) M P ₂ O ₅	Costo Variable (\$/ha)	Beneficio Neto (\$/ha)	Tasa de Retorno Marginal (%)
160	134,0	784,0	238,0
160	119,0	780,0	264,0*
80	67,0	740,0	410,0*
0	0,0	465,0	--

Cuadro 42. Tasas de retorno marginal, obtenidas con los mejores tratamientos de fertilización.
Suelo Franco Arenoso.

Tratamientos (Kg/ha) M P ₂ O ₅	Costo Variable (\$/ha)	Beneficio Neto (\$/ha)	Tasa de Retorno Marginal (%)
160	134,0	836,0	230,0*
120	123,0	798,0	220,0*
160	119,0	780,0	212,0
120	93,0	751,0	240,0
80	82,0	707,0	219,0
0	0,0	527,0	--

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados de los análisis químicos; a la respuesta del cultivo, a la aplicación de nutrimentos y a la clasificación taxonómica, los suelos franco limosos poseen características más deseables que los franco arenosos, para la producción de arroz de secano.
2. Las características de la planta como vigor y altura a la cosecha y los componentes del rendimiento como número y peso de granos; reflejaron respuestas positivas a las aplicaciones de dosis crecientes de nitrógeno y fósforo e influyeron significativamente en el rendimiento de arroz. Es decir, a mayor vigor, altura a la cosecha, número de granos y peso de granos, se obtuvieron mayores producciones indistintamente.
3. Tratándose de suelos tropicales, es natural que el elemento nutritivo más crítico en los suelos de Progreso, sea el nitrógeno; de allí que se obtuvieron respuestas significativas del cultivo, a la aplicación de dosis crecientes de este elemento.
4. Económicamente, la dosis más recomendable de nitrógeno fue la de 160 kg/ha; para las condiciones de escasez de lluvia predominante en 1982. Sin embargo, se considera que en uno año normal de lluvia, se pueden obtener buenos rendimientos con 120 kg/ha de nitrógeno.
5. El caso del fósforo fue diferente, a excepción de un solo experimento en donde el cultivo respondió positivamente a este nutrimento, en los otros sitios no hubo ningún efecto, lo cual indica que el arroz en esta área no requiere de aplicaciones de fósforo.
6. A pesar de que a nivel de invernadero se encontró respuesta a las aplicaciones de azufre, a nivel de campo no hubo ningún beneficio con el uso de este nutrimento. Tampoco lo hubo con el uso de micronutrientes.

7. El análisis económico de los resultados experimentales, permite concluir que para el suelo franco limoso la dosis recomendable es de 160-0 y 80-0 kg/ha de nitrógeno y fósforo respectivamente; mientras que para el suelo franco arenoso se recomienda utilizar la dosis de 160-30 y 120-60 kg/ha de nitrógeno y fósforo respectivamente.

8. Los resultados demuestran que en los dos tipos de suelo; es necesario la aplicación de nitrógeno en el cultivo de arroz y en ciertos casos es conveniente la utilización de fósforo en el suelo franco arenoso. Pero esto se determinó en un ciclo de cultivo y en condiciones irregulares de lluvia; por lo tanto es necesario efectuar más investigaciones de este tipo en el área, para complementar los resultados obtenidos en este trabajo.

6. BIBLIOGRAFIA

1. ANGLADETTE, A. El Arroz. Barcelona, España, Blume, 1969. 867 p.
2. ARAMBURU, J. Informe al Gobierno de Panamá, sobre el programa de fertilizantes de la campaña mundial contra el hambre. FAO. Programa de fertilización. Panamá, 1971. 21 p.
3. ARAUZ, J. R. y RUIZ, J. C. Evaluación de variedades promisorias a niveles crecientes de nitrógeno en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.); Panamá, 1976. In Reunión Anual del PCCMCA 23a., Panamá, 1977. v.l. pp. A5/1 - A5/5.
4. BARTHOLOMEW, W. V. El nitrógeno del suelo. North Carolina, State University, AID. (Boletín Técnico N°6). 1972. 97 p.
5. _____ . El nitrógeno y la materia orgánica de los suelos. In DROSDOFF, et. al. Suelos de las regiones tropicales húmedas. 1a. ed. Washington, D. C., Academia Nacional de Ciencias, 1975. 271 p.
6. BERTSCH, F. Fertilidad de nueve suelos clasificados como Typic Dystrandepts en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1982. 122 p.
7. BLACK, C. A. Relaciones suelo-planta. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1972. v. 2. 966 p.
8. BURBANO, O. H. y BLASCO, M. Suelos volcánicos de Nicaragua; II Contenido y distribución de azufre. Turrialba (Costa Rica) 25(4):429-435. 1975.
9. BRAVO B., J. M. Efectos de niveles de nitrógeno y densidad de siembra en el rendimiento de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, Escuela Nacional de Agricultura. 1980, 42 p.
10. BROOKS J., G. Cultivo y fertilización de dos variedades de arroz (Oryza sativa L.) Cica-4 y Tainan-5; bajo condiciones anegadas en Bataan. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1974. 71 p.
11. CARMEN C., M. Fertilización de suelos arroceros. Material presentado en el curso de capacitación sobre el cultivo de arroz. Ed. P. A. Sánchez, J. Hernández y J. Paredes. Lambayeque, Perú, 1969. pp. 12-1 a 12-31.

12. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Sistema de evaluación estandar para arroz. Trad. por Manuel Rosero. Cali, Colombia, 1975. 62 p.
13. CONCEPCION, E., ESPINOZA, R., M. C. y STAFF, C. E. Estudio urbano de Puerto Armuelles. Tesis Lic. en Geografía e Historia. Panamá, Universidad, Facultad de Filosofía, Letras y Educación, 1978. 103 p.
14. CORDERO, V. A. La influencia de los abonos en la revolución verde del arroz en Costa Rica. In Conferencia Latinoamericana de la Producción de Alimentos, 14a., San José, Costa Rica, 1976. San José, Costa Rica, 1976. 19 p.
15. COSTA, P. H. DA. El arroz en el Paraguay, programa de investigación. Montevideo, Uruguay, IICA, 1971. 98 p.
16. DATTE, S. K. DE. Condiciones ambientales para la producción arroceras en Asia Tropical. In Cultivo de arroz; manual de producción. México, Limusa, 1975. pp. 75-88.
17. _____ . Fertilizantes y acondicionamiento del suelo para el arroz tropical. In Cultivo de arroz. Manual de producción. University of the Philippines. Escuela de Agricultura. ed. Limusa. México, 1975. pp. 139-174.
18. (DAVIDE, J. The time and methods of phosphazo fertilizer applications. In Proceedings of a simposium at he IRRI on the mineral nutrition of the rice plant. U.S.A., 1964. pp. 225-268.
19. DEVLIN, R. M. Fisiología vegetal. Omega eds. Trad. por Xavier Elimona P. Barcelona, España, 1980. pp. 305-315.
20. DIAZ-ROMEU, R. y BEJARANO W. Estudios de invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1978. 12 p.
21. _____ . y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigaciones en invernadero. Turrialba, Costa Rica. CATIE, 1978. 62 p.
22. DOMINGUEZ, V. A. Abonos minerales. Madrid, España, Ministerio de Agricultura, 1978. 421 p.
23. DOYLE, J. J. La respuesta del arroz al abonado. Romá, FAO, 1966. 71 p.
24. ESPINOZA, E. y REYES, C. E. Fertilización nitrogenada de las variedades Awini, Cica-6 y Cica-4, bajo condiciones de riego intermitente. In Universidad de Panamá. Facultad de Agrono

- mía. Invetigaciones agropecuarias 1974-75, Progreso de Labores. Panamá, 1976. pp. 43-53.
25. _____ . Estadística de superficie sembrada, producción; rendimientos unitarios e importaciones de arroz en Panamá (1953-1977). In Reunión Anual del PCCMCA, 25a., Tegucigalpa, Honduras, 1979. Tegucigalpa, Honduras, 1979. v.4. pp. A4/1 - A4/4.
 26. FASSBENGER, H. W. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA, 1980. 398 p.
 27. GUZMAN, M. E. Relación fósforo-zinc en tres suelos ácidos de Costa Rica. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1982. 143 p.
 28. GUERRA, G. Manual de administración agropecuaria. San José, Costa Rica. IICA, 1980. 352 p.
 29. HOLDRIGDE, L. R. Life zone ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
 30. IGLESIAS, D. G. Respuesta a la fertilización nitrogenada y fosfórica en arroz (Oryza sativa L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1975. 92 p.
 31. INSTITUTO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA DE PANAMA. Diagnóstico de pequeñas y medianas explotaciones agropecuarias en tres áreas de Panamá; (Aserrío de Gariche, Progreso y Guarumal). Panamá, 1980. pp. 45-73.
 32. ISMUNADJI, M. y ZULKARVAINI, I. Sulphur deficiency of lowland rice in Indonesia. Sulphur in Agriculture (Indonesia) 2:1,7,19,22. 1978. (Resumen).
 33. JIMENEZ, G. E. y CHAVES, S. M. Estudio sobre la aplicación de fósforo y fraccionamiento de niveles de nitrógeno en arroz, variedad cica 6. In XXIV Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, El Salvador, 1978. pp. A10/1 - A10/10.
 34. LARA, C., L. D. Respuesta del arroz (Oryza sativa L.) a fuentes y dosis de nitrógeno. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1975. 67 p.
 35. LEON, S., L. A. El análisis de los suelos como guía para hacer recomendaciones de fertilizantes y enmiendas. Bogotá, Colombia, Federación Nacional de Arroceros de Colombia, 1975. pp. 65-69. (Temas de Orientación Agropecuaria N°112).

36. _____ . El fósforo del suelo. Bogotá, Colombia, Federación Nacional de Arroceros de Colombia, 1975. pp. 71-77. (Temas de Orientación Agropecuaria N°112).
37. LIGORRIA, L. E. y ALBUREZ, O., C. F. Efecto de fertilización con N-P-K, sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la variedad de arroz Tikal-2 bajo condiciones del valle del Motagua, Izabal, Guatemala. In Reunión Anual del PCCMCA, 25a., Tegucigalpa, Honduras, 1979. Tegucigalpa, Honduras, 1979. v.4. pp. A3/1 - A3/5.
38. LOTERO, J. Absorción del fósforo y sus funciones en la planta. In El fósforo en zonas tropicales. Tercer coloquio sobre suelos. Suelos Ecuatoriales 6(1):67-96. 1974.
39. MARTINI, J. A. Algunas notas sobre problemas de encalado en los suelos del trópico. Turrialba (Costa Rica) 18(3):249-256. 1968.
40. MATTHEWS, E. D., GUZMAN, L. E. y DON HANSEN, E. Clasificación agrológica, capacidad de las tierras y agricultura del suroeste de la provincia de Chiriquí. Panamá, SICAP-MACI, 1960. 135 p.
41. MILLAR, C. E. Soil fertility. New York, Wiley, 1955. 436 p.
42. MUÑOZ, A. R. Algunos aspectos de la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en suelos de Colombia. Bogotá, Colombia. Federación Nacional de Arroceros de Colombia, 1974. pp. 28-40. (Temas de Orientación Agropecuaria N97-98).
43. NAVARRO, M. et al. El uso de agroquímicos en arroz; resultados preliminares de una encuesta realizada en Progreso, Chiriquí, Panamá. In Reunión Anual del PCCMCA, 28a., San José, Costa Rica. San José, Costa Rica, 1982. 34 p.
44. ORTEGA, E., E. Los micronutrientes; revisión de literatura. Turrialba, Costa Rica, s. e., 1981. 31 p.
45. OTTAVO, Y. Fuentes, niveles y épocas de fertilización nitrogenada en arroz. Bogotá, Colombia, Federación Nacional de Arroceros de Colombia, 1975. pp. 59-64. (Temas de Orientación Agropecuaria N°112).
46. PANAMA. SERVICIO INTERAMERICANO DE COOPERACION AGRICOLA EN PANAMA. Mapa de suelos región sur-oeste de Chiriquí. Panamá, Ministerio de Obras Públicas, 1958. Esc. 1:50,000. Color.

47. PERDOMO, C., M. A. y GONZALEZ, F. J. Nutrición mineral de la planta de arroz, variedad Cica-8. In Resúmenes de la XXIX Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, 1983. 65 p.
48. PERRIN, R. K. et al. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica. México, CIMMYT N°27, 1979. 54 p.
49. PONNAMPERUNA, P. N. Limitaciones de micronutrientes en suelos ácidos arroceros tropicales. In Bornemisza, E. y Alvarado, E. eds. Manejo de suelos en la América Tropical. San José, Costa Rica, 1975. pp. 336-354.
50. REICHE, C., C. E., SILVA, A. R. y LARIOS, E. Metodología práctica para análisis económico de resultados de investigación agrícola. Tegucigalpa, Honduras, Secretaría de Recursos Naturales, 1981. 76 p.
51. RIMOLO, L. A. Efecto del encalado sobre la disponibilidad de Boro, en seis suelos de Costa Rica, Tesis Lic. en Química. San José, Costa Rica, Universidad, Escuela de Química, 1970. 45 p.
52. ROSERO, M. J. Características varietales del arroz relacionadas con la fisiología del rendimiento. In XXII Reunión Anual del PCCMCA, San José, Costa Rica, 1976. pp. A-31-2 a A-31-18.
53. SANCHEZ, P. A. Fertilización y manejo de nitrógeno en el cultivo de arroz tropical. In II Coloquio de suelos. El uso del nitrógeno en el Trópico. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Colombia, 1971. 43 p.
54. _____ . Suelos del trópico, características y manejo. Trad. por Edilberto Camacho. San José, Costa Rica, IICA, 1981. 660 p.
55. SANCHEZ, S., L. F. Respuesta del arroz a fertilizantes fosfatados. Bogotá, Colombia, Federación Nacional de Arroceros de Colombia, 1974. pp. 53-61. (Temas de Orientación Agropecuaria N°97-98).
56. SCHENKEL, L. G. y FLOODY, A. T. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayo de macetas; IV Determinación de la fórmula de fertilización mediante trifolium subterraneum y lolium perenne X lolium multiflorum. Turrialba (Costa Rica) 21(4):406-420. 1971.

57. SOUSA, F. et al. Respuesta del arroz a diferentes niveles de fertilizantes en esnayos de maceta y campo. In Reunión Anual del PCCMCA, 22a., San José, Costa Rica, 1976. San José, Costa Rica, 1976. pp. A10/1-A10/3.
58. TISDALE, S. L. y NELSON, W. L. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Trad. de J. Balash y C. Piñas. Barcelona, España, Momaner y Simon, 1970. pp. 355-361.
59. TUPOLANSKI, E. El arroz, su cultivo y producción. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1975. 304 p.
60. WALKER, J. L. y BEJARANO, W. Uso práctico de los modelos discontinuos para interpretación rápida de la respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizantes. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 75 p.

7. A N E X O

Cuadro 1A. Tratamientos estudiados en los ensayos.

Nº de Tratamiento	Nutrimentos en kg/ha				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	E.M*
1	0	0	40	-	-
2	0	30	40	-	-
3	0	60	40	-	-
4	40	0	40	-	-
5	40	30	40	-	-
6	40	60	40	-	-
7	80	0	40	-	-
8	80	30	40	-	-
9	80	60	40	-	-
10	120	0	40	-	-
11	120	30	40	-	-
12	120	60	40	-	-
13	160	0	40	-	-
14	160	30	40	-	-
15	160	60	40	-	-
16	80	60	40	40	-
17	80	60	40	-	40
18**	64	44	22	-	-

* Microelementos.

** Fertilización a base de 182 kg/ha de abono completo (12-24-12) a la siembra y 42 kg de N en dos aplicaciones como urea (46% N), luego de la siembra.

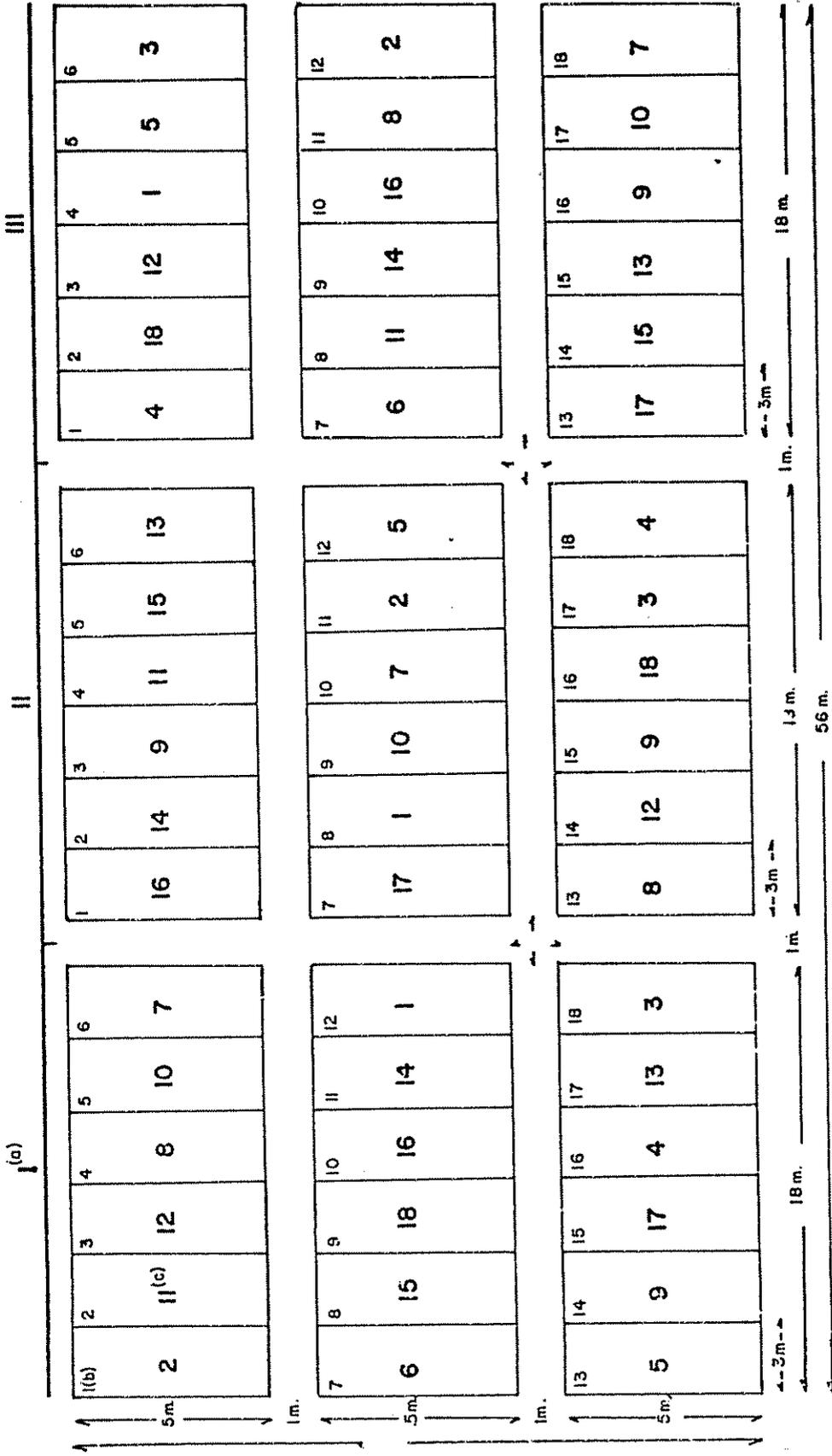


FIG. 2 A : Croquis de la Disposición de Tratamiento en el Campo.

a) Números Romanos: REPETICIONES
 b) Números Arabicos en la esquina superior izquierda de parcela: NUMERO DE PARCELA
 c) Números Arabicos en el centro de la parcela: TRATAMIENTOS

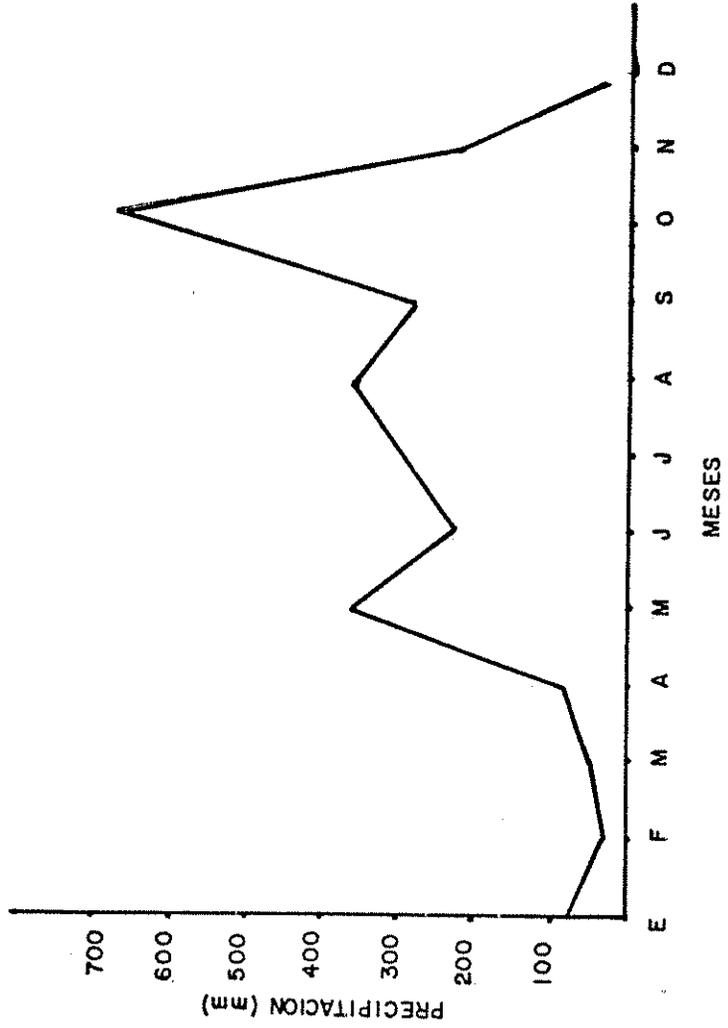


FIG. 3 A : Curva de Precipitaciones Mensual en el Corregimiento de Progreso - CHIRIQUI.

FUENTE : Instituto de Recursos Hidraulico y Electrificación (I R H E).

Cuadro 4A. Rango de niveles del contenido de elementos para interpretación del análisis químico de suelos.

METODO DE EXTRACCION: CAROLINA DEL NORTE. (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N)

Laboratorio de Suelos - Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

ELEMENTOS	NIVELES				
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
P (ug/ml)	0-18	19-54	54	-	
K (ug/ml)	0-44	45-150	150	-	
Ca (meq/100ml)	0-2	3-5	5	-	
Mg (meq/100ml)	0-0,6	0,7-1,5	1,5	-	
Al (meq/100ml)	0-0,5	0,6-1,0	1,1-3,0	3,0	
MO. (%)	0-2	3-6	6	-	
Mn (ug/ml)	0-14	15-45	49	-	
Fe (ug/ml)	0-25	25-74	74	-	
Zn (ug/ml)	0-4	4-14	11	-	
Cu (ug/ml)	0-2	2-6	6	-	
pH (en H ₂ O)	muy ácido 4,6-5,1	ácido 5,2-5,9	poco ácido 6,0-6,9	neutro 7,0	alcalino 7,1

Fuente: IDIAP - Panamá.

Cuadro 5A. Correlaciones simples entre las variables observadas en el experimento, con el rendimiento. Suelo Franco Limoso. 1/

Ensayo	Variable Causal	N	P ₂₀₅	Pobinic	Vigor	D FLOR	ALTCOS	TALLOS	ESPIG	GR 10 ESP	GRAN VAN	PGR 10 ESP
1	Rendimiento	0,76	--	----	0,85	----	0,86	----	0,56	0,78	----	0,71
2	Rendimiento	----	--	-0,57	----	----	----	----	----	0,51	----	0,64
3	Rendimiento	0,58	--	----	0,54	----	0,55	----	----	0,48	----	0,59
4	Rendimiento	----	--	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1/ Significativas a una probabilidad de 0,10.

Cuadro 6A. Correlaciones simples entre las variables observadas en el experimento, con el rendimiento. Suelo Franco Arenoso. 1/

Ensayo	Variable Causal	N	P ₂₀₅	Pobinic	Vigor	D FLOR	ALTCOS	TALLOS	ESPIG	GR 10 ESP	GRAN VAN	PGR 10 ESP
5	Rendimiento	0,87	--	----	0,78	----	0,87	----	----	0,65	----	0,58
6	Rendimiento	----	--	----	0,53	----	0,80	----	----	0,64	----	0,66
7	Rendimiento	0,60	--	----	0,69	----	0,73	----	----	----	----	----

1/ Significativas a una probabilidad de 0,10.

Cuadro 7A. Promedios de la población inicial de plantas, en un metro lineal.

N° de Trat.	Tratamientos kg/ha		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
	N	-P ₂ O ₅	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
1	0	0	50,3	50,5	61,9	69,3	46,3	54,3	73,3
2	0	30	54,8	36,4	51,3	77,1	42,4	47,1	73,6
3	0	60	67,8	29,5	49,5	71,5	39,3	52,3	69,5
4	40	0	56,3	58,3	52,8	83,3	43,6	47,4	66,0
5	40	30	58,9	46,3	44,0	66,1	34,4	59,9	69,6
6	40	60	55,3	47,3	50,3	69,1	37,8	58,3	67,5
7	80	0	45,3	49,7	55,5	73,0	34,9	45,5	63,3
8	80	30	58,1	42,3	62,4	71,0	40,2	57,9	70,7
9	80	60	50,3	36,9	55,3	71,5	40,5	60,7	71,3
10	120	0	51,7	38,8	51,8	74,7	41,6	46,7	75,8
11	120	30	49,0	38,1	54,3	67,6	36,3	48,4	67,9
12	120	60	55,3	42,4	54,0	67,0	42,7	54,1	76,1
13	160	0	37,3	44,7	51,8	69,8	33,5	41,4	70,5
14	160	30	52,7	46,9	47,7	75,8	42,7	51,2	69,1
15	160	60	53,6	46,2	63,8	75,4	34,1	46,7	72,1

Cuadro 8A. Vigor (altura promedio de las plantas en cm, a los 60 días).

N° de Trat.	Tratamientos kg/ha		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
	N	-P ₂ O ₅	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
1	0	0	37,6	50,7	32,8	41,9	42,9	29,3	34,9
2	0	30	33,7	51,3	38,9	35,8	43,0	27,7	30,9
3	0	60	37,5	55,3	37,6	44,5	50,3	28,2	34,7
4	40	0	40,0	54,4	42,9	45,1	46,8	26,3	39,0
5	40	30	40,8	54,7	42,1	42,5	48,6	29,8	38,6
6	40	60	39,1	56,4	41,2	39,3	54,5	34,6	38,7
7	80	0	38,5	54,3	47,8	40,9	52,1	28,8	41,3
8	80	30	40,3	54,3	44,3	39,6	54,5	30,6	40,9
9	80	60	47,1	55,4	45,1	44,7	58,5	32,0	42,8
10	120	0	43,2	53,8	48,0	46,3	49,9	29,6	44,7
11	120	30	44,1	57,0	48,9	43,8	52,4	31,0	42,7
12	120	60	43,4	54,5	49,4	40,8	55,3	34,7	44,1
13	160	0	52,9	54,0	55,9	45,7	58,2	28,8	46,0
14	160	30	55,9	59,3	53,6	45,4	64,0	36,3	42,6
15	160	60	48,9	59,8	57,6	47,9	58,1	35,8	44,9

Cuadro 9A. Días promedio al 50% de la floración.

Nº de Trat.	Tratamientos kg/ha		Suelo Franco Límoso				Suelo Franco Arenoso		
	N	P ₂ O ₅	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
1	0	0	91,0	76,0	83,7	75,0	85,0	88,0	88,0
2	0	30	91,0	85,0	83,7	88,3	89,7	91,0	90,0
3	0	60	91,0	85,0	81,0	86,7	85,7	88,3	84,7
4	40	0	83,7	76,0	81,7	78,3	80,0	93,0	86,7
5	40	30	80,0	79,3	79,0	81,7	81,7	88,3	83,3
6	40	60	83,7	76,0	79,0	75,0	80,0	88,3	83,3
7	80	0	83,7	79,0	75,0	83,3	81,7	91,0	82,0
8	80	30	80,0	76,0	75,0	75,0	81,7	87,7	82,0
9	80	60	80,0	81,7	75,0	88,3	80,0	85,7	82,0
10	120	0	80,0	76,0	75,0	78,3	81,7	91,0	82,0
11	120	30	80,0	79,3	75,0	83,3	80,0	85,7	82,0
12	120	60	80,0	76,0	75,0	75,0	80,0	85,7	82,0
13	160	0	91,0	79,3	77,0	83,3	84,0	91,0	86,7
14	160	30	80,0	76,0	75,0	83,3	80,0	88,3	82,0
15	160	60	78,3	76,0	75,0	76,7	84,0	83,0	82,0

Cuadro 10A. Altura promedio de las plantas en centímetros, a la cosecha.

Nº de Trat.	Tratamientos kg/ha		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
	N	P ₂ O ₅	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
1	0	0	61,5	77,3	64,9	67,0	72,2	62,0	54,3
2	0	30	56,5	86,5	69,5	63,8	76,5	53,7	58,4
3	0	60	58,8	85,1	65,8	66,2	77,0	54,7	54,6
4	40	0	64,7	82,4	74,5	69,0	74,1	54,9	63,4
5	40	30	61,8	78,9	73,8	64,3	76,1	60,7	59,0
6	40	60	61,7	76,7	71,3	66,2	76,3	65,1	55,3
7	80	0	67,1	80,7	76,9	64,0	80,7	61,6	59,1
8	80	30	69,6	80,9	76,8	64,3	82,0	59,3	63,8
9	80	60	67,4	78,5	76,8	67,3	83,6	65,3	63,3
10	120	0	67,8	80,4	78,8	68,3	80,3	58,6	64,5
11	120	30	68,3	83,9	77,8	65,5	79,8	67,3	59,6
12	120	60	66,9	82,3	79,9	67,8	82,7	65,1	68,6
13	160	0	73,8	80,6	85,3	66,8	84,3	51,6	63,7
14	160	30	77,1	80,6	82,7	69,4	83,5	65,3	61,7
15	160	60	70,0	83,9	82,3	66,9	88,5	67,1	66,0

Cuadro 11A. Número promedio de tallos en 15 cm. de surco, a la cosecha.

N° de Trat.	Tratamientos kg/ha		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
	N	P ₂ O ₅	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
1	0	0	13,7	18,1	10,0	15,6	11,5	14,3	18,9
2	0	30	13,8	20,2	10,9	18,5	11,1	12,1	16,2
3	0	60	12,7	17,4	11,3	17,0	10,7	10,6	17,2
4	40	0	15,0	22,6	13,1	17,4	9,4	15,1	19,7
5	40	30	15,5	18,0	12,2	16,3	9,5	13,7	18,9
6	40	60	12,5	20,6	11,6	17,3	12,7	15,5	19,8
7	80	0	15,5	14,4	14,5	15,2	11,1	13,7	18,1
8	80	30	13,2	16,9	14,7	16,7	12,2	15,7	16,2
9	80	60	13,2	19,4	12,9	17,0	11,7	10,9	19,8
10	120	0	13,6	18,8	11,6	14,9	9,9	10,8	18,1
11	120	30	15,8	18,4	12,3	16,5	10,7	11,5	18,6
12	120	60	14,7	18,4	13,7	18,1	11,7	12,5	19,2
13	160	0	16,3	24,4	13,7	13,8	11,2	13,7	17,4
14	160	30	14,3	16,7	11,8	16,8	11,5	18,6	18,7
15	160	60	16,0	17,3	13,2	19,7	10,9	13,1	20,1

Cuadro 12A. Promedio de espigas en 15 cm. de surco, a la cosecha.

N° de Trat.	Tratamientos kg/ha		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
	N	P ₂ O ₅	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
1	0	0	10,3	15,1	8,1	11,7	9,6	11,3	14,7
2	0	30	10,1	17,1	9,2	15,5	8,8	10,3	12,7
3	0	60	9,7	16,2	9,5	13,7	8,3	8,9	14,2
4	40	0	11,9	18,1	10,1	13,5	7,7	12,0	15,8
5	40	30	11,9	13,9	9,8	12,9	8,0	11,3	16,1
6	40	60	10,1	17,3	9,5	14,8	9,8	11,7	15,2
7	80	0	12,2	11,2	10,5	14,1	8,7	12,0	14,5
8	80	30	10,9	14,0	11,0	12,2	10,3	12,5	12,1
9	80	60	10,2	15,3	10,3	13,7	9,7	9,5	15,7
10	120	0	12,7	14,2	10,4	11,6	8,2	9,0	14,7
11	120	30	11,6	14,4	9,7	12,6	8,7	9,6	14,3
12	120	60	13,4	14,8	11,4	14,2	9,5	9,1	15,4
13	160	0	13,9	20,4	11,2	11,2	9,6	11,4	13,7
14	160	30	11,8	13,2	9,4	14,1	8,6	16,1	13,8
15	160	60	13,7	14,2	10,9	13,2	8,8	10,0	16,0

Cuadro 13A. Promedio de granos contenidos en 10 espigas.

Nº de Trat.	Tratamientos kg/ha		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
	N	P ₂ O ₅	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
1	0	0	540,3	779,7	489,0	469,7	793,3	424,1	295,7
2	0	30	557,6	882,6	570,6	419,0	694,0	295,0	283,6
3	0	60	585,0	696,7	574,3	439,0	791,7	358,0	393,7
4	40	0	666,3	510,0	534,7	487,3	859,0	233,7	307,3
5	40	30	554,7	672,3	542,3	453,3	752,0	335,7	350,7
6	40	60	532,0	462,0	658,0	401,0	858,7	466,3	318,0
7	80	0	596,3	878,0	615,7	425,0	1008,7	375,3	339,3
8	80	30	640,7	629,7	538,7	490,3	888,7	287,3	297,7
9	80	60	719,0	727,3	527,7	431,7	929,7	377,7	289,3
10	120	0	801,0	894,3	573,3	494,3	897,7	355,3	393,7
11	120	30	679,7	699,3	507,7	516,3	861,3	501,0	370,7
12	120	60	730,7	589,7	610,3	497,3	806,3	348,7	355,7
13	160	0	794,7	669,0	650,7	509,7	1026,7	396,7	310,3
14	160	30	741,0	694,3	637,7	591,0	997,3	344,7	366,7
15	160	60	683,0	681,3	650,7	515,3	1170,0	517,3	361,3

Cuadro 14A. Promedio de granos vanos en 10 espigas.

Nº de Trat.	Tratamientos kg/ha		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
	N	P ₂ O ₅	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
1	0	0	106,0	463,0	25,3	58,0	108,0	146,7	81,3
2	0	30	81,0	248,0	33,0	80,3	120,0	165,7	130,0
3	0	60	93,3	204,0	47,3	75,0	116,7	148,7	132,0
4	40	0	17,7	378,0	68,0	87,7	114,0	161,0	99,3
5	40	30	39,3	325,0	49,3	77,3	141,0	139,3	104,7
6	40	60	61,3	441,3	83,7	82,3	96,7	214,3	71,3
7	80	0	70,3	370,7	116,0	82,0	119,0	213,3	122,3
8	80	30	89,7	419,7	23,3	86,3	101,7	137,7	100,0
9	80	60	90,3	396,3	85,3	82,7	205,0	211,7	78,0
10	120	0	84,0	125,0	115,7	67,3	126,7	176,7	123,7
11	120	30	114,0	317,3	0	91,7	150,7	211,0	129,7
12	120	60	103,7	193,0	113,0	130,7	176,0	195,3	83,3
13	160	0	144,7	261,0	115,3	89,0	141,7	205,7	117,0
14	160	30	111,0	187,0	122,3	87,0	140,0	224,0	149,7
15	160	60	62,7	363,0	106,3	99,3	196,0	187,3	112,0

Cuadro 15A. Peso promedio de los granos contenidos en 10 espigas (gramos).

Nº de Trat.	Tratamientos kg/ha		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
	N	-P ₂ O ₅	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
1	0	0	18,3	12,8	18,1	18,7	17,5	6,9	13,9
2	0	30	19,2	19,2	20,3	17,9	15,0	4,1	14,4
3	0	60	20,4	14,5	19,4	17,4	18,9	4,8	15,6
4	40	0	23,6	12,9	19,6	18,4	20,3	2,8	13,5
5	40	30	20,2	12,8	20,8	19,2	16,6	4,4	15,7
6	40	60	20,2	10,9	21,9	16,7	19,1	7,5	14,4
7	80	0	20,7	14,1	21,9	17,4	23,2	6,2	15,0
8	80	30	22,3	12,0	20,4	18,1	21,5	4,3	13,1
9	80	60	23,0	15,9	19,9	17,3	23,4	7,3	14,1
10	120	0	25,8	14,9	21,5	19,1	22,0	4,9	15,9
11	120	30	21,4	10,6	21,6	19,1	20,5	8,2	16,0
12	120	60	22,3	12,4	21,4	18,7	21,1	5,5	14,9
13	160	0	23,0	16,6	22,3	19,7	23,6	5,9	14,1
14	160	30	24,8	13,6	23,0	20,8	24,1	5,1	15,1
15	160	60	22,7	12,2	22,9	19,1	20,2	9,0	15,1

Cuadro 16A. Cuadrados medios del análisis de varianza para promedio en altura en cm., de las plantas a los 60 días.

		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
F. de Variación	G.L.	CUADRADO MEDIO						
Repetición	2	306,8**	230,9**	15,3	13,4	28,4	59,5*	131,3**
Tratamientos	14	111,6**	19,2	142,5**	31,4*	104,7**	29,7*	56,2**
Error	28	17,6	24,9	14,4	15,6	28,3	12,6	9,9
C.V.		9,8	8,8	8,2	9,2	10,1	11,5	7,7

* Significativa al 5%.

** Significativa al 1%.

Cuadro 17A. Cuadrados medios del análisis de varianza para promedio de días, al 50% de la floración.

		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
F. de Variación	G.L.	CUADRADO MEDIO						
Repetición	2	8,6	111,8**	8,3	28,9	31,3	0,3	9,6
Tratamientos	14	72,3**	31,6	34,3**	72,5**	24,0*	21,5	21,3
Error	28	8,5	19,8	8,6	11,6	10,8	17,7	5,9
C.V.		3,5	5,5	3,7	4,2	3,9	4,7	2,8

* Significativa al 5%.

** Significativa al 1%.

Cuadro 18A. Cuadrados medios del análisis de varianza para promedio en altura en cm., de las plantas a la cosecha.

		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
F. de Variación	G.L.	CUADRADO MEDIO						
Repeticiones	2	406,5**	427,2**	20,6	13,2	30,1	125,8*	82,2*
Tratamientos	14	91,1**	23,8	107,1**	12,1*	87,4**	80,5*	54,9*
Error	28	22,7	24,1	13,3	6,1	19,4	39,4	22,7
C.V.		7,2	6,0	4,9	3,7	5,5	10,3	7,9

* Significativa al 5%.

** Significativa al 1%.

Cuadro 19A. Cuadrados medios del análisis de varianza, para el número promedio de tallos en 15 cm. de surco, a la cosecha.

		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
F. de Variación	G.L.	CUADRADO MEDIO						
Repeticiones	2	4,7	58,3*	1,5	0,8	9,9	2,7	4,0
Tratamiento	14	5,3	17,9	5,4	6,6	2,8	14,5	4,8
Error	28	3,8	13,9	3,3	11,8	5,4	10,6	8,4
C.V.		13,2	19,9	14,4	20,5	20,8	24,2	15,6

* Significativa al 5%.

Cuadro 20A. Cuadrados medios del análisis de varianza, para el promedio de espigas en 15 cm. de surco, a la cosecha.

		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
F. de Variación	G.L.	CUADRADO MEDIO						
Repeticiones	2	6,6	24,4	0,5	9,2	7,9	2,1	7,2
Tratamientos	14	5,7	14,9	2,3	4,5	1,7	10,5	3,8
Error	28	2,9	13,4	1,6	6,8	2,7	9,1	4,7
C.V.		14,7	23,9	12,7	19,7	18,4	27,4	14,7

Cuadro 21A. Cuadrados medios del análisis de varianza, para el promedio de granos vanos en 10 espigas.

		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
F. de Variación	G.L.	CUADRADO MEDIO						
Repeticiones	2	2085,5	113704,2**	221,7	5690,7**	13912,2**	448,4	1723,5
Tratamiento	14	2977,3	29155,6	5093,2	801,1	3265,7	2819,1	1610,1
Error	28	3587,1	14337,7	3688,9	974,5	1776,7	4893,5	1347,2
C.V.		70,7	37,4	82,4	36,3	30,8	38,3	33,6

** Significativa al 1%.

Cuadro 19A. Cuadrados medios del análisis de varianza, para el número promedio de tallos en 15 cm. de surco, a la cosecha.

		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
F. de Variación G.L.		CUADRAMO MEDIO						
Repeticiones	2	4,7	58,3*	1,5	0,8	9,9	2,7	4,0
Tratamiento	14	5,3	17,9	5,4	6,6	2,8	14,5	4,8
Error	28	3,8	13,9	3,3	11,8	5,4	10,6	8,4
C.V.		13,2	19,9	14,4	20,5	20,8	24,2	15,6

* Significativa al 5%.

Cuadro 20A. Cuadrados medios del análisis de varianza, para el promedio de espigas en 15 cm. de surco, a la cosecha.

		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
F. de Variación G.L.		CUADRADO MEDIO						
Repeticiones	2	6,6	24,4	0,5	9,2	7,9	2,1	7,2
Tratamientos	14	5,7	14,9	2,3	4,5	1,7	10,5	3,8
Error	28	2,9	13,4	1,6	6,8	2,7	9,1	4,7
C.V.		14,7	23,9	12,7	19,7	18,4	27,4	14,7

Cuadro 21A. Cuadrados medios del análisis de varianza, para el promedio de granos vanos en 10 espigas.

		Suelo Franco Limoso				Suelo Franco Arenoso		
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
F. de Variación G.L.		CUADRADO MEDIO						
Repeticiones	2	2085,5	113704,2**	221,7	5690,7**	13912,2**	448,4	1723,5
Tratamiento	14	2977,3	29155,6	5093,2	801,1	3265,7	2819,1	1610,1
Error	28	3587,1	14337,7	3688,9	974,5	1776,7	4893,5	1347,2
C.V.		70,7	37,4	82,4	36,3	30,8	38,3	33,6

** Significativa al 1%.

Cuadro 22A. Cuadrados medios del análisis de varianza de varianza, para los rendimientos promedio de arroz de los siete experimentos.

F. de V.	G. de L.	Suelo Franco Limoso			Suelo Franco Arenoso			
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
Repeticiones	2	2808571,4**	264951,2	200162,7	550332,8**	369540,4	121066,1	718541,1**
Tratamientos	14	-	-	-	-	-	-	-
N	4	3574618,7**	686048,7	1860080,7**	47968,2	6255114,2**	192628,8	833819,7**
P	2	28470,8	122565,1	1023682,9*	216944,6	490673,7*	294947,8	67184,6
N x P	8	212468,6	539168,7	278721,5	79265,5	79149,3	412294,4	149399,8
Error	28	106659,1	544429,8	249302,7	73607,3	131598,2	260513,1	102325,9
C.V.		14,3	32,5	18,7	12,5	10,8	40,8	15,6

* Significativa al 5%.

** Significativa al 1%.

Sección 23A	DESCRIPCION DEL PERFIL TIPICO DEL SUELO FRANCO LIMOSO.
Perfil #1	Aquic-Dystropepts, franco fino Isohipertérmico.
Localización:	Almendro, Progreso, Chiriquí. Finca Asentamiento 11 de Octubre N°1.
Fecha de Muestreo:	4 de mayo de 1983.
Descrito por:	O. W. Rice Jr., C. Burgos; W. Bejarano; M. Rodríguez y S. Jaramillo.
Vegetación:	Residuos de plantaciones de banano; plantas herbáceas.
Cultivo:	Preparado para cultivo de arroz.
Fisiografía:	Terrazas aluviales de río.
Elevación:	Aproximadamente 20 m.s.n.m.
Paisaje:	Casi plano.
Material Parental:	Sedimentos estratificados de aluviones de ríos o de depósitos marinos poco pro- fundos, lavados de la falda del volcán Barú.
Erosión:	Nada aparente.
Drenaje:	Relativamente malo.
Precipitación:	Cerca de 3,000 mm. anuales.

<u>Horizonte</u>	<u>Profundidad</u>	<u>Descripción</u>
Ap.	0-15 cm.	De color pardo oscuro (7,5 YR 3/2 M); pardo pálido (10 YR 6/3 D) franco limoso muy poco distinto y de color rojo amarillento (10 YR 5/8 M), con moteaduras cerca de los canales de las raíces y un poco más abajo, granulación final frágil; ni plástico ni pegajoso (W); friable (M), blando (D); comúnmente contiene muy pocas raíces finas, además de muy pocos poros finos y poros tubulares finos; su límite con la capa inferior es muy irregular y liso.
AC	15-35 cm.	De color pardo oscuro (7,5 YR 4/4 M), franco arenoso muy fino, masivo resquebrajamiento, tendiendo a granulación final frágil, ni plástico ni pegajoso (W); muy friable (M), blando (D); común encontrar muy finos poros tubulares; común raíces muy finas, unos 8 a 20 cm. crotavina de franco arenoso; otras áreas muy trabajadas por hormigas, su límite con la capa inferior es ondulado y muy definido.
Cl	35-37 cm.	Pardo (10 YR 4/3 M) franco arenoso muy fino, un poco claro el prominente color fuerte pardo (7,5 YR 5/5 M) en los moteados horizontales, unos cuantos moteados, promi-

- nentemente pardo grisáceo (10 YR 5/2 M); resquebrajamiento masivo a finas masas coherentes; ni plástico ni pegajoso, muy friable (M), blando (D); muy pocos poros tubulares finos, y raíces finas, la separación con la capa inferior es gradualmente ondulada.
- C2 57-72 cm. Pardo (10 YR 4/3 M) franco arenoso fino; comunmente medio prominente el pardo grisáceo (10 YR 5/2 M) y pardo fuerte (7,5 YR 5/6 M) en las moteaduras; resquebrajamiento masivo a masas finas coherentes; ni pegajoso ni plástico (W), muy friable (M); suelto (D); común muchos poros tubulares finos, muy pocas raíces finas; suavemente abrupta la separación con la capa inferior.
- C3 72-100 cm. Pardo (10 YR 5/3 M) franco arenoso fino, comunmente son gruesos prominentes las moteaduras pardo grisáceas (10 YR 5/2 M) y pardos fuertes (7,5 YR 5/6 M); resquebrajamiento masivo a finas masas coherentes; ni plástico ni pegajoso (W); muy friable (M), suelto (D); comunmente se encuentran muy pocos poros tubulares finos; y muy pocas raíces finas. La capa freática está cerca de los 80 cm.

Sección 24A

DESCRIPCION DEL PERFIL TIPICO DEL SUELO
FRANCO ARENOSO.

Perfil #2 Aquic-Tropofluent. Franco arenoso-grueso. Isopertérmico.

Localización: La Esperanza, Progreso, Chiriquí, Finca del Señor Román Arosemena.

Fecha de Muestreo: 5 de mayo de 1982.

Descrito por: O. W. Rice Jr., C. Burgos, W. Bejarano, M. Rodríguez y S. Jaramillo.

Vegetación: Plantas herbáceas.

Cultivo: Sembrado de sorgo, seguido de arroz.

Elevación: Aproximadamente 20 m.s.n.m.

Paisaje: Suavemente ondulado.

Fisiografía: Terrazas aluviales.

Material Parental: Sedimentos estratificados de aluviones de río o de depósitos marinos poco profundos llevados desde el área del volcán Barú.

Erosión: Nada visible.

Drenaje: Moderadamente bueno.

Precipitación: Cerca de los 2,600 mm. anual. Los meses de enero a marzo son secos.

<u>Horizonte</u>	<u>Profundidad</u>	<u>Descripción</u>
Ap.	0-12 cm.	De color pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2 M), pardo grisáceo claro (10 YR 6/2 D) franco limoso, frágil granulación fina, ni plástico ni pegajoso (W); muy friable (M), blando (D), muy pocos poros finos tubulares; comunmente muy pocas raíces finas, la zona de separación de las capas es muy irregular.
A/Bp.	12-20 cm.	El 60% de la capa es mixta, con un color pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2 M), franco limoso y 40% pardo (10 TR 4/3 M), franco arenoso muy fino, con una estructura granular fina muy frágil, ni plástico ni pegajoso (W); friable (M), muy pocos poros finos tubulares, comunmente muchas raíces finas; su unión con la capa inferior es ondulada y muy abrupta.
Bw	20-36 cm.	De color pardo (10 YR 4/3 M), franco arenoso muy fino; resquebrajamiento masivo, hacia una estructura de bloques subangulares finos; ni plástico ni pegajoso (W); muy friable (M), con muy pocos poros finos tubulares y un color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4 M) en la superficie; muy pocas raíces finas y la unión con la capa inferior es muy abrupta.

- C 36-133 cm. De color gris oscuro (10 YR 4/1 M) arena gruesa de color pardo común (10 YR 4/3 M), con estratos de arena, granulación simple, ni plástico ni pegajoso (W), suelto (M), muy pocos poros finos tubulares; muy pocas raíces finas en las partes altas, unos pocos estratos contienen cerca del 5% de un color pardo grisáceo brillante (10 YR 6/2), en condiciones secas la gravedad específica es baja, gránulos de 2-4 mm, provocan manchas en los bloques; la separación con la capa inferior es gradualmente clara.
- Bb 133-155 cm. De color pardo (10 YR 5/3 M), franco limoso, con grandes moteados comunes de color pardo oscuro (7,5 YR 4/4 M), resquebrajamiento masivo hasta bloques subangulares muy fragmentados y flojos; no pegajoso y ligeramente plástico (W) friable y suavemente viscoso (M), comunmente muy pocos poros tubulares finos; no contiene raíces; la zona de separación con la capa inferior es gradualmente visible.
- C' 155-165 cm. De color gris muy oscuro (10 YR 3/1 M), arenas con muy pocas manchas gruesas de color pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2 M), con granulación simple, ni plástico ni pegajoso (W), suelto (M).

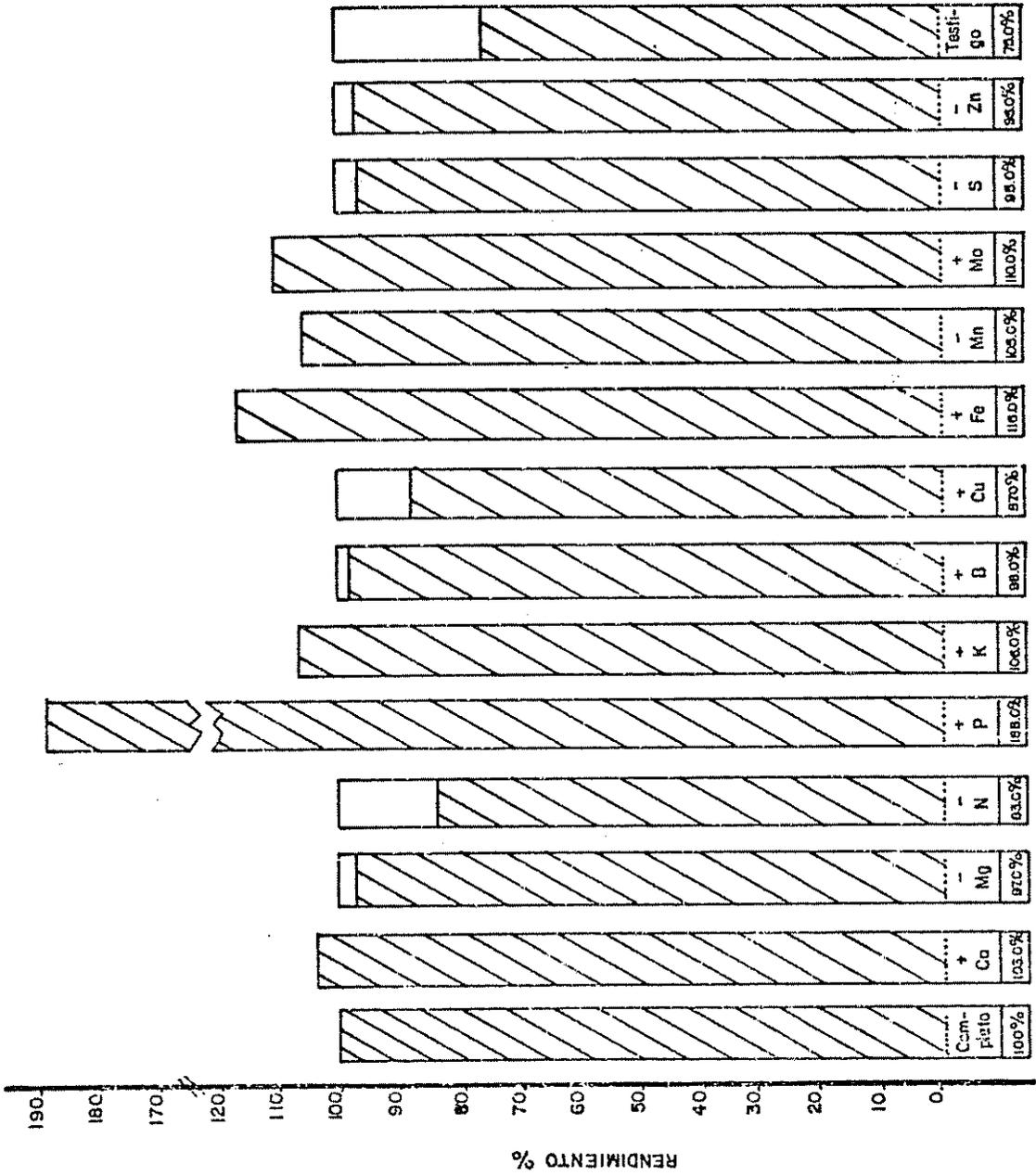


FIGURA 25 A. HISTOGRAMA DE RENDIMIENTOS RELATIVOS (Materia Seca)
 EXP. I BAUDILLO PITY. SUELO FRANCO LIMOSO

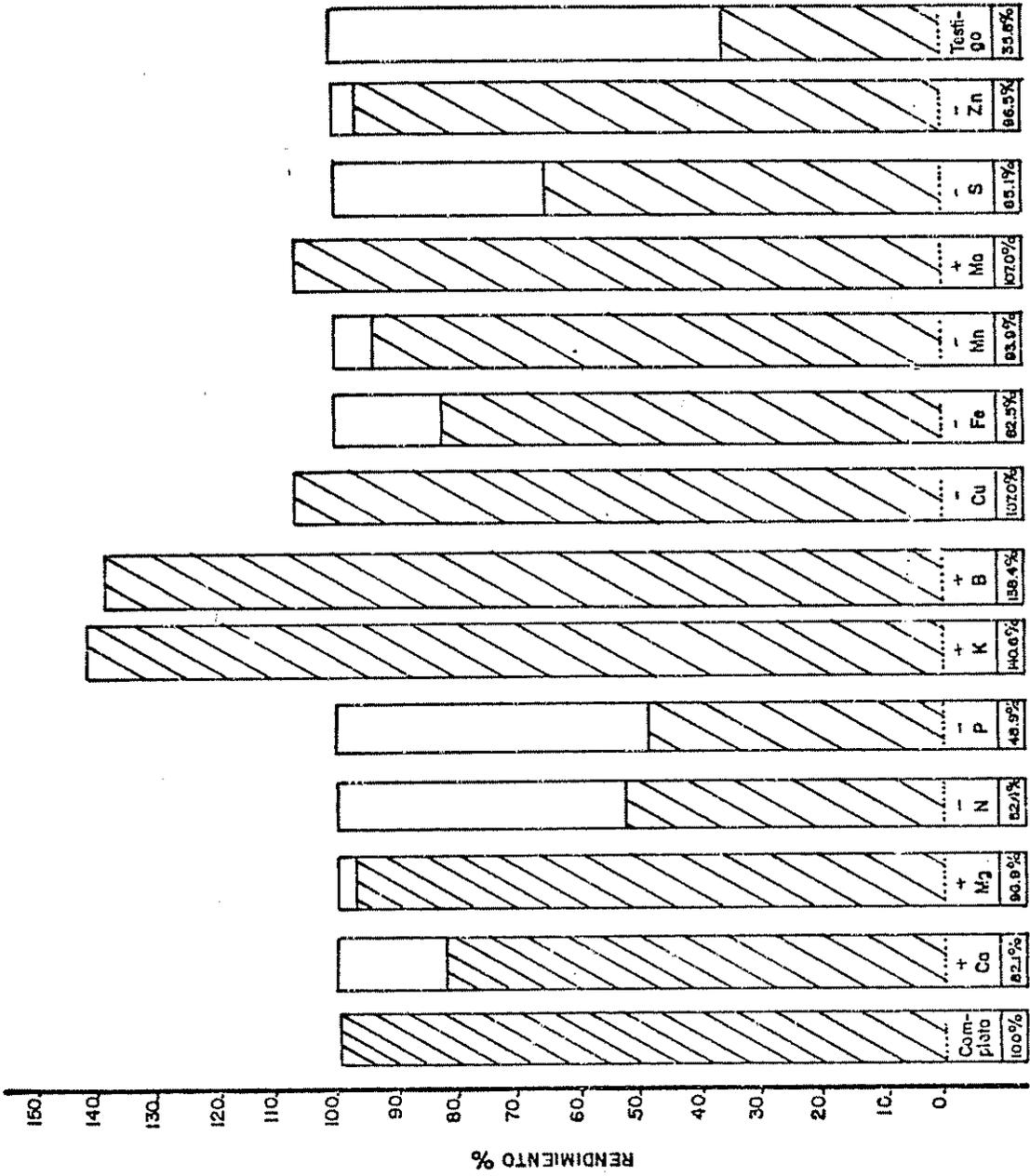


FIGURA 26.A. HISTOGRAMA DE RENDIMIENTO RELATIVOS (Materia Seca)

EX.P. 2 GREGORIO MORENO. SUELO FRANCO LIMOSO

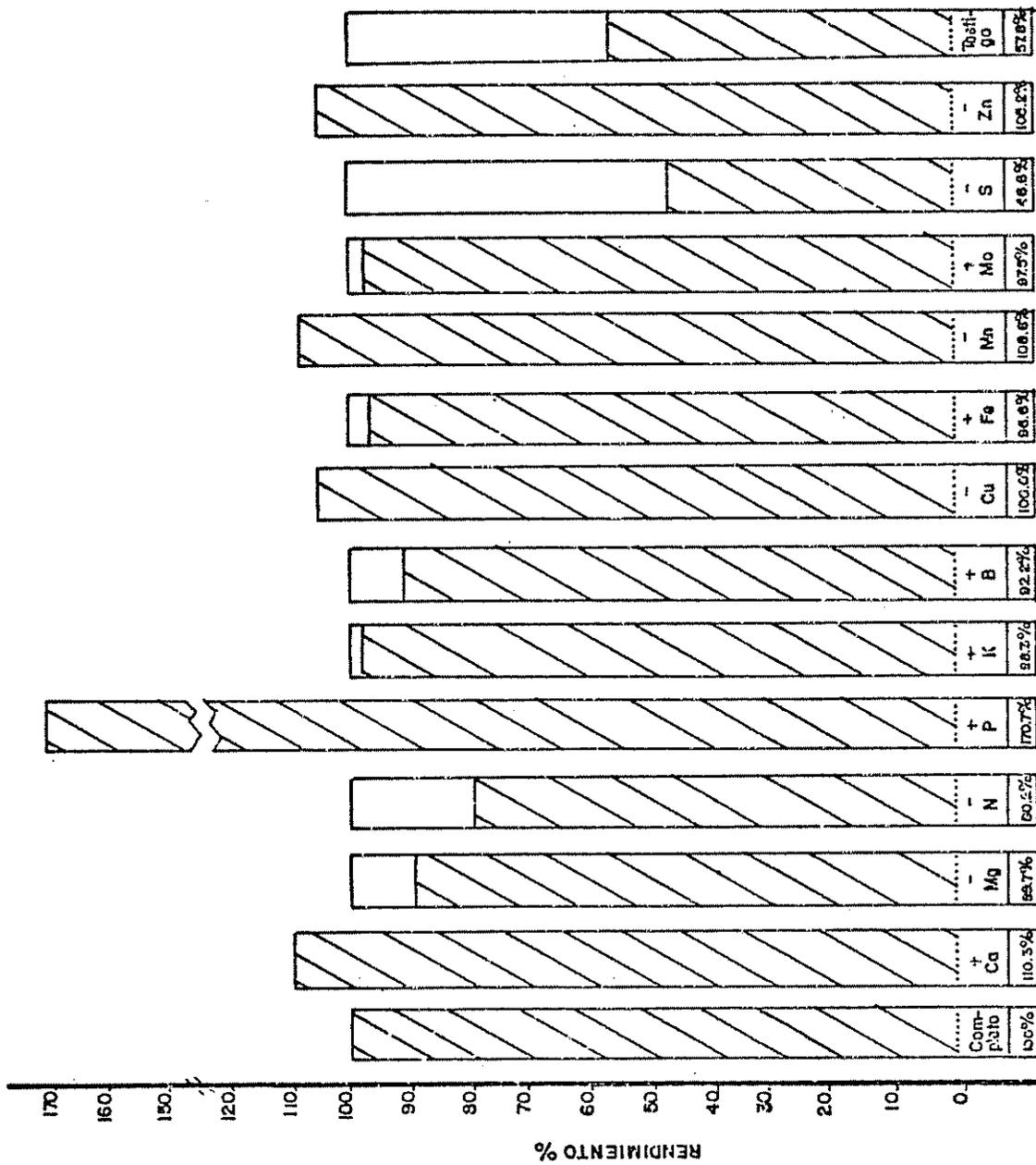


FIGURA 27 A. HISTOGRAMA DE RENDIMIENTOS RELATIVOS (Materia Seca)

EX.P. 3. Asentamiento II de Octubre N°1 SUELO FRANCO LIMOSO

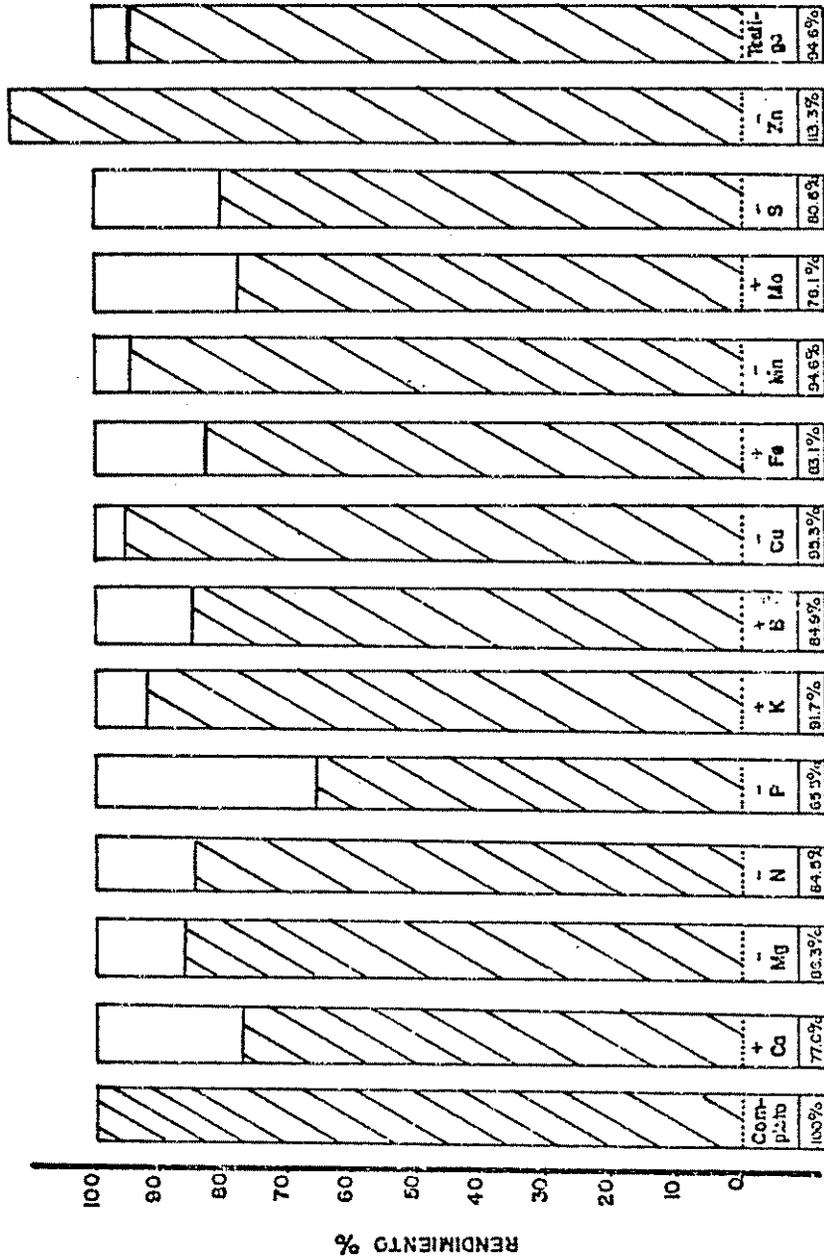


FIG. 26 A HISTOGRAMA DE RENDIMIENTOS RELATIVOS (Materia Seca)

EXP. 4. SERAFIN MORANTES. SUELO FRANCO LIMOSO

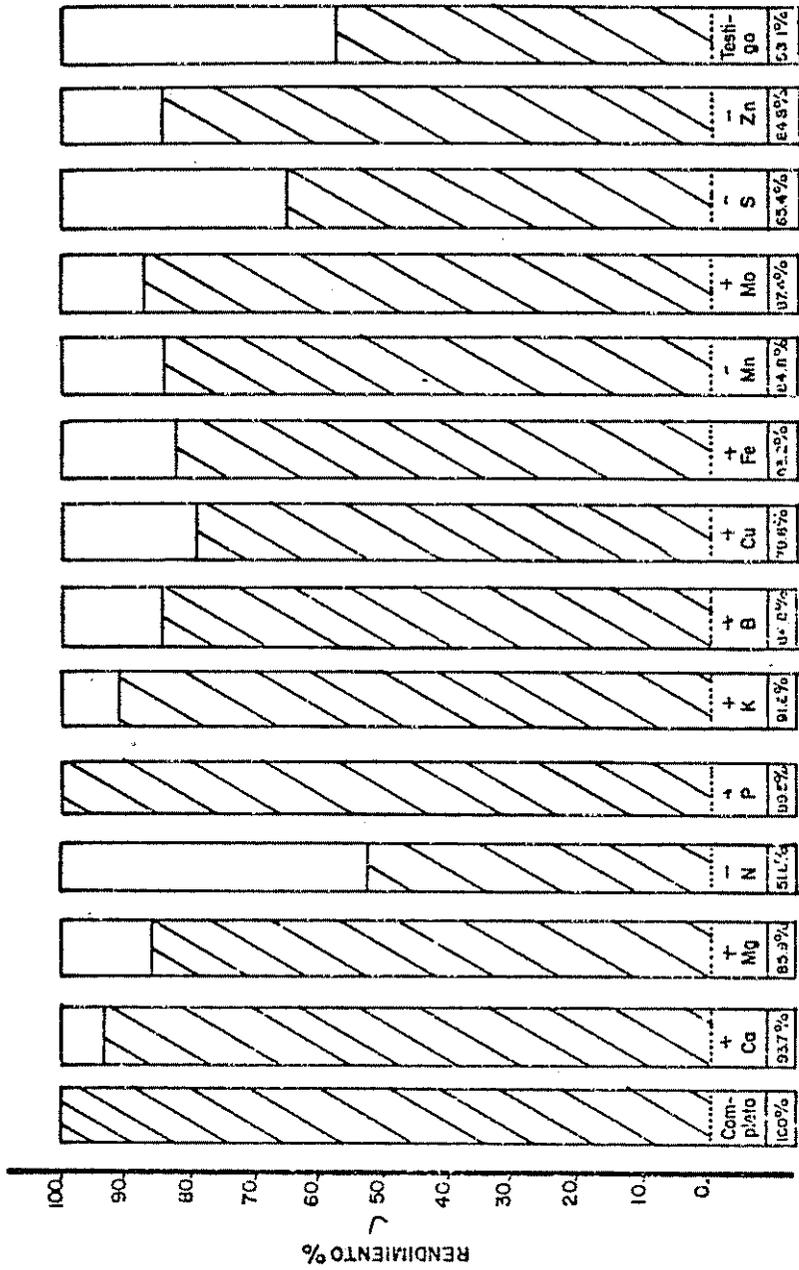


FIGURA 29 A. HISTOGRAMA DE RENDIMIENTOS RELATIVOS (Materia Seca)

EXP. 5 PATROCINIO GONZALEZ. SUELO FRANCO ARENOSO

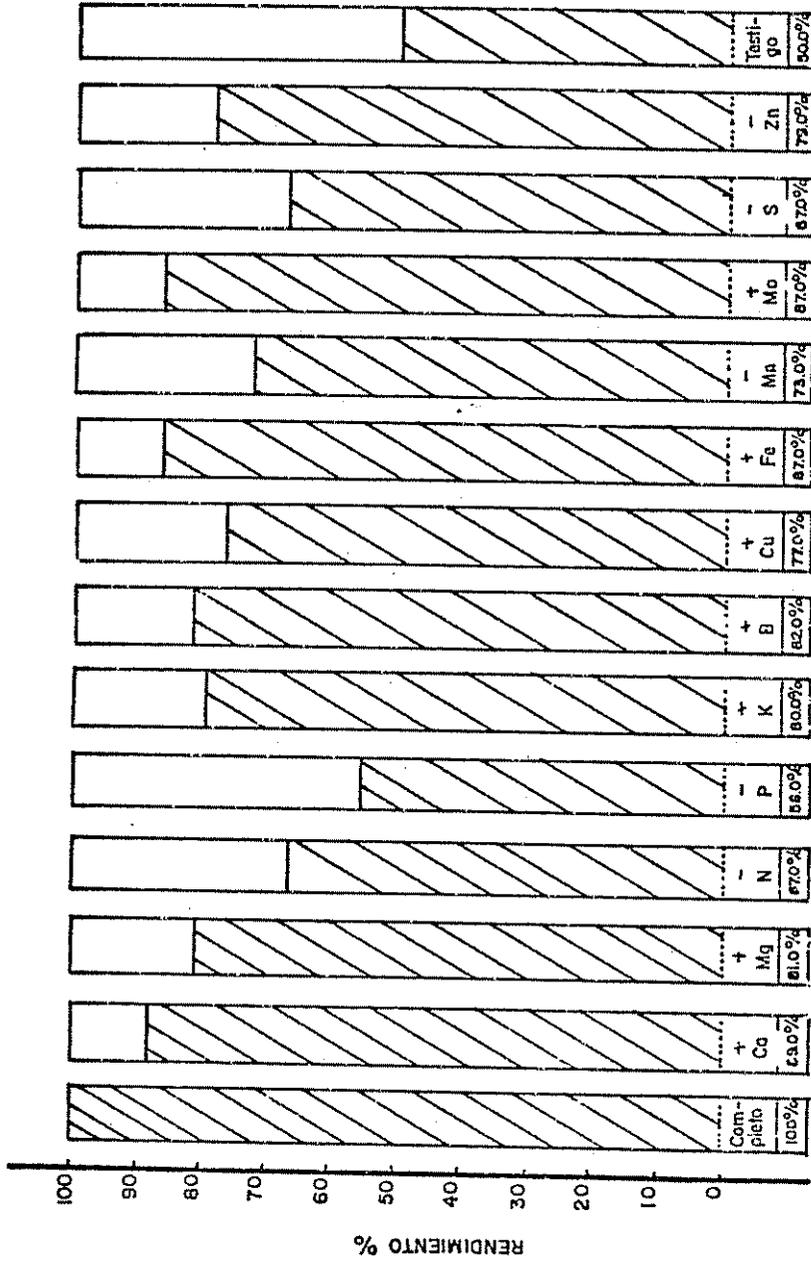


FIGURA 30 A HISTOGRAMA DE RENDIMIENTOS RELATIVOS (Materia Seca)
 EXP. 6 IGNASIO DELGADO. SUELO FRANCO ARENOSO

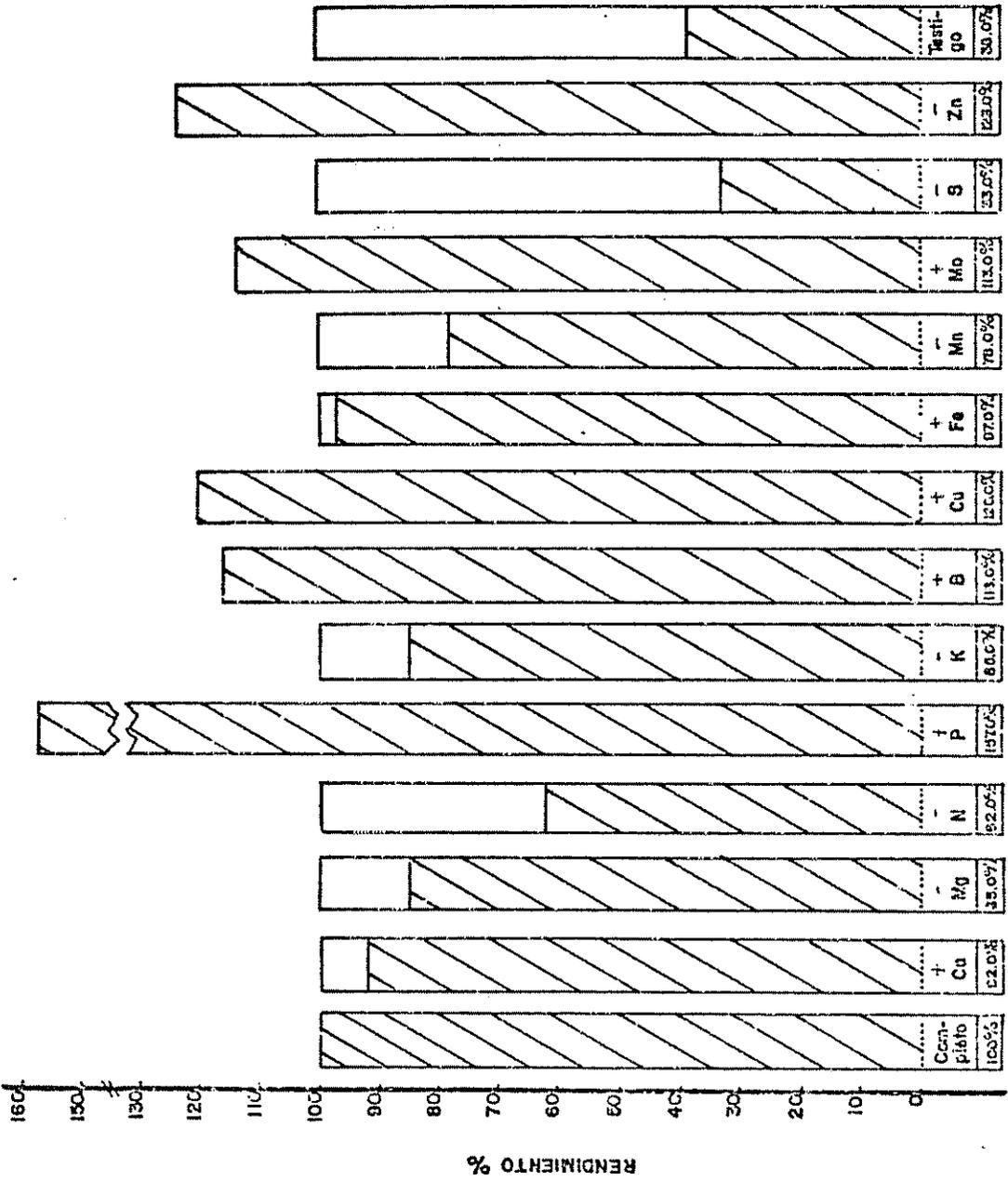


FIGURA 31 A. HISTOGRAMA DE RENDIMIENTOS RELATIVOS (Materia Seca)

EXP. 7. ROMAN AROSEMENA. SUELO FRANCO ARENOSO