

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

## ESCUELA DE AGRICULTURA



DETERMINACION DEL TRATAMIENTO OPTIMO ECONOMICO  
EN ARROZ EN LA ZONA DE LOS NARANJOS  
MUNICIPIO DE TIERRA BLANCA, VERACRUZ.

### TESIS PROFESIONAL

que para obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

p r e s e n t a :

SALVADOR DE LA CRUZ SANDOVAL

---

Guadalajara, Jal.

1984

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 19 de Marzo de 1981

C. ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
P R E S E N T E

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE \_\_\_\_\_

SALVADOR DE LA CRUZ SANDOVAL Titulada:

" DETERMINACION DEL TRATAMIENTO OPTIMO ECONOMICO EN ARROZ, EN LA ZONA DE  
LOS NARANJOS, VERACRUZ."

Damos nuestra aprobación para la Impresión de la misma

DIRECTOR



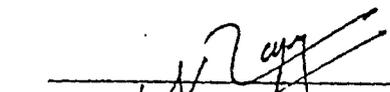
ING. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ

ASESOR

ASESOR



ING. FRANCISCO CALDERON CALDERON



ING. RAYMUNDO VELASCO NUÑO

srd.

## DEDICATORIA

A MIS PADRES, SALVADOR DE LA CRUZ VILLA  
Y JUANA SANDOVAL MAGAÑA, QUE CON SUS SA  
CRIFICIOS Y CARINO ME BRINDARON LA OPOR  
TUNIDAD DE LA SUPERACION.

A LA MEMORIA DE MIS ABUELITOS FELIX SAN  
DOVAL Y TRINIDAD VILLA, QUE CON SUS CON  
SEJOS Y EJEMPLOS ME HAN CONDUCIDO POR -  
LA VIDA.

A MIS HERMANOS, QUE LLEGUEN A CULMINAR-  
SU ESFUERZO POR SU SUPERACION PERSONAL

A MIS FAMILIARES

A MI ESCUELA

A MIS MAESTROS, COMPAÑEROS Y AMIGOS

A MI QUERIDA ESPOSA, OLGA

A MIS ADORADAS HIJAS: KARINA Y ARA-  
CELI.

## AGRADECIMIENTO

AL DEPARTAMENTO AGROPECUARIO DE LA COMISION DEL PAPALOAPAN, POR LA AYUDA Y FACILIDADES PRESTADAS PARA LA REALIZACION DEL PRESENTE-TRABAJO.

AL CAMPO COTAXTLA (INIA), POR LA INFORMA---CION PROPORCIONADA PARA LA REALIZACION DEL-PRESENTE TRABAJO.

AL CENTRO DE CAPACITACION PARA AREAS DE TEM PORA EN LA CIUDAD DE PUEBLA POR EL ADIES--TRAMIENTO Y SUGERENCIAS EN ESTE TRABAJO.

AL ING. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ, DIRECTOR DE LA PRESENTE TESIS, CON SU PARTICIPACION- Y ORIENTACION LLEGUE A CULMINAR EL MENCIONA DO TRABAJO.

A LOS INGENIEROS FRANCISCO CALDERON CALDE--RON, RAYMUNDO VELAZCO NUÑO, ASESORES DE TE--SIS, CON SUS CONSEJOS Y SUGERENCIAS HICIE--RON MAS FACIL LA ELABORACION DE ESTA TESIS.

# C O N T E N I D O

	Pág.
INDICE DE CUADROS	1
INDICE DE FIGURAS	2
CAPITULO I	
INTRODUCCION	3
CAPITULO II	
ANTECEDENTES.	5
1. Situación Geográfica	5
1.1 Situación Política	6
CAPITULO III	
REVISION BIBLIOGRAFICA	8
1. El arroz	8
2. Respuesta a Nitrógeno	12
3. Respuesta a Fósforo	16
4. Respuesta a Potasio	17
5. Respuesta a Densidad de Población	18
6. Métodos para determinar los niveles óptimos de fertilización	18
6.1 Método gráfico	18
6.2 Método matemático	20
6.3 Funciones Matemáticas	23
7. Conclusiones sobre la Revisión Bibliográfica.	27
CAPITULO IV	
OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS	30
CAPITULO V	
MATERIALES Y METODOS	32
1. Características regionales	32
1.1 Suelo	32
1.2 Climatología	35
1.3 Vegetación	39

2. Características de los experimentos	39
2.1 Factores de Estudio	39
2.2 Diseño de Tratamientos	39
2.3 Diseño Experimental	42
2.4 Selección de los sitios experimentales	43
3. Manejo de los Experimentos	43
3.1 Preparación del terreno	43
3.2 Siembra	43
3.3 Fertilización	43
3.4 Control de malezas	45
3.5 Control de plagas	45
3.6 Observaciones de campo	46
 CAPITULO VI.	
RESULTADOS Y DISCUSION	47
1. Rendimientos promedios de arroz en cada uno de los sitios experimentales	47
2. Respuesta a los factores estudiados	47
3. Oportunidad de aplicación del Nitrógeno y Fósforo	49
4. Análisis de varianza	50
5. Significación estadística de la prueba de Duncan	50
6. Comparación entre Medias de Tratamiento	51
6.1 Prueba de Duncan	52
7. Determinación de la dosis óptima económica	55
7.1 Método gráfico	55
7.2 Respuesta gráfica de los tratamientos adicionales.	55
 CAPITULO VII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
 CAPITULO VIII	
RESUMEN	63

CAPITULO IX	
BIBLIOGRAFIA	65
CAPITULO X	
APENDICE	68
ANEXO 1.- Determinación de los costos unitarios de los insumos	68
ANEXO 2.- Datos de las cosechas de los experi-- mentos	71
ANEXO 3.- Análisis de variación de los diferen- tes sitios experimentales.	74

INDICE DE CUADROS

Pág.

CUADRO N°

1	CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO, DONDE SE CONDUJERON LOS EXPERIMENTOS.	34
2	LISTA DE TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES - ENSAYADOS EN LA REGION DE LOS NARANJOS VERACRUZ.	40
3	RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE ARROZ CONTENIDOS EN CADA UNO DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES EN TN/HA.	48
4	RESUMEN DE ANALISIS DE VARIANZA PARA - PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE ARROZ- EN CADA SITIO EXPERIMENTAL.	51
5	PRUEBA DE DUNCAN SITIO COL. DURANGO -- (1)	52
6	PRUEBA DE DUNCAN SITIO EJIDO MACUILES- (2)	53
7	PRUEBA DE DUNCAN SITIO LAS PEÑITAS (3)	54
8	DATOS DE LA COSECHA DEL SITIO 1	71
9	DATOS DE LA COSECHA DEL SITIO 2	72
10	DATOS DE LA COSECHA DEL SITIO 3	73

## INDICE DE FIGURAS

		Pág.
<u>FIGURA N°</u>		
1	LOCALIZACION DEL AREA DE TRABAJO.	7
2	LLUVIA MENSUAL MAXIMA, MEDIA Y MINIMA.	36
3	DISTRIBUCION MENSUAL DE LA EVAPORACION.	37
4	EVAPOTRANSPIRACION MENSUAL.	38
5	REPRESENTACION GRAFICA DE LA MATRIZ EXPERIMENTAL PLAN PUEBLA I.	41
6	UBICACION GEOGRAFICA DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES.	44
7	SOLUCION GRAFICA DEL OPTIMO ECONOMICO DEL CAPITAL ILIMITADO PARA EL SITIO 1.	56
8	SOLUCION GRAFICA DEL OPTIMO ECONOMICO DEL CAPITAL ILIMITADO PARA EL SITIO 2.	57
9	SOLUCION GRAFICA DEL OPTIMO ECONOMICO DEL CAPITAL ILIMITADO PARA EL SITIO 3.	58
10	RESPUESTA GRAFICA DE LOS TRATAMIENTOS ADICIONALES RESPECTO A LA OPORTUNIDAD DE APLICACION DE NITROGENO Y FOSFORO.	59

## C A P I T U L O I

### I N T R O D U C C I O N .

La importancia del cultivo del arroz, radica en que este grano, es en muchos países el alimento básico de su población en la República Mexicana, también participa dentro de la alimentación del mexicano aunque en menor grado que el maíz y el frijol. El origen de este cultivo, se lo atribuyen varios autores al Continente Asiático en especial a China. (12)

Los estados productores de arroz en la República Mexicana son: Sinaloa, Campeche, Veracruz, Michoacán, Nayarit, Jalisco, Morelos, Tamaulipas, Quintana Roo, Tabasco, Colima, Oaxaca, -- Chiapas, Puebla, Guerrero, México y San Luis Potosí; la producción que de ellos proviene es especialmente de distritos de -- riego, más en la actualidad las regiones tropicales han permitido la difusión de este cultivo, sembrándose en forma directa, aprovechando las abundantes precipitaciones y las altas -- temperaturas. Esto ha provocado que se utilicen suelos no idóneos para este cultivo. (12)

Tal es el caso de la zona, motivo del presente estudio conocida como: "Los Naranjos", Veracruz, en la cual destaca un distrito de riego denominado "Río Blanco", con capacidad de -- riego para 16,000 has., existe una zona de riego por bombeo -- próxima a entrar en funciones, con capacidad de riego para -- 3,000 has., considerando que la superficie total de esta área es de 112,124 has., aproximadamente, deducimos entonces que la

superficie de temporal ocupa un 84% de la totalidad, ésto nos da idea de la importancia socio-económica que desempeña la -- agricultura de temporal en esta región. (12)

Tomando como base los hechos anteriores, el Departamento de Fomento Agropecuario de la Comisión del Papaloapan, dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, optó por llevar a cabo un programa de parcelas experimentales y demostrativas del cultivo del arroz de temporal; éste se llevaría a efecto dentro de su área de influencia, que incluye la zona de referencia, motivo de este trabajo.

Por tal motivo, se consideró necesario utilizar la metodología del Plan Puebla, basada en instalar experimentos en los lugares de mayor incidencia del cultivo a estudiar, y en terrenos proporcionados por los agricultores. Es importante hacer mención que esta metodología se había empleado intensamente en clima templado, más no en clima tropical donde los resultados obtenidos se consideran aceptables. El objetivo que se pretende con este trabajo, es determinar la dosis óptima económica de fertilización en la zona de Los Naranjos, Veracruz.

## C A P I T U L O    I I

### A N T E C E D E N T E S .

En la zona de Los Naranjos, Veracruz, como mencionamos anteriormente, se encuentra un distrito de riego el cual cuenta con los servicios de asistencia técnica, de investigación agrícola y crédito por parte de las instituciones oficiales asignadas en la región. En el presente estudio, dicha zona de riego queda excluida, ya que únicamente se hace referencia a las áreas de cultivo de temporal y donde se siembra arroz (actividad que se inicia mediante la siembra directa de la semilla en el fondo del surco).

La rápida expansión del cultivo de arroz ha propiciado que el agricultor utilice para este fin suelos que técnicamente no son recomendables para su producción.

#### 1. SITUACION GEOGRAFICA.

El área de trabajo en donde se establecieron los experimentos, está ubicada al sur del Estado de Veracruz, y al norte del Río Papaloapan, quedando establecidos en los siguientes lugares: Col. Durango, Col. Independencia, Los Macuiles, El Coyol km. 55 y Las Peñitas.

Situados en la latitud norte a los 18° 20' del Ecuador y a los 96° 0' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

## 1.1 SITUACION POLITICA

La zona de Los Naranjos, Veracruz, está constituida por -- parte de los municipios de Tierra Blanca y Casamaloapan, Vera- cruz. (11)

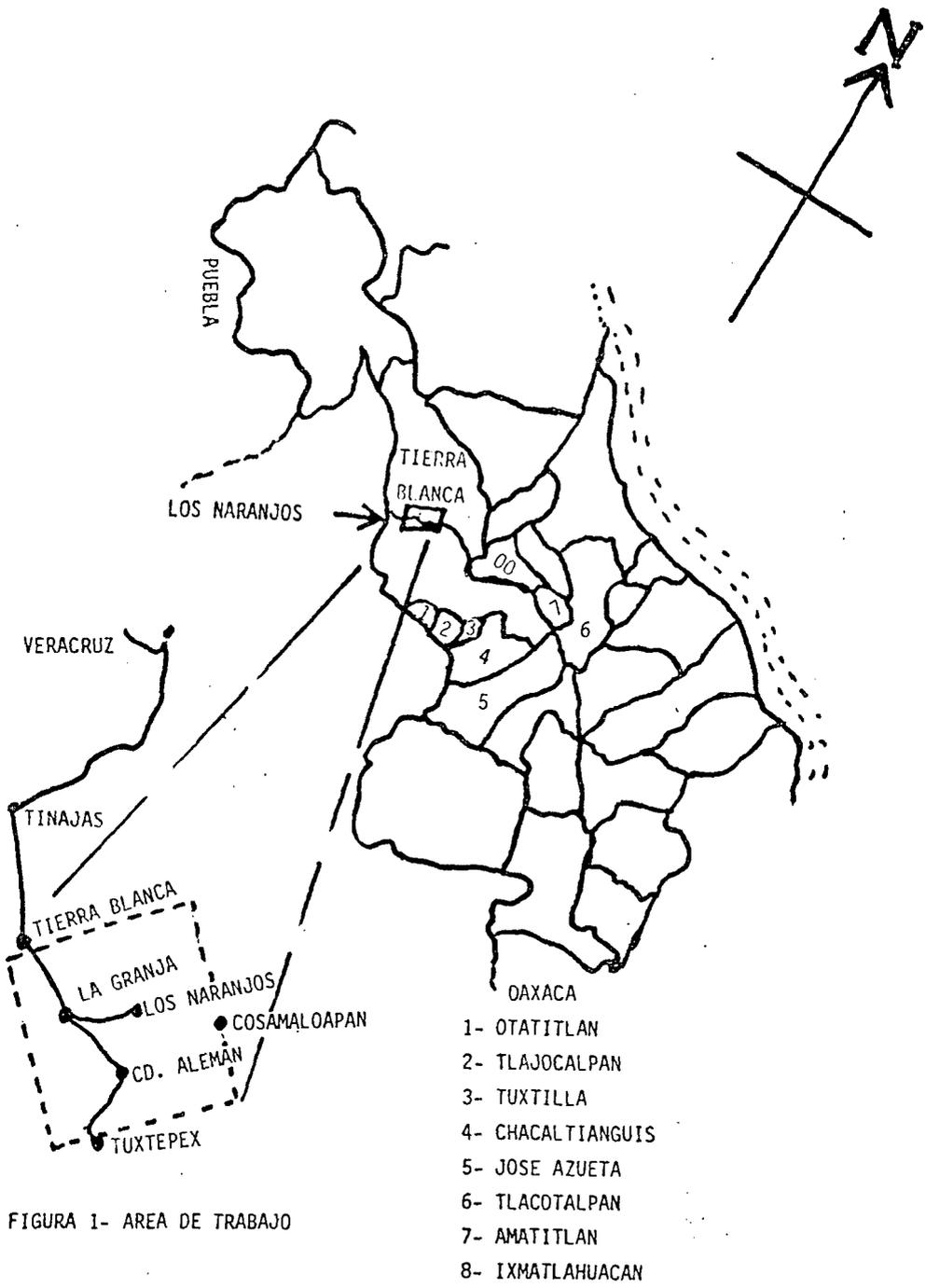


FIGURA 1- AREA DE TRABAJO

C A P I T U L O    I I I  
REVISION BIBLIOGRAFICA.

1. EL ARROZ.

Superficie sembrada de arroz.

La superficie destinada a la siembra de arroz en el Estado de Veracruz es de 45,000 has. de las cuales, 40,000 se cultivan bajo condiciones de temporal y 5,000 bajo riego. Su aportación a nivel nacional es de 60,000 ton., correspondiendo a un 9% de la producción nacional. (12)

Tecnología regional.

En nuestra zona de referencia, es notable la afluencia de productores de distintos Estados de la República, como consecuencia tenemos que las técnicas de cultivo son variadas aún entre los productores originarios del lugar, haciendo notar -- que las prácticas que predominan son las que se mencionan a -- continuación.

Preparación del terreno.

Se efectúa en el mes de Mayo, en forma mecánica, con un -- barbecho de 15 a 20 cms. de profundidad y dos pasos de rastra.

Siembra.

Se realizan durante el mes de Junio y principios de Julio,

ésta se hace en forma directa, depositando la semilla en el -- fondo del surco a 5 cms. de profundidad, tapándose la semilla ya sea a tapa pie, o bien con el paso de una rama sobre el surco. El trazo de los surcos se hace mediante una cultivadora - o vertedera con tracción animal o bien con un tractor y un arado de cinceles.

Existe también un reducido número de productores que la -- siembra la efectúan sin barbechar ni rastrear previamente el - terreno, sino que solamente desmontan y queman la vegetación - existente, procediendo a la siembra, tendiendo de extremo a extremo del terreno un hilo marcado cada 20 cms. trazando así al surco, empleando la coá; en dirección de cada marca, se hace - un orificio sobre el terreno de 5 cms. se deposita la semilla y se tapa con el pie.

La semilla la adquieren principalmente en las bodegas de - PRONASE, o bien son habilitados por los dos molinos arroceros y BANRURAL, todos ellos ubicados en la región.

#### Fertilización.

Se estima que un 20% de productores no efectúan esta prác-tica y los que sí la efectúan, lo hacen principalmente después de emergido el arroz y de la siguiente manera, todo el fósforo y la mitad del nitrógeno de la dosis por aplicar, la segunda - fertilización nitrogenada la efectúan, en la época que la planta inicia la formación de espiga, la aplicación es el voleo o bien a chorrillo, al pie de la planta.

Las fuentes de nutrientes utilizados, son el nitrato de -- amonio, la urea, el sulfato de amonio y el super fosfato tri - ple.

### Control de Malezas.

Los productores por lo regular no hacen ningún cultivo a la planta, sólo se concretan a la aplicación de herbicidas para el control de la maleza, los productos utilizados son - - STAMLVIO y 2-4-D-amina, en proporción de 4 a 6 lts. y de 1 a 1.5 lts. respectivamente, aplicados para malezas de hoja ancha y zacates.

Algunas de las malezas mas importantes que afectan al - - arroz son: la paja blanca (*Chloris polidactyla* (L.) Swartz., - pasto bermuda, grama dulce (*Cynodon dactylon* L. Pers), guarda rocfo ó pata de gallo (*Digitaria Sanguinalis* L. Scop), arroci- llo ó pasto colorado (*Echinochloa Colonum* L. Link), granadilla (*Panicum fasciculatum* Sw). pasto guinea, pasto india (*Panicum maximun* Jacq), gramalote (*Paspalum fasciculatum* Willd), pasto Johnson, grama china (*Sorghum halapense* L. Pers)

### Control de Plagas.

La presencia de "Chinche Café" (*Oebalus insulares* stal), - el adulto del barrenador del tallo (*Chilo loftini*), en el cul- tivo del arroz, obliga al agricultor a aplicar Sevin al 80%, - Malatión 50% o Paratión Metílico al 50%, cualquiera de ellos - 1 lt/ha.

### Cosecha.

Esta se efectúa cuando el grano este con un porcentaje de humedad del 20 al 22% y cuando las panojas presentan una colo- ración café claro o amarillo dorado. Esta práctica se hace en forma mecánica con trilladoras particulares o bien de las cen- trales de maquinaria de Banco de Crédito Rural, la otra forma es manual, auxiliándose con tambos con capacidad de 200 lts., condicionados en forma de embudo, de tal manera, que después -

de cortar el arroz por el tallo con una rosadera, se golpea - la espiga, en la parte inferior de la tina, depositándose el grano en el fondo de la misma.

#### Comercialización.

La venta de arroz palay, se efectúa en dos molinos, uno -- oficial ubicado en Tierra Blanca, Veracruz denominado "La Gran ja" y otro particular en Córdoba, Veracruz.

#### Insumos.

Los insumos son suministrados en parte por Banco de Crédi- to Rural, PRONASE, distribuidores de herbicidas e insecticidas concentrados principalmente en Tierra Blanca, Veracruz, Loma - Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

La Asociación de Agricultores del Río Culiacán (AARC) en - su boletín No. 1 mencionan que el cultivo del arroz prospera - en diferentes tipos de suelo. Se ha comprobado que los terre- nos sueltos y los demasiado compactos son poco indicados, por lo que se refiere al manejo del riego. Así en los terrenos -- sueltos la percolación del agua es excesiva y lixivia elemen - tos nutritivos indispensables para la planta; los terrenos com- pactos en cambio, hacen que el agua se estanque por demasiado tiempo y se obstaculice el desarrollo radical por la dificul - tad de penetración.

Los terrenos más indicados para el arroz, son los arcillo- limosos ricos en substancias orgánicas y de fácil drenaje; -- pH, entre 5 y 6.5 sin embargo, hay casos que aún los terrenos con un pH entre 4 y 8 los cultivos de arroz se desarrollan y - producen bastante bien. (1)

## 2. RESPUESTA DEL CULTIVO A LAS APLICACIONES DE NITROGENO.

El arroz requiere una dosis importante de nitrógeno durante su desarrollo, especialmente en las épocas de amacollamiento (formación de renuevo) y formación de las panojas.

La carencia del nitrógeno causa trastornos biológicos, que se manifiestan por la presencia de clorosis y reducción del crecimiento, comenzando con un amarillento de las hojas, hasta una necrosis progresiva en las partes inferiores de la planta.

La Escuela de Agricultura de la Universidad de Filipinas - (6) en su manual de producción de arroz, menciona que las plantas de arroz han de tener tanto nitrógeno como necesiten, en la etapa temprana y mediana de formación de renuevo, para hacer que aumenten al máximo el número de panojas, incluso el que requiere en la etapa de maduración.

Los efectos que produce el nitrógeno en el arroz son los siguientes:

- 1) Da un color verde oscuro a las partes de las plantas;
- 2) Fomenta el crecimiento rápido (aumento de la altura y formación de renuevos, siendo esta altura particularmente importante para incrementar el rendimiento en grano);
- 3) Hace que aumente el tamaño de las hojas y los granos;
- 4) Incrementa el contenido protéico 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 de los cultivos de arroz en la zona dada pueden determinarse: 1). Por medio de los síntomas que aparecen en las plantas; 2). Mediante el análisis foliar; 3). Por medio de análisis del suelo y, 4). Por la respuesta de rendimiento a la aplicación del fertilizante. (6)

El último método es el más seguro, pero hay otros métodos que pueden también complementar los informes sobre las necesidades de fertilizantes.

Entre los diversos factores que afectan la respuesta del arroz al nitrógeno, al tipo de variedad tiene una importancia primordial, los resultados obtenidos, muestran una superioridad de asimilación de las variedades de paja corta, mejoradas en relación a las variedades altas propensas al acame.

Mencionan también que durante la temporada del cultivo del arroz, el número de días asoleados es limitado, una escasez de productos de asimilación, como resultado de la limitación de la iluminación solar, puede tener relación con la respuesta limitada de las plantas de arroz a la aplicación de nitrógeno, - en las temperaturas más altas de los trópicos que en las zonas templadas, pueden dar también como resultado una respuesta más baja al nitrógeno. En general, por cada tipo de variedad, la respuesta al nitrógeno es más alta, durante la relación seca - asoleada que en la estación húmeda, cuando la intensidad de la luz es baja, el nivel óptimo de nitrógeno es también bajo. Con una intensidad lumínica reducida, disminuye la acumulación del almidón, se retrasa el desarrollo de las raíces, se hace más - lenta la absorción del nitrógeno y el bajo índice fotosintético provoca un desequilibrio entre los carbohidratos y el nitrógeno. (6)

La siembra de arroz en suelos no inundables (temporal), -- puede cultivarse con éxito sólo en las zonas que tienen grandes precipitaciones pluviales o cuando menos, una estación de lluvias pronunciadas. Se han efectuado varios estudios sobre la aplicación de nitrógeno a los arrozales inundados, pero muy poco relacionados con el arroz de tierras no inundadas.

En el Japón la aplicación dividida del nitrógeno es la -- práctica habitual en los cultivos de arroz de tierras altas -- (temporal), o sea que se aplica nitrógeno una vez antes de la plantación y una o dos veces después de ésta. (6)

La cantidad de nitrógeno y su época de aplicación son dos de los muchos factores que contribuyen a que existan diferen -- cias de rendimiento en grano, entre las variedades de arroz -- cultivadas en condiciones de tierras no inundadas, por tanto -- se efectuó un experimento durante la estación húmeda de 1967, para estudiar la cantidad y época de aplicación del nitrógeno en arroz, las variedades probadas fueron PALAWAN, una variedad "stándar" alta de las Filipinas y las variedades índicas con -- buena respuesta a los fertilizantes, JR8 y JR5. Las semillas se sembraron en hileras, en suelo seco, con el índice de 100 -- kg/ha. y a una profundidad de 1 a 2 cms. con esparcimiento en -- tre hileras de 15 cms. (6)

El cultivo se protegió contra plagas de insectos por medio de insecticidas, y para el control de malas hierbas, se utiliz -- za el deshierbe manual, combinado con aplicación de herbici -- das.

Hubo un total de 19 tratamientos, el nitrógeno se aplicó -- en varias dosis divididas a razón de 0, 60 y 120 kg/ha., los -- rendimientos en grano de las tres variedades, utilizando el -- análisis de varianza nos demostró que cuando no se aplicaba el nitrógeno, no había diferencias significativas en el rendimien -- to en grano, entre las variedades PALAWAN y la JR8. En el mis -- mo tratamiento la JR5, tuvo un rendimiento considerablemente -- mayor.

El rendimiento más alto en grano (6,191 kg/ha) se obtuvo -- con JRS al aplicarse un total de 60 kg/ha. de nitrógeno en dós

dosis iguales en la etapa del comienzo de formación de las p<sub>a</sub>nojas y el rebrote. Hasta ahora el mayor rendimiento obtenido mediante un experimento de arroz efectuado en los terrenos de temporal de la granja, ha sido con la variedad JR8 que proporciona un rendimiento de 5678 kg/ha. obteniéndose mediante la aplicación de 120 kg/ha. en cuatro dosis iguales, durante el desarrollo máximo de los renuevos, la iniciación de la formación de p<sub>a</sub>nojas, el rebrote y la etapa de formación de p<sub>a</sub>nojas. Sin embargo, se obtuvieron igualmente buenos resultados, mediante la aplicación de 60 kg/ha. ya sea en dos dosis iguales, en el momento de desarrollo máximo de los renuevos y el comienzo de la formación de p<sub>a</sub>nojas, o en tres dosis iguales, en el desarrollo máximo de los renuevos, la iniciación de p<sub>a</sub>nojas y la formación. El rendimiento más alto de la variedad PALAWAN (de 4571 kg/ha) se obtuvo al aplicarse 60 kg/ha. de nitrógeno, en tres dosis iguales, en el momento de la formación máxima de renuevos, la iniciación de las p<sub>a</sub>nojas y el rebrote, la variedad PALAWAN dió una mejor respuesta a la dosis de 60 kg/ha. de nitrógeno que a 120 kg/ha. al compararse con el tratamiento sin adición de nitrógeno. (6)

En general, la aplicación de 60 kg/ha de nitrógeno en la plantación, tuvo un rendimiento significativamente más alto que el cultivo testigo, carente de nitrógeno, así mismo una aplicación dividida de nitrógeno, en el momento del rebrote y la formación de p<sub>a</sub>nojas, dio rendimientos significativamente más bajos que las aplicaciones realizadas en otras épocas.

La aplicación de 60 kg/ha. de nitrógeno, aplicados en dosis divididas, fueron adecuadas para tres variedades estudiadas. El rendimiento más alto en grano de 6191 kg/ha. obtenido con la variedad JR5, indica que es posible obtener altos rendimientos en condiciones de tierras de temporal, cuando las lluvias son adecuadas y están distribuidas uniformemente y cuando

la energía solar es relativamente alta durante las etapas de crecimiento reproductivo, a condición de que se controlen adecuadamente los insectos y las malas hierbas. (6)

El Centro de Investigaciones Agrícolas del Sureste, recomienda dentro del tratamiento de fertilización (120-40-0) en el cultivo del arroz de paja corta o intermedia, sembrado en la zona de Los Naranjos, Veracruz, la aplicación de nitrógeno en dos partes, la primera en la siembra y la otra mitad a los 65 días según la información obtenida de trabajos experimentales, efectuados bajo condiciones de suelo fácilmente inundables de textura arcillosa, de buena calidad agrícola.

Se hacen recomendaciones para la región arrocera, donde se indica que la aplicación de nitrógeno (correspondiente al tratamiento 160-40-0) para variedades de paja corta o intermedia, debe ser aplicado la mitad en la siembra y la otra mitad en floración. (3)

### 3. RESPUESTA A LA APLICACION DE FOSFORO.

En estudios realizados por la Escuela de Agricultura de la Universidad de Filipinas, hace notar que hay una necesidad general de fertilizantes nitrogenados en la mayor parte de la zona arrocera. Sin embargo, el arroz como cualquier otro cereal requiere además una cantidad considerable de fósforo para crecer rigurosamente y tener un alto rendimiento en grano. Además de contribuir al alto rendimiento del arroz, el fósforo es necesario por otras razones: 1) Estimula el desarrollo de las raíces, haciendo que las plantas sean más resistentes a la sequía; 2) Fomenta la floración y la maduración temprana, neutralizando o reduciendo la influencia desfavorable de los trasplantes tardíos; 3) Fomenta una formación más activa de renovación, que permite que las plantas de arroz se recuperen más rápidamente y de manera más completa, después de cualquier situa -

ción adversa; 4) Le da al arroz un mayor valor alimentario, debido al contenido más alto de fósforo en los granos. (6)

Los estudios relativos a la fertilización con fósforo, puede atraer menor la atención puesto que los efectos de la aplicación de fósforo raramente resultan tan notables como los del nitrógeno, sin embargo, esto no quiere decir que el fósforo no sea esencial para los altos rendimientos en el arroz.

Los arrozales inundados no muestran con frecuencia ninguna respuesta a la adición de fósforo aún en que los casos en que los cultivos de tierras de temporal, en los mismos tipos de --suelos, dan respuestas notables.

En algunas regiones, el agua de riego proporciona cantidades apreciables de fósforo a los arrozales inundados. El hecho de que los suelos estén sumergidos, provoca un aumento en las cantidades de fósforo soluble, en el caso de que estos compuestos se reduzcan, (al fosfato férrico, se convierte en fosfato ferroso, que es más soluble). (6)

El fósforo favorece el desarrollo general de la planta e influye particularmente sobre la formación de raíces y granos; en general, la aplicación de fósforo se aplica en el momento de la plantación, sin embargo, puede efectuarse una aplicación posterior en caso necesario, a condición de que no se agregue después de la formación activa de los renuevos. (1)

Otros autores recomiendan que las aplicaciones de fósforo deben hacerse en la siembra. (3)

#### 4. RESPUESTA AL POTASIO.

Se ha señalado que las respuestas del arroz a las adiciones de potasio no son tan notables como las que ofrece las adi

ciones de nitrógeno y fósforo. Se dice que los suelos de los arrozales contienen suficiente potasio. En pruebas efectuadas en terrenos lateríticos muy intemperizados, se ha encontrado respuesta. Las deficiencias agudas de potasio en el arroz se caracterizan por el color verde oscuro profundo de las hojas, - la decoloración amarillenta de las hojas más viejas, que se extiende a partir de los puntos, las manchas necróticas irregulares en las hojas y las panojas y la formación de panojas largas y delgadas. (1)

## 5. DENSIDAD DE POBLACION.

Respecto a éste factor, no ha alcanzado una significación estadística al incrementar la cantidad de semilla sembrada por hectárea, después de los niveles utilizados por los agricultores en la zona de Los Naranjos, Veracruz. (12)

## 6. METODOS PARA DETERMINAR LOS NIVELES OPTIMOS DE FERTILIZACION.

Existen dos métodos para determinar la dosis óptima económica, uno de ellos es el matemático, Martínez Garza (15) lo publica en su libro, el segundo es el gráfico, que tiene su fundamento en el primer método.

### 6.1 METODO GRAFICO.

Para graficar la respuesta del cultivo a cada uno de los factores, se efectuó la selección previa de los tratamientos que presentan el factor de exploración en sus distintos niveles, permaneciendo constantes los factores restantes que integran los tratamientos, de tal forma, que en dichos tratamientos varió entre sí únicamente el factor en estudio, por ejemplo: en caso que el factor de interés seleccionado para analizar sea el nitrógeno, los tratamientos serían los siguientes:

No. DE TRATAMIENTO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P.
1)	70	20	90
2)	100	20	90
3)	40	20	90

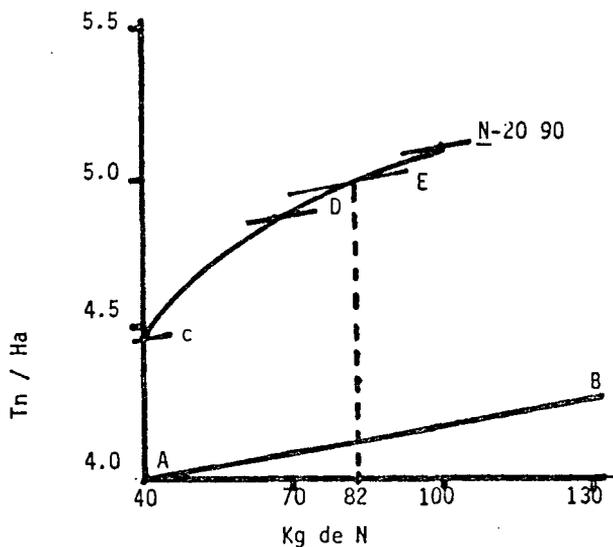
Posteriormente graficando a escala, se trazó sobre el eje de las ordenadas, los rendimientos en tn/ha y sobre el eje de las abscisas los distintos niveles del factor que se estudie - éste, expresado en su equivalente en kilogramos de arroz (por ser este el cultivo base del estudio), dicha conversión refleja el costo del factor estudiado en sus diferentes niveles de exploración los costos unitarios considerados fueron para el - nitrógeno \$8.75/kg., para el fósforo \$7.82/kg., para la semilla de \$11.03/kg., el precio de venta del arroz a \$5.00 (ver apéndice, determinación de los costos unitarios).

De esa forma tenemos que 130 kg. de nitrógeno en su nivel máximo, equivalen a \$227.5 kg., 60 kg. de fósforo equivalen a 93.8 kg. y 130 kg. de semilla equivalen a 413.2 kg. de arroz - cosechado, respectivamente (ver Figuras 8, 9, y 10).

Dentro de la gráfica, esta conversión se expresa con una - pendiente (A-B), en el caso del nitrógeno, sus rendimientos en el sitio 2 fueron (Ver Cuadro 3) de 4.85, 5.04 y 4.42 tn/ha de arroz respectivamente. Dentro de la gráfica, éstos se expresan con un punto cada uno (C-D-E), estos puntos nos permiten tra - zar una curva, que nos expresa el grado de respuesta del fac - tor estudiado.

El desplazamiento de la pendiente en sentido perpendicu - lar, sobre la curva de respuesta, detectará tangencialmente el punto de máximo rendimiento con un mínimo de inversión del fac

tor estudiado (DOE), ésto se facilita mediante un par de escuadas. La gráfica que a continuación se observa nos explica lo anterior: (13)



## 6.2 METODO MATEMATICO.

Para proceder al estudio de la producción técnica de un cultivo, debemos examinar en primer término, la relación que existe entre los nutrientes y el rendimiento. Esta relación puede expresarse convenientemente en forma matemática. Si denotamos las dosis de los nutrientes N,P,K...., aplicados al suelo por unidades de superficie, por las letras n,p,k... y por Y al rendimiento de cultivo por unidad de superficie, podemos escribir:

$$Y = f(n, p, k, \dots) \quad (3.1)$$

donde  $f$  puede ser una función cuadrática, exponencial, etc. llamaremos a la relación (3.1) "función de producción" supongamos ahora que la aplicación de  $N, P, K...$  tiene un costo cuyo monto -- viene dado por la relación:

$$C = g(n, p, k, \dots) \quad (3.2)$$

donde  $C$  es el costo total de aplicación de los nutrientes por -- unidad de superficie, expresada en función de las dosis  $n, p, k,$  -- llamaremos a la relación (3.2) "función de costo". Una de las -- funciones de costo más usadas en la práctica, es una función de -- la forma:

$$C = C_0 + P_N n + P_p p + P_K k + \dots \quad (3.3)$$

donde  $C_0$  representa los costos fijos de aplicación, y los símbolos  $P_N, P_p, P_K, \dots$ , los precios unitarios de los nutrientes  $N, P, K, \dots$ , respectivamente. Si el producto se vende al mercado a un -- precio unitario  $P_y$ , el producto económico bruto viene dado por --  $P_y Y$ . Definiremos como óptimo económico al rendimiento que produce el máximo ingreso. Matemáticamente, el problema se reduce a -- encontrar el máximo producto  $P_y Y$  sujeto a la restricción (3.3), -- cuando se supone una función de costo lineal. Formemos la si--- guiente función:

$$F = P_y Y + \lambda (C - C_0 - P_N n - P_p p - P_K k - \dots)$$

Derivando  $F$  sucesivamente con respecto a  $n, p, k, \dots$ , e igulando las correspondientes derivadas a cero, obtenemos:

$$\frac{\delta Y}{\delta n} = \frac{P_N}{P_y}$$

$$\frac{\delta y}{\delta p} = \frac{P_p}{P_y} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\frac{\delta Y}{\delta k} = \frac{P_K}{P_y}$$

El sistema de ecuaciones (3.4) se resuelve simultáneamente. Los valores de n,p,k,..., que satisfacen al sistema son las dosis óptimas de los nutrientes.

Cuando se consideran los costos fijos de aplicación de los fertilizantes, puede ocurrir que el valor del incremento en el rendimiento no sea suficiente para cubrir los costos totales de aplicación. Las aplicaciones de dosis bajas pueden ser insuficientes para cubrir los costos fijos (C) en la ecuación (3.4), aún cuando paguen por los costos variables  $P_N n + P_K k + \dots$ , en la ecuación (3.4). Del razonamiento anterior se deduce que debe existir un valor mínimo de n,p,k,... Aplicaciones inferiores a estas dosis mínimas producirán pérdidas en lugar de la ganancia esperada.

Pesek y Heady (1958) recomiendan que se consideren como dosis mínimas de aplicación las dosis que hacen máximas las ganancias netas por unidad de moneda. Por ejemplo: en términos de nuestra notación, la ganancia total es la diferencia:

$$P_y Y - C;$$

de donde la ganancia neta por cada unidad de moneda que se invierte y que denotaremos por G, se define como sigue:

$$G = \frac{(P_y Y - C)}{C}$$

Las dosis de N,P,K,..., para las cuales G es un máximo, - se obtienen resolviendo simultáneamente el sistema:

$$\frac{\delta G}{\delta n} = 0$$

$$\frac{\delta}{\delta p} = 0$$

$$\frac{\delta G}{\delta K} = 0 \dots\dots\dots(3.5)$$

Obsérvese que C en el sistema anterior no es una constante. ¡C es función de las dosis n,p,k,...!

Las dosis mínimas que se obtienen al resolver el sistema- (3.5) se emplean en la práctica de la manera siguiente: Cuando un agricultor no tiene suficiente fertilizante para abonar todo su campo, a las dosis mínimas recomendadas, deberá aplicar su - fertilizante a las dosis mínimas hasta que se le termine. El -- resto de la superficie reducirá las ganancias para una cantidad dada del fertilizante. (15)

### 6.3 FUNCIONES MATEMATICAS.

La respuesta clásica de los cultivos a las adiciones de - fertilizantes sigue la Ley de los Rendimientos Decrecientes. A- dosis bajas de los nutrientes, incrementos en las dosis produ- - cen incrementos mayores en los rendimientos, e inversamente, a- dosis altas en los nutrientes, incrementos en las dosis produ- - cen incrementos mayores en los rendimientos. De aquí que en la- práctica se usen funciones matemáticas que representan empírica- mente a la ley de los rendimientos decrecientes. Las funciones- matemáticas usadas con mas frecuencia son: funciones del tipo - exponencial, polinomios de segundo grado, etc.

### Ecuación de Mistscherlich.

Entre las funciones del tipo exponencial, la más importante es la ecuación de Mistscherlich. De acuerdo con Tislade y Nelson (1956), para llegar a su expresión Mistscherlich procedió como sigue: basándose en sus observaciones supuso que la razón del incremento en el rendimiento  $dY$ , al incremento en el nutriente no era directamente proporcional a la diferencia entre el rendimiento máximo posible  $A$ , y el rendimiento actual  $Y$ . Si representamos por  $q$  la constante de proporcionalidad, podemos escribir:

$$\frac{dY}{du} = (A - Y) q,$$

Separando variables e integrando se llega a la expresión:

$$B - \ln(A - Y) = qu, \quad (3.6)$$

donde  $B$  es una constante de integración y  $\ln$  es el símbolo para el logaritmo natural. Si suponemos que  $Y = 0$  cuando  $u = 0$ , entonces  $B = \ln A$  y la expresión (3.6) puede escribirse:

$$\ln \frac{A}{A - Y} = qu;$$

tomando logaritmos decimales y despejando a  $Y$ , se obtiene:

$$Y = A (1 - 10^{-cu}) \quad (3.7)$$

donde  $c = k \log e$ . Ahora, si  $u$  representa la cantidad total del nutriente, en un caso dado, es también la suma de la cantidad presente en el suelo,  $b$ , y la dosis  $n$  agregada al suelo como fertilizante. De acuerdo con lo anterior la expresión (3.7) toma la forma:

$$Y = A (1 - 10^{-c(b + n)}) \quad (3.8)$$

que es la forma matemática de la ecuación de Mistscherlich.

Pimentel Gómez (1953) indica que una de las críticas más importantes contra el uso de la ecuación de Mistscherlich, en investigaciones con fertilizantes, es que no toma en consideración las interacciones entre los nutrientes.

La dosis óptima económica definida por la ecuación de Mistscherlich se obtiene derivando Y con respecto a n, e igualando la derivada con la razón de precios  $P_N/P_Y$ , donde  $P_N$  y  $P_Y$  son los precios unitarios del nutriente N y del rendimiento Y, respectivamente. Es decir:

$$\frac{dY}{dn} = \frac{1}{\log e} A c 10^{-c(b+n)} = \frac{P_N}{P_Y},$$

tomando logaritmos y despejando a n, resulta:

$$n^* = \frac{1}{c} \log \frac{AcP_Y}{P_N \log e} - b; \quad (3.9)$$

donde  $n^*$  es el símbolo para denotar la dosis óptima del nutriente N.

Pimentel Gómez, en el trabajo citado, introduce un método de ajuste a la ecuación de Mistscherlich. (15)

#### Polinomios de Segundo Grado.

Los polinomios de segundo grado, son las funciones que más se usan en la práctica. Permiten una representación bastante razonable de las respuestas de un cultivo a las adiciones de -

nutrientes. Así para 1, 2 y 3 nutrientes, tendremos sucesivamente, los polinomios:

$$N: Y = \beta_0 + \beta_1 n + \beta_2 n^2 \dots \dots \dots (3.10)$$

$$N, P: Y = \beta_0 + \beta_1 n + \beta_2 p + \beta_3 n^2 + \beta_4 p^2 + \beta_5 np \dots (3.11)$$

$$N, P, K: Y = \beta_0 + \beta_1 n + \beta_2 p + \beta_3 k + \beta_4 n^2 + \beta_5 p^2 + \beta_6 K^2 + \beta_7 np + \beta_8 nk + \beta_9 pk \dots \dots \dots (3.12)$$

El sistema de ecuaciones (3.5) se reduce simplemente a la siguiente ecuación para el caso de un nutriente.

$$\beta_1 + 2\beta_2 n = \frac{P_N}{P_y}$$

de donde  $n^* = \frac{1}{2\beta_2} \frac{P_N}{P_y - \beta_1} \dots \dots \dots (3.13)$

donde  $n^*$  es la dosis óptima de N. Para el caso de 2 nutrientes - tendremos que resolver el sistema:

$$\beta_1 + 2\beta_3 n + \beta_5 p = \frac{P_N}{P_y}$$

$$\beta_2 + \beta_5 n + 2\beta_4 p = \frac{P_p}{P_y}$$

cuya solución en notación matricial es:

$$\begin{matrix} N: \\ P: \end{matrix} \begin{bmatrix} n^* \\ p^* \end{bmatrix} = \frac{1}{4\beta_3\beta_4 - \beta_5^2} \begin{bmatrix} 2\beta_4 & -\beta_5 \\ -\beta_5 & 2\beta_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{P_N}{P_y} & -\beta_1 \\ \frac{P_p}{P_y} & -\beta_2 \end{bmatrix}$$

donde  $n^*$  y  $p^*$  son las dosis óptimas de N y P. Para el caso de 3-

nutrientes las dosis óptimas  $n^*$ ,  $P^*$  y  $K^*$  se expresan en notación matricial, como sigue:

$$N: \begin{bmatrix} n^* \\ P^* \\ K^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2\beta_4 & \beta_7 & \beta_8 \\ \beta_7 & 2\beta_5 & \beta_9 \\ \beta_8 & \beta_9 & 2\beta_6 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} P_N/P_Y - \beta_1 \\ P_P/P_Y - \beta_2 \\ P_K/P_Y - \beta_3 \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

### 3. Otras funciones matemáticas.

Algunas otras funciones matemáticas se usan como funciones de producción. Por ejemplo: polinomios cuyos términos contienen a las variables elevadas a exponentes fraccionarios como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 n^{0.75} + \beta_2 n^{1.5}$$

En general, funciones como la anterior y de otros tipos -- son útiles al experimentador, ¿Cuál de ellas elegir en la práctica? Este es un problema que le corresponde resolver al investigador con su experiencia, sus observaciones, el material experimental con que cuenta las experiencias de otros investigadores ---- (15).

### 7. CONCLUSIONES SOBRE LA REVISION BIBLIOGRAFICA.

1.- El cultivo del arroz sembrado en forma directa, en clima tropical con abundantes precipitaciones, fertilizaciones adecuadas a la variedad de semilla utilizada, los rendimientos que se obtienen son aceptables económicamente en función del costo.

2.- El cultivo del arroz requiere de una dosis importante-

de nitrógeno suficiente para cubrir sus requerimientos de desarrollo y formación de panojas y maduración, por lo regular se hacen 2 o 3 aplicaciones al cultivo.

3.- Existen diversos factores que afectan la respuesta del arroz al nitrógeno, al tipo de variedad es de importancia principal, ya que las variedades de paja corta muestran una superioridad de asimilación a las variedades altas propensas al acame, otro factor es la iluminación solar, que siendo limitada disminuye la respuesta al nitrógeno, las temperaturas altas del trópico pueden dar también como resultado una respuesta más baja al nitrógeno, en general, por cada tipo de variedad, la respuesta al nitrógeno es más alta durante la estación seca asoleada que en la estación húmeda.

4.- El arroz como cualquier otro cereal, requiere además una cantidad considerable de fósforo para crecer rigurosamente y tener un alto rendimiento en grano, los efectos de la aplicación de fósforo no son tan notables como los del nitrógeno.

Los arrozales sembrados en forma directa y de temporal, con frecuencia dan respuestas significativas a las adiciones de fósforo, en comparación a los arrozales inundados, ya que en estas últimas condiciones, de que los suelos estén sumergidos, provoca un aumento en la cantidad de fósforo soluble. Por lo general su aplicación se efectúa en la siembra.

5.- Los suelos de los arrozales contienen suficiente potasio, se ha encontrado respuesta a las adiciones de potasio en terrenos lateríticos muy intemperizados.

6.- El cultivo del arroz prospera en diferentes tipos de suelos, se ha comprobado que los suelos de textura muy arenosas o demasiado compactos son poco indicados, en el primer ca-

so la percolación del agua es excesiva y lexivia elementos nu-  
tritivos indispensables para la planta, los terrenos compac --  
tos, hacen que el agua se estanque y obstruya el desarrollo ra  
dical.

7.- Para determinar las necesidades de fertilizantes que -  
tiene el cultivo del arroz, el método más seguro es por la ob-  
servación de las respuestas del rendimiento en campo, a la - -  
aplicación de fertilizante.

8.- El método gráfico es un método sencillo para obtener -  
las D.O.E. de fertilización y confiable, ya que utiliza los --  
promedios de rendimiento observados en campo.

## C A P I T U L O    I V

### OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUES - TOS.

---

#### OBJETIVOS.

1.- Se pretende obtener una primera información que nos -- permita conocer la respuesta del cultivo del arroz de temporal a las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y la cantidad de semilla aplicada por hectárea, sembrado en suelos no muy recomendables para este cultivo, ya que encontramos suelos lateríticos muy intemperizados, de textura arenosa y pobres en nutrientes en esta región de Los Naranjos, Veracruz.

2.- Con la información obtenida, se estará en condiciones de proporcionar una recomendación para este cultivo en esta región, con todas las reservas de un primer año de experimenta-ción.

3.- Conocer en forma complementaria la respuesta a la oportunidad de aplicación de los fertilizantes.

#### HIPOTESIS.

a) Las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y la cantidad de semilla utilizada por hectárea (densidad de población), en el cultivo de arroz, sembrado en forma directa en el surco, producen diferente grado de respuesta en los sistemas de producción de la región de estudio.

b) Dicha respuesta de este cultivo en estos factores, está influenciado por otros no controlados dentro de la producción, tal es el caso de la acción del clima, de las propiedades físicas y químicas de los suelos y de la ubicación fisiográfica.

#### SUPUESTOS.

a).- Variando simultáneamente la dosis de nitrógeno, fósforo y densidad de población, dejando constante los demás factores controlables, puede extrapolarse gran parte de la capacidad productiva intermedia del sistema.

b).- La variedad de semilla empleada está adaptada a la región y por tanto permanece constante en todos los sitios experimentales.

c).- El manejo del suelo y la época de siembra, son factores provenientes de la información recabada de los agricultores de la región, y se encuentran a niveles óptimos.

d).- En el espacio de exploración estudiado, se encuentran las dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y densidad de población, que permiten obtener un máximo rendimiento con inversión mínima.

e).- Las fuentes de fertilizantes se continuarán usando a nivel comercial.

f).- La selección de sitios experimentales capta la variación regional de los factores no controlables de la producción.

C A P I T U L O   V  
MATERIALES Y METODOS.

1. CARACTERISTICAS REGIONALES.

1.1 SUELOS

La zona de estudio se encuentra ubicada en un valle extenso, con topografía plana y pequeños lomeríos, predominan suelos de color rojizo y café oscuro, que se les conoce como latosoles (lateríticos) y vertisoles; los cuales se especifican a continuación. (12)

a) LATOSOLES, presentan una estructura de bloque del 15% o más de arcilla tipo 1:1, la relación de sesquióxido con arcilla es de 12%. En clima tropical se localizan en manchones muy in temperizados, en altitudes menor de 1500 m.s.n.m. los procesos que sufren son lavados de silicatos y acumulación de Fe.

Los usos que se le dan a la agricultura de rosa, tumba y quema, provocan la lixiviación de silicatos, no presentan acumulación de arcillas.

b) VERTISOLES, son suelos mayores de 50 cms. de profundidad, con un contenido de arcilla > 35% y del tipo 2:5 montmorillonita,  $\geq 30$  mcq/100. En época de lluvia presenta deficiencia de drenaje, debido al agrietamiento del límite inferior de A, es muy irregular. Su estructura es de bloques angulares, debidos a las presiones ejercidas por las capas superiores al

hidratarse su textura es arcillosa, el material predominante - es calcáreo y los cationes Ca y Mg.

El uso a los que se les destina estos tipos de suelos, son a praderas anuales dispersas, tolerantes a la sequía, su manejo se hace introduciendo cultivos que necesitan agua, la primera lluvia después de la sequía es absorbida y el escurrimiento es cero, y posteriormente éste será al 100%. (7)

En el Cuadro 1, se muestran algunas características físicas y químicas del suelo (0-30 cms.) de los sitios donde se condujeron los experimentos, nos indican los datos obtenidos - que el P.H. es ligeramente ácido, fluctúa entre 5.9 y 6.8, el arroz se desarrolla perfectamente bajo esas condiciones.

En las texturas predominan las partículas de arena, variando de 27 a 65% el limo de 23 a 47% y la arcilla de 10 a 24%, - la siembra de arroz en este tipo de textura no es muy recomendable, ya que el adecuado son los suelos arcillosos, la materia orgánica varía de 1.28 a 2.88% moderadamente rico. Este es un factor favorable para el desarrollo del cultivo, ésta es una característica de los suelos tropicales, ya que en su parte superior sufren una intensa actividad microbiana, el contenido de nitrógeno total fue de 0.06 y 0.14 considerándose suelos ligeramente pobres, las concentraciones de fósforo fueron de - - 1.653 a 16.129 p.p.m., de potasio de 37 a 112.3 p.p.m. considerándose bajos de éste elemento, el calcio varió de 1570 a 9742 p.p.m. es medio alto.

Observamos también en el Cuadro 1, lo referente al sitio - 4, denominado La Peñita, se refleja que es el sitio con mayor contenido en M.O.  $N, P_2O_5, K_2O$  y Ca. Podemos considerar que se debe a la acción de las inundaciones sufridas en este sitio, a causa del desbordamiento del Río Papaloapan. Se observa tam -

C U A D R O I  
 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO (0-30 cm.)  
 EN LOS SITIOS DONDE SE CONDUJERON LOS EXPERIMENTOS.

SITIO	P.H.	ANALISIS MECANICO			CLASIF. TEXTURAL	T O T A L		P.P.M. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P.P.M. K <sub>2</sub> O	P.P.M. CaO
		ARENA	LIMO	ARCILLA		M.O %	N %			
1	6.0	45.88	38.92	15.20	Franco	2.88	0.14	2.258	37.5	3926
2	6.5	51.52	37.64	10.84	Franco	1.28	0.06	2.903	37.5	3926
3	5.9	65.52	23.28	11.20	M.Arenoso	2.01	0.10	5.564	75.0	1570
4	6.8	27.88	47.28	24.84	Franco	2.68	0.13	16.129	112.5	9742
5	6.0	59.52	25.64	14.84	M.Arenoso	1.48	0.07	1.653	93.75	1630

bien el alto contenido de las partículas de limo que existe en este sitio a diferencia de los otros.

## 1.2 CLIMATOLOGIA.

Nuestra área de trabajo está ubicada a una altura de 8 a 40 m. sobre el nivel del mar, con una precipitación pluvial de 2500 a 3100 mm anuales, su mayor volumen ocurre en un período de 95 a 115 días (Fig. 2), con un período de sequía de 3.5 meses al año, que comprende los meses de Enero, Febrero, Marzo, así como un receso de las lluvias en el mes de Agosto, cuyo efecto prolongado puede llegar a ocasionar transtornos al cultivo del arroz. La pérdida de la precipitación pluvial por efecto de la evaporación es de 1400 a 1600 mm anuales (Fig.3), y por la evapotranspiración de 1400 a 1500 mm. anuales (Fig. 4).

La temperatura media anual es de 25.3°C, la humedad relativa mensual promedio es del 80% permaneciendo con muy poca variación durante todo el año, considerándose zona de alta humedad.

Es frecuente también la presencia de ciclones que en promedio son de 10 por año, algunos de ellos acompañados con importantes precipitaciones que llegan a ocasionar inundaciones en las riberas del río Papaloapan.

Los vientos dominantes durante todos los meses del año son moderados con una velocidad de 13 a 26 km/h. con dirección al noroeste, sin llegar a causar problemas de acame a los cultivos de arroz.

Dentro de la clasificación climática según Koopen, modificada por Enriqueta García, ésta zona se incluye en el tipo de clima (AW<sub>2</sub>) que lo describe de la siguiente manera: en el gru-

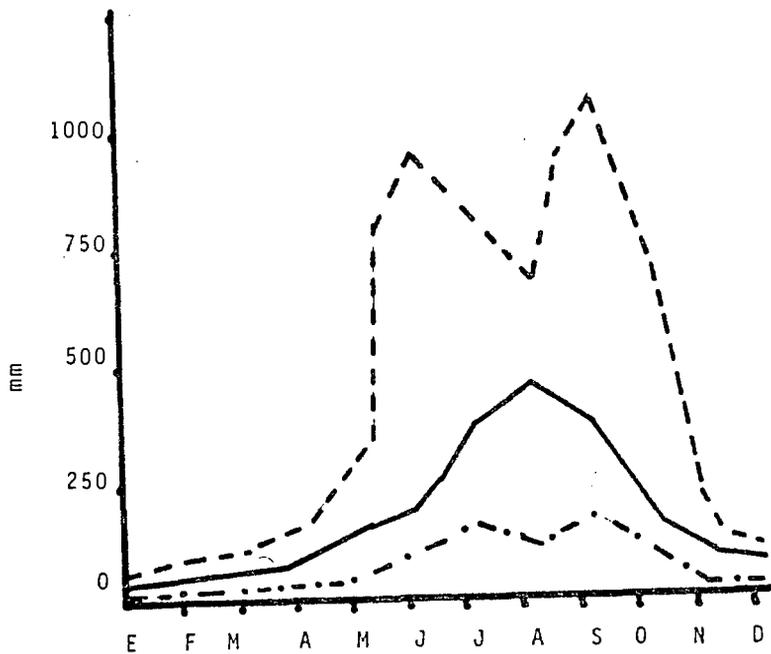


Fig. 2 LLUVIA MENSUAL MAXIMA, MEDIA Y MINIMA, ZONA DE LOS NARANJOS, VER. (1949-1970).

Máxima - - - - -  
 Media - - - - -  
 Mínima - . - . - .

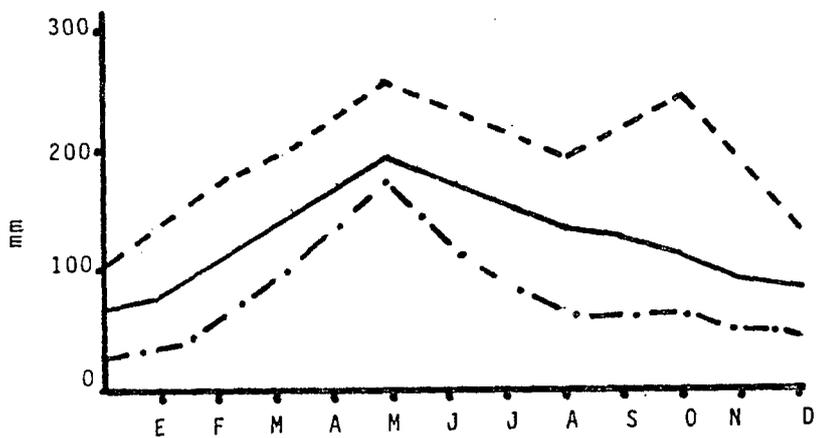


Fig. 3 DISTRIBUCION MENSUAL DE LA EVAPORACION, ZONA LOS NARANJOS, VERACRUZ. (1949-1970).

Máxima - - - - -  
 Media \_\_\_\_\_  
 Mínima - . - . - . - . - . - .

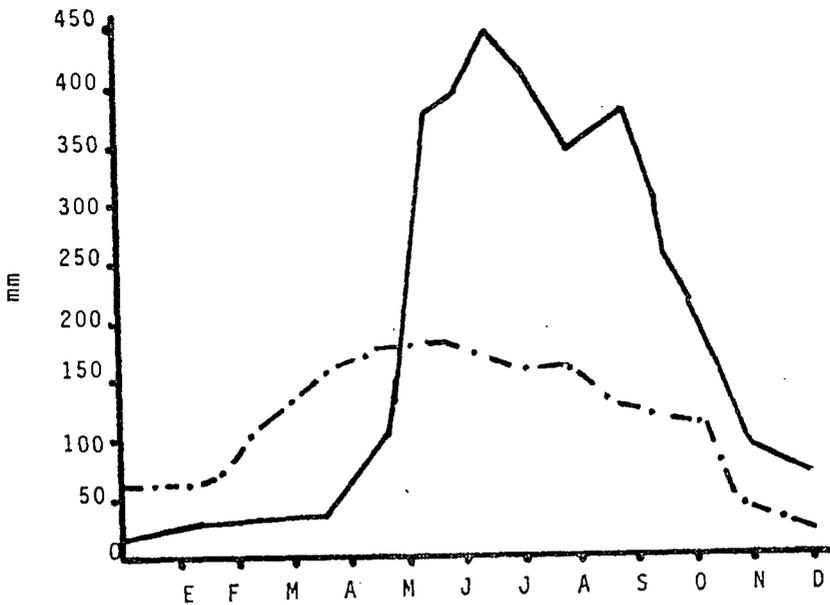


Fig. 4 EVAPOTRANSPIRACION MENSUAL, ZONA LOS NARANJOS, VERACRUZ. (1949-1970).

SIGNOS CONVENCIONALES:

Lluvia mensual \_\_\_\_\_

Evapotranspiración mensual -.-.-.-

mensual

NOTA: La evapotranspiración mensual está comparada con la lluvia media a fin de observar sus excedencias o déficits respecto a ésta. Existiendo un superávit de lluvia en el ciclo vegetativo del cultivo del arroz.

po "A", la temperatura media anual mayor de 22° C y la temperatura del mes más frío mayor de 18° C, en el subgrupo W<sub>2</sub>, la precipitación del mes más seco menor de 60 mm, con lluvias de verano, con lluvia invernal entre el 5 y 10.2% de la lluvia anual. (10)

### 1.3 VEGETACION.

La vegetación natural predominante en la zona, es la selva perennifolia que se desarrolla en condiciones de inundación permanente, con altura que varía desde 3 a 15 m, la mayoría de los elementos que caracterizan esta selva son perennifolios, aunque se presentan aquellos que tiran hojas durante algún período del año. Entre las especies mas importantes están las de zapote de agua (*Pachira aquática*), anona (*Annona glabra*), icaco (*Chrysobalanus icaco*), bari (*Calophyllum brasiliense*), guayabillo (*calyptanthus ssp*) y amate (*Ficus spp*).

Existen tambien pastizales cultivados y su agricultura se caracteriza por ser principalmente de temporal.

## 2. CARACTERISTICAS DE LOS EXPERIMENTOS.

Para probar la validez de la hipótesis planteadas y alcanzar los objetivos proyectados en este trabajo, se instalaron varios experimentos con las siguientes características:

### 2.1 FACTORES DE ESTUDIO.

Se estudió el efecto de nitrógeno y fósforo y densidad de población en el arroz de temporal sembrado en forma directa.

### 2.2 DISEÑO DE TRATAMIENTOS.

Se utilizó la matriz experimental Plan Puebla I, (Fig. 7), para tres factores que nos proporciona un total de 14 trata --

C U A D R O 2  
LISTA DE TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES ENSAYADOS  
EN LA REGION DE LOS NARANJOS, VERACRUZ.

No. de Tra- tamientos.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P. Kg/Ha.
1	70	20	90
2	70	20	110
3	70	40	90
4	70	40	110
5	100	20	90
6	100	20	110
7	100	40	90
8	100	40	110
9	40	20	90
10	130	40	110
11	70	0	90
12	100	60	110
13	70	20	70
14	100	40	130
15	0	0	90
*16	100	40	110
**17	100	40	110
***18	100	40	110

15 Testigo sin fertilizante.

\*16 1/3 de N, en la siembra, 1/3 de N, a los 40 días y 1/3 de N, a los 80 días.

\*\*17 Todo el N, a los 80 días.

\*\*\*18 2/3 del N, y todo el fósforo a los 40 días y 1/3 de N, a los 80 días.

Nota: Las aplicaciones de nitrógenos a los 40 días son con el fin de apoyar la formación de renuevos y a los 80 días-estimar la formación de panojas.

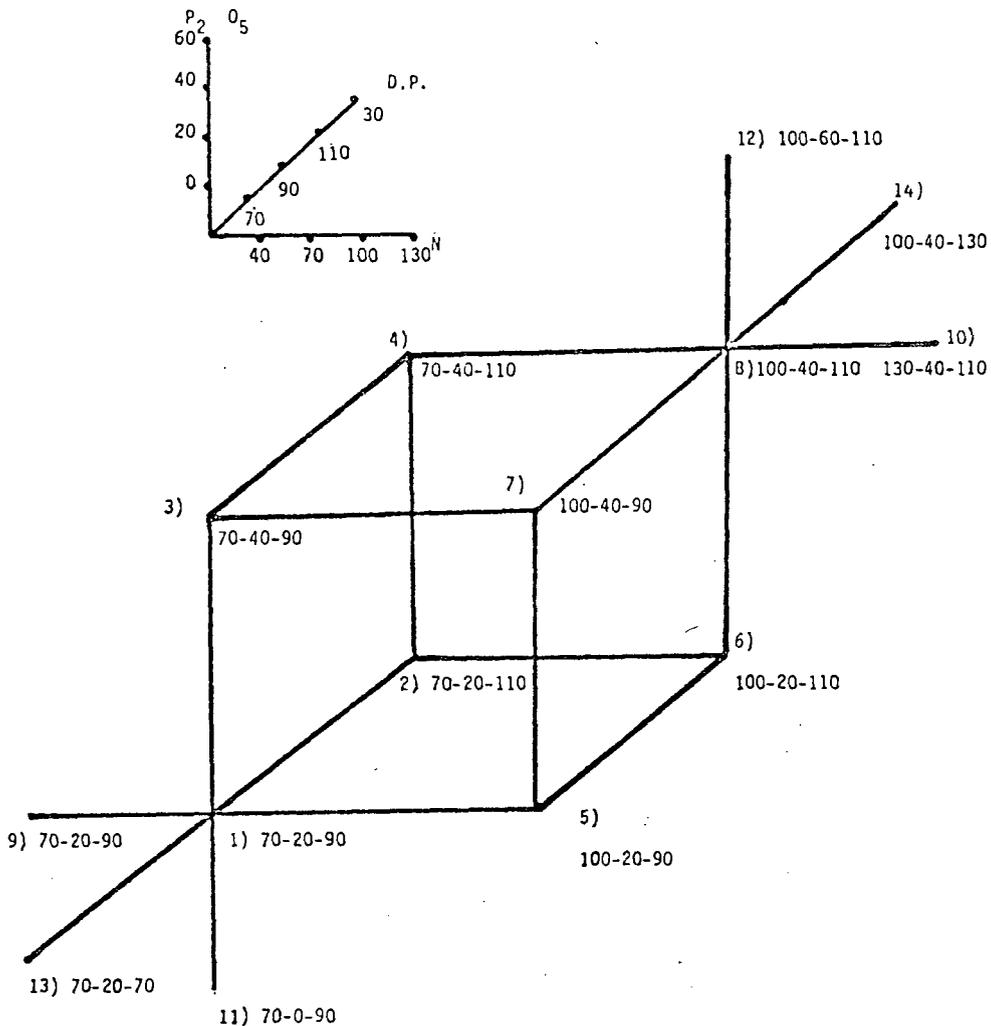


Fig. 5 REPRESENTACION GRAFICA DE LA MATRIZ EXPERIMENTAL "PLAN PUEBLA I"

mientos, se usaron los siguientes niveles de fertilización.

N	40 - 70 - 100 - 130	kg/ha.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0 - 20 - 40 - 60	kg/ha.
D.P.	70 - 90 - 110 - 130	kg/ha.

Se incluyeron además, cuatro tratamientos adicionales en testigo absoluto y los restantes sobre oportunidad de aplicación de nitrógeno y fósforo, como podemos ver en el cuadro 2.

### 2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño utilizado fue el bloque de azar con cuatro repeticiones, con un tamaño de parcela de ocho surcos de 5 mts. de largo y una separación entre surcos de 30 cms.

El modelo matemático de dicho diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = M + t_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Rendimiento de la parcela que recibe el  $i$ -ésimo tratamiento y esta en el  $j$ -ésimo bloque.

- $u$  = Efecto de la media.
- $t_i$  = Efecto de  $i$ -ésimo tratamiento.
- $B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque
- $E_{ij}$  = Error aleatorio

Además se calculó el coeficiente de variación, para la comparación entre tratamientos se efectuó una prueba de Duncan.

## 2.4 SELECCION DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES.

Para la selección de los diferentes sitios experimentales, se utilizó la información recabada en el área de trabajo, so - bre el clima, suelo y manejo, obtenida mediante entrevistas -- con agricultores, personal técnico de diversas instituciones - con experiencia en dicha zona. Se consideró que será suficiente con cinco sitios experimentales situados estratégicamente, para conocer el grado de respuesta que presenta el arroz dentro de la zona de estudio. (Figura 6).

## 3. MANEJO DE LOS EXPERIMENTOS.

### 3.1 PREPARACION DEL TERRENO.

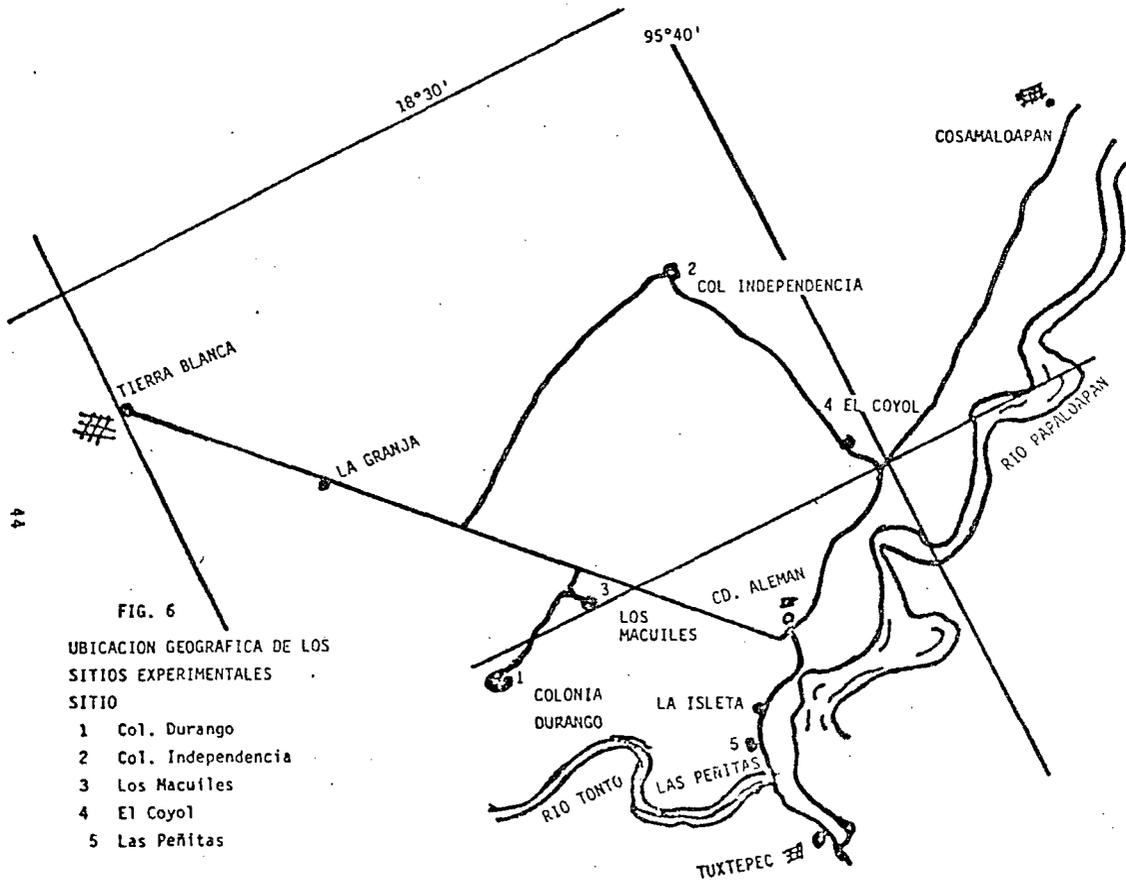
Se utilizaron fracciones de terrenos facilitados por agri-cultores cooperantes, los cuales previamente habían preparado para su siembra en forma mecánica, consistente en barbecho pro - fundo y dos pasos de rastra, se tomó anticipadamente una muestra de suelos y se llevó a su análisis al laboratorio de suelos dependiente de la SARH.

### 3.2 SIEMBRA.

Esta se realizó en forma directa en el fondo del surco, a una profundidad de 5 cms, cubriéndose a "tapa pie", la distancia entre surcos fue de 30 cms., práctica efectuada durante la primera quincena de Junio. Se empleó la semilla de arroz Sinaloa A-74.

### 3.3 FERTILIZACION.

La aplicación de fertilizantes en los 14 tratamientos, pro - venientes del diseño experimental Plan Puebla fue de la sig - uiente manera: todo el fósforo en la siembra, la mitad del nitrógeno a los 40 días y la otra mitad a los 80 días, se utiliza -



44

FIG. 6

UBICACION GEOGRAFICA DE LOS  
SITIOS EXPERIMENTALES  
SITIO

- 1 Col. Durango
- 2 Col. Independencia
- 3 Los Macules
- 4 El Coyol
- 5 Las Peñitas

zó para ello nitrato de amonio al 20.5% de nitrógeno y super - fosfato triple de calcio al 46% de  $P_2 O_5$ .

### 3.4 CONTROL DE MALEZAS.

Se llevó mediante aplicaciones de herbicidas, inmediatamente después de que emergió la planta de arroz, y antes de que alcanzara una altura mayor de 5 cms., posteriormente sólo se le dió al cultivo un "chapeo", consistente en eliminar en forma manual y con machete, la maleza tendiente a crear transtornos durante su desarrollo al cultivo, efectuándose a fines del mes de Julio y a mediados de Agosto.

### 3.5 CONTROL DE PLAGAS.

Se presentaron infestaciones de "Barrenador del Tallo" -- (chilo loftini) "Chinche café" (*Oebalus insularis stal*), controlándose con aplicación de insecticidas. Durante el mes de Agosto se presentó la enfermedad llamada Quema de Arroz, ocasionada por el hongo denominado *Pyricularia oryzae* Cav., la cual se controló con aspersiones de fungicidas en forma periódica, siendo estos Benlate 200 grs/ha., en 200 lts. de agua, - dos aplicaciones con 15 días de diferencia.

Las condiciones climatológicas favorables que predispusieron la presencia de esta enfermedad fueron días nublados, calurosos y precipitaciones continuas y posteriormente un período de sequía que estimuló la propagación de esta enfermedad.

En este mismo mes, el experimento ubicado en el Sitio No. 5 (Col. Independencia), sufrió daños irreversibles por efecto de la sequía.

Durante el mes de Septiembre otro experimento se perdió, - por efecto de asfixia y pudrición, causado por la inundación -

motivada por el desbordamiento del Río Papaloapan. Esta información corresponde al sitio No. 4 (Las Peñitas).

Los datos correspondientes a los rendimientos obtenidos en los sitios experimentales que no presentan daños, se presentan en el Cuadro No. 3.

Se realizaron los análisis estadísticos (ver Anexo 1), para cada experimento al resultar significativo el factor tratamiento, se procedió a elaborar la prueba de Duncan y la determinación de la dosis óptima económica por el método gráfico.

### 3.6 COSECHA.

Esta se efectuó en forma manual, cosechando 4 surcos centrales de cada parcela y auxiliándonos de tinas metálicas alatas, las cuales semejaban la forma de un embudo, en cuyo fondo se deposita el grano al golpear las espigas en la parte superior de la tina. La superficie cosechada por parcela fue distinta en cada uno de los experimentos, debido a la pequeña variación de distancia entre surcos y en que unos experimentos presentaban marcada influencia de bordo en otros no, (daños seros en las orillas). Se determinó el porcentaje de humedad por medio de muestras extraídas en la cosecha, con el cual se ajustaron los rendimientos obtenidos. Esta práctica se efectuó a fines del mes de Octubre. (Cuadro 3).

## C A P I T U L O VI RESULTADOS Y DISCUSION.

### 1. RENDIMIENTOS PROMEDIOS.

En el Cuadro No. 3 podemos apreciar los rendimientos promedios por sitio experimental, correspondiendo el máximo al Sitio 1 con 5.71 tn/ha., y el mínimo al sitio 3 con 4.18 ---tn/ha., de igual forma el tratamiento testigo (0-0-90 kg/ha.) con mayor rendimiento fue de 2.34 ton/ha., para el Sitio 2, - el mínimo de 2.06 ton/ha., para el Sitio 3, en cuanto al tratamiento potencial (100-40-130 kg/ha.) correspondiendo el mínimo para el Sitio 3 con 4.73 ton/ha., y el máximo para el Sitio 1 con 6.14 ton/ha. En los Sitios 4 y 5 no se registraron datos para el rendimiento, ya que como se mencionó anteriormente, fueron destruidos por el efecto de los fenómenos meteorológicos presentados.

### 2. RESPUESTA A LOS FACTORES ESTUDIADOS.

Dentro de las Gráficas (Figuras 7, 8 y 9 ) correspondientes al cálculo del tratamiento óptimo económico de cada uno de los sitios experimentales, observamos la respuesta del cultivo del arroz a cada uno de los factores estudiados en sus diferentes niveles de exploración, y fue como a continuación se explica.

Considerando los tres sitios experimentales, se observó -- que existe marcada respuesta al nitrógeno cuando éste se apli

C U A D R O 3

RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE ARROZ, OBTENIDOS EN CADA UNO DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES INSTALADOS EN LA ZONA DE LOS NARANJOS, VERACRUZ. EN TONELADA POR HA.

No. de TRAT.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P.	No. DEL SITIO EXPERIMENTAL		
				1	2	3
1	70	20	90	5.39	4.85	4.26
2	70	20	110	5.55	5.19	4.33
3	70	40	90	6.21	4.93	4.49
4	70	40	110	6.24	5.38	4.51
5	100	20	90	5.87	5.04	4.43
6	100	20	110	6.21	5.45	4.43
7	100	30	90	6.17	5.29	4.64
8	100	40	110	6.59	5.47	4.61
9	40	20	90	5.00	4.42	3.89
10	130	40	110	6.27	5.41	4.67
11	70	0	90	5.29	4.14	3.84
12	100	60	110	6.59	5.42	4.47
13	70	20	70	5.29	4.16	3.84
14	100	40	130	6.14	5.17	4.73
15	0	0	90	2.12	2.34	2.06
+16	100	40	110	6.45	5.42	4.05
++17	100	40	110	5.53	4.53	4.27
+++18	100	40	110	5.87	4.90	3.75
	PROMEDIO			5.71	4.86	4.18
	D.M.S.(5%)			0.295	0.203	0.162
	C.V ( % )			8.72	8.37	9.33

NOTA: D.M.S., corresponde la diferencia mínima significativa para dos promedios, calculada mediante la prueba de Duncan. Dichos procedimientos se encuentran en el Anexo 1.

+++ Tratamientos adicionales, en los cuales se estudia la respuesta a la oportunidad de aplicación del nitrógeno y fósforo.

có de 82 a 100 kg/ha., para el fósforo cuando varió de 33 a - 44 kg/ha., y para la densidad de población cuando varió de 90 a 107 kg/ha., con un promedio de 92 kg. de nitrógeno 38.6 kg. de fósforo y una densidad de población de 99.6 kg/ha., como - podemos apreciar en el siguiente cuadro.

TRATAMIENTO PROMEDIO DE LOS TRES  
SITIOS EXPERIMENTALES

SITIO	NITROGENO (KG)	FOSFORO (KG)	DENSIDAD DE POBLACION (KG/HA.)
1	94	44	107
2	82	32	102
3	100	40	90
PROMEDIO	92	32.6	99.6

3. OPORTUNIDAD DE APLICACION DEL NITROGENO Y FOSFORO.

En las gráficas (Figura 10), en las cuales se ofrece la - respuesta del cultivo a la oportunidad de aplicación del nitrógeno y fósforo analizándolos se llega a la conclusión que existe respuesta del cultivo al nitrógeno cuando éste se aplicó a los 40 días, alcanzando el máximo grado de respuesta cuando dicha aplicación correspondió a la mitad de la dosis (100 kg/ha) aplicada.

En cuanto a la aplicación del fósforo, el grado de mayor- respuesta del cultivo, fue cuando éste se aplicó en la siembra siendo mínimo o insignificante cuando éste se aplica a los 40- días.

#### 4. ANALISIS DE VARIANZA.

En los tres experimentos, la F calculada nos indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos, con -- probabilidad de cometer error tipo I del 10% el factor de va -- riación correspondiente a bloques resultó no significativo, pu -- diendo considerarse que existe poca heterogeneidad del suelo o bien la distribución de las parcelas dentro del experimento no fue la adecuada; lo que evitó que esta se captara (cuadro 4)

#### 5. SIGNIFICACION ESTADISTICA DE LA PRUEBA DE DUNCAN.

La diferencia mínima significativa para dos medias, calcu -- lada mediante la prueba de Duncan, varió de 0.162 para el expe -- rimento en el Sitio 3, a 0.295 para el experimento en el Sitio 1.

Las diferencias mínimas significativas obtenidas entre ca -- da sitio experimental, vemos que existe en forma comparativa -- escasa diferencia entre la obtenida en el Sitio 1 y 2, y estas comparadas con la correspondiente a la del Sitio 3, si existe -- marcada diferencia, según observamos en los cuadros Nos.4,5 y 6..

La prueba de Duncan nos arroja que estadísticamente son -- iguales los tratamientos 12, 8, 10, 4, 6, 7 y 14, en los tres -- sitios experimentales según los resultados obtenidos mediante -- este análisis.

C U A D R O 4

RESUMEN DE ANALISIS DE VARIANZA, PARA LA VARIABLE DE RENDIMIENTO DE ARROZ EN CADA SITIO EXPERIMENTAL.

SITIO	FACTOR DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA CUADRADOS.	CUADRA DO MEDIO	F. CALCULADA.	F. DE TABLA	
						0.05	0.01
1	Tratamientos.	13	4.1405	0.3185	7.63	1.95	2.56**
	Bloques	3	0.0348	0.0116	0.27	2.84	4.31
	Error	39	1.6300	0.0417			
	Total:	55	5.8053				
2	Tratamientos.	13	2.6462	0.2035	10.27	1.95	2.56**
	Bloques	3	0.1885	0.0628	3.17	2.84	4.31**
	Error	39	0.7746	0.0198			
	Total:	55	3.6093				
3	Tratamientos.	13	1.5193	0.1168	9.19	1.95	2.56**
	Bloques	3	0.0445	0.0148	1.16	2.84	4.31
	Error	39	0.4953	0.0127			
	Total:	55	2.0591				
<p>** SIGNIFICATIVO.- La comparación entre la Fc y la obtenida por la de la tabla, nos indica que es significativa y que la probabilidad de cometer error tipo I es menos del 1%.</p> <p>NS - No es significativo, ya que la probabilidad de cometer error tipo I es mayor 5%.</p>							

6. COMPARACION ENTRE MEDIAS DE TRATAMIENTOS.

Para determinar la diferencia mínima significativa de los rendimientos promedios obtenidos, se hizo mediante la Prueba - de Duncan, para cada uno de los sitios experimentales.

C U A D R O 5  
6.1 PRUEBA DE DUNCAN  
SITIO 1. EXTENSIONES MINIMAS SIGNIFICATIVAS

p:	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-12	13-14
rp	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40	3.43
Rp	0.295	0.310	0.318	0.326	0.331	0.335	0.338	0.342	0.344	0.347	0.350

No. DE TRAT.	N	P <sub>2</sub>	O <sub>5</sub>	D.P.	$\bar{X}_t$	SIGNIFICACION ESTADISTICA *
12	100		60	110	3.960	a
8	100		40	110	3.960	a b
10	130		40	110	3.765	a b c
4	70		40	110	3.750	a b c d
3	70		40	90	3.730	a b c d e
6	100		20	110	3.730	a b c d e f
7	100		40	90	3.705	a b c d e f g
14	100		40	130	3.690	a b c d e f g h
5	100		20	90	3.522	c d e f g h i
2	70		20	110	3.335	i j
1	70		20	90	3.240	j k
11	70		0	90	3.180	j k l
13	70		20	70	3.130	j k l m
9	40		20	90	3.002	k l m n

Rp = p  $\frac{CMe}{r}$  = p  $\frac{0.417}{4}$  = p 0.10425 = p(0.1021)

\* Estadísticamente son iguales los tratamientos que están ordenados con la misma letra.

C U A D R O 6

6.1 PRUEBA DE DUNCAN

SITIO 2. EXTENSIONES MINIMAS SIGNIFICATIVAS

p:	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-12	13-14
rp	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40	3.43
Rp	0.203	0.213	0.219	0.224	0.228	0.231	0.233	0.235	0.236	0.237	0.241

No. DE TRAT.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P.	$\bar{x}_t$	SIGNIFICACION ESTADISTICA *
8	100	40	110	2.630	a
6	100	20	110	2.617	a b
12	100	60	110	2.605	a b c
10	130	40	110	2.597	a b c d
4	70	40	90	2.582	a b c d e
7	100	40	90	2.542	a b c d e f
2	70	90	110	2.492	a b c d e f g
14	100	40	130	2.485	a b c d e f g h
5	100	20	90	2.422	b c d e f g h i
3	70	40	90	2.370	e f g h i j
1	70	20	90	2.330	f g h i j k
9	40	20	90	2.122	
13	70	20	70	1.997	
11	70	0	90	1.990	

$$Rp = rp \frac{CMe}{r} = rp \frac{0.0198}{4} = rp \ 0.00495 = rp \ (0.0703)$$

\* Estadísticamente son iguales los tratamientos que están ordenados con la misma letra.

C U A D R O 7  
6.1 PRUEBA DE DUNCAN  
SITIO 3. EXTENSIONES MINIMAS SIGNIFICATIVAS

p:	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-12	13-14
rp	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40	3.43
Rp	0.162	0.171	0.175	0.180	0.182	0.185	0.186	0.188	0.189	0.191	0.193

No. DE TRAT.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P.	$\bar{X}_t$	SIGNIFICACION ESTADISTICA*
14	100	60	130	2.652	a
10	130	40	110	2.620	a b
7	100	40	90	2.602	a b c
8	100	40	110	2.585	a b c d
4	70	40	110	2.527	a b c d e
3	70	40	90	2.515	a b c d e f
12	100	60	110	2.507	a b c d e f g
5	100	20	90	2.485	a b c d e f g h
6	100	20	110	2.482	a b c d e f g h i
2	70	20	110	2.425	d e f g h i j
1	70	20	90	2.390	e f g h i j k
9	40	20	90	2.180	m
13	70	20	70	2.152	m l
11	70	0	90	2.150	m l

$$Rp = rp \frac{CMe}{r} = rp \frac{0.0127}{4} = rp \ 0.003175 = rp \ (0.0563)$$

\* Estadísticamente son iguales los tratamientos que están ordenados con la misma letra.

## 7. DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA.

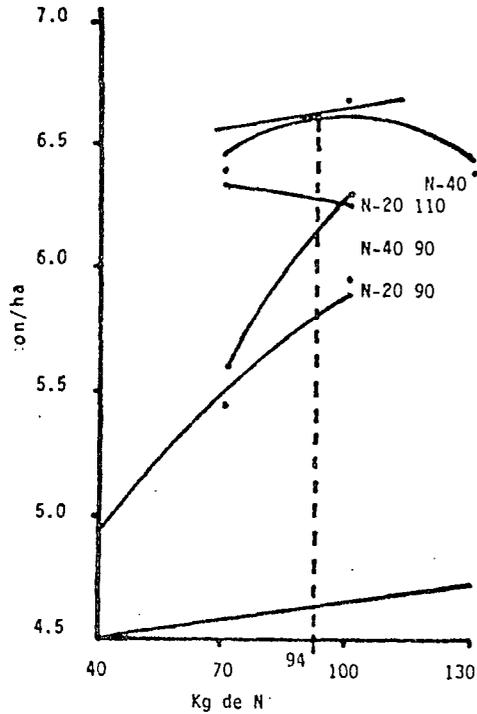
### 7.1 METODO GRAFICO.

Se utilizó éste método, ya que es más sencillo y rápido - para obtener una información inmediata de los experimentos instalados en los diferentes sitios experimentales (Figs. 7, 8, 9 y 10).

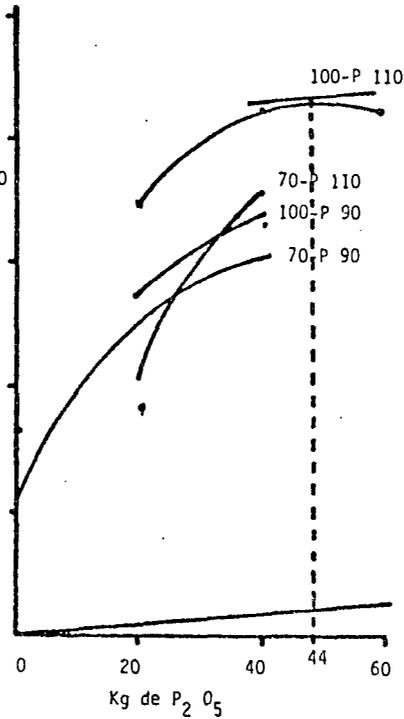
### 7.2 RESPUESTA GRAFICA DE LOS TRATAMIENTOS ADICIONALES.

Podemos observar en la Fig. 10, cuál fue la respuesta del cultivo del arroz a la oportunidad de aplicación de los fertilizantes, a la vez apreciamos comparativamente la diferencia - que hubo entre los distintos sitios experimentales.

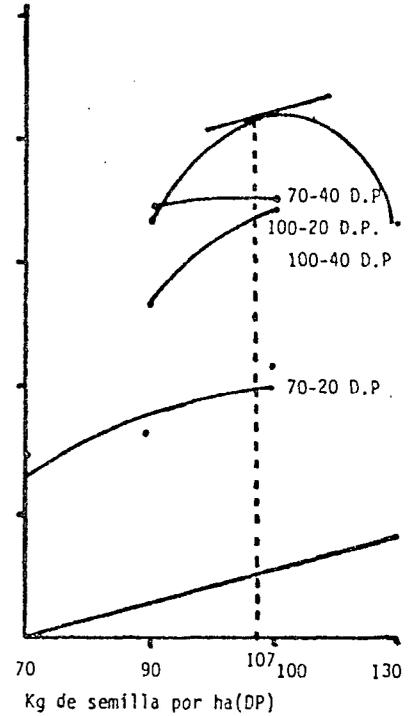
FIG. 7 SOLUCION GRAFICA DEL OPTIMO ECONOMICO  
DEL CAPITAL ILIMITADO PARA EL SITIO 1



130 Kg de N = 227.5 Kg de arroz



60Kg de  $P_2O_5$  = 93.8 Kg de arroz



130 Kg de semilla = 413,2 Kg de arroz

FIG. 8 SOLUCION GRAFICA DEL OPTIMO ECONOMICO  
DEL CAPITAL ILIMITADO PARA EL SITIO 2

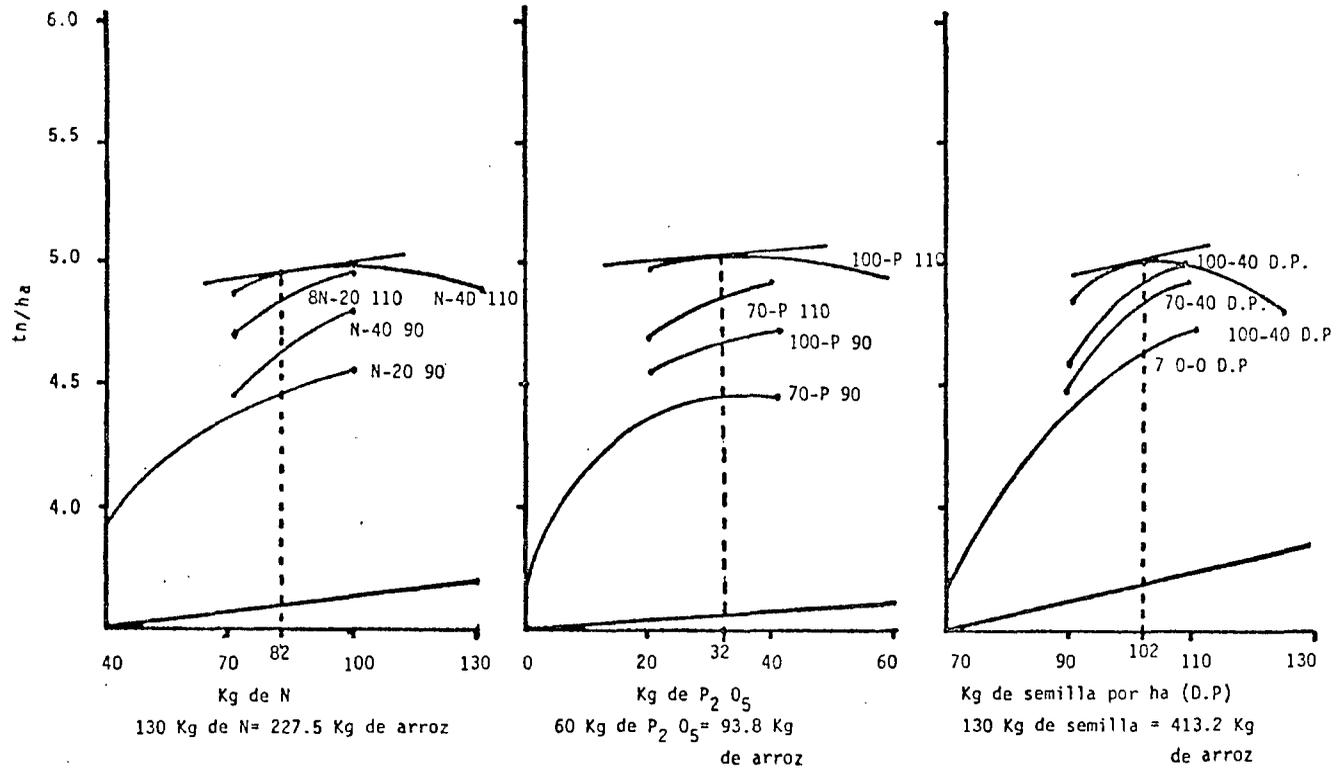


FIG. 9 SOLUCION GRAFICA DEL OPTIMO ECONOMICO  
DEL CAPITAL ILIMITADO PARA EL SITIO 3

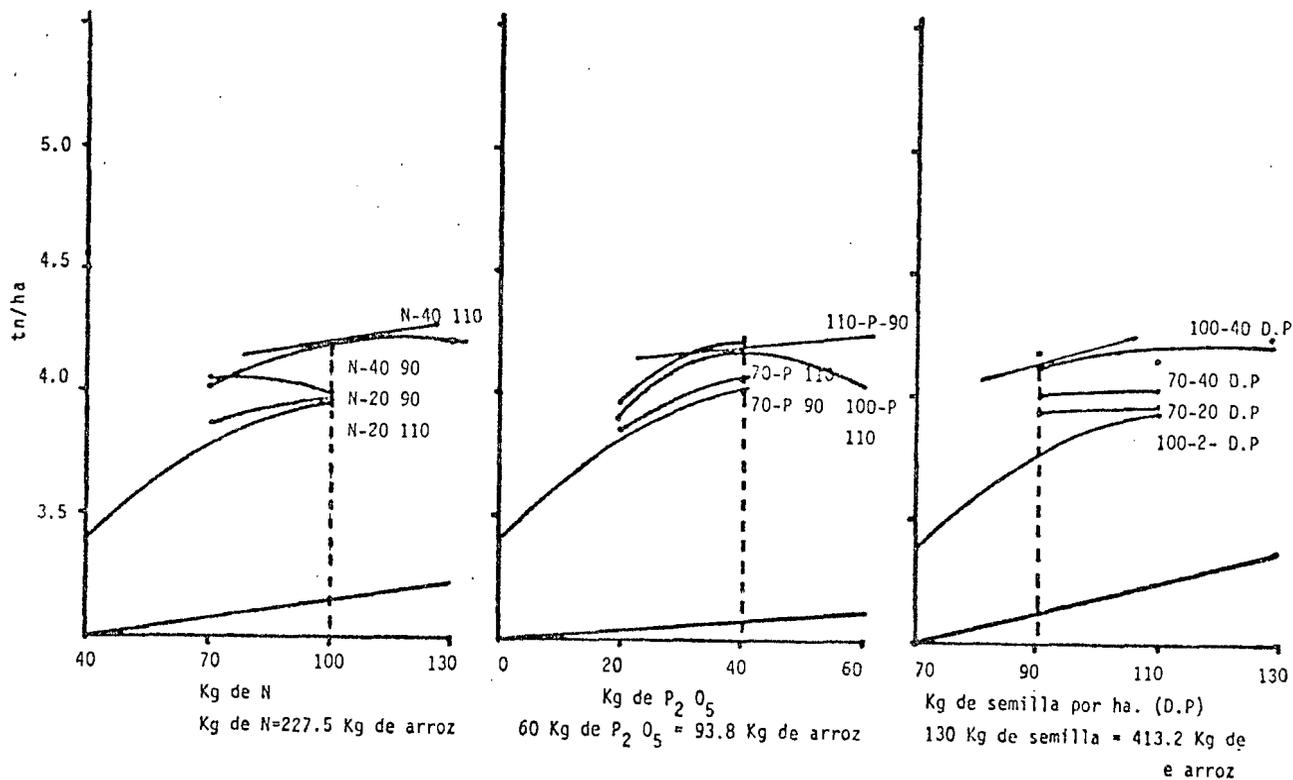
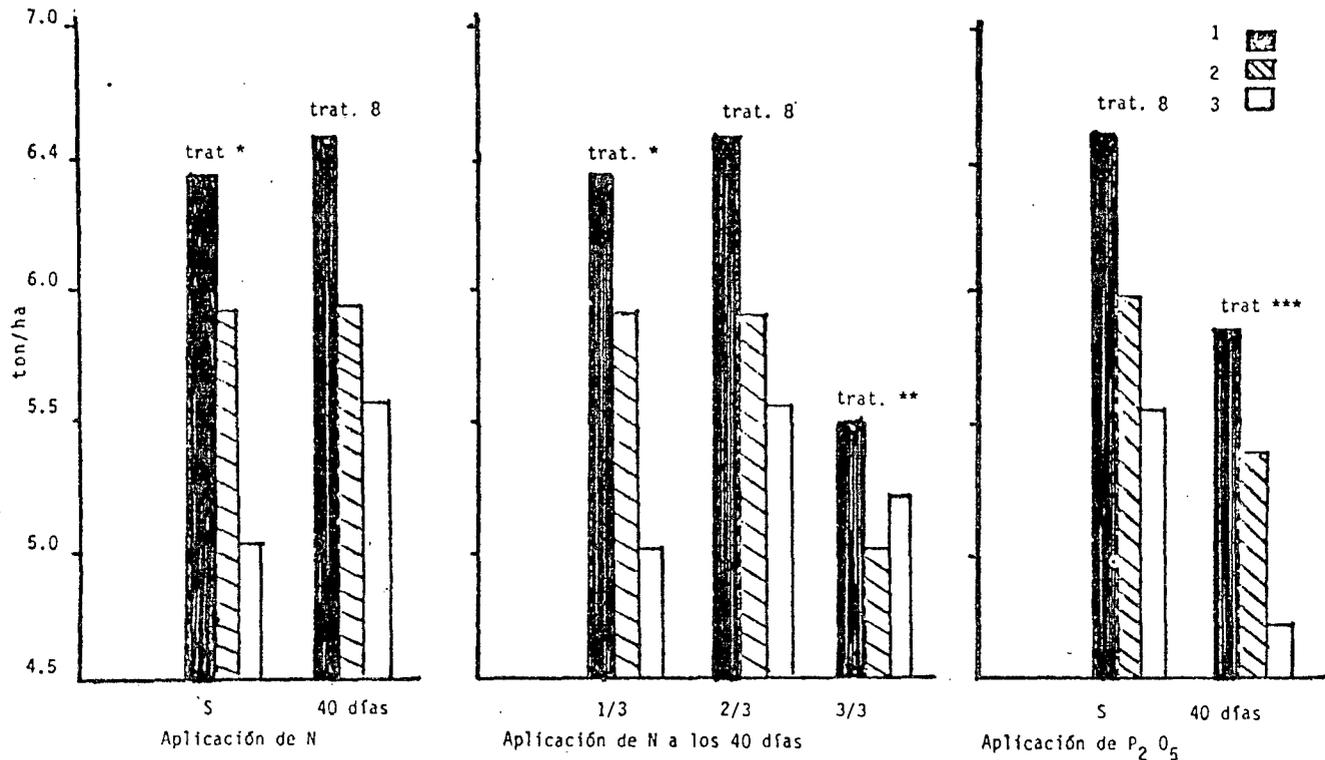


FIG. 10 RESPUESTA GRAFICA DE LOS TRATAMIENTOS  
ADICIONALES, RESPECTO A LA OPORTUNIDAD DE APLICACION  
DE NITROGENO Y FOSFORO

SITIO



Fórmula aplicada 100-40-0 110 Kg/ha de semilla.

8) Todo el fósforo en la siembra, la mitad de nitrógeno a los 40 días y la otra mitad a los 80 días.

\* 1/3 de nitrógeno en la siembra, 1/3 de nitrógeno a los 40 días y 1/3 de nitrógeno a los 80 días.

\*\* Todo el nitrógeno a los 80 días.

\*\*\* 2/3 de nitrógeno y todo el fósforo a los 40 días y 1/3 de nitrógeno a los 80 días.

## C A P I T U L O VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El cultivo del arroz responde a la aplicación de nitrógeno fósforo y densidad de población en los diferentes sitios experimentales, instalados con el fin de detectar los diferentes sistemas de producción en nuestra zona de estudio.

Por lo tanto, no se tiene evidencia para rechazar la hipótesis que nos hace referencia de que el nitrógeno, fósforo y densidad de población son factores que limitan la producción de arroz, considerando que el efecto para el factor de tratamientos fue significativo con probabilidad de cometer error tipo I de 1%.

Respecto al planteamiento de la segunda hipótesis, la respuesta del cultivo a los factores estudiados, está influenciada por otros no controlables, como es la acción del clima, de las propiedades físicas y químicas de los suelos y de la ubicación fisiográfica, no existe evidencia de rechazo de esta hipótesis, sobre todo ya que las dosis óptimas determinadas no variaron ampliamente y considerando que en un experimento se perdió por efecto de un período de sequía y otro por efecto de inundación.

De acuerdo con la metodología empleada para detectar los diferentes sistemas de producción que se encuentran en la zona de Los Naranjos, Veracruz, podemos determinar una primera reco

mendación con todas las reservas que exige un primer año de experimentación, sobre la dosis óptima económica de capital ili-mitado, y ésta corresponde al tratamiento promedio de los TOE para cada sitio experimental siendo la siguiente:

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P.
Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
92	38.6	99.6

Considerando los resultados de los tratamientos adicionales, podemos sugerir que las aplicaciones de nitrógeno, deben efectuarse a los 40 y 80 días de sembrado el cultivo, corres-pondiendo una mitad de la dosis en cada una de las aplicacio-nes.

En cuanto al fósforo este debe de emplearse todo en la siem-bra.

En el sitio 5 (Col. Independencia) el experimento que se instaló en ese lugar se perdió por el efecto de la sequía, -- que se presentó en el mes de Agosto, incluyendo también una su-perficie considerable sembrada de arroz, ésta amenaza persiste año tras año en esta localidad, de tal manera que con el fin de proporcionarle a este lugar una agricultura de menor ries-go, se pretendió establecer un distrito de riego, con ese fin se perforaron una serie de pozos, los cuales al aforarse deter-minaron que la cantidad de agua que proporcionaba no era sufi-ciente para formar dicho distrito, por lo cual no fueron equi-pados esos pozos, siendo que pueden utilizarse como apoyos en la época crítica del cultivo, proporcionándole a éste un riego de auxilio.

También por las mismas características de la zona, el cul-tivo de arroz madura su espiga más rápido en la Col. Indepen-

dencia que en los otros sitios, exigiendo prioridad en el uso de cosechadoras mecánicas, para una cosecha rápida y oportuna.

El Sitio 4 ubicado en "Las Peñitas", se perdió por el efecto de las inundaciones causadas por la acción de los ciclones muy comunes en esta región, siendo esta localidad la más castigada por el desbordamiento de los ríos Papaloapan y San Juan durante la época de lluvias, por lo que se sugiere como alternativa de menor riesgo las siembras de invierno y no las de -- primavera verano, aprovechando la humedad residual, auxiliándose con riegos, con agua proveniente de los dos ríos antes mencionados.

## C A P I T U L O   V I I I

### R E S U M E N .

Las siembras de arroz se incrementaron en forma considerable en áreas de temporal en el Estado de Veracruz, especialmente en la zona de "Los Naranjos", provocando ésto que se efectuaran en suelos no recomendables para este cultivo.

Para obtener información tendiente a conocer los efectos y resultados de dicha práctica, se instalaron en 1975, cinco experimentos en la zona de "Los Naranjos", Veracruz; a la vez -- que se utilizarían como parcelas demostrativas, nos proporcionaron una estrategia inicial para este cultivo en la región de referencia.

Con este fin se seleccionaron previamente los sitios experimentales en los lugares de mayor incidencia del cultivo de arroz, determinándose para ello los siguientes: Colonia Durango (1), Ejido Macuiles (2), Coyol Km. 11 (3), Las Peñitas (4) y Colonia Independencia (5).

En dichos sitios se analizaría la respuesta del cultivo a la aplicación del nitrógeno, fósforo y densidad de población.

Cada experimento se constituyó de 18 tratamientos de los cuales; 14 corresponden a la matriz experimental Plan Puebla I un testigo (0-0-90), y los tres restantes sobre la oportunidad de aplicación de nitrógeno y fósforo. El espacio de exploración

ción para el nitrógeno fué de 40 a 130 kg/ha., para el fósforo fue de 0 a 60 kg/ha y de 70 a 130 kg/ha. para la variedad Sinaloa A-74, se observó respuesta significativa a la aplicación de los tres factores estudiados determinándose las dosis óptimas de fertilización y densidad de población a los siguientes niveles: Col. Durango 94-40-107 (N- P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> y Kg/ha), Ejido Mauciles; 82-32-102, Coyol km.11; 100-40-90.

El tratamiento promedio de fertilización que se recomienda para la región es el 92-32.6 - 99.6 (N - P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> - Kg/ha), aplicándose todo el fósforo en la siembra y el nitrógeno en dos aplicaciones a los 40 y 80 días de sembrado el cultivo.

C A P I T U L O   I X  
B I B L I O G R A F I A .

1. ASOCIACION DE AGRICULTORES DEL RIO CULIACAN, 1969.  
PRODUCCION DE SEMILLA CERTIFICADA DE ARROZ EN EL VA--  
LLE DE CULIACAN. BOLETIN No. 1 MEXICO.
2. CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL DE ROSARIO IZAPA, CHIAPAS  
1976  
PRINCIPALES CULTIVOS EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MEXICO.
3. CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS DEL SURESTE. 1972  
PRINCIPALES CULTIVOS EN LA REGION DE COTAXTLA, VERA -  
CRUZ. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICO -  
LAS. MEXICO.
4. CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS DEL SURESTE. 1978  
NUEVAS RECOMENDACIONES EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN  
LA REGION DE COTAXTLA, VERACRUZ. INSTITUTO NACIONAL  
DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS, MEXICO.
5. COCHAN, G.W. y COX C.G.  
DISEÑOS EXPERIMENTALES  
EDITORIAL TRILLAS, MEXICO
6. ESCUELA DE AGRICULTURA DE LA UNIVERSIDAD DE FILIPINAS.  
CULTIVO DE ARROZ  
EDITORIAL LIMUSA, MEXICO - 1975

7. ESCUELA DE AGRICULTURA DE CHAPINGO, 1970 - MEXICO  
APUNTES DE SUELOS
  
8. GONZALEZ T.J.A. 1978  
INVESTIGACIONES AGRONOMICAS EN MAIZ, BAJO CONDICIONES  
DE HUMEDAD RESIDUAL EN EL AREA DE LA SIERRA TARASCA.  
TESIS DE INGENIERO AGRONOMO  
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
ESCUELA DE AGRICULTURA  
GUADALAJARA, JALISCO.
  
9. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS 1972  
GUIA DE RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL DE PLAGAS - -  
AGRICOLAS EN MEXICO  
FOLLETO DE DIVULGACION No. 46. MEXICO.
  
10. S.R.H. 1975.  
ATLAS CLIMATOLOGICO E HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL PA  
PALOAPAN. MEXICO.
  
11. TORNERO, M.A. 1976  
DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE NITROGE  
NO, FOSFORO Y DENSIDAD DE SIEMBRA PARA EL CULTIVO DE  
LA CEBADA EN LA REGION NOR-ORIENTAL DEL ESTADO DE ME-  
XICO.  
TESIS DE INGENIERO AGRONOMO  
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
ESCUELA DE AGRICULTURA  
GUADALAJARA, JALISCO.
  
12. S.R.H. COMISION DEL PAPALOAPAN 1973  
ANTECEDENTES DEL CULTIVO DEL ARROZ EN LA CUENCA DEL -  
PAPALOAPAN, MEXICO.

13. TURRENT, F.A. y LAIRD J. REGGIE 1974  
MATRIZ EXPERIMENTAL PLAN PUEBLA, PARA ENSAYOS SOBRE  
PRACTICA DE PRODUCCION DE CULTIVOS.  
COLEGIO DE POSTGRUADOS  
ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA  
CHAPINGO, MEXICO.
  
14. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO 1972  
MALEZAS TROPICALES  
BOGOTA, COLOMBIA.
  
15. MARTINEZ GARZA ANGEL, 1971  
ASPECTOS ECONOMICOS DEL DISEÑO Y ANALISIS DE EXPERI -  
MENTOS.  
COLEGIO DE POSTGRUADOS  
CHAPINGO, MEXICO  
p.p. 17-35

C A P I T U L O X  
A P E N D I C E .

ANEXO I

DETERMINACION DE LOS COSTOS UNITARIOS DE LOS INSUMOS.

NITROGENO

<u>C O N C E P T O</u>	<u>MONTO</u>
1 Tonelada de sulfato de amonio (20.5% de N)	\$ 1,430.00
Fletes y maniobras por tonelada	90.00
2 Aplicaciones a razón de \$60.00/cada una	<u>120.00</u>
Sub-Total:	\$ 1,640.00
 Interés bancario al 16% anual de \$1,640.00 por un período de siete meses:	  <u>153.00</u>
T o t a l:	\$ 1,793.00
 Costo unitario de un kg. de nitrógeno (sa- biendo que 205 kgs. cuestan \$1,793.00)	  8.75
 Su equivalente en arroz, cosechado en su - nivel máximo de 130 kg/ha. -Kg.	  227.5

FOSFORO

1 Tonelada de superfosfato de calcio simple (20% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	\$ 1,280.00
--	-------------

Fletes y maniobras por tonelada	90.00
1 Aplicación a razón de \$60.00	<u>60.00</u>
Sub-Total:	\$ 1,430.00

Interés bancario al 16% anual de \$1,430.00 por un período de siete meses.	<u>133.46</u>
T o t a l:	\$ 1,563.46

Costo unitario de un kilogramo de fósforo (sabiendo que 200 kgs. cuestan \$1,563.46)	7.82
---	------

Su equivalente en arroz, cosechado en su - nivel máximo de 60 kg/ha. -kg.	93.8
--	------

S E M I L L A.

1 Tonelada de semilla Sinaloa A-68	\$ 10,000.00
Fletes y maniobras por tonelada	<u>90.00</u>
Sub-Total:	\$ 10,090.00

Interés bancario al 16% anual de \$10,090.00 por un período de siete meses.	<u>941.70</u>
T o t a l:	\$ 11,031.70

Costo unitario de un kilogramo de semilla Sinaloa A-68	13.79
---	-------

S I E M B R A.

Costo de siembra por hectárea	250.00
-------------------------------	--------

Interés bancario al 16% anual de \$250.00 por un período de siete meses.	23.33
---	-------

El costo de siembra es independiente de la cantidad de - - kgs. de semilla por hectárea que se utiliza, por tal motivo -- permanece constante, lógicamente resulta más costoso un kilo - gramo de semilla, sembrado en una densidad baja de población - (70. kg/ha.), que en una alta (130 kg/ha.), en este caso, es su ficiente con determinar este último.

130 kg. a 13.79/kg.	\$ 1,792.70
Costo de Siembra	2,066.03
Equivalente en arroz cosechado	413.2 kgs.

ANEXO 2

C U A D R O 8  
 DATOS DE LA COSECHA DEL EXPERIMENTO SITUADO EN LA COL. DURANGO, VERACRUZ.  
 (SITIO 1)

REPETICION (KGS. CON 14% DE HUMEDAD)											
No. de Trat.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P. (KG/HA)	I	II	III	IV	x <sub>t</sub>	$\bar{x}_t$	x <sub>t</sub> <sup>2</sup>	TN/HA
1	70 - 20		90	3.420	3.100	3.200	3.240	12.960	3.240	167.9616	5.399
2	70 - 20		110	3.140	3.460	3.300	3.440	13.340	3.335	177.9556	5.558
3	70 - 40		90	3.800	3.900	3.620	3.600	14.920	3.730	222.6064	6.216
4	70 - 40		110	3.900	3.620	3.780	3.700	15.000	3.750	225.0000	6.249
5	100 - 20		90	3.550	3.650	3.520	3.370	14.090	3.522	198.5281	5.870
6	100 - 20		110	3.670	3.730	3.830	3.720	14.920	3.730	222.6064	6.216
7	100 - 40		90	3.590	3.600	3.850	3.780	14.820	3.705	219.6324	6.174
8	100 - 40		110	3.810	3.740	4.200	4.090	15.840	3.960	250.9056	6.599
9	40 - 20		90	3.130	2.950	3.020	2.910	12.010	3.002	144.2401	5.004
10	130 - 40		110	3.860	3.630	3.760	3.810	15.060	3.765	226.8036	6.274
11	70 - 0		90	3.060	3.170	3.210	3.280	12.720	3.180	161.7984	5.299
12	100 - 60		110	3.860	3.910	3.980	4.090	15.840	3.960	250.9056	6.599
13	70 - 20		70	3.040	3.130	3.240	3.120	12.530	3.130	153.0009	5.220
14	100 - 40		130	3.540	3.870	3.740	3.610	14.760	3.690	217.8576	6.149
			$\bar{x}_B$	49.370	49.430	50.250	49.760	$\bar{x}_T$ 198.910			$\bar{x}$ 5.915
			$\bar{x}_B^2$	2437.3969	2443.3249	2525.0625	2476.0576	9881.8419		$\bar{x}_t^2$ 2839.8023	
$\text{Rendimiento/Ha} = \bar{x}_t \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{Sup. cosechada}} = \frac{10,000 \text{ m}^2}{6 \text{ m}^2} = \bar{x}_t (1666.6666)$											

71

C U A D R O 9  
 DATOS DE LA COSECHA DEL EXPERIMENTO SITUADO EN EL EJIDO MACUILES, VERACRUZ.  
 (SITIO 2)

REPETICION (KGS. CON 14% DE HUMEDAD)											
No. DE TRAT.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P. (KG/HA)	I	II	III	IV	x <sub>t</sub>	x̄ <sub>t</sub>	x <sub>t</sub> <sup>2</sup>	TN/HA
1	70	20	90	2.250	2.270	2.340	2.460	9.320	2.330	86.8624	4.854
2	70	20	110	2.670	2.530	2.350	2.420	9.970	2.492	99.4009	5.192
3	70	40	90	2.470	2.340	2.440	2.230	9.480	2.370	89.8704	4.937
4	70	40	110	2.580	2.740	2.530	2.480	10.330	2.582	106.7089	5.380
5	100	20	90	2.420	2.390	2.400	2.480	9.690	2.422	93.8961	5.046
6	100	20	110	2.450	2.520	3.200	2.300	10.470	2.617	109.6200	5.453
7	100	40	90	2.480	2.470	2.650	2.570	10.170	2.542	103.4289	5.296
8	100	40	110	2.740	2.630	2.730	2.420	10.520	2.630	110.6704	5.479
9	40	20	90	2.130	2.160	2.030	2.170	8.490	2.122	72.0801	4.421
10	130	40	110	2.520	2.600	2.730	2.540	10.390	2.597	107.9521	5.411
11	70	0	90	1.950	2.030	2.080	1.900	7.960	1.990	63.3616	4.145
12	100	60	110	2.430	2.550	2.920	2.520	10.420	2.605	108.5764	5.427
13	70	20	70	1.900	2.000	1.960	2.130	7.990	1.997	63.8401	4.161
14	100	40	130	2.530	2.500	2.420	2.490	9.940	2.485	98.8036	5.177
				x <sub>B</sub> 33.520	33.730	34.780	33.110	x <sub>T</sub> 135.140			x̄ 5.027
				x <sub>B</sub> <sup>2</sup> 1123.5904	1137.7129	1209.6484	1096.2721	x <sub>T</sub> <sup>2</sup> 4546.2238		x <sub>t</sub> <sup>2</sup> 1315.0790	
Rendimiento/ha = x̄ <sub>t</sub> $\frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{Sup. cosechada}}$ = $\frac{10,000 \text{ m}^2}{6 \text{ m}^2}$ = x̄ <sub>t</sub> (1666.6666)											

C U A D R O 10  
 DATOS DE LA COSECHA DEL EXPERIMENTO SITUADO EN LAS PEÑITAS, VERACRUZ.  
 (SITIO 3)

REPETICION (KGS. CON 14% DE HUMEDAD)											
No. DE TRAT.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P. (KG/HA)	I	II	III	IV	x <sub>t</sub>	$\bar{x}_t$	x <sub>t</sub> <sup>2</sup>	TN/HA
1	70	- 20	90	2.300	2.310	2.320	2.630	9.560	2.390	91.3936	4.267
2	70	- 20	110	2.550	2.430	2.330	2.390	9.700	2.425	94.0900	4.330
3	70	- 40	90	2.520	2.460	2.630	2.450	10.060	2.515	101.2036	4.491
4	70	- 40	110	2.500	2.700	2.480	2.430	10.110	2.527	102.2121	4.513
5	100	- 20	90	2.420	2.500	2.550	2.470	9.940	2.485	98.8036	4.437
6	100	- 20	110	2.520	2.480	2.360	2.570	9.930	2.482	98.6049	4.433
7	100	- 40	90	2.700	2.410	2.730	2.570	10.410	2.602	108.3681	4.647
8	100	- 40	110	2.620	2.570	2.560	2.590	10.340	2.585	106.9156	4.616
9	40	- 20	90	2.200	2.160	2.170	2.190	8.720	2.180	76.0384	3.892
10	130	- 40	110	2.740	2.490	2.540	2.710	10.480	2.620	109.8304	4.678
11	70	- 0	90	1.950	2.320	2.000	2.350	8.620	2.150	74.3044	3.848
12	100	- 60	110	2.710	2.340	2.400	2.580	10.030	2.507	100.6009	4.477
13	70	- 20	70	2.170	2.140	2.100	2.200	8.610	2.152	74.1321	3.843
14	100	- 40	130	2.690	2.610	2.690	2.620	10.610	2.652	112.5721	4.736
				x <sub>B</sub> 34.590	33.920	33.860	34.750	x <sub>T</sub> 137.120			x 4.372
				x <sub>B</sub> <sup>2</sup> 1196.4681	1150.5664	1146.4996	1207.5625	x <sub>TB</sub> <sup>2</sup> 4701.0966		x <sub>t</sub> <sup>2</sup> 1349.0698	
Rendimiento/ha = $\bar{x}_t \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{Sup. cosechada}} = \bar{x}_t \frac{10,000 \cdot \text{m}^2}{5.6 \text{ m}^2} = \bar{x}_t (1785.7142)$											

73

ANEXO 3

ANALISIS DE VARIACION DE LOS DIFERENTES SITIOS EXPERIMENTALES.

SITIO 1

TRAT.	$\bar{x}^2$ REPETICION			
	I	II	III	IV
1	11.6964	9.6100	10.2400	10.4976
2	9.8596	11.9700	10.8900	11.8336
3	14.4400	15.2100	13.1044	12.9600
4	15.2100	13.1044	14.2884	13.6900
5	12.6025	13.3225	12.3904	11.3569
6	13.4689	13.6900	14.6689	13.8384
7	12.8881	12.9600	14.8225	14.2884
8	14.5161	13.9876	17.6400	16.7281
9	9.7969	8.7025	9.1204	8.4681
10	14.8946	13.1769	14.1376	14.5161
11	9.3636	10.0489	10.3041	10.7584
12	14.8996	15.2881	15.8404	16.7281
13	9.2416	9.7969	10.4976	9.7344
14	12.5316	14.9769	13.9876	13.0321

$\sum \bar{x}^2 = 711.6163$

ANALISIS DE VARIACION

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.DE 0.05	TABLA 0.01
Tratamientos	13	4.1405	0.3185	7.6378	1.95	2.56**
Bloques	3	0.0348	0.0116	0.2781	2.84	4.31**
Error experimental	39	1.6300	0.0417			
T o t a l:	55	5.8053				

Modelo estadfstico lineal de bloques al azar:

$$Y_{ij} = M + t_i + B_j + E_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1 \dots t \\ j = 1 \dots r \end{array}$$

$$1^\circ \quad F.C. = \frac{(198.81)^2}{(4)(14)} = \frac{39,525.4161}{56} = 705.8110$$

$$F.C. = 705.8110$$

2º Cálculo de la suma de cuadrados totales

$$S.C._T = 711.6163 - 705.8110 = 5.8053$$

$$S.C._T = 5.8053$$

3º Cálculo de la suma de cuadrados entre tratamientos.

$$S.C._t = \frac{2839.8023}{4} - 705.8110 = 4.1405$$

$$S.C._t = 4.1405$$

4º Cálculo de la suma de cuadrados entre bloques.

$$S.C._B = \frac{9881.8419}{14} - 705.8110 = 705.8458 - 705.8110$$

$$= 0.0348$$

$$SC_B = 0.0348$$

5º Cálculo de la suma de cuadrados del error experimental

$$S.C_{EE} = 5.8053 - (0.0348 + 4.1405) = 5.8053 - 4.1753$$

$$= 1.6300$$

$$S.C_{EE} = 1.6300$$

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE VARIACION

No. DE TRAT.	X (TON/HA)	X (X- $\bar{X}$ )	X <sup>2</sup>
1	5.39	-0.525	0.2756
2	5.55	-0.365	0.1332
3	6.21	0.295	0.0870
4	6.24	0.325	0.1056
5	5.87	-0.045	0.0020
6	6.21	0.295	0.0870
7	6.17	0.255	0.0650
8	6.59	0.675	0.4556
9	5.00	-0.915	0.8372
10	6.27	0.355	0.1260
11	5.29	-0.625	0.3906
12	6.59	0.675	0.4556
13	5.29	-0.625	0.3906
14	6.14	0.225	0.0506
Totales:	82.81	0.000	3.4616

$$\bar{X} \quad 5.915$$

$$s^2 = \frac{\sum X^2}{n-1} = \frac{3.4616}{13} = 0.2662$$

$$s = 0.5160$$

$$c.v. = \frac{s \times 100}{\bar{X}} = \frac{0.5160 \times 100}{5.915} = 8.7239$$

$$C.v. = 8.72$$

SITIO 2

No. DE TRAT.	$\chi^2$ REPETICION			
	I	II	III	IV
1	5.0625	5.1529	5.4756	6.0516
2	7.1289	6.4009	5.5225	5.8564
3	6.1009	5.4756	5.9536	4.9729
4	6.6564	7.5076	6.4009	6.1504
5	5.8564	5.7121	5.7600	6.1504
6	6.0025	6.3504	10.2400	5.2900
7	6.1504	6.1009	7.0225	6.6049
8	7.5076	6.9169	7.4529	6.4516
9	4.5369	4.6656	4.1209	4.7089
10	6.3504	6.7600	7.4529	6.4516
11	3.8025	4.1209	4.3264	3.6100
12	5.9040	6.5025	8.5264	6.3504
13	3.6100	4.0000	3.8416	4.5369
14	6.4009	6.2500	5.8564	6.2001

$\chi^2_T = 329.7310$

ANALISIS DE VARIACION

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.DE 0.05	TABLA 0.01
Tratamientos	13	2.6462	0.2035	10.2777	1.95	2.56**
Bloques	3	0.1885	0.628	3.1717	2.84	4.31**
Error experimental	39	0.7746	0.0198			
T o t a l:	55	3.6093				

Modelo estadístico lineal bloques al azar:

$$Y_{ij} = M + t_i + B_j + E_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1 \dots t \\ j = 1 \dots r \end{array}$$

1º Cálculo del factor de corrección:

$$F.C. = \frac{(135.140)^2}{(4)(14)} = \frac{18,262,8190}{56} = 326.1217$$

$$F.C. = 326.1217$$

2º Cálculo de la suma de cuadrados totales:

$$S.C_T = 329.7310 - 326.1217 = 3.6093$$

$$S.C_T = 3.6093$$

3º Cálculo de la suma de cuadrados entre tratamientos:

$$S.C_t = \frac{1315.0719}{4} - 326.1217 = 328.7679 - 326.1217 \\ = 2.6462$$

$$S.C_t = 2.6462$$

4º Cálculo de la suma de cuadrados entre bloques:

$$S.C_B = \frac{4567.2238}{14} - 326.1217 = 326.2301 - 326.1217 \\ = 0.1885$$

$$S.C_B = 0.1885$$

5º Cálculo de la suma de cuadrados del error experimental:

$$\begin{aligned} \text{S.C.}_{EE} &= 3.6093 - (0.1885 + 2.6462) = 3.6093 - 2.8347 \\ &= 0.7746 \end{aligned}$$

$$\text{S.C.}_{EE} = 0.7746$$

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE VARIACION .

No.DE TRAT.	X (TON/HA)	X ( $x - \bar{x}$ )	$x^2$
1	4.26	-0.107	0.0114
2	4.33	-0.037	0.0013
3	4.49	0.123	0.0151
4	4.51	5.143	0.0204
5	4.43	0.063	0.0039
6	4.43	0.063	0.0039
7	4.64	0.273	0.0745
8	4.61	0.243	0.5904
9	3.89	-0.477	0.2275
10	4.67	0.303	0.0918
11	3.84	-0.527	0.2777
12	4.47	0.103	0.0106
13	3.84	-0.527	0.2777
14	4.73	0.363	0.1317
Totales:	61.14	+0.002	1.7379
	$\bar{x}$ 4.367		

$$s^2 = \frac{\sum x^2}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{1.7379}{13} = 0.1336$$

$$s = 0.3656$$

$$\text{c.v.} = \frac{s \times 100}{\bar{x}} = \frac{0.3650 \times 100}{4.367} = \frac{36.56}{4.367} = 8.3718$$

$$\text{c.v.} = 8.37\%$$

SITIO 3

No. DE TRAT.	$\chi^2$ REPETICION			
	I	II	III	IV
1	5.2900	5.3361	5.3824	6.9169
2	6.5025	5.9049	5.4289	5.7121
3	6.3504	6.0516	6.9169	6.0025
4	6.2500	7.2900	6.1504	5.9049
5	5.8564	6.2500	6.5025	6.1009
6	6.3504	6.1504	5.5696	6.6049
7	7.2900	5.8081	7.4529	6.6049
8	6.8644	6.6049	6.5536	6.7081
9	4.8400	4.6656	4.7089	4.7961
10	7.5076	6.2001	6.4516	7.3441
11	3.8025	5.3824	4.0000	5.5225
12	7.3441	5.4756	5.7600	6.6564
13	4.7089	4.5796	4.4100	4.8400
14	7.2361	6.8121	7.2361	6.8644

$K_T^2 = 337.8072$

ANALISIS DE VARIACION

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.DE 0.05	TABLA 0.01
Tratamientos	13	1.5193	0.1168	9.1968	1.95	2.56**
Bloques	3	0.0445	0.0148	1.1653	2.84	4.31
Error experimental	51	0.4953	0.0127			
T o t a l:	55	2.0591				

Modelo estadístico lineal de bloques al azar:

$$Y_{ij} = M + t_i + B_j + E_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1 \dots t \\ j = 1 \dots r \end{array}$$

1º Cálculo del factor de corrección:

$$F.C. = \frac{(137.120)^2}{(4)(14)} = \frac{18,801.8940}{56} = 335.7481$$

$$F.C. = 335.7481$$

2º Cálculo de la suma de cuadrados totales:

$$S.C_T = 337.8072 - 335.7481 = 2.0591$$

$$S.C_T = 2.0591$$

3º Cálculo de la suma de cuadrados entre tratamientos:

$$S.C_t = \frac{1349.0698}{4} - 335.7481 = 337.2674 - 335.7485 \\ = 1.5193$$

$$S.C_t = 1.5193$$

4º Cálculo de la suma de cuadrados entre bloques:

$$S.C_B = 4701.0966 - 335.7481 = 4365.3485 - 335.7481 \\ = 4029.6004$$

$$S.C_B = 4029.6004$$

5º Cálculo de la suma de cuadrados del error experimental:

$$S.C_{EE} = 2.0592 - (0.0445 + 1.5193) = 2.0591 - 1.5638$$

$$= 0.4953$$

$$S.C_{EE} = 0.4953$$

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE VARIACION

No. DE TRAT.	X (TON/HA)	$\bar{x}$ (X- $\bar{x}$ )	$x^2$
1	4.85	-0.172	0.0295
2	5.19	0.168	0.0282
3	4.93	-0.092	0.0084
4	5.38	0.358	0.1281
5	5.04	0.018	0.0003
6	5.45	0.428	0.1831
7	5.29	0.268	0.0718
8	5.47	0.448	0.2007
9	4.42	-0.602	0.3624
10	5.41	0.388	0.1505
11	4.14	-0.882	0.7779
12	5.42	0.398	0.1584
13	4.16	-0.862	0.7450
14	5.17	0.148	0.0219
Totales:	70.32	+0.012	2.8642
	$\bar{x}$ 5.022		

$$s^2 = \frac{\chi^2}{n - 1} = \frac{2.8642}{13} = 0.2203$$

$$s^2 = 0.2203$$

$$s = 0.4693$$

$$cv = \frac{s \times 100}{\bar{x}} = \frac{0.4693 \times 100}{5.022} = 9.334$$

$$cv = 9.33\%$$