

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Facultad de Agronomía

EFFECTO DE FERTILIZACION CON N-P-K SOBRE EL RENDIMIENTO
EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) BAJO CONDICIONES
DE LA FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la Facultad de
Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por:

ERICK FERNANDEZ ESCOBAR

Al conferirsele el Título de
INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Academico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Septiembre de 1985

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Biblioteca Central

D.L
01
T(8)
CS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing.Agr. CESAR CASTANEDA
VOCAL 1o.	Ing.Agr. Oscar Leiva
VOCAL 2o.	Ing.Agr. Jorge E. Sandoval
VOCAL 3o.	P.A. Leopoldo Jordan
VOCAL 4o.	P.A. Axel Gómez
SECRETARIO	Ing.Agr. Rodolfo Albizures

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL
PRIVADO

DECANO	Dr. ANTONIO SANDOVAL S.
EXAMINADOR	Ing.Agr. MARCO TULIO ARAGON
EXAMINADOR	Ing.Agr. RICARDO MIYARES
EXAMINADOR	Ing.Agr. GUSTAVO MENDEZ
SECRETARIO	Ing.Agr. CARLOS R. FERNANDEZ P.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

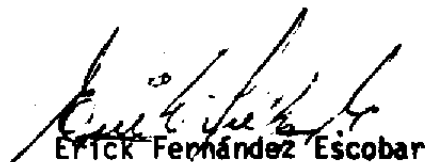
En cumplimiento a lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EFECTO DE FERTILIZACION CON N-P-K SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ (Oryza sativa L.) BAJO CONDICIONES DE LA FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE"

Como último requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Espero que este trabajo sea una contribución a la información necesaria para el desarrollo agrícola de nuestro país. Asimismo que sea merecedor de vuestra aprobación.

Respetuosamente,



ERICK FERNÁNDEZ ESCOBAR

Guatemala 4 de Septiembre de 1985

Ing. Cesar Castañeda
Decano de la Facultad de Agronomía
Ciudad Universitaria
Presente.

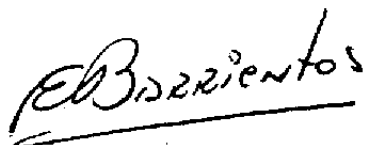
Ing. Castañeda:

En cumplimiento de la honrosa designación que me hiciera el Decanato, me complace hacer de su conocimiento que he concluido el asesoramiento del estudiante ERICK FERNANDEZ ESCOBAR, en el desarrollo de su trabajo de Tesis titulado "EFECTO DE FERTILIZACION CON N-P-K SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) BAJO CONDICIONES DE LA FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE".

Al revisar dicho trabajo lo he encontrado de conformidad, por lo que lo apruebo plenamente.

Sin otro particular, expreso al Señor Decano las muestras de mi distinguida consideración y aprecio.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Edgar Saúl Barrientos
ASESOR

Guatemala, junio 4 de 1985

Ing. Agr. Luis Alberto Castañeda
Coordinador del Instituto de
Investigaciones Agronómicas

Atentamente me dirijo a usted, para saludarlo y, a la vez desearle éxitos al frente de su trabajo.

Por este medio aprovecho para darle a conocer el - trabajo de tesis titulado "EFECTO DE FERTILIZACION CON N-P-K SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ (Oryza sativa L.) BAJO CONDICIONES DE LA FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE", realizado por el estudiante Erick Fernández - Escobar, carnet 49625, ya con las correcciones y sugerencias de los examinadores emanadas en la presentación del Seminario II.

Deferentemente,


Ing. Agr. Edgar S. Barrientos
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

2 de septiembre de 1985

Ingeniero
César A. Castañeda S.
Decano Facultad de Agronomía
Presente

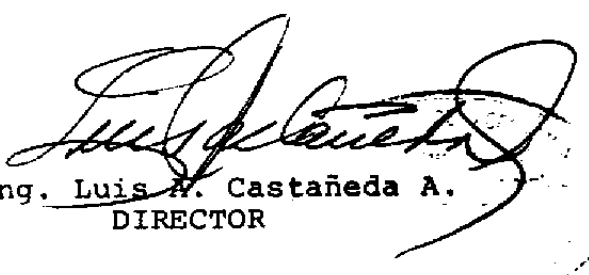
Señor Decano:

Por este medio informo a usted, que he revisado la Tesis de Grado del estudiante ERICK FERNANDEZ ESCOBAR que se identifica con el carnet No. 49625, titulada: "EFECTO DE FERTILIZACION CON N-P-K SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ (Oryza sativa L.)BAJO CONDICIONES DE LA FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE", la cual se ajusta a las normas establecidas por la Facultad de Agronomía para estos trabajos.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS


Ing. Luis M. Castañeda A.
DIRECTOR

ACTO QUE DEDICO:

A DIOS

A MIS PADRES

Jorge Fernández Potter
Margoth Escobar de Fernández

A MIS HERMANOS

Alba Elizabeth
Jorge Alberto
Carlos Arnoldo
Guillermo
Elena
Sandra Patricia

EN ESPECIAL A

Mayra Liliana (QEPD)

A MI ESPOSA

Rebeca Aracelly Paz de Fernández
Con todo mi amor

A MI HIJA

Nelly Aimeé

A MIS CUÑADOS Y CUÑADAS
EN ESPECIAL A

Nelly I. Paz de Guay
C. Guillermo Paz V.

A MIS SOBRINOS Y SOBRINAS

A MIS TIOS Y PRIMOS

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS
EN ESPECIAL A

Mynor H. Paz Castañeda
Mario R. Flores F.
Juan Carlos Santa Cruz M.
Leonel Ruiz
Byron Urrutia Aldana

TESIS QUE DEDICO

A DIOS

En quien están escondidos todos los tesoros
de la sabiduría y del conocimiento.

Colosenses 2:3

A MI PATRIA GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A TODO CAMPESINO QUE LUCHA POR MEJORAR NUESTRA
AGRICULTURA

AGRADECIMIENTOS

- A Mi Asesor Ing.Agr. Edgar Saúl Barrientos por su valiosa asesoría, revisión y corrección de la presente investigación, y al mismo tiempo hago patente mi reconocimiento al Ing.Agr. Rolando Lemus Alarcón, al Ing.Agr. Humberto Tejada, sin cuya colaboración no hubiera sido posible el logro de esta Tesis.
- Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, por permitir realizar el presente trabajo, especialmente al Ing.Agr. Ramiro W. Pazos, Coordinador del Programa de Arroz.
- A La Dirección General de Servicios Agrícolas, DIGESA, en especial a la Región VIII, Franja Transversal del Norte, como también a la promotoría en el municipio de Chisec, A.V. por su colaboración a la presente investigación.
- A La Comunidad de Seguachil Chisec, Alta Verapaz, Centro de Investigación del ICTA, en Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, a las comunidades de San Pablo, Lorena y El Milagro en el municipio de Uspantán, El Quiché, por su colaboración en el trabajo de campo.
- A Mi esposa por su paciente colaboración por el trabajo mecanográfico.
- A Dolores de Paz por su apoyo moral.
- A Todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de la presente investigación.

NOTA:

Los siguientes datos fueron recabados mediante la utilización de los recursos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, por lo que la publicación parcial o total de los mismos únicamente puede hacerse con previa autorización de dicha Institución.

C O N T E N I D O

	<u>Pág. No.</u>
Lista de Cuadros	iii
Lista de Figuras	iv.
RESUMEN	v.
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPOTESIS	3
IV. REVISION DE LITERATURA	4
IV.1 Respuesta a Ensayos Efectuados con N-P-K	4
IV.2 Absorción y Distribución de los Macronutrientes en la Parte Aérea de la Planta de Arroz.	8
IV.3 Determinación de la Cantidad de Nitrógeno que se Debe Aplicar.	9
IV.4 Factores que Afectan la Respuesta del Arroz al Nitrógeno.	10
IV.5 Niveles Críticos de Fósforo en el Suelo.	11
IV.6 Análisis de Suelos en Relación con la Fertilización del Arroz.	13
V. MATERIALES Y METODOS	15
V.1 Localización	15
V.2 Espacios de Exploración	16
V.3 Fuentes de Nutrimientos	17
V.4 Tratamientos	17
V.5 Material Experimental	19

	<u>Pág. No.</u>
V.6 Diseño Experimental	19
V.7 Manejo del Experimento	20
V.8 Epoca y Forma de Aplicación del Fertilizante	20
V.9 Método del Análisis del Suelo	21
V.10 Cosecha	21
V.11 Metodología de Interpretación de Resultados	21
VI. RESULTADOS	25
VI.1 Del Análisis del Suelo	25
VI.2 De los Rendimientos	27
VI.3 De los Análisis de Varianza	30
VI.4 De los Efectos Factoriales Medios EFM	30
VI.5 De las Dosis Optimas Económicas de Capital	
Limitado (DOECL) y Capital Ilimitado(DOECI)	33
VII. CONCLUSIONES	43
VIII. RECOMENDACIONES	45
IX. BIBLIOGRAFIA	46

LISTA DE CUADROS

<u>Nos.</u>		<u>Pág. No.</u>
1	Tratamientos Resultantes de la Matriz Plan Puebla I.	17
2.	Características Químicas de los Suelos Donde se Instalaron los Experimentos	26
3.	Rendimientos Promedios de las Localidades Estudiadas por Tratamiento.	28
4.	Resultados de los Análisis de Varianza Expersados en Términos de Cuadrados Medios (CM).	31
5.	Resultados de la Aplicación de la Técnica de Yates a los Tratamientos que Conforman el 2 ⁿ de la Matriz Plan Puebla I, para determinar la Sig nificancia del EFM.	32
6.	Dosis Optima Económica para Capital Ilimitado y Capital Limitado Determinada Mediante el Método Gráfico Estadístico.	35
7.	Determinación del Ingreso Neto de los 8 Tratamientos Seguachil, Chisec, Alta Verapaz.	37
8.	Estimación de la Tasa de Retorno a Capital por Tratamiento Cuyo Valor Máximo Determinara DOECL, Seguachil, Chisec, Alta Verapaz.	38
9.	Determinación del Ingreso Neto, Lorena, Uspantán, El Quiché.	41
10.	Estimación de la Tasa de Retorno a Capital Cuyo Valor Máximo Determinará DOECL, Lorena, Uspantán, El Quiché.	41

LISTA DE FIGURAS

	Pág.No.
1. Representación Gráfica de la Matriz Plan Puebla I para Tres Factores: Dosis de Fertilización Nitrogenada, Fosfórica y Potasio.	18
2. Determinación de DOECI en los Factores Cuyo Efecto Factorial Medio Fue Significativo en la Prueba de Yates. Gráfica Modificada.	34

EFFECTO DE FERTILIZACION CON N-P-K SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL
CULTIVO DE ARROZ (Oryza sativa L.)BAJO CONDICIONES DE LA
FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE

R E S U M E N

Cuantificar la pérdida de potencial por el uso inadecuado de prácticas de manejo para el cultivo de arroz, resulta difícil; pero tratar de encontrar parámetros que nos indiquen la mejor forma de utilizar este potencial, es de suma importancia para esta región del país como lo es la Franja Transversal del Norte, ya que representaría para los habitantes del lugar, una opción para elevar en cierto grado su nivel económico, así como también mejorar su nivel alimenticio que tan deficiente es por la misma razón que implicó el establecimiento del presente estudio.

La Franja Transversal del Norte, constituida por las porciones de los departamentos de Izabal, Alta Verapaz, El Quiché y Huehuetenango, región con vías de comunicación poco accesibles y zona aún en desarrollo, presenta muy poca información agrícola, razón por la cual se estableció un estudio para cinco localidades distribuidas en los departamentos de Alta Verapaz y El Quiché ya que estas regiones son potencialmente arroceras por sus características propias que presentan.

El objetivo que motivó a dar inicio a este estudio fue de evaluar niveles crecientes de N-P-K, sobre el rendimiento de la línea de arroz(Oryza sativa L.) IG-4427-315 bajo condiciones de fertilidad natural para el tipo de suelos de la FTN.

El trabajo de campo y el de gabinete se realizaron con la asesoría de técnicos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA; en donde se establecieron parámetros que permitieron concluir con el rechazo parcial de

la primera hipótesis planteada la que indica que el nitrógeno, el fósforo, y el potasio son factores limitantes de la producción y la aceptación de la segunda hipótesis que nos indica que la dosis óptima económica para los dos tipos de capitales, si se encuentran dentro de los espacios de exploración estudiados y a la vez sentar una base para futuros estudios que son necesarios para el desarrollo de la FTN.

De las localidades estudiadas sólo la de Seguachil presentó significancia en el efecto del tratamiento, pero al hacer comparaciones con la diferencia mínima significativa, se determinó significancia también para la localidad de Lorena, por lo que, de acuerdo al método gráfico estadístico se establecieron para estas localidades, la DOECI y COECL en 90-30-15 Kg./Ha. y 30-00-15 Kg./Ha. respectivamente; obteniendo un ingreso neto de Q.681.07 y una tasa de retorno a capital de Q.2.60 y para la localidad de Lorena un ingreso neto de Q.423.14 y una tasa de retorno a capital de Q.2.37, presentando en esta forma un marco de referencia para presentar la recomendación adecuada en este importante cultivo.

1. INTRODUCCION:

El arroz (Oryza sativa L.) constituye para Guatemala, uno de los cultivos de fundamental importancia, ya que tanto este cereal, como el maíz y el frijol, forman parte de la ración diaria de los guatemaltecos. Guatemala, así como la mayoría de los países en desarrollo, tiene una alimentación deficiente desbalanceada, tanto cualitativa como cuantitativamente.

La región de la franja transversal del norte (FTN), no es la excepción a esta situación, sino por el contrario, aquí se agrava aún más el problema por la limitada atención prestada a esta parte del país, que carece de vías de comunicación terrestres adecuadas.

Para mejorar la eficiencia de la producción de este cultivo en el área, se ha contemplado en los lineamientos del presente proyecto, el desarrollo de una práctica necesaria que permita elevar los rendimientos por unidad de área, pues la FTN, zona aún en desarrollo, reúne las condiciones necesarias para ser potencialmente arrocería ya que actualmente se cultiva, pero obteniéndose cosechas muy por debajo de su potencial; en esto estriba la importancia del presente estudio, puesto que entre la generación de tecnología se puede citar que las prácticas mejoradas de cultivo, son sumamente importantes, ya que se ponen en juego diversos factores para la mayor eficiencia de producción, al introducirse mejores sistemas de cultivo, variedades y otros; considerándose se entre estas prácticas de fertilización como factor importante, del cual es necesario conocer la cantidad de nutrientes a aplicar para maximizar rendimientos rentables.

El arroz, cuyo cultivo está limitado en la FTN por el uso deficien
te de prácticas de cultivo, para la obtención de un alto rendimiento pue
de llegar a constituirse en otra fuente de ingresos para los habitantes
de esta importante zona en desarrollo del país.

II. OBJETIVOS:

II.1 Generales:

- II.1.1 Establecimiento de una base de investigación para futuros estudios, en el cultivo de arroz de la región.
- II.1.2 Proporcionar al agricultor, una opción para elevar su nivel económico.

II.2 Específicos:

- II.2.1 Determinar un nivel de fertilización óptimo, económico.
- II.2.2 Evaluar la respuesta de los tratamientos de N-P-K, en el cultivo de arroz.

III. HIPOTESIS:

- III.1 El N-P-K (nitrógeno, fósforo, Potasio), son factores limitantes de la producción.
- III.2 La dosis óptima económica (DOE), se encuentra entre los espacios de exploración estudiados.

IV. REVISION BIBLIOGRAFICA:

Pazos, W.R. (10), dice que el efecto de una fertilización adecuada es múltiple, pues con ello se favorece la germinación normal de la semilla, las plantas crecen vigorosamente y resisten mejor el ataque de plagas y enfermedades. Por otra parte, el fertilizante provoca un mejor crecimiento de las raíces y las plantas pueden soportar mejor los efectos adversos de la sequía.

Sin embargo, en aquellas áreas con suelos ácidos, cuyo contenido de aluminio es alto, también hay una respuesta positiva a la aplicación del elemento fósforo.

Sánchez, P.A.(13), afirma que el arroz responde a la fertilización nitrogenada, excepto cuando la tierra está recientemente desmontada.

La importancia del potasio citada por Penados, J.M.(11), determina que las aplicaciones de este elemento no son importantes como lo son las aplicaciones de nitrógeno y fósforo, determinando que los suelos de los arrozales contienen suficiente potasio para satisfacer las necesidades del cultivo, debido a la presencia de este elemento en las aguas de riego y al alto contenido de K_2O en los suelos de textura fina, donde se cultiva casi siempre el arroz.

IV.1 Respuesta a Ensayos Efectuados con N-P-K:

Gudiel L. (8) cita a Datta, S.K. diciendo que los fertilizantes son uno de los insumos productivos mas eficaces, en lo que se refiere al arroz, pero que, en países en desarrollo de Asia, ha re

sultado un poco caro. Gudiel L., también cita a Carmen, C.M. quien afirma que los factores principalmente que influyen en la absorción de nutrientes son: clima, suelo, métodos de cultivo, cantidad de nutrientes aplicados al suelo y la variedad; siendo estos aspectos los que hacen que dicha absorción varíe de una región a otra, de un elemento a otro. Existe un período intermedio entre el momento del macollage y la formación de la panoja en el cual las plantas no son afectadas por la deficiencia del nitrógeno. Antes y después de dicho período la deficiencia se manifiesta con decrecimiento en el número de panojas y el número de ráquis y espiguillas por panoja.

Gudiel L., también dice que el rendimiento máximo de grano en el arroz, varía según las fuentes de fósforo y las condiciones del terreno y que además los fertilizantes de fósforo se aplican a razón de 30-100 Kg./Ha. a los terrenos arroceros aluviales.

León, L.A. citado por Gudiel L.(8), comenta que el fósforo se ha clasificado en suelos en bajo y alto, lo cual se basa en la respuesta que la cosecha da a la adición fertilizantes fosforados. La respuesta es significativamente alta si el suelo es bajo.

Frue A.C.(7), recomienda que la fertilización se haga, teniendo en cuenta el análisis de suelos por método Bray II., para lo cual investigadores del Instituto Colombiano Agropecuario establecieron 15 ppm de fósforo como límite entre un contenido bajo y alto, para lo que aconseja aplicar entre 0-60 Kg./Ha. de P_2O_5 respectivamente. El mismo autor comenta que mundialmente las cantidades de potasio aplicadas al arroz, varían de 30-140 Kg./Ha.

Con respecto a la dosis, cuando el contenido de potasio intercambiable sea mayor de 0.15 meq./100 g. y la relación de las otras bases intercambiables y el potasio no sean mayor de 30-40, aplicar de 20-40 Kg./Ha. de K_2O . Si el contenido de potasio intercambiable es menor de 0.15 meq./100 g., o la relación entre la suma de las otras bases y el potasio es mayor de 30-35 debe aplicarse entre 50-120 Kg./Ha., de K_2O .

Estudios hechos en el Departamento de Izabal han aportado datos que indican que las aplicaciones de nitrógeno al cultivo de arroz, varían de 49 Kg./Ha. y 63 Kg./Ha. para obtener un rendimiento de 4,200-5,600 Kg./Ha. y relaciones de beneficio/costo de 10 y 5 respectivamente. En cuanto al fósforo demuestran que en contenidos bajos de este elemento del orden de -10 ppm se determinó que de 60 Kg./Ha. de P_2O_5 para rendimientos de 4,293 a 5,844 Kg./Ha. con relación a beneficio/costo de 7.65-2.54 respectivamente. En condiciones de alto contenido de fósforo en el suelo no ha habido significancia en cuanto a la respuesta a este nutrimento, condición que no puede tomarse en cuenta, en cuanto a la dosis de potasio se refiere.

Gudiel L. (8), cita a Peña, quien determinó el comportamiento del arroz a la fertilización nitrogenada deduciendo que la dosis de 120 Kg./Ha. de nitrógeno obtuvo una producción óptima, y que al aumentar esta dosis dicha producción decayó en el rendimiento; en cuanto al fósforo se detectó que en un suelo con pH de 5.6 arcilloso y con un contenido de fósforo abajo de 4 ppm, una apli-

cación de 40 Kg./Ha. de P_2O_5 fue insuficiente, ya que determinó que hubo problemas de fijación a este elemento, pues la respuesta a adiciones de fósforo en suelos con alto contenido de éste fue de una reducción en el rendimiento del arroz, o sea una respuesta negativa. El mismo autor informa que al aplicar nitrógeno en forma fraccionada, es decir, media dosis (50 %) al momento de la siembra y media dosis a los 40 días después de la siembra produjo los mejores rendimientos.

Gudiel L. (8), menciona a J.M. Rivera que indica que aplicando 150 Kg./Ha. de nitrógeno, fraccionado en un tercio al momento de la siembra, un tercio a los treinta días después de la siembra y el último tercio treinta días después de la última aplicación, produjo un rendimiento de 6,100 Kg./Ha.; y aplicando la misma dosis de 150 Kg./Ha. de nitrógeno resultó no ser significativo el rendimiento con una aplicación fraccionada de dos tercios después de la siembra y un tercio a los 60 días después de la siembra.

Estrada L. y Alburez C. (5), evaluaron en el departamento de Izabal, cuatro niveles de nitrógeno, cuatro niveles de fósforo y cuatro niveles de potasio en arroz, reportando una dosis óptima de capital ilimitado de 28.6-60-13 Kg./Ha. de $N-P_2O_5-K_2O$ respectivamente. Asimismo, reporta que la dosis óptima económica de capital limitado (máxima tasa de retorno a capital) estuvo comprendida en 28.6-20-7 Kg./Ha. de $N-P_2O_5-K_2O$ respectivamente.

Gudiel L. (8), en los resultados de su tesis, indica que el factor nitrógeno es importante en la producción ya que limita la misma, mientras que el fósforo y el potasio, son parcialmente limitantes.

IV.2 Absorción y Distribución de los Macronutrientes en la Parte Aérea de la Planta de Arroz:

Según Perdomo, M.A. (12), el proceso de absorción de los nutrientes a través de las diferentes etapas de crecimiento, es una función de las propiedades del suelo, cantidad de fertilizante aplicado, variedad de arroz y sistema de cultivo (Ishizuka, 1964); se ha observado también que la capacidad de absorción de nutrientes en las raíces de las plantas de arroz, se adapta fácilmente a condiciones de crecimiento poco favorables, como lo demuestran bajo sombra y a baja temperatura (Yoshida 1976).

El nitrógeno es absorbido rápidamente durante las primeras etapas de desarrollo, no así el fósforo, cuya absorción es lenta hasta cuando se inicia el primordio floral, posteriormente es un poco más rápida hasta poco después de la floración, cuando las necesidades de fósforo de la planta están satisfechas.

También indica que el rendimiento en grano de un cultivo de arroz está determinado por la capacidad de recipiente y la producción de contenido. La capacidad de recipiente es el producto, de el número de panículas por unidad de área, por el número de espiguillas por panícula por el tamaño de la cáscara.

El número de panículas por unidad de área, el número de espiguillas por panícula y el peso del grano, están relacionados con la cantidad de nutrimentos absorbidos por la planta durante sus etapas de desarrollo. (12).

IV.3 Determinación de la Cantidad de Nitrógeno que se Debe Aplicar:

Arregocés, O. y León, L.A. (2) en la guía de estudio sobre fertilización nitrogenada, indican que el nitrógeno es tal vez el insumo que más relación tiene en el rendimiento y con otras prácticas de cultivo. El hecho de que las respuestas a las plantas a la aplicación de fertilizantes nitrogenados depende de tantos factores y de que aún no se han determinado las condiciones del suelo que permitan predecir una respuesta, ha llevado a los investigadores a recomendar que las dosis de nitrógeno se establezcan con base en experimentos de campo que combinen los factores, variedad-nitrógeno-densidad, en cada una de las regiones y durante las diferentes épocas de siembra de cada localidad.

Para obtener estos experimentos las dosis de N-P-K que se debe recomendar las pruebas se deben planificar, ejecutar y evaluar, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- La planeación debe ser responsabilidad de especialistas en agronomía, estadística y economía agrícola;
- Se debe hacer evaluaciones cuantitativas de todas las variables bajo control y fuera de control experimental, que se asuma puedan influir en el rendimiento o en cualquier otra variable dependiente en estudio;

- Los diseños experimentales deberán caracterizar las superficies de respuesta con campos de exploración adecuados, y amplios rangos para las variables en estudio, a fin de poder extrapolar los resultados a arcos similares y permitir el cálculo de los niveles óptimos con base en la precisión de los diseños empleados; y
- La selección apropiada de los sitios y del número de sitios donde se van a realizar los experimentos, permitirá cubrir los diferentes rangos de las variables no controladas.

Con el fin de mantener el equilibrio de los nutrimentos en la planta y en el suelo, se recomienda la aplicación equilibrada de N-P-K y la corrección de alguna otra deficiencia para lograr la máxima eficiencia del nitrógeno.

Para la interpretación de los resultados de los experimentos, además del análisis estadístico se deben tener en cuenta los demás factores biológicos y hacer consideraciones sobre la economía de la producción al uso de fertilizantes.

IV.4 Factores que Afectan la Respuesta del Arroz al Nitrógeno:

En esta misma guía se indica que la aplicación de fertilizantes nitrogenados, está condicionada a los factores edáficos, variedad de arroz, clima, manejo del cultivo y del fertilizante; para los cuales estos dos últimos son los más importantes para el objetivo de este estudio, ya que indican que en condiciones de campo las razones por las cuales una planta no tenga la máxima eficiencia

cuando se le aplica nitrógeno, puede ser porque el fertilizante absorbido, no es utilizado para la producción de grano debido a las incidencias de factores que limitan el crecimiento como la época, disponibilidad de agua, luz o la falta de otros nutrimentos diferentes al nitrógeno. El fertilizante no puede ser tomado por las plantas si se aplica en un lugar equivocado o a destiempo o si las condiciones de suelo lo hacen no asimilable temporalmente. Entre otros factores que modifican la absorción de nitrógeno, tenemos el sistema de cultivo, densidad de siembra y control de enfermedades, plagas y malezas.(2).

La densidad de siembra está condicionada entre otros factores, a la capacidad de macollamiento.

Fagade y De Datta, citados por Arregocés O. y León, L.A.(2) en esta guía, indican que la fertilización nitrogenada aumenta el número de hijos, influyendo en la densidad, indicando también que cuando no se aplica nitrógeno, el rendimiento aumenta linealmente con el incremento en la densidad, debido a que las altas densidades compensan el efecto adverso del poco número de hijos. La aplicación de nitrógeno estimula el macollamiento, por lo tanto, el rendimiento obtenido es mayor que sin aplicación, a medida que aumenta la densidad y el nivel de nitrógeno aplicado, el rendimiento asciende hasta alcanzar un máximo.

IV.5 Niveles Críticos de Fósforo en el Suelo:

León, L.A. et al (9) en la guía sobre fertilización fosfórica del suelo, indican que la clasificación de la cantidad de fós-

foro aprovechable de los suelos en baja, media y alta está basada en la probabilidad de respuesta de la cosecha a la adición de fertilizantes fosforados. Por ejemplo cuando el fósforo de un suelo ha sido clasificado como bajo, la probabilidad de una respuesta significativa de un cultivo sembrado allí a la aplicación de fósforo, es mucho más alta que en otro suelo en donde este nutriente se considera alto.

Según el método Bray II se han encontrado los niveles críticos de fósforo en el suelo para cultivos de arroz de secano, indicando que un suelo con menos de 15 ppm sería clasificado como bajo, de 15-30 ppm como medio y con más de 30 ppm como alto.

Según las recomendaciones mínimas de fósforo para el cultivo de variedades enanas de arroz en secano mecanizado, indican que en suelos con pH igual o menor de 5.5 para bajo y medio es recomendable 125 y 65 Kg./Ha. de P_2O_5 respectivamente; y para suelos con pH mayor de 5.5 para bajo y medio se recomienda 80 y 40 Kg./Ha. de P_2O_5 .

Carmen C.M. (4) cita a Bartholomew y Kapp, quienes afirman que en suelos que responden a la fertilización con fósforo en condiciones de secano, no lo hacen bajo condiciones de secano, no lo hacen bajo condiciones de inundación.

El mismo autor cita a Chang, quien informó que la respuesta del arroz al fósforo es más frecuente en suelo ácido que neutro o ligeramente alcalino. También informa que la Estación Experimen-

tal de Lambayeque realizó trabajos de fertilización en arroz con N-P-K, determinando que el nitrógeno aparece como el más importante factor en la determinación del rendimiento de arroz. Utilizando una función de producción en la cual a todas las variables e interacciones de suelo y temperatura (máxima y mínima) se les dió un valor promedio, se puede esperar que para las zonas arroceras en promedio, rendimientos dentro del rango de 3920-5720 Kg./Ha., pueden ser pronosticados variando únicamente el nivel de nitrógeno. Sin embargo para rendimientos mayores de 5720 Kg./Ha. se requieren aplicaciones de nitrógeno y fósforo. La respuesta al fósforo resultó significativa, en cambio no se ha encontrado evidencia de la respuesta al potasio.

En rendimientos de arroz pronosticados con varias combinaciones de nitrógeno y fósforo, utilizando valores promedios para todas las variables y cero para el potasio, determinaron que el mayor rendimiento pudo alcanzarse con 180 Kg./Ha y 160 Kg./Ha. de nitrógeno y fósforo respectivamente. Sin embargo, debe recordarse que el óptimo nivel económico de N y P a emplearse depende del precio del arroz y de los precios de los fertilizantes.

IV.6 Análisis de Suelos en Relación con la Fertilización del Arroz:

Carmen C.M. (4), indica que la respuesta inicial al nitrógeno aplicado, es mayor a bajos niveles del nitrógeno en el suelo. La pendiente negativa de la proporción de cambio, indica que la positiva respuesta inicial del nitrógeno aplicado fué una propor-

ción decreciente. El máximo rendimiento ocurre a un nivel cercano a los 180 Kg. de N./Ha.

La respuesta inicial al nitrógeno aplicado es favorecido por un nivel alto de fósforo del suelo.

Se consideran niveles de fósforo en el suelo de 15 ppm. y 50 ppm.

Igualmente como en el caso del nitrógeno, la positiva respuesta inicial al fósforo del suelo es una proporción decreciente.

La ecuación de la variación del rendimiento para el N aplicado, considerando dos niveles de pH en el suelo, la respuesta inicial al nitrógeno aplicado fué mayor a pH 8.8 que a pH 7.0.

En relación al fósforo aplicado, la obtención de coeficientes negativos para n (N del suelo) y p (P del suelo) en la ecuación de variación del rendimiento, indican que la respuesta inicial al fósforo aplicado es mayor a bajo que a alto contenido de N en el suelo y también un efecto sustitutorio del P en suelo por el p aplicado respectivamente.

V. MATERIALES Y METODOS:

V.1 Localización:

El estudio experimental se llevó a cabo en cinco localidades de la Franja Transversal del Norte, F.T.N., las cuales se describen a continuación:

- Fray Bartolomé de las Casas, municipio del departamento de Alta Verapaz. Su localización geográfica corresponde a 17° 52', Latitud Norte; esta localidad se encuentra dentro de la serie de suelos Sebol, los cuales son suelos profundos, en clima cálido húmedo, ocupan relieves casi planos a semi-ondulados o suavemente ondulados a altitudes bajas, están asociados con la serie de suelos Chacalté. La vegetación natural de estos suelos está constituida por un bosque tropical alto con una vegetación densa y baja. El pH de estos suelos varía de 4.5 a 5.0; sus condiciones climáticas son de temperatura media anual de 25.5°C, precipitación pluvial, 4300 mm. anuales; humedad relativa 87 %; y se encuentra a una altitud de 256 msnm.(14).
- Chisec, Municipio del departamento de Alta Verapaz, dentro de este municipio se trabajó en la localidad de Seguchil, la cual se encuentra localizada a 15°46' Latitud Norte, perteneciendo a la serie de suelos Chacalté, los cuales son suelos poco profundos, bien drenados, desarrollados sobre caliza duramasiva en un clima cálido y húmedo, ocupa relieves inclinados a altitudes bajas, tienen una vegetación densa con res-

pecto a otras series, predominando las especies desiduas y algunas palmeras.

En la mayor parte de la roca madre de los suelos Chacalté parece ser dolomítica, son suelos de color café, tienen un sub suelo café bien definido en la mayoría de los lugares. El pH de estos suelos va de 7.0 a 7.5; sus condiciones climáticas son: temperatura media anual de 25°C, con una precipitación pluvial de 4219 mm. anuales; humedad relativa de 80 % y se encuentra a una altitud de 305 msnm.(14).

- Playa Grande, del municipio de Uspantán en el departamento de El Quiché. Aquí se encuentran las localidades de El Milagro, Lorena, San Pablo, las cuales están localizadas a 15° 56. Latitud Norte; estas localidades se sitúan dentro la serie de suelos Tzejá, los cuales son poco profundos, bien drenados, desarrollados sobre roca caliza dura masiva, clima cálido y húmedo, con relieves bajos a altitudes bajas, con una vegetación densa, predominando las especies desiduas y también algunas palmeras. El pH de estos suelos varía de 6.5 a 7.0; las condiciones climáticas para estas localidades son: temperatura media anual de 24.5°C, precipitación media anual de 4500 mm., humedad relativa de 85 %, y se encuentra a una altitud de 265 msnm. (14).

V.2 Espacios de Exploración:

En base a la literatura y al análisis de suelos los espacios de exploración se definieron de la siguiente manera:

N : 30 - 60 - 90 - 120 Kg./Ha.

P_2O_5 : 00 - 30 - 60 - 90 Kg./Ha.

K_2O : 00 - 15 - 30 - 45 Kg./Ha.

V.3 Fuentes de Nutrimentos:

Las fuentes de N-P-K utilizadas fueron: Urea (46% de nitrógeno), triple superfosfato (46 % de P_2O_5) y muriato de potasio(60 % de K_2O).

V.4 Tratamientos:

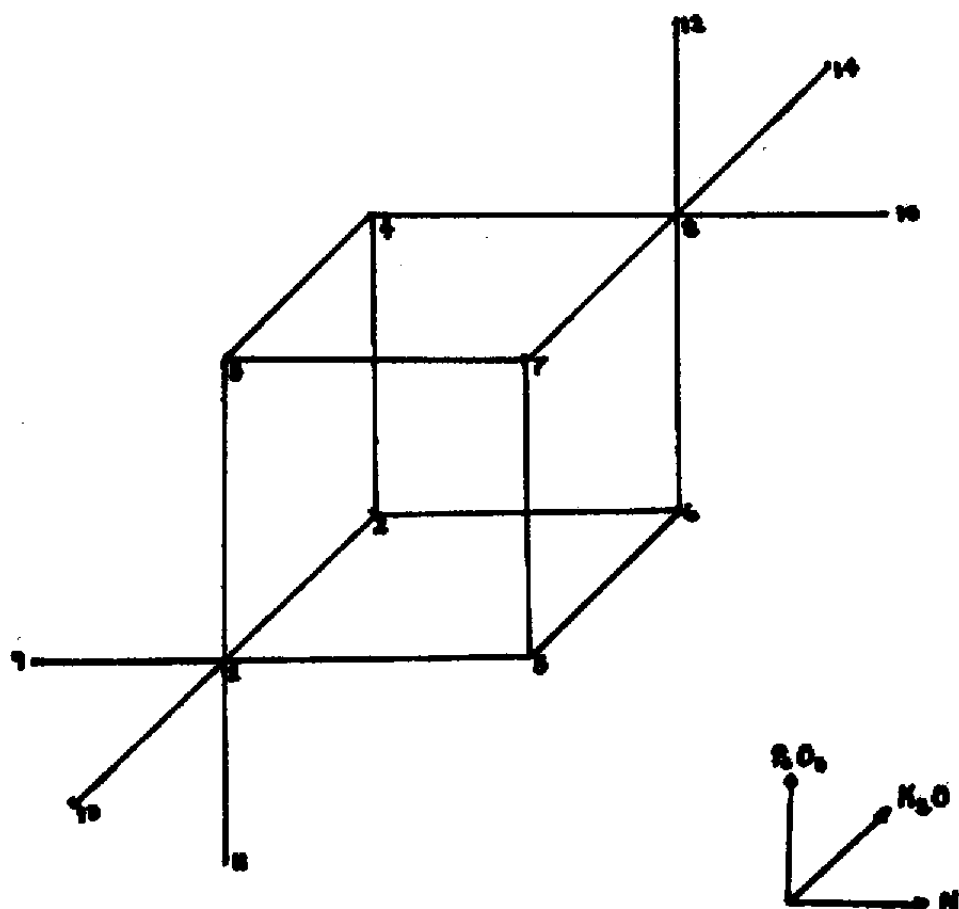
La distribución de los tratamientos se extrajo de acuerdo a la matriz, Plan Puebla I, cuya representación gráfica se ilustra en la Figura 1. Los tratamientos resultantes se ilustran en el Cuadro 1, a los cuales se adicionó un tratamiento testigo absoluto para el análisis económico.

Cuadro 1. TRATAMIENTOS RESULTANTES DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I

Tratamientos	N	P	K
1	60	30	15
2	60	30	30
3	60	60	15
4	60	60	30
5	90	30	15
6	90	30	30
7	90	60	15
8	90	60	30
9	30	30	15
10	120	60	30
11	60	00	15
12	90	90	30
13	60	30	00
14	90	60	45
15(t.t.)	00	00	00

t.t.= tratamiento testigo

Figura 1. REPRESENTACION GRAFICA DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I,
PARA TRES FACTORES: DOSIS DE FERTILIZACION NITRO-
GENADA, FOSFORICA Y POTASICA.



V.6 Material Experimental:

El material que se utilizó en el campo para siembra, fue la línea experimental IG-4427, con pedigree: IR-4427-315-2-3, que es un cruce de los materiales de arroz (Oryza sativa L.), IR-2055-451-2/IR-2061-464-4; que fue proporcionada por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA.

Esta línea es un material avanzado en proceso de multiplicación, la cual ha sido probada en el Valle del Polochic, presentando las características agronómicas siguientes: un promedio de altura de 103 cm.; días a maduración un promedio de 123 días; resistente a Pyricularia oryzae; calidad molinera con un rendimiento total de 69 % p; porcentaje de grano entero y 3/4 (1a. clase) de 64 % para un rendimiento de 83 qq./Mz. Para la Franja Transversal del Norte presentó en ensayos anteriores las siguientes características agronómicas: una altura promedio de 105 cms., 130 días a maduración y resistente a Pyricularia oryzae, calidad molinera con un rendimiento total de 70.8 %; porcentaje de grano entero y 3/4 (1a. clase), de 66.8 % para un rendimiento de 58 qq./Mz. En cuanto a la generación de prácticas de cultivo mejoradas, se determinó que la mejor densidad de siembra para esta línea (IG-4427), fue de 70 Kg./Ha., con la que se obtuvo el rendimiento medio más alto, 85 qq./Mz., y la adición de más de 90 Kg./Ha. de nitrógeno, provoca acame.

V.6 Diseño Experimental:

En los tratamientos seleccionados se evaluaron a través de un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones

de acuerdo al modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i B_j + E_{ij}$$

Y_{ij} = variable respuesta asociada a la ij -ésima unidad experimental.

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

U = efecto de la media general

B_j = efecto de la j -ésima repetición

E_{ij} = error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

i = 1,2,3,4.....tratamientos

j = 1,2,3.....repeticiones

La unidad experimental fue de 8.64 metros cuadrados, que incluyó seis surcos espaciados entre sí a 0.30 metros y 4.8 metros de largo; utilizando una densidad de siembra de 65 Kg./Ha., cosechándose los cuatro surcos centrales para un área de 5.76 metros cuadrados para cada parcela.

V.7 Manejo de Experimento:

Se preparó el suelo realizando una limpia manual y rosado (quema); previo a la siembra se aplicó Volatón granulado al 2.5 % para prevenir el ataque de plagas del suelo, a razón de 32 Kg./Ha. del producto comercial.

El sistema de siembra fue por póstura, sembrando de 7 a 10 granos por cada una y en surcos a una densidad de 65 Kg./Ha.

V.8 Epoca y Forma de Aplicación de Fertilizante:

La aplicación se realizó al momento de la siembra, aplicando el 50 % de nitrógeno y el 100 % de fósforo y potasio. La se-

gunda aplicación de nitrógeno, se hizo a los 60 días después de la siembra, aplicando el 50 % restante.

La forma de aplicación de los fertilizantes fué, esparciéndolos sobre la parcela, tanto en la primera como en la segunda aplicación.

V.9 Método del Análisis del Suelo:

Se muestrearon las localidades donde se instalaron los experimentos, dichas muestras fueron analizadas en el laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, ICTA;siguiendo la metodología establecida para el efecto y sus resultados se dan a conocer en el Cuadro 2.

V.10 Cosecha:

La cosecha se efectuó a mano, haciéndose de la forma que se acostumbra en la región, o sea, el corte y aporreo para luego determinar su peso y humedad en el campo.

V.11 Metodología de Interpretación de Resultados:

Los resultados del presente estudio se analizaron siguiendo el método gráfico-estadístico descrito por Cochran y Cok,citado por Gudiel L. (8), que en forma resumida consiste en los siguientes pasos:

- En el análisis correspondiente se toma en cuenta los rendimientos por localidad, de los tratamientos reportados en el Cuadro 3, con los que se elaboran las gráficas correspondientes a cada uno de los factores.

- El análisis de varianza al que se someten los resultados que muestra el Cuadro 3, se dividen en dos: uno para los tratamientos del 1 al 8 y otro, para los tratamientos de 1 al 15, respectivamente. La razón de esta subdivisión es que de acuerdo al método gráfico estadístico, el Cuadrado Medio del Error (CME) de los tratamientos del 1 al 8 son usados para determinar la significancia de los efectos factoriales medios (EFM) de los factores estudiados, y el cuadrado medio del error del análisis de varianza de los tratamientos del 1 al 15, son usados para determinar la significancia entre tratamiento de efectores en evaluación y las prolongaciones (2n) respectivas, a través de una Diferencia Mínima Significativa (DMS), al 10% de probabilidad de cometer error de tipo I.
- Los rendimientos totales de los tratamientos que conforman el 2ⁿ de la matriz Plan Puebla I, o sea los numerados del 1 al 8 en el Cuadro 3, se someten a la técnica de Yates para definir que factores deben ser considerados para la determinación en forma gráfica, la dosis óptima económica de capital ilimitado (DOECI).
- Los ocho tratamientos considerados que en función a la significancia de los EFM, se reducen a un número de tratamientos, definido por el número de factores cuyo EFM fué significativo, correspondiéndoles un rendimiento constituido por el promedio de los rendimientos de los factores cuyo EFM fueron no significativos.

- Con los tratamientos reducidos y auxiliándose de los tratamientos de la fracción $2n$ de la matriz utilizada, se hacen nuevas gráficas y la curva donde se determinará la DOECI se rá definida por el tratamiento reducido que presente el máximo ingreso neto y en el punto donde sean tangentes, se de fine la DOECI para cada factor.
- Usando un DMS al 10 % se comparan las prolongaciones de los factores cuyos EFM fueron no significativos para definir si esta situación permanece en todo el espacio de exploración y conocer de esta manera si estos deben aparecer en el DOECI final.
- Con la misma DMS se comparan los tratamientos reducidos con sus respectivas prolongaciones para definir si estas últimas deben ser consideradas para análisis económicos para determinar la DOECL (Dosis óptima Económica con Capital Limitado), situación que se resuelve mediante la significancia de las prolongaciones puesto que si estas no son significativas se rá una indicación de que no deben ser incluidas.
- Con los tratamientos reducidos y las prolongaciones a incluir y utilizando el rendimiento del tratamiento testigo, se esti ma el incremento en rendimiento (ΔY) dado por la diferencia del rendimiento del tratamiento y del testigo. Luego se es tima el incremento en ingreso neto (ΔIN) dado por la función $IN: y \Delta Y - CV$ en donde y : costo real de 1 Kg. de arroz; CV :

corresponde a costos variables estimados por la función CV:
 $nN + pP + kK$, en donde n: costo real de un kilogramo de N; N:
Kg de Nitrógeno del tratamiento; p: costo real de un kilogramo
mo de $P_2 O_5$: P: Kg. de $P_2 O_5$ del tratamiento; k: costo real
de kilogramo de $K_2 O$: K:Kg. de $K_2 O$ del tratamiento. Final-
mente se obtiene la tasa de retorno a capital (IN/CV) de ca-
da tratamiento y el que presente la máxima definirá la dosis
óptima económica de capital limitado (DOECL).

VI. RESULTADOS Y DISCUSION:

VI.1 Del Análisis del Suelo:

Con el propósito de conocer el estado de fertilidad natural de los suelos involucrados en el presente estudio, se procedió a hacer un muestreo de las localidades para ser analizados en el laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA.

Los resultados de este análisis se reportan en el Cuadro 2, donde se puede observar que los suelos son ligeramente ácidos, a excepción de la localidad de Fray Bartolomé de las Casas que posee un pH neutro.

Estado de fertilidad que muestran las localidades con respecto a los niveles críticos de fósforo con 5.5 microgramos/ml., y potasio con 59 microgramos/m. En cuanto a fósforo se puede deducir que para las localidades de San Pablo y Seguchil están muy por debajo de este nivel, y ligeramente bajo para la localidad de Lorena, no así para las localidades de Fray Bartolomé de las Casas y El Milagro, lo anterior en cuanto a fósforo se refiere, ya que en lo que respecta al ión potasio se puede decir que para las localidades del Milagro, está ligeramente bajo, no así para las localidades de San Pablo, Lorena y Seguchil, estas se encuentran en su nivel crítico, notándose que para la localidad de Fray Bartolomé de las Casas, está muy por arriba de este nivel (105.0 microgramos / ml.)

CUADRO: 2

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SUELOS SE INSTALARON LOS EXPERIMENTOS

LOCALIZACION	pH	Microgramos/ml		Meq/100 ml de suelo		Serie de Suelo
		P	K	Ca.	Mg.	
El Milagro, Uspantan, El Quiché	5.9	9.75	45.0	3.48	0.69	Tzejá
San Pablo, Uspantan, El Quiché	5.8	1.52	60.0	3.48	0.87	Tzejá
Lorena, Uspantan, El Quiché	5.3	4.17	58.0	5.22	1.38	Tzejá
Fray Bartolomé de las Casas Alta Verapáz	6.8	9.27	105.0	3.24	0.78	Sebol
Seguachil, Alta Verapáz	5.5	2.89	58.0	2.73	0.78	Chacalté

Análisis del laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA.-

VI.2 De los Rendimientos:

En el Cuadro 3, se reportan los rendimientos promedios de cada una de las localidades estudiadas por tratamiento, expresados en Kg./Ha. al 14 % de humedad, como también se anota la media de rendimientos por localidad, los coeficientes de variación de cada localidad así como también su Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 10 % de cometer error.

En este mismo Cuadro podemos observar que el promedio de rendimiento entre localidades varía de 2,859.87 Kg./Ha. a 5,246.57 Kg./Ha. con una diferencia de 2,386.70 Kg./Ha. El rendimiento más bajo se obtuvo en la localidad de San Pablo y el más alto se obtuvo en la localidad de El Milagro, del municipio de Uspantán, El Quiché.

Por otro lado se puede observar que las localidades de El Milagro, Lorena, Fray Bartolomé de las Casas y Seguchil, se obtuvo el rendimiento más bajo en cuanto al tratamiento testigo se refiere; no así para la localidad de San Pablo, donde el rendimiento más bajo se obtuvo con los niveles de 60-60-30 de N-P-K para un rendimiento de 2237.86 Kg./Ha., notándose una diferencia con el testigo absoluto de 513.87 Kg./Ha.

En la localidad de Lorena, se obtuvo el rendimiento más bajo, después del testigo, el tratamiento 60-30-00 dió un rendimiento de 2604.16 Kg./Ha., notándose una diferencia con respecto al testigo de 49.65 Kg./Ha. Sin embargo para las localidades de El Milagro y

En cuanto al análisis del suelo se puede decir que el máximo rendimiento se obtuvo en la localidad de El Milagro, siendo éste de 5,246.97 Kgs./Ha. presentando un pH de 5.9 cms. ligeramente ácido o adecuado para el cultivo en cuanto a la relación de Ca: Mg. fue de 5:1 encontrándose disponibilidad de estos elementos a la planta. En cuanto a la localidad de San Pablo presentó un pH ligeramente ácido de 5.8 pero con bajo nivel de fósforo lo que indica problema para la absorción de fósforo en el suelo aceptando este suelo fertilización fosfórica ya que para potasio se encuentra dentro del rango del nivel crítico que debe existir para la absorción del mismo. Esta localidad presentó el rendimiento más bajo que fue de 2,859.87 Kg./Ha. encontrándose relación del nitrógeno y el fósforo puesto que el máximo rendimiento se obtuvo cuando se aplicó la fómula de 120-60-30 Kgs./Ha.

El menor pH se obtuvo en la localidad de Lorena, que es el segundo más bajo rendimiento con 3,468.95 Kg./Ha. el tercero más bajo nivel de fósforo y una relación Ca: Mg. de 3.78:1 como ligeramente bajo ya que el adecuado es de 4:1.

En cuanto a los niveles de fósforo todas las localidades se encuentran bajos de este elemento ya que el adecuado va de 15-19 microgramos/ml. determinándose en el campo con las hojas de coloración anaranjada en las puntas, siendo el más bajo para San Pablo y más bajo rendimiento.

La localidad de Fray Bartolomé de las Casas, presentó el pH. 6.8 como neutro y un adecuado nivel de potasio (105.0 microgramo/ml) con una relación de Ca: Mg de 4.15:1 como adecuado para un rendimiento de 4,223.05 Kg./Ha. (92.90 qq./Ha.)

Cuadro 3. RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE LAS LOCALIDADES ESTUDIADAS POR TRATAMIENTO EXPRESADOS EN Kg./Ha. (a 14 % de Humedad) F.T.N.

Tratamiento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	El Milagro	San Pablo	Lorena	Fray Bartolomé de las Casas	Seguachil	X
1	60	30	15	5109.40	2748.85	3550.34	4318.57	4335.93	4012.62
2	60	30	30	5603.30	3156.99	3997.39	4658.85	3980.03	4279.31
3	60	60	15	5546.87	2940.99	3337.67	5104.16	5594.62	4504.86
4	60	60	30	5329.83	2237.86	3459.20	4745.37	4366.47	4027.65
5	90	30	15	5633.68	2559.39	3980.03	5360.24	5707.46	4648.16
6	90	30	30	5186.63	2251.77	3732.63	4421.29	3402.77	4479.48
7	90	60	15	5377.60	3051.21	3446.18	5225.69	4865.79	4393.29
8	90	60	30	4513.70	3328.99	3697.91	4745.36	5894.09	4436.01
9	30	30	15	5186.63	2934.02	3454.86	4778.64	4869.79	4244.79
10	120	60	30	5473.09	4079.85	4475.42	3713.83	4140.82	4376.60
11	60	00	15	4722.22	2938.36	2964.40	4029.88	2986.11	3528.19
12	90	90	30	6349.83	2881.94	3871.52	5052.08	2977.43	4226.56
13	60	30	00	5056.42	2408.84	2604.16	4275.17	4175.34	3703.99
14	90	60	45	5343.05	2627.25	2907.98	4600.79	4722.22	4020.24
15	00	00	00	4366.31	2751.73	2554.51	2721.35	2274.30	2933.64

MEDIA		5246.57	2859.87	3468.95	4223.05	4293.40	4121.03
D.M.S.(10)	...	383.61	353.68	520.92	668.18	254.77	
C.V. %		14.62	24.73	30.03	31.64	11.87	

Seguachil, el rendimiento más bajo se obtuvo en el tratamiento 60-00-15, que involucra la aplicación de 0 Kg./Ha., de fósforo con una diferencia con respecto al testigo de 355.91 Kg./Ha. y 711.81 Kg./Ha. respectivamente.

En la localidad de Seguachil el segundo rendimiento más alto fue de 5707.46 Kg./Ha., que involucra al tratamiento 9-30-15 Kg./Ha. de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, notándose una diferencia con el testigo de 3433.16 Kg./Ha., ya que el rendimiento más alto fué de 5894.09 Kg./Ha. con una diferencia con respecto al testigo de 3619.79 Kg./Ha. y para este involucra al tratamiento con 90, 60 y 30 Kg./Ha. de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

Para las localidades de San Pablo y Lorena se observó un máximo rendimiento de 4079.85 y 4475.42 Kg./Ha. respectivamente, donde involucra el tratamiento con la máxima aplicación de nitrógeno, o sea de 120 Kg./Ha. notándose una diferencia de 1328.07 Kg./Ha. y 1920 Kg./Ha. respectivamente, en cuanto al tratamiento testigo se refiere.

Con respecto a los coeficientes de variación anotados en este mismo Cuadro, se puede considerar como altos para las localidades de Lorena y Fray Bartolomé de las Casas con valores de 30.03 y 31.64 respectivamente; no así para las localidades de El Milagro, San Pablo y Seguachil con valores de 14.62, 24.73 y 11.87 respectivamente.

Cuadro 4. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA EXPRESADOS EN TERMINOS DE CUADRADOS MEDIOS (CM)

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SEGUACHIL	SAN PABLO	EL MILAGRO	LORENA	FRAY BARTOLO ME DE LAS CASAS
TRATAMIENTOS 1 - 8 TOTAL	31					
REPETICIONES	3	437291.0NS	1935910.0*	3265320.0**	922976.0NS	1208390.0**
TRATAMIENTOS	7	3264550.0**	665959.0NS	535698.0NS	242377.0NS	1965720.0NS
ERROR	21	548830.0	54928.0	442255.0	1210490.0	1036900.0
TRATAMIENTOS 1 - 15 TOTAL	59					
REPETICIONES	3	3045380.0**	1905960.0*	4621010.0**	4085330.0*	1440890.0**
TRATAMIENTOS	14	4483740.0**	851616.0NS	945417.0NS	1147300.0NS	2687420.0NS
ERROR	42	259636.0	500367.0	588626.0	1085420.0	1785860.0

* : Significativo a una probabilidad del 5 % de cometer error.
 ** : Altamente significativo a una probabilidad de cometer error del 1 %
 NS : No significativo

VI.3 De los Análisis de Varianza:

Dentro de la metodología que implica esta matriz, Plan Puebla I, en cuanto a su interpretación se refiere, se analizaron por separado los tratamientos que están comprendidos del 1 al 8 y del 1 al 15 respectivamente, como se expresa en el Cuadro 4.

En los datos que se expresan en este Cuadro, se observa que existe una diferencia significativa entre repeticiones para todas las localidades, lo cual viene a indicar que el diseño de bloques al azar permitió controlar la heterogeneidad de la fertilidad natural del suelo, eliminándose así cualquier efecto de un gradiente de fertilidad que pudiese influir sobre el rendimiento de algunos de los tratamientos estudiados.

En cuanto a la significancia entre tratamientos, sólo existe para la localidad de Seguchil, lo cual nos indica que en este suelo si son limitantes algunos de los factores estudiados en la producción de arroz, no siendo así para las localidades de Fray Bartolomé de las Casas, El Milagro, San Pablo y Lorena, donde no hubo significancia entre tratamientos.

VI.4 De los Efectos Factoriales Medios - EFM.

En el Cuadro 5, se reportan los resultados de la aplicación de la técnica de Yates (5), para determinar la significancia de la EFM de los factores y sus interacciones.

Cuadro 5. RESULTADOS DE LA APLICACION DE LA TECNICA DE YATES A LOS TRATAMIENTOS QUE CONFORMAN EL 2º DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I, PARA DETERMINAR LA SIGNIFICANCIA DEL EFM.

Tratamientos	Niveles	Código Yates	Fray Bartolomé de Las Casas	San Pablo	El Milagro	Lorena	Saguachil
1	60-30-15	M	4822.44 M	2784.51 M	5287.65 M	3650.17 M	4705.89 M
2	60-30-30	K	-359.45 NS	-81.21 NS	-258.52 NS	143.23 NS	2459.85 *
3	60-60-15	P	265.41 NS	210.51 NS	-191.25 NS	-329.85 NS	823.69 *
4	60-60-30	PK	-289.42 NS	-285.28 NS	73.52 NS	43.40 NS	-1051.31 *
5	90-30-15	N	23.41 NS	26.67 NS	-219.45 NS	128.04 NS	398.26 NS
6	90-30-30	NK	-350.19 NS	-66.29 NS	-396.95 NS	-141.06 NS	3098.04 *
7	90-6-15	NP	-170.65 NS	210.51 NS	-273.25 NS	-45.57 NS	1.13 NS
8	90-60-30	NPK	-60.11 NS	-270.36 NS	281.95 NS	206.16 NS	-615.19 *
Comparador: EMS			619.59	450.95	404.64	669.45	450.77

EMS: Efecto Mínimo Significativo; comparador para definir la significancia del EFM.

* : Efecto Factorial Medio EFM, es significativo a una probabilidad de cometer error tipo I, al 10 %

NS : No Significativo.

EFM<EMS:No Significativo.

EFM>EMS:Significativo.

En este mismo cuadro, se puede observar que el nitrógeno no presentó un EFM significativo en las localidades estudiadas, cuando dicho nutriente se aplica en forma individual, como tampoco presente significancia en todas las localidades, interaccionando este con el fósforo.

En la localidad de Seguachil se pudo observar que el K, el P y la interacción de KP, NK y los tres factores de NPK manifestaron significancia en el EFM. Por lo que se resumen que en la localidad de Seguachil se pueden considerar como limitantes, el nitrógeno, el fósforo y el potasio, no así para las otras localidades.

En la localidad de Seguachil, Cuadro 5, al cambiar la dosis de 15 a 30 Kg./Ha. de potasio la significancia es negativa, cuando interactúa éste con el fósforo, también vuelve a ser negativo el EFM, cuando se aumenta el fósforo de 30 a 60 Kg./Ha., cuando éste interactúa con el potasio respectivamente. Al observar la significancia del EFM sigue negativamente al cambiar la dosis de 30 a 60 Kg./Ha., de fósforo cuanto éste interactúa con el nitrógeno y el potasio, siempre para la localidad de Seguachil.

VI.5 De las Dosis Óptimas Económicas de Capital Ilimitado(DOECI) y Capital Limitado (DOECL).

En el Cuadro 6 aparecen los resultados correspondientes a las DOECI determinadas gráficamente como se ilustra en la Figura 2. y las DOECL determinadas de acuerdo al método Gráfico-Estadístico.

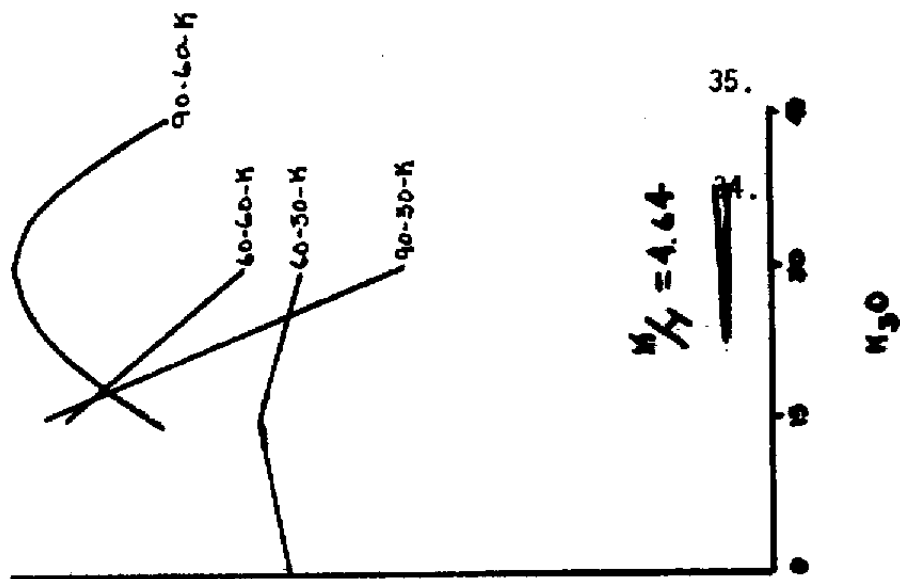
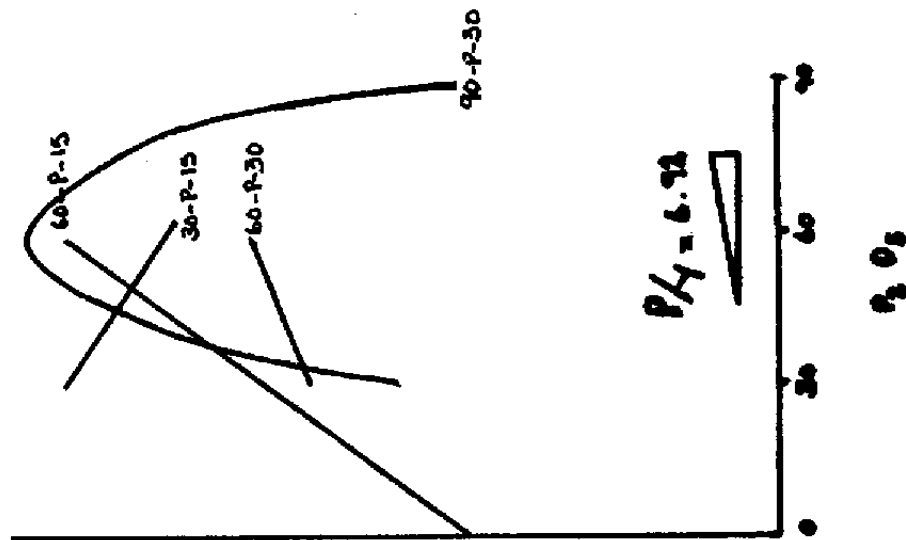
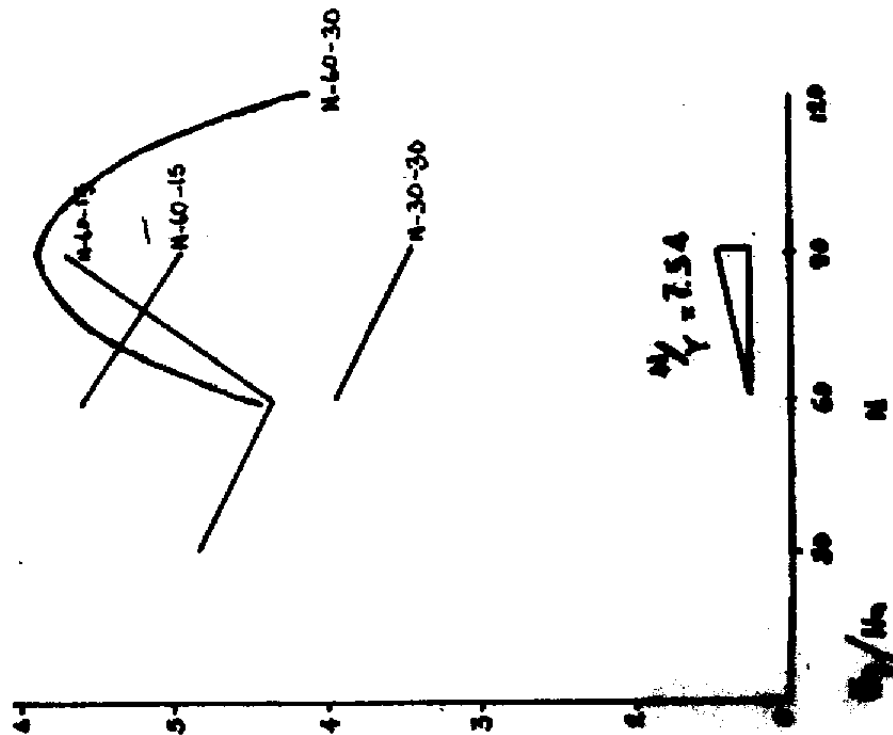
En este mismo Cuadro aparece para la localidad de Seguachil,

Figura 2.

DOECI: Para los factores N-P-K
en la localidad Sequocuil

DETERMINACION DE DOECI EN LOS FACTORES CUYO
EFECTO FACTORIAL MEDIO FUE SIGNIFICATIVO EN
LA PRUEBA DE YATES. (Gráfica Modificada)

N	P ₂ O ₅	K ₂ O
90	60	30



Cuadro 6. DOSIS OPTIMA ECONOMICA PARA CAPITAL ILIMITADO
Y CAPITAL LIMITADO DETERMINADA MEDIANTE EL
METODO GRAFICO ESTADISTICO
(Kg./Ha.)

LOCALIDAD	DOECI			DOECL		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
SeguachiI	90	30	15	90	30	15
San Pablo	30	0	0	30	0	0
El Milagro	30	0	0	30	0	0
Fray Bartolomé de Las Casas	30	0	0	30	0	0
Lorena	30	0	15	30	0	15
PROMEDIO	41	6	6	42	6	6

la DOECI de 90-30-15 Kg./Ha. de $N-P_2O_5-K_2O$ respectivamente, como se muestra en la Gráfica 2; y de acuerdo al análisis económico de la DOECL se define en 90-30-15 Kg./Ha. de $N-P_2O_5-K_2O$ respectivamente; con lo que se obtiene un ingreso neto de Q.681.07 y una tasa de retorno a capital de Q.2.60 como se observa en los Cuadros 7 y 8 respectivamente.

En las localidades de San Pablo, El Milagro, Fray Bartolomé de las Casas y Lorena, de acuerdo a los resultados reportados en el Cuadro 4, el efecto de tratamiento fué no significativo, así como también no fue significativo el EFM, de estas localidades, sin embargo al hacer las comparaciones con la Diferencia mínima Significativa - DMS, sólo para la localidad de Lorena resultó ser significativo, por lo que de acuerdo al método gráfico-estadístico se determinó la DOECI y DOECL en 30-00-15 Kg./Ha. de $N-P_2O_5-K_2O$ respectivamente, obteniendo un ingreso neto de Q.423.14 y una tasa de retorno a capital de Q.2.37, como se observa en el Cuadro 6, 9 y 10 respectivamente. De acuerdo a lo anteriormente expuesto para las localidades de Fray Bartolomé de Las Casas, El Milagro y San Pablo, se debe seleccionar para éstas el tratamiento más económico, que para este caso corresponde a 00-00-00 Kg./Ha. de $N-P_2O_5-K_2O$ respectivamente. Sin embargo siendo el arroz una gramínea se puede considerar la necesidad de aplicar una mínima cantidad de nitrógeno para estimular el desarrollo vegetativo; si para lo anteriormente dicho, se le agrega la cantidad mínima de nitrógeno, correspondiéndole el nivel más bajo estudiado que sería de 30 Kg./

Cuadro 7. DETERMINACION DEL INGRESO NETO DE LOS 8 TRATAMIENTOS.
SEGUACHIL, CHISEC, A.V.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Kg./Ha.	Q. CV.	Q. IN.
60	30	15	4335.93	94.80	468.87
60	30	30	3980.03	104.10	413.30
60	60	15	5594.62	122.10	605.20
60	60	30	4366.47	131.40	436.24
90	30	15	5707.46	123.90	681.07
90	30	30	3402.77	133.20	309.16
90	60	15	4865.79	151.20	481.35
90	60	30	5894.09	160.50	605.13

Cuadro 8. ESTIMACION DE LA TASA DE RETORNO A CAPITAL POR TRATAMIENTO
 CUYO VALOR MAXIMO DETERMINARA DOECL, SEGUACHIL, CHISEC, A.V.

Tratamiento	Niveles			Kg./Ha.	A. CV	A. Rend.	A. IN	AIN/CV
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O					
1	60	30	15	4335.93	94.80	2061.63	173.21	1.83
2	60	30	30	3980.03	104.10	1705.63	117.64	1.13
3	60	60	15	5594.62	122.10	3320.32	309.54	2.53
4	60	60	30	4366.47	131.40	2092.17	140.58	1.07
5	90	30	15	5707.46	123.90	3433.16	322.41	2.60
6	90	30	30	3402.77	133.20	1126.47	13.50	0.10
7	90	60	15	4865.79	151.20	2591.49	185.69	1.23
8	90	60	30	5894.09	160.50	3619.79	310.07	1.93
15	00	00	00	2274.30				

NOTA: Valor 46 - 00 - 00 Q. 15.30
 00 - 46 - 00 Q. 13.91
 00 - 00 - 60 Q. 11.50
 1 Kg. de Arroz Q. 0.13

Ha de N, con lo cual nos permite definir como dosis óptima económica para capital limitado y capital ilimitado (DOECI, DOECL), los niveles de 30-00-00 de N-P-K, como se observa en el Cuadro 6. De acuerdo a la comparación realizada no existe diferencia significativa entre todos los tratamientos de la matriz Plan Puebla I, por lo que la significancia entre tratamientos que muestra el análisis de varianza para 15 tratamientos, está dada exclusivamente por el rendimiento testigo. Por esta razón la DOECI y DOECL debe ser definida en los niveles mínimos estudiados para cada factor lo cual hace ser de 30-00-00 Kg./Ha. de H-P-K.

En resumen, el nitrógeno varió de 90 a 30 Kg./Ha. dando un promedio de 42 Kg./Ha., tanto en la DOECI como en la DOECL. Con respecto al fósforo varió de 0 a 30 Kg./Ha. para las dos clases de capital, dando un promedio de 6 Kg./Ha.; como se muestra en el Cuadro 6, Seguachil fué la única de las localidades estudiadas con una dosis de 30 Kg./Ha. para capital limitado e ilimitado ya que para las demás localidades fué de 00 Kg./Ha. en cuanto a fósforo se refiere. Para el ión potasio, éste varió de 00 a 15 Kg./Ha. con un promedio de 6 Kg./Ha. para DOECI y DOECL siendo necesario únicamente para las localidades de Seguachil y Lorena la adición de este nutriente.

Observamos en este Cuadro 6, que la adición de fertilizantes podría estar relacionada con la serie de suelos, en las localidades de El Milagro, San Pablo y Lorena, las cuales tienen serie de suelos Tzejá (14), el promedio de aplicación de N-P-K es de 30-00-05

Cuadro 9. DETERMINACION DEL INGRESO NETO, LORENA
USPANTAN, EL QUICHE

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Kg./Ha.	Q. CV	Q. IN
30	0	15	3550.34	38.4	423.14
30	0	0	2604.16	29.1	309.44
0	0	0	2554.51	0.0	332.09

Cuadro 10. ESTIMACION DE LA TASA DE RETORNO A CAPITAL
Cuyo valor maximo determina DOECL, LORENA
USPANDAN, EL QUICHE

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Kg./Ha.	Q. CV	Rend.	IN	IN/CV
30	0	15	3550.34	38.4	995.83	91.06	2.37
30	0	0	2604.16	29.1	309.44	11.13	0.38
0	0	0	2554.51	0.0			

Kg./Ha. respectivamente en DOECI y DOECL, mientras que en las localidades de Seguachil y Fray Bartolomé de Las Casas, las cuales están dentro de las series de suelos Chacalté y Sebol, respectivamente (15), la dosis a aplicar son de 90-30-15 Kg./Da. y 30-00-00 Kg./Ha. respectivamente en los dos capitales estudiados.

Gudiel L. (8) cita a Peña E.G., quien reporta respuesta del arroz a dosis de 49 a 63 Kg./Ha. de nitrógeno. Estrada L.A. y Alburez C. (5), determinaron dosis de 28.6-60-13 Kg./Ha. de N-P-K en DOECI, lo cual nos indica, como podemos observar en el Cuadro 6, que sólo la localidad de Seguachil no se encuentra dentro del rango reportado por Peña E.G., no así para las demás localidades estudiadas.

Cabe hacer notar, que el término DOECI se diferencia de DOECL en el sentido de que para este estudio el primero de los mencionados representa el máximo ingreso neto para el agricultor, mientras que el segundo, se refiere a la máxima tasa de retorno a capital.

VII. CONCLUSIONES:

Tomando en cuenta los resultados y discusiones se concluye que:

- Para la localidad de Lorena, el potasio es limitante en la producción y el nitrógeno es indispensable, por necesidad propia de la planta de arroz.
- Para la localidad de San Pablo y Lorena, la cantidad de nitrógeno a aplicar está intimamente relacionada con el nivel de producción.
- En la localidad de Seguachil se obtuvo el Coeficiente de Variación más bajo, no así para las localidades de Lorena, Fray Bartolomé de las Casas, que fueron los más altos, como se reporta en el Cuadro 3.
- Con respecto a los EFM, se puede decir que el nitrógeno es limitante para la producción por un requerimiento indispensable para el arroz.
- Para la localidad de Seguachil se considera como limitante los tres factores estudiados (N-P-K), para obtener mejor rendimiento.
- Encuanto a las Dosis Óptimas Económicas con Capital Limitado e Ilimitado se refiere, se puede concluir que el factor nitrógeno es limitante en la producción, no así el fósforo y el potasio, los cuales se pueden considerar como parcialmente limitantes; puesto que el nitrógeno fué de 90 Kg./Ha. para Seguachil y 30 Kg./Ha. para las demás localidades en DOECI y DOECL. En cuanto a fósforo se refiere fue de 30 Kg./Ha. en Seguachil y de 00 Kg./Ha. para las de

más localidades, también en DOECI y DOECL. En cuanto a potasio, fue de 15 Kg./Ha. para Seguchil y Lorena y 00 Kg./ Ha. para las otras tres localidades.

Por lo anteriormente expuesto se puede considerar un rechazo parcial de la primera hipótesis.

- Las Dosis Óptimas con Capital Limitado y Capital Ilimitado, si se encuentran dentro del rango de los Espacios de Exploración, en base a lo cual, no se rechaza la segunda hipótesis.

VIII. RECOMENDACIONES:

Continuar con este tipo de estudio, para ampliar la información que permita dar recomendaciones en base a varios estudios en la región de la Franja Transversal del Norte y darle un enfoque de agrupación por agrosistemas para diagnosticar DOECI y DOECL que sean precisas para cada condición de producción.

IX. BIBLIOGRAFIA:

1. ALVARADO FERNANDEZ, R.A. Evaluación de ocho variedades comerciales de arroz (Oryza sativa L.), en condiciones de la región del río Usumacinta, La Libertad, Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981. 46 p.
2. ARREGOCES, O. y LEON, L.A. Fertilización nitrogenada del arroz. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982. 40 p.
3. BLACK, C.A. Relaciones suelo-planta. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1975. 866 p.
4. CARMEN, C.M. Fertilización de suelos arroceros. Lambayeque, Perú, Universidad Agraria del Norte, 1969. 31 p.
5. ESTRADA LIGORRIA, L.A. Metodología de investigación para la obtención y análisis de resultados, sobre prácticas mejoradas para la producción de cultivos. Guatemala, Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 1978. 45 p.
6. _____ y ALBUREZ, C. Efecto de fertilización con N-P-K, sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la variedad Tikal II, bajo condiciones del Valle del Motagua. Tegucigalpa, Honduras, s.e., 1979. 62 p.
7. FRY, A.C. Curso de arroz, Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980. 32 p.
8. GUDIEL LOPEZ, J.A. Efecto de fertilización con N-P-K, sobre el rendimiento de la línea de arroz 1145-1, bajo condiciones del Valle del Polochic. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981. 40 p.
9. LEON, L.A. Fertilización fosfórica del arroz. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980. 40 p.
10. PAZOS, W.R. El cultivo de Arroz en Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Folleto técnico No. 22, 1983. 18 p.
11. PENADOS ROGOSINSKI, J.M. Estudio de la respuesta de producción de granos de arroz (Oryza sativa L.) a N-P-K, Ca-Mg. en suelos de Morales, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. 56 p.

12. PERDOMO, M.A. et. al. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983. 36 p.
13. SANCHEZ, P.A. Resumen de las investigaciones edafológicas en América Latina Tropical. Carolina del Norte, Estación Experimental Agrícola, 1973. 21 p.
14. SIMMONS, CH. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado S. Guatemala, José Pineda Ibarra, 1959. 1000 p.

C. Ramirez



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1845

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

"IMPRIMASE"

ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
DECANO

