

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS PARA
CAPITAL LIMITADO E ILIMITADO EN EL USO DEL
NITROGENO, FOSFORO Y DISTANCIAS DE SIEM-
BRA EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum
tuberosum L). PARA EL ALTIPLANO CEN-
TRAL DE CHIMALTENANGO.

TESIS

PRESENTADA A LA

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

DE LA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA

POR:

OSCAR HUMBERTO MIRANDA HERNANDEZ

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, JULIO DE 1981

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

01

T(583)

c 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. MARIO DARY

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Dr. Antonio A. Sandoval S.
Vocal 1o.:	Ing. Agr. Orlando Arjona
Vocal 2o.:	Ing. Agr. Gustavo Méndez
Vocal 3o.:	Ing. Agr. Fernando Vargas
Vocal 4o.:	Prof. Carlos Orozco
Vocal 5o.:	P.A. Roberto Morales
Secretario:	Ing. Agr. Carlos Fernández

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano en funciones:	Ing. Agr. Rodolfo Estrada
Examinador:	Dr. Antonio A. Sandoval S.
Examinador:	Ing. Agr. Edgar Fuentes
Examinador:	Ing. Agr. Humberto Ortiz Q.E.P.D
Secretario:	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA

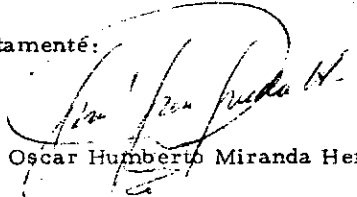
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por las leyes de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS PARA CAPITAL LIMITADO E ILIMITADO EN EL USO DEL NITROGENO, FOSFORO Y DISTANCIAS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L). PARA EL ALTIPLANO CENTRAL DE CHIMALTENANGO".

Con el propósito de llenar con él, el último requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente:



P.A. Oscar Humberto Miranda Hernández

Chimaltenango, 2 de Julio de 1,981.-

Señor:
Decano de la Facultad de Agronomía
Ing. Agr. Antonio A. Sandoval S.
Su Despacho.

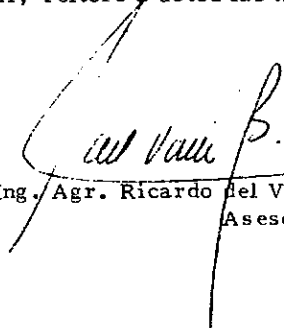
Dé mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para hacer de su conocimiento, que atendiendo la designación que ese Decanato me hiciera, he brindado la asesoría necesaria al P.A. Oscar Humberto Miranda Hernández para la elaboración de su tesis de grado.

El mencionado trabajo, que el P.A. Miranda Hernández someterá ante la consideración de la Honorable Junta Directiva de la Facultad, como requisito final para optar al título de Ingeniero Agrónomo, lleva por título: "DETERMINACION DE DOSIS - OPTIMAS ECONOMICAS PARA CAPITAL LIMITADO E ILIMITADO EN EL USO DEL NITROGENO, FOSFORO Y DISTANCIAS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L). PARA EL ALTIPLANO CENTRAL DE CHIMALTENANGO".

Concluida la asesoría del caso, me permito informar finalmente al Señor Decano, que considero el trabajo altamente calificado para merecer la aprobación correspondiente.

Sin otro particular, reitero a usted las muestras de mi consideración y respeto.


Ing. Agr. Ricardo del Valle Barrera
Asesor.

DEDICO ESTE ACTO:

A Dios	
A mis padres	Gerardo Miranda B. J. Laura Hernández de Miranda
A mi esposa	E. Judith Jerez de Miranda
A mis hijas	Laura Judith Ericka Vanessa Mónica Lisseth
A mis hermanos	Augusto y Blanqui Eleonora Enrique Roderico
A mis sobrinas	Ana Carolina Patricia Nineth
A mis tios y tias	
A mis primos	
A mis abuelitos	Toribio Hernández QEPD Natividad B. de Miranda QEPD
A la familia	Pinzón Jerez
A la memoria de mi amigo	Arturo Monzón Archila QEPD
A mis amigos	en general

DEDICO ESTA TESIS

A mi patria Guatemala.

Al Instituto Técnico de Agricultura

A La Facultad de Agronomía

A mi Asesor Ing. M.C. Ricardo del Valle Barrera

A mis compañeros de Promoción

A los productores de Papa.

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos sinceros al Ingeniero Agrónomo Ricardo del Valle por su dedicación en la asesoría del presente trabajo.

Agradezco al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas por haberme permitido realizar el presente estudio, el cual forma parte del Programa de Hortalizas del ICTA en Chimaltenango.

Agradecimiento especial a mi esposa E. Judith Jerez de Miranda quien tuvo a su cargo todo el trabajo mecanográfico de esta tesis.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	i
1. INTRODUCCION	1
2. EL PROBLEMA	2
3. OBJETIVOS	2
4. AREA DE ESTUDIO	4
4.1 El Area	4
4.1.1 Localización	4
4.1.2 Clima	5
4.1.3 Suelos	8
4.1.3.1 Series Comprendidas	8
4.1.3.2 Características físicas y químicas de los suelos por sitio experimental	8
4.1.4 Manejo del cultivo de papa en el área	10
5. REVISION DE LITERATURA	10
5.1 Producción y Potencial nutritivo de la Papa	10
5.2 Requerimientos de fertilización con N, P_2O_5 , K_2O y distancias de siembra.	12
6. HIPOTESIS Y SUPUESTOS	16
6.1 Hipótesis	16
6.2 Supuestos	16
7. MATERIALES Y METODOS	17
7.1.1 Características de los experimentos	17
7.1.2 Factores estudiados	17
7.1.3 Espacios de exploración	17
7.1.4 Matriz experimental	18

	Página
7.1.5	Diseño experimental 19
7.1.6	Insumos 19
7.1.7	Preparación de terreno 20
7.2	Trabajo de campo 20
7.2.1	Muestreo de suelos 20
7.2.2	Siembra y fertilización 20
7.2.3	Control de malezas 20
7.2.4	Control de plagas y enfermedades 21
7.2.5	Defoliación 21
7.2.6	Datos complementarios 21
7.2.7	Trabajo de gabinete 21
7.2.7.1	Tabulación, corrección y transformación de datos 21
7.2.7.2	Análisis de varianza 22
7.2.7.3	Método de Yates 22
7.2.7.4	Revisión de efectos factoriales medios y los tratamientos prolongación significativos 23
7.2.7.5	Determinación de dosis óptimas económicas para capital ilimitado 24
7.2.7.6	Determinación de dosis óptimas económicas para capital limitado 25
8	RESULTADOS Y DISCUSION 26
8.1	Del muestreo de suelos 26
8.2	De la respuesta de la papa a los factores nitrógeno, fósforo y distancia de siembra 27
8.2.1	Del análisis de varianza 27
8.2.2	De los rendimientos medios en las 5 localidades 27

	Página
8.2.3 Del efecto del nitrógeno, fósforo y distancias de siembra sobre el rendimiento de papa a nivel del factorial 2^3	28
8.2.4 Del efecto del nitrógeno a nivel de la matriz experimental, sobre el rendimiento de papa	29
8.2.5 Del efecto del fósforo a nivel de la matriz experimental sobre el rendimiento de papa	47
8.2.6 Del efecto de la distancia de siembra entre plantas sobre el rendimiento de papa	48
8.2.7 De la respuesta del cultivo de la papa al tratamiento testigo	49
8.2.8 Del efecto del potasio a través del uso de contrastes	50
8.2.9 De la determinación de Dosis Óptimas Económicas de N, P_2O_5 y DS para capital Ilimitado (DOECI) y Limitado (DOECL) por sitio experimental y para el promedio de las 5 localidades	51
8.2.9.1 Para Capital Ilimitado (DOECI)	51
8.2.9.2 Para Capital Limitado (DOECL)	52
9. CONCLUSIONES	60
10. BIBLIOGRAFIA	62

RESUMEN

En parte del Departamento de Chimaltenango, en Guatemala, se realizó un estudio a nivel de fincas de agricultores con el objetivo fundamental de determinar dosis óptimas económicas, tanto para capital ilimitado como limitado, sobre los factores Nitrógeno, Fósforo y distancia de siembra, en el cultivo de papa bajo condiciones de temporal.

Después de realizar varios recorridos por la zona y de revisar la literatura pertinente, se plantearon las siguientes hipótesis: 1) No se presentará diferencia estadísticamente significativa en los rendimientos medios de papa al evaluar los distintos niveles de N, P_2O_5 y DS, así como de bido a sus interacciones tanto por localidad como entre localidades; y 2) - Los niveles de fertilización con N, P_2O_5 y K_2O , así como las distancias de siembra utilizados por algunos agricultores en la región producían rendimientos rentables.

Para probar las hipótesis mencionadas se realizaron cinco ensayos en 1979 empleándose la matriz experimental Plan Puebla I, en un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones y probándose adicionalmente tres " contrastes " para evaluar el efecto de niveles crecientes de potasio, así como el tratamiento del cultivador tradicional de papa.

El análisis de varianza por sitio experimental y para el promedio de los cinco sitios, indicó que los efectos de los tratamientos fueron significativos al utilizar una DMS de 0.05, fundamentalmente debido al efecto del P y a la interacción NP con una distancia promedio de 0.30 metros entre plantas.

Las dosis óptimas económicas para Capital Ilimitado (DOECI) fueron determinadas mediante el método gráfico estadístico propuesto por Turrent (19) y las dosis óptimas económicas para Capital Limitado (DOECL) mediante la técnica descrita por Estrada (6) en base a la mayor tasa de retorno a capital.

Del análisis conjunto de los experimentos se concluyó que la DOECI - fué 130 kg de N/ha., 111.25 kg de P_2O_5 /ha y una distancia entre postura de 0.29 m y que la DOECL fué 100 kg de N/ha, 70 kg de P_2O_5 /ha, 70 kg de K_2O /ha y una distancia entre postura de 0.30 m, que fué justamente el tratamiento que usan algunos agricultores en la región.

Para las dosis óptimas económicas antes mencionadas, los rendimientos esperados por tipo de capital, fueron del orden de las 28.03 TM/ha y - 28.58 TM/ha de papa respectivamente.

La respuesta a potasio no fué consistente ni tampoco significativa a nivel de sitios experimentales.

DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS PARA CAPITAL LIMITADO E ILIMITADO EN EL USO DEL NITROGENO, FOSFORO Y DISTANCIAS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.) PARA EL ALTIPLANO CENTRAL DE CHIMALTENANGO.

1. INTRODUCCION:

En Guatemala el cultivo de la papa tiene gran importancia económica, porque además de producirse para el consumo local, se exporta un 34.6% de la producción a El Salvador, Honduras y Nicaragua (11) siendo por lo tanto una fuente de divisas para nuestro país.

De acuerdo con ICTA (11) en Guatemala se siembran en la actualidad aproximadamente 10,000 hectáreas (14,300 manzanas) de papa con un rendimiento promedio de 5.7 toneladas métricas por hectárea (87.7 quintales por manzana), debiéndose estos bajos rendimientos a la tecnología que se ha venido utilizando tradicionalmente. Sin embargo en el año 1975 la producción de papa en Guatemala fué de 62,530 toneladas métricas bajo la tecnología mencionada.

En relación a la rentabilidad del cultivo ICTA (11) indica que la papa supera en 115, 106, 89 y 58% respectivamente a la rentabilidad lograda actualmente con los cultivos de maíz, frijol, trigo y arroz. Guatemala cuenta con condiciones de suelo y clima favorables para el cultivo de la papa, a tal grado que la producción puede elevarse significativamente (quizá hasta un 500%) sobre el promedio nacional con el empleo de una tecnología adecuada, con lo cual obviamente su rentabilidad sería aún mayor que la ya mencionada y atractiva para los productores del cultivo.

Desde el punto de vista nutricional la papa es rica en cuanto a calorías y proteínas, sus contenidos son más elevados que en el trigo y el arroz, sin dejar de mencionar que es una de las mejores fuentes conocidas de aminoácidos, por lo que puede contribuir en parte a solucionar nuestros problemas alimenticios a corto plazo (11).

A pesar de lo anterior su consumo es bajo (4.32 kg/persona al año) (11), lo que hace necesario insistir en el empleo de sistemas de divulgación y enseñanza adecuados a nuestra población, para que así, conociendo los valores nutritivos de este tubérculo aumente su consumo, con lo cual a la vez se estaría incrementando la demanda en el mercado interno y posiblemente aliviaría en parte el problema de superproducción en determinadas épocas del año (Julio a Octubre) que provoca bajas muy fuertes en el precio del mercado y pérdidas para el agricultor.

No obstante las condiciones favorables ya descritas, existen limitantes para el logro de altas producciones. Actualmente entre los factores adversos para el cultivo y que afectan grandemente su rendimiento, se pue-

den mencionar; el ataque de plagas y enfermedades, mala calidad de la semilla, sequías prolongadas, heladas (que especialmente afectan las siembras de segunda época que se hacen en agosto y septiembre), inestabilidad de los precios en el mercado, falta de infraestructura para al macenamiento, uso inadecuado de fertilizantes y distancias de siembra.

Para el caso particular de fertilizantes, uno de los problemas estriba en que una gran mayoría de agricultores no practica el análisis de suelo correspondiente, como una guía para su plan de fertilización, utilizando fórmulas comerciales que tiene a su alcance. Consecuentemente usa fórmulas y dosis que no necesariamente son las más adecuadas, esto trae como resultado poca eficiencia en el uso de este insumo.

Respecto a las distancias de siembra tampoco existe a la fecha un concepto bien definido y generalizado sobre la importancia que puede representar un adecuado distanciamiento y de las implicaciones que tiene desde el punto de vista nutricional y también económico si se considera que tanto el fertilizante como la semilla representan aproximadamente un 50% del costo total de producción.

Debido al contexto anterior y dada la limitada investigación que existe al momento en este campo, el presente estudio pretende reunir información que contribuya a la determinación de óptimos económicos para capital limitado e ilimitado en el uso del nitrógeno, fósforo y distancias de siembra en el cultivo de papa para el altiplano central de Chimaltenango en una primera etapa.

2. EL PROBLEMA

Actualmente no se cuenta con información suficiente para las diversas zonas productoras de papa en Chimaltenango, que indiquen cantidades de fertilizante, fórmulas y distanciamientos de siembra a utilizar tanto para agricultores con capital limitado como para aquellos con capacidad económica más solvente.

Por otra parte los agricultores al no contar con una adecuada información que les indique las distancias de siembra a utilizar pueden estar empleando un exceso de semilla, que no sólo les incrementa los costos sino que además provoca una relativa escasez en el mercado de este insumo, del cual en la actualidad no se dispone en cantidades suficientes y de calidad para los agricultores.

3. OBJETIVOS:

La realización de esta investigación pretende alcanzar los objetivos siguientes:

- a. Determinar las dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y distancias de siembra para capital limitado.
- b. Determinar las dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y distancias de siembra para capital ilimitado.
- c. Verificar si existe o nó, respuesta del cultivo de la papa a las aplicaciones de potasio.
- d. Orientar las futuras investigaciones en el área, sobre los factores en estudio.

4. AREA DE ESTUDIO:

4.1 El Area

4.1.1 Localización

El área de estudio se localizó en el departamento de Chimaltenango y de acuerdo con la regionalización del Sector Público -- Agrícola, pertenece a la sub-región V-4.

En el cuadro 1, se muestra la posición de cada sitio experimental, en términos de localidad, altura sobre el nivel del mar, porcentaje de pendiente y coordenadas geográficas, con lo cual se trató de muestrear diferentes condiciones agro-ecológicas para el estudio. La localización geográfica es ilustrada en la figura 1.

CUADRO 1. Características de los sitios experimentales

LOCALIDAD	ALTURA M.S.N.M.	% de PEN DIENTE	<u>COORDENADAS GEOGRAFICAS</u>	
			LATITUD	LONGITUD
1. Chirijuyú, Tecpán	2150	7.5	14°43 50" N.	90°56 46" O.
2. Xenimajuyú, Tecpán	2200	4.5	14°43 52" N.	90°58 16" O.
3. Rincón Grande, Zaragoza	2000	8.0	14°40 58" N.	90°53 12" O.
4. Chui Pixcayá, Comalapa	2150	1.0	14°44 24" N.	90°54 36" O.
5. Pampay, Parramos	2100	20.0	14°33 50" N.	90°48 58" O.

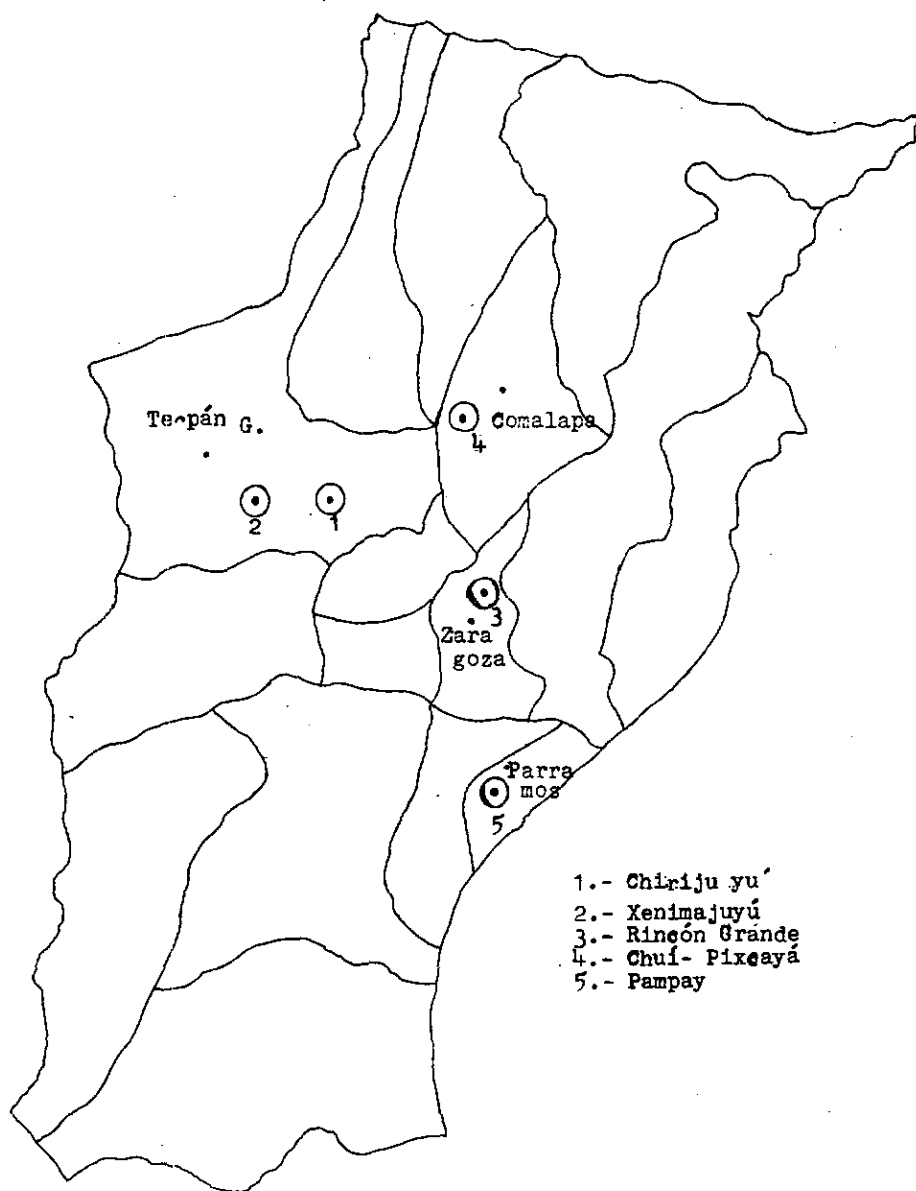


FIGURA 1. Localización geográfica de los sitios experimentales.

4.1.2 Clima

De acuerdo con Thornthwite (2) el área de estudio se clasifica como de clima templado húmedo, con un invierno benigno y - con una vegetación natural, característica de bosque.

En relación a las condiciones de la humedad relativa de la región del altiplano central, Lemus (2) indica que dicha humedad - es mayor del 75% debido a la condensación del vapor de agua por las temperaturas frías que se registran:

Esta característica agrega el autor (2), también repercute - en que el techo de las nubes baje a raz de la tierra, dando como - resultado condiciones de alta humedad, que se producen con más frecuencia durante las mañanas y las tardes.

Los datos reportados por dos estaciones meteorológicas ^{1/} localizadas dentro del área de estudio, indican un promedio de -- 117.5 días de lluvia por año, con 1026.92 mm. de lluvia promedio para los últimos 6 años de registros hasta 1977.

Respecto a las condiciones de lluvia y temperatura, prevalecientes durante el ciclo del cultivo en 1979, los cuadros 2, 3 y 4 muestran los datos obtenidos por las estaciones meteorológicas - más cercanas a los sitios experimentales, ilustrándose la distribución de la lluvia por localidades y para el promedio en la figura 2.

CUADRO 2. Temperaturas promedio mensual y precipitación pluvial mensual para las localidades de Chirijuyú y Xenimajuyú durante 1,979. ^{2/}

Mes	X de Temperatura Mensual en °C		Precipitación Pluvial Mensual	
	Máxima	Mínima	Días de lluvia	milímetros
Mayo	23.8	11.0	12	70.6
Junio	22.4	11.0	21	139.0
Julio	23.4	10.6	23	172.9
Agosto	22.6	10.4	18	150.8
Septiembre	20.9	10.8	25	515.0
Octubre	23.7	10.4	19	66.8
Totales días de lluvia y precipitación:			118	1115.1

1/ Fuente: INSIVUME, 1,977. Guatemala.

2/ Fuente: Estación meteorológica de Santa Cruz Balanyá, Chimaltenango (INSIVUMEH 1979) Guatemala.

CUADRO 3. Temperaturas promedio mensual y precipitación pluvial mensual para las localidades de Rincón Grande y Chui - Pixcayá para 1979 ^{3/}.

Mes	<u>X de temperatura</u> <u>Mensual en °C</u>		<u>Precipitación pluvial</u> <u>Mensual</u>	
	Máxima	Mínima	Días de lluvia	milímetros
Mayo	23.2	14.5	13	135
Junio	21.6	14.8	20	246
Julio	24.8	13.4	19	230
Agosto	22.7	13.8	21	211
Septiembre	23.3	14.2	28	475
Octubre	23.4	13.4	17	134
Totales días de lluvia y precipitación:			118	1431

^{3/} Fuente: Estación Meteorológica de Comalapa, Chimaltenango. (INSIVUMEH 1979) Guatemala.

CUADRO 4. Precipitación pluvial mensual para la localidad de Pampay en 1979 ^{4/}.

Mes	<u>Precipitación pluvial mensual</u>	
	<u>Días de lluvia</u>	<u>Milímetros</u>
Mayo	6	29
Junio	15	369
Julio	12	267
Agosto	14	197
Septiembre	18	219
Octubre	3	58
Totales de Precipitación		68 1139

^{4/} Fuente: Estación meteorológica de Antigua Guatemala. (INSIVUMEH 1979) Guatemala.

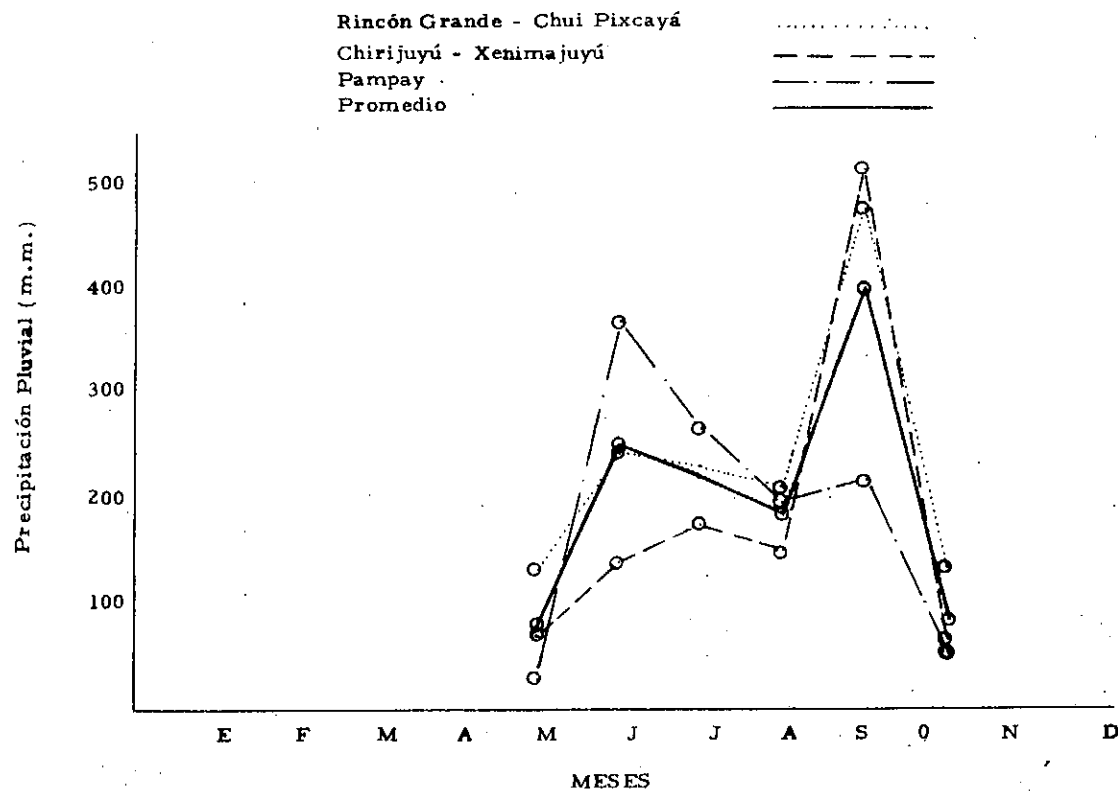


Figura 2. Distribución mensual de lluvias por localidades y para el promedio del área de estudio, durante el ciclo del cultivo de papa, para el año 1979.-

4.1.3 Suelos

4.1.3.1 Series comprendidas:

En base a la clasificación de reconocimiento de los suelos de - Guatemala, realizada por Simmons et al (17) los suelos de los sitios ubicados en Rincón Grande, Chirijuyú, Chui Pixcayá y Xenimajuyú, pertenecen a la serie Tecpán y solamente el suelo de un sitio, Pampay, está localizado en la serie Alotenango.

De acuerdo con Simmons et al (17) los suelos de la serie Tecpán se caracterizan porque su material madre está constituido por ceniza volcánica, el suelo superficial es de color claro, con un relieve suavemente inclinado a muy inclinado, su drenaje es bueno y con un color café muy oscuro. Su textura es franco arenosa y su consistencia friable, con un espesor aproximado de 30-50 Cms. El subsuelo de color café amarillento y de consistencia friable con una textura franco arcillosa, el espesor aproximado del subsuelo es de 50-100 Cms.

Por otra parte los suelos de la serie Alotenango tienen como característica que su material madre está constituido por ceniza volcánica máfica de color oscuro, con relieves inclinados a muy inclinados, su drenaje interno es excesivo. El suelo superficial es de color café oscuro a café muy oscuro. Su textura y consistencia son franca y suelta respectivamente, teniendo un espesor de aproximadamente 25-40 - Cms. El subsuelo es de color café grisaseo oscuro de consistencia - suelta, textura franco arenosa y con un espesor aproximado de 40-50 - Cms.

4.1.3.2 Características físicas y químicas de los suelos por sitio experimental:

En el cuadro 5, se exhiben las características físicas y químicas - de los suelos de cada sitio a las profundidades de 0-20 y 20-40 cms., - las cuales fueron determinadas por el laboratorio del ICTA ^{1/}.

^{1/} Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala.

CUADRO 5. Características físicas y químicas por profundidad, de los suelos en estudio.

Localidad	% de M.O		Clase textural		pH		P ug/ml.		K ug/ml.		Ca Meq/100 ml		Mg Meq./100 ml.	
	0-20	20-40	0 - 20	20 - 40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Chirijuyú	2.86	2.51	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso	6.3	6.4	6.50	3.50	215	230	5.4	7.2	0.9	1.2
Xenimajuyú	3.68	2.71	Franco	Franco	5.6	5.8	9.0	5.5	240	210	6.0	6.60	0.8	0.85
Rincón Grande	3.68	1.14	Franco arenoso	Franco Arcilloso	6.3	6.3	5.5	2.25	150	260	6.6	6.8	1.2	1.7
Chui Pixcayá	3.05	3.05	Franco Arenoso	Franco Arenoso	5.9	6.2	31.5	7.25	200	200	6.4	7.2	0.7	0.8
Pampay	2.86	2.39	Franco	Franco	6.4	6.8	13.25	5.5	110	220	6.6	6.0	0.8	1.3

4.1.4 Manejo del cultivo de papa en el área:

Según encuesta realizada por el ICTA (1976), en la región de Chimaltenango * en promedio el área dedicada al cultivo de papa es de 0.8 - manzanas.

El sistema de preparación de la tierra incluye los sistemas manual y mecanizado. Efectuándose estas labores del mes de abril al mes de mayo para la siembra de primera y en el mes de septiembre para la siembra de segunda.

Las variedades más comúnmente utilizadas son: Loman, Atzimba, Voran y Patrones; sin embargo la calidad de la semilla utilizada es inadecuada debido a que no realizan selección de la misma.

Las distancias entre surcos para la siembra varían mucho, pero es predominante la de 1.05 m. Y entre plantas varía de 0.20 a 0.35 m. Predominando la de 0.30 m.

La cantidad promedio de semilla usada en el área es de 34.8 quintales por manzana, pero varía desde 18.6 a 75.0 quintales por manzana, - con un rendimiento promedio de 189 quintales por manzana (12.28 TM/ha)*

La fertilización química la efectúan la mayoría de los agricultores - con la siembra y al chorro al fondo del surco, pero generalmente no efectúan el correspondiente análisis de suelo como una guía.

En cuanto a métodos de conservación de cosecha se observa que no los practican a la fecha, ya que no conocen sistemas adecuados para ello, tanto para papa de consumo como para semilla.

Su producto lo venden en los mercados cercanos y cuando sus posibilidades lo permiten en el mercado de la terminal de la ciudad capital.

5. REVISION DE LITERATURA:

5.1 Producción y potencial nutritivo de la papa.

Según el anuario de la Producción 1974 - FAO citado por el C.I.P (4) la papa ocupa el primer lugar en el mundo en cuanto a rendimiento - entre los principales cultivos del mismo, pues en promedio produce 13.5 T/ha. Por otra parte es el cuarto en producción total, con 296.7 millones de toneladas y el sexto en hectareaje con 21.9 millones de hectáreas sembradas.

El mismo Centro Internacional de la Papa (4) indica que este tu-

* Fuente: SER/ICTA 1976.

bérculo tiene un alto valor nutritivo y que puede producir más energía y proteína que los principales cultivos alimenticios, así mismo que puede desempeñar un papel importante en la preparación de dietas balanceadas.

En relación a la producción de proteína utilizable por hectárea, indica la misma fuente (4) que la papa produce más que los cereales, otros tubérculos y raíces, llegando a un rendimiento de dicha proteína del orden de los 176 kg /ha.

En cuanto a producción de energía por hectárea sólo el arroz supera a la papa y esta produce 678×10^6 Kcal/ha (4).

Respecto a la eficiencia diaria de producción de proteína y energía/ha. D.E. Van der Zaag, citado por CIP (4) indica que ningún otro cultivo del trópico le supera a la papa.

Sobre la composición alimenticia de 100 grs. de papa blanca, Gutiérrez (12) señala lo siguiente:

Descripción	Contenido
Calorías	97
Proteína	2.1 grs.
Carbohidratos	22.3 grs.
Fibras	0.6 grs
Calcio	9 miligramos
Fósforo	47 miligramos
Hierro	0.5 miligramos
Vitamina "A"	0.02 miligramos
Vitamina "B1" (Tiamina)	0.09 miligramos
Vitamina "B2" (Riboflamina)	0.09 miligramos
Vitamina "B3" (Niacina)	1.67 miligramos
Vitamina "C" (Acido Ascórbico)	14.0 miligramos

Finalmente y desde el punto de vista de rendimiento y rentabilidad, ICTA (11) indica que la papa en promedio supera al arroz, frijol, maíz y trigo en rendimiento por hectárea, pues la producción de aquella es de 5,543 kg/ha (promedio) y su rentabilidad alcanzó un 159 % (para el período de 1975-78).

Por otra parte agrega la misma fuente (11), que el valor bruto de la producción de papa alcanzó para el mismo período los Q.11,308,146.00 lo que hizo que ocupara un tercer lugar después del maíz y el frijol, aún cuando solamente fueron sembradas 9,484 hectáreas, contra 522,128 y

112,927 de maíz y frijol respectivamente.

5.2 Requerimientos de fertilización con N, P_2O_5 y K_2O y distancias de siembra.

Según Joret, citado por Jacob y von Uexküll (14) por cada tonelada de papa cosechada se extraen del suelo 4.3 kg. de N, 1.7 kg. de P_2O_5 y 7.0 kg. de K_2O . Los mismos autores, señalan que Nelson encontró para los Estados Unidos de Norteamérica, una extracción de 127 a 169 kg. de N, de 26 a 31 kg. de P_2O_5 y 250 kg. de K_2O por hectárea.

Por su parte Klapp a quien citan Jacob y von Uexküll (14), calculó que una cosecha de 25 toneladas de papa por hectárea extrae en promedio 120 kg. de N, 45 kg. de P_2O_5 y 200 kg. de K_2O .

Jacob y von Uexküll (14) aseveran que para los bajos rendimientos que se obtienen en los trópicos, puede contarse con una extracción media de 50 a 80 kg. de N, de 20 a 30 kg. de P_2O_5 y 168 kg. de K_2O , aunque indican que estas cifras pueden cambiar con la variedad utilizada, el tipo de suelo, la fertilidad natural del mismo y la época de siembra.

Esta gran variabilidad detectada en los requerimientos nutricionales del cultivo ha conducido a los investigadores a determinar las dosis más adecuadas para una área o áreas paperas en particular.

Para el caso de Guatemala, el ICTA (9) realizó en el altiplano central y occidental durante 1,973, 7 ensayos para evaluar la respuesta de la papa a niveles crecientes de nitrógeno, 9 ensayos para evaluar niveles crecientes de P_2O_5 y su efecto sobre el rendimiento de este tubérculo, solamente un ensayo para medir el efecto a diferentes dosis de K_2O .

Los resultados experimentales, indicaron que la respuesta de la papa al N, fué estadísticamente significativa en todos los sitios en que se efectuó la evaluación, pero que la respuesta al P_2O_5 sólo se produjo en tres de los nueve ensayos conducidos, así como que el único ensayo para evaluar K_2O no fué concluyente en cuanto a una respuesta positiva y significativa a este nutrimento.

La respuesta a nitrógeno encontrada por el ICTA (9) varió entre 10 calidades, desde 125.4 a 318.7 kg. por hectárea, con una media de 74 kg/ha. para un rendimiento esperado de 21.92 toneladas/ha.

Con estas respuestas se obtuvo una media de 167.5 kg. de papa producida por kg. de N. aplicado, lo cual dió una relación beneficio/costo de 37.68.

En relación a la respuesta a la aplicación de P_2O_5 en los mismos si

tios experimentales, esta varió de 87.4 a 163.4 kg/ha. con una media de 73 kg de P_2O_5 /ha. para un rendimiento esperado de 23.72 TM/ha. Estos resultados produjeron una media de 116.8 kg. de papa producida por kg. de P_2O_5 aplicado y una relación beneficio costo promedio de - 22.03.

Para el año 1974, el ICTA (10) evaluó la respuesta de la papa a la fertilización con niveles crecientes de N, P_2O_5 y K_2O , a través de 6 ensayos localizados 3 en Comalapa, Chimaltenango y 3 en Santa Lucía Utatlán, Sololá.

Los niveles de fertilización seleccionados fueron: 0, 50, 100, 150, 200 y 250 kg/ha. de N y P_2O_5 para los ensayos de Comalapa, y 0, 40, 80, 120, 160, 200 y 240 kg. de N/ha, 0, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 kg. de P_2O_5 /ha, 0, 15, 30, 45, 60, 75 y 90 kg. de K_2O /ha. para los experimentos de Santa Lucía Utatlán.

El ICTA menciona (10), que en los ensayos de Comalapa, la aplicación de cada dosis de N, se hizo en presencia de un nivel constante de P_2O_5 y K_2O (100 kg/ha) y cada dosis de P_2O_5 en presencia de 200 kg. de N/ha. y de 100 kg. de K_2O /ha.

Para el caso de los ensayos de Santa Lucía Utatlán, los niveles - constantes fueron 120 kg. de N/ha, 90 kg. de P_2O_5 /ha y 45 kg. de K_2O /ha. y, siendo las fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio utilizadas, Urea - (46% de N), Triple Superfosfato (46% de P_2O_5) y muriato de potasio (60% de K_2O) respectivamente.

Agrega el ICTA (10), que los niveles de P y K fueron aplicados - en su totalidad al momento de la siembra, al igual que el 50% de N y en función de las dosis en estudio. El 50% de nitrógeno restante se aplicó - al inicio de la floración.

Los distanciamientos en la siembra de papa utilizados para evaluar los niveles de fertilización fueron de .90 m entre surcos y .30 m - entre plantas con variedades distintas por sitio experimental.

El efecto de la aplicación de los niveles crecientes de N, fué significativo tanto en Comalapa, como en Santa Lucía Utatlán.

Esta respuesta se observó variando de 50 a 120 kg. de N/ha. para alcanzar rendimientos "máximos estables" que oscilaron entre 17.9 y 31.4 TM/ha. En promedio la respuesta fué observada hasta el nivel - de 78 kg. de N/ha. con el cual se elevaron los rendimientos de 10.5 a - 25.5 TM/ha. a una tasa de respuesta de 192.5 kg. de papa producida - por kg. de N aplicado.

La respuesta de la papa a la aplicación de fósforo fué detectada

en uno de los dos ensayos conducidos. Este resultado estuvo de acuerdo con el análisis de fósforo correspondiente, pues mientras donde se observó respuesta el contenido de P disponible era deficiente (5.8 ug/ml) y , donde dicha respuesta no fué observada el suelo era adecuado en este nutriente (14.5 ug/ml.).

La respuesta a fósforo fué de 50 kg. de P_2O_5 /ha. dosis con la cual se incrementó el rendimiento de 19.8 a 31.2 TM/ha de tubérculos comerciales a una tasa de 226.14 kg. de papa producida por kg. de P_2O_5 aplicado.

La fertilización con niveles crecientes de K_2O no afectó los rendimientos de papa. Esta falta de respuesta se atribuye al nivel adecuado de K_2O disponible en el suelo pues el contenido mismo (231 ug/ml.) rebasa considerablemente el nivel crítico correspondiente (10).

Bajo condiciones de otras latitudes, los resultados experimentales sobre la respuesta del cultivo de papa a los nutrientes nitrógeno y fósforo parecen diferir un tanto a los encontrados en Guatemala, así por ejemplo, Cásseres (3), menciona que en la mayoría de los suelos de origen volcánico de América Latina, el fósforo es el elemento al que más responde la papa, siguiéndole el nitrógeno, y que por consiguiente fertilizantes cuyas fórmulas sean del tipo 1: 2: 1, 1: 3: 1 ó 1:2:1/2 son frecuentes. El mismo autor cita que se puede aumentar significativamente el rendimiento en suelos volcánicos de Costa Rica donde se cultiva papa, elevando el ácido fosfórico en el fertilizante hasta 412 kg/ha.

Trabajos realizados en México a lo largo del eje volcánico a más de 3,000 m. de altura indicaron la posibilidad de utilizar la fórmula 5-13-0 a razón de una TM/ha. en época de temporal, lo cual equivale a aplicar 50 kg. de nitrógeno, 130 kg. de P_2O_5 y "0" de K_2O , con lo cual se obtuvieron rendimientos de 2 a 5 veces mayores que sin el uso de fertilización, encontrándose además, que la respuesta al Fósforo fué altamente significativa en interacción con el nitrógeno (3).

Cásseres (3) indica además, que la época de aplicación y la fuente de nitrógeno han sido estudiadas por muchos investigadores llegándose a la conclusión general que la aplicación de todo el nitrógeno en bandas al momento de la siembra da los mejores resultados, pero que sin embargo en suelos livianos de textura arenosa y sujetos a lixiviación, los mejores resultados se han obtenido demorando la aplicación de una parte del nitrógeno y del potasio hasta 4 semanas después de la siembra.

Al respecto de la importancia del nitrógeno Decoux et al citado por Smith (18) al igual que Cásseres (3) encontró que la deficiencia de nitrógeno era la causa de las más importantes bajas en la producción de papa comparadas con deficiencias de Fósforo y Potasio.

Los estudios de Carpenter y Murphy a quienes también cita Smith

(18) coinciden también con Cásseres (3) al respecto del Fósforo, al haber experimentado en Maine (EE. UU) que después de un período de varios años la omisión de fósforo en el fertilizante aplicado disminuyó la producción en 6.29 toneladas por hectárea.

Sin embargo parece ser, de acuerdo con Sawyer citado por Smith (18) que una sobre fertilización con nitrógeno, repercute en una disminución en la maduración, en el total de sólidos y en el incremento de la producción en el cultivo de la papa.

Es probable que la problemática anterior esté relacionada con la que cita Smith (18) al afirmar que las aplicaciones altas de nitrógeno antes de la floración retardan la formación de los tubérculos.

Voinalovich a quien hace referencia Smith (18) también coincide con los resultados anteriores, pues encontró que aplicaciones altas de nitrógeno prolongan el crecimiento vegetativo y activo y retardan la acumulación de materia seca en los tubérculos.

Se supone entonces, que aunque el cultivo de papa responde con eficiencia a las aplicaciones de nitrógeno, los niveles requeridos no son tan elevados en función de los altos rendimientos que se logran, ya que Campbell a quien se refiere Smith (18) encontró que con aplicaciones de 114 kilogramos de nitrógeno por hectárea, se obtuvo la misma producción que con 171 y 228 kilogramos/ha. de nitrógeno respectivamente, lo cual es coincidente con lo afirmado por Woddowson et al a quienes menciona Smith (18) al señalar que no vale la pena aplicar más de 57 a 114 kg. de nitrógeno por hectárea ya que no se logran incrementos económicos en la producción.

Lo anterior no parece coincidir con lo encontrado por Dunn y Rost (1948) en Minesota, Houghand y Akeley (1959) en Virginia y Terman et al (1951) en Maine, pues sus resultados experimentales indicaron que las máximas producciones se obtuvieron con 135 a 202 y 168 a 202 kg. de nitrógeno por hectárea respectivamente, pero que esta repercutió en la obtención de tubérculos más grandes y que fueron menos maduros cuando se cosecharon (18).

Respecto al potasio, Ward (1959) encontró que el crecimiento y desarrollo de las plantas de papa era directamente proporcional a la cantidad de potasio aplicado (18). Seguramente por ello Carpenter y Murphy citados por Smith (18) en experimentos realizados en Maine, encontraron que la omisión de potasio en un plan de fertilización disminuyó la producción en 3.71 toneladas por hectárea, pero cuando también se omitió la fertilización fosfotada la producción disminuía en 9.21 toneladas por hectárea.

Las producciones de papa se ven incrementadas por las aplicacio-

nes de potasio en función del contenido natural del mismo en los suelos y de la textura de los mismos, de ahí que Wilcox (1960) encontrara que la papa variedad Kennebec cultivada en Indiana en un suelo arenoso que contenía 181 kg. de K_2O intercambiable por hectárea, no respondió a la adición de potasio en un primer año, sin embargo en el segundo año la producción de papa fué aumentada en 7.3 toneladas por hectárea con la aplicación de 253 kg. de K_2O por hectárea (18).

Campbell citado por Smith (18) trabajando en New Jersey, en suelos diferentes a los de Indiana, encontró sin embargo que las producciones de papa no aumentaron con aplicaciones de más de 114 kg. de K_2O por hectárea.

Similares situaciones se han detectado en Guatemala (10) respecto a la no respuesta a las aplicaciones de potasio cuando el contenido de K_2O en el suelo ha estado por arriba de los 100 microgramos por mililitro.

Finalmente es importante señalar que en la literatura citada no se mencionan distancias de siembra estudiadas como un factor interactuando con los nutrientes N, P_2O_5 y K_2O .

6. HIPOTESIS Y SUPUESTOS:

6.1 Hipótesis:

Sobre la base de los conceptos presentados en los capítulos anteriores y en función de los objetivos expuestos, se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

- No se presentará diferencia estadísticamente significativa en los rendimientos medios de papa, al evaluar los distintos niveles de N, P_2O_5 y distancias de siembra, así como debido a sus interacciones tanto por localidad como entre localidades.
- Los niveles de fertilización con N, P_2O_5 y K_2O así como las distancias de siembra utilizadas por algunos agricultores en la región y tomados como testigo para el estudio, producirán rendimientos rentables.

6.2 Supuestos:

Los siguientes supuestos fueron considerados como fundamentales para apoyar la prueba de hipótesis:

- Los espacios de exploración para N, P_2O_5 y distancias de siembra, permitirán detectar y establecer las dosis óptimas económicas de los factores en estudio, tanto para capital limitado como para capital il-

mitado, en una primera aproximación para el área de estudio.

- La escogencia de los sitios experimentales permitirá explorar el comportamiento del cultivo de papa con respecto a los factores en estudio bajo diferentes condiciones de suelo, clima y manejo.
- La matriz y el diseño experimental utilizados son adecuados para la investigación y permitirán obtener recomendaciones confiables sobre dosis óptimas económicas de los factores en estudio y orientar la investigación en el futuro.

7. MATERIALES Y METODOS:

7.1 Características de los experimentos

7.1.1 Localización de los sitios experimentales:

Tomando como base un mapa escala 1:50000, se localizó el área de trabajo, visitándose luego para conocer sus características en cuanto a clima, suelo y manejo hasta donde fuera posible. A continuación se procedió a localizar los puntos donde habría que establecer los experimentos dentro de la región. Dichos sitios deberían reunir como característica principal, el ser representativos en cuanto al clima, suelo y la siembra de papa en la región para la cual se iba a generar tecnología sobre fertilización y distanciamientos de siembra. Ver figura 1.

Como punto de base adicional para la localización definitiva de los sitios experimentales se consultó a técnicos del sector público agrícola ubicados en el área y especialmente a aquellos que contaban con alguna experiencia de trabajo en el cultivo así como también con la opinión de agricultores tradicionalmente paperos.

7.1.2 Factores estudiados:

En base a la información recabada, se pudo establecer que los factores que ameritaban estudio eran la fertilización (dosis) y los distanciamientos de siembra, esto debido a que no se contaba con información exhaustiva sobre la respuesta a los nutrientes N, P₂O₅ así como a las distancias de siembra y las interacciones entre factores, lo cual podría incidir grandemente en los rendimientos del cultivo.

7.1.3 Espacios de exploración:

Tomando en cuenta los datos reportados en la literatura citada y los niveles de N, P₂O₅, K₂O y distancias de siembra, utilizados por algunos agricultores en el área de estudio, se consideró que las dosis óptimas económicas podrían encontrarse dentro de los siguientes espacios

de exploración:

Factor estudiado	Niveles
N (kg./ha.)	100 - 125 - 150 - 175
P ₂ O ₅ (kg/ha.)	0 - 50 - 100 - 150
Distancia entre plantas (cm.)	20 - 25 - 30 - 35

Se creyó necesario incluir tres contrastes de potasio para conocer si existía alguna respuesta del cultivo a las aplicaciones de este elemento. Es por ello que los niveles de K₂O adicionados al tratamiento número 8 para formar "contrastes" fueron de 40, 80 y 120 kg/ha. Ver cuadro 6.

7.1.4 Matriz experimental:

Debido a que se hacía necesario el estudio de tres factores a la vez y conocer las interacciones existentes entre ellos, se escogió la matriz experimental Plan Puebla I (6), ya que ésta, además de involucrar el conocimiento agronómico sobre la relación de respuestas de un cultivo en conjunto, a varios factores limitantes, su análisis por medio del método gráfico-estadístico es fácil, rápido y eficaz. Permite además este método determinar las dosis óptimas económicas para capital limitado e ilimitado, aunque no se cuente con las facilidades del cómputo electrónico.

En el cuadro 6 se pueden observar los tratamientos generados para las diferentes combinaciones de los tres factores en estudio. Del tratamiento número 1 al 8 representan el factorial 2^k (para el presente estudio 2^3), del número 9 al 14 constituyen las prolongaciones para los tres factores. El tratamiento número 15 es el testigo del agricultor y del 16 al 18 son los tres "contrastes" de potasio que tienen como base el tratamiento número 8 del factorial más la adición de cada uno de los tres niveles estudiados de potasio. (Método de los contrastes sugerido por Turrent (19).

CUADRO 6. Listado de los tratamientos generados por la matriz Plan Puebla I para 3 factores, incluyendo el testigo y 3 contrastes para evaluar potasio.

Trat. No.	Nitrógeno kg/ha.	P ₂ O ₅ kg/ha.	Distancia entre plantas cms.	K ₂ O kg/ha.
1	125	50	25	0
2	125	50	30	0
3	125	100	25	0
4	125	100	30	0
5	150	50	25	0
6	150	50	30	0
7	150	100	25	0
8	150	100	30	0
9	100	50	25	0
10	175	100	30	0
11	125	0	25	0
12	150	150	30	0
13	125	50	20	0
14	150	100	35	0
15	100	70	30	70
16	150	100	30	40
17	150	100	30	80
18	150	100	30	120

7.1.5 Diseño experimental:

En los cinco experimentos se utilizó el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones para evaluar la matriz de tratamientos descrita.

Cada parcela bruta estuvo constituida por cuatro surcos de 7.5 m. de largo y separados a 0.90 m (27 m²). Las parcelas netas estuvieron constituidas por los dos surcos centrales con un largo de 7.0, 7.0, 6.9 y 6.65 metros cuando las distancias entre plantas fueron de 0.2, 0.25, 0.3 y 0.35 metros respectivamente (12.6, 12.6, 12.42 y 11.97 m²) al eliminar una planta en cada extremo de los surcos.

7.1.6 Insumos:

Se usó en todos los experimentos la variedad de papa Atzimba, la cual se caracteriza por ser moderadamente resistente al ataque de Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*) y que es de uso frecuente en la región estudiada.

Como fuentes químicas se utilizaron: para nitrógeno, la Urea - (46% N), para fósforo el triple superfosfato (46% P₂O₅) y finalmente para los "contrastes" se utilizó el muriato de potasio (60% K₂O).

7.1.7 Preparación del terreno:

Los desechos de cosechas anteriores (maíz y trigo) fueron quemados o incorporados a principios de año, luego en las cercanías de la siembra se preparó el suelo de acuerdo a la tradición (volteo del suelo con azadón 8 días antes), en vista de que los terrenos presentan una textura adecuada para esta única labor.

7.2 Trabajo de campo.

7.2.1 Muestreo de suelos:

Se realizó el muestreo de suelos a las profundidades de 0-20 y 20-50 centímetros de profundidad en cada uno de los sitios experimentales, para lo cual se tomaron 10 sub-muestras por localidad y por profundidad, luego se mezclaron para obtener una muestra compuesta. Posteriormente estas muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos del ICTA para su correspondiente análisis.

7.2.2 Siembra y fertilización:

La siembra de los ensayos fué efectuada durante 1979 en las fechas siguientes: el 9 de mayo en Chirijuyú, Tecpán; el 14 de mayo en Rincón Grande, Zaragoza; el 16 de mayo en Pampay, Parramos; el 18 de mayo en Xenimajuyú, Tecpán y el 25 de mayo en Chui Pixcayá, Comalapa.

Para la siembra, desinfestación y fertilización se hicieron surcos a una profundidad de aproximadamente 0.20 m., los cuales fueron abiertos con azadón; inmediatamente se aplicó sobre el surco el insecticida comercial Mocap 5 G. a razón de 35 Kgs/Ha., luego se colocaron dos terceras partes del nitrógeno de acuerdo al tratamiento, la totalidad del fósforo y la totalidad del potasio sólo para tratamiento testigo y los "contrastes", tapándose después estos productos con una capa de tierra, para evitar el contacto con la semilla.

Una vez realizadas las labores anteriores, se procedió a la siembra de los tubérculos distanciándolos en función del tratamiento correspondiente (0.20, 0.25, 0.30 y 0.35 m.) y a continuación se cubrieron con tierra, de tal manera que al final quedara sobre la superficie del terreno un camellón de más o menos 0.15 m. de altura.

7.2.3 Control de malezas:

La primera labor consistió en eliminar de entre los surcos las malezas mediante un raspado hecho a los 20 días después de la siembra. Quince días más tarde se efectuó un segundo control de malezas en forma similar al anterior procediéndose de inmediato a aplicar a lo largo del surco y a unos 0.10 m. de las plantas, la tercera parte del nitrógeno.

Finalmente y para cubrir el fertilizante, incorporar las malezas y propiciar un medio favorable para la tuberización, se realizó con azadón una "calza" al cultivo para formar un camellón de aproximadamente 0.40 m. de alto.

7.2.4 Control de plagas y enfermedades:

El control de plagas se hizo con intervalos de 8 días para completar 8 aplicaciones que cubrieron el ciclo del cultivo, utilizándose para el efecto los insecticidas comerciales Tamarón-600, Folidol M-48, y Metasistox alternos y a razón de 25, 20 y 35 cc. por bomba de 15 litros respectivamente. Este control se efectuó principalmente para evitar la transmisión de enfermedades virosas por insectos chupadores, que atacan al cultivo (Mysus sp., Empoasca sp., Bemisia sp.).

El Tizón tardío (Phytophthora infestans) que es la enfermedad causante de las más importantes pérdidas en las plantaciones de papa en la región, fué controlada mediante el uso del fungicida comercial - Dithane M-45 a razón de 70 gramos por bomba de 15 litros de agua y el cual fué aplicado en mezcla con los insecticidas.

7.2.5 Defoliación y Cosecha:

A los 85 días después de la siembra se efectuó la labor de defoliación, la que consistió en eliminar con machete y a raz del suelo todo el follaje de la papa, esto tiene como propósito permitir una maduración más homogénea de los tubérculos y que la piel de estos seque y no haya desprendimiento de la misma en el momento de la cosecha y durante el transporte. En ese momento se hizo además una aplicación del insecticida en polvo Volatón, a razón de 40 kg./ha. sobre los tallos recién cortados para prevenir ataques tardíos de la polilla de la papa (Scrobipalopsis solanivora. Povolni).

La cosecha se efectuó entre los 100 y los 110 días después de la siembra con la ayuda de azadones para desenterrarla, luego manualmente se procedió a su limpieza y envasado para finalmente pesar los tubérculos por tratamiento, dato que serviría para el análisis estadístico.

7.2.6 Datos complementarios:

En todos los experimentos se tomaron algunos datos complementarios como: altura de planta, incidencia de virus, incidencia de tizón tardío para cada tratamiento y repetición, así como altura sobre el nivel del mar, porcentaje de pendiente, textura. Se efectuó el análisis químico de cada sitio y también se determinaron sus coordenadas geográficas.

7.2.7 Trabajo de Gabinete.

7.2.7.1 Tabulación, corrección y transformación de datos:

Los resultados a nivel de campo fueron corregidos por un factor de manejo (0.90) debido a que se hacía necesario tener resultados más ajustados al manejo tradicional, puesto que un experimento siempre se controla en forma especial y se conduce con todos los cuidados necesarios durante el ciclo. Todas estas atenciones se hacen mucho más difíciles de practicar a nivel comercial debido a que se trabajan extensiones más grandes y casi siempre el agricultor no siembra un solo cultivo.

Luego de corregir por manejo se procedió a transformar los datos a kilogramos por hectárea y a ordenarlos por repetición y tratamiento para su respectivo análisis.

7.2.7.2 Análisis de Varianza:

Se realizaron análisis de varianza por localidad para los 8 y los 14 tratamientos de la matriz experimental y para los 18 cuando se incluyeron el testigo y los 3 contrastes de interés. El ANDEVA para los 8 tratamientos del factorial 2^3 que forman el cubo, se efectuó para determinar efectos factoriales significativos que posteriormente son utilizados para la obtención de la tasa marginal de retorno a capital. Luego se hizo un ANDEVA para los 14 tratamientos de la matriz total a fin de obtener una DMS que permitiera discriminar diferencias estadísticamente significativas entre los efectos factoriales del cubo y sus respectivas prolongaciones, datos que también son utilizados en el análisis económico. Finalmente se realizó un ANDEVA para los 18 tratamientos evaluados a fin de poder comprobar mediante una prueba de medias (M.D.S) si existía una diferencia estadísticamente significativa entre los distintos tratamientos de la matriz, el testigo y los contrastes.

7.2.7.3 Método de Yates:

A continuación se procedió a aplicar la técnica de Yates a los tratamientos que dan lugar al cubo para determinar cuales efectos factoriales totales eran significativos.

De acuerdo con Yates las minúsculas entre paréntesis indican lo siguiente: (l) los factores en estudio se encuentran a su nivel más bajo; (n) el factor nitrógeno se encuentra a su nivel más alto y los factores fósforo y distancia a su nivel bajo; (np) los factores nitrógeno y fósforo están a su nivel alto y la distancia a su nivel bajo y así sucesivamente.

Para determinar la significancia o no de los efectos factoriales medios se utilizó el comparador EMS (efecto mínimo significativo) que se obtiene de acuerdo a la siguiente fórmula: (6)

$$EMS = t_{\alpha}, (g.l. \text{ error}) \cdot \sqrt{\frac{S^2}{2^{n-2} \cdot r}} ; \text{ en donde}$$

t (g.l. error) = a la "t" de Student con los grados de libertad del error experimental determinado en el ANDEVA de los 8 tratamientos que dan lugar al cubo.

α = Probabilidad de cometer error tipo I y que en este estudio se fijó en un 5%.

S^2 = Cuadrado medio del error del ANDEVA de los 8 tratamientos del cubo.

2^{n-2} = A los dos niveles del factor en estudio elevados al número de factores menos dos.

r = Número de repeticiones.

Si al comparar los efectos factoriales medios con el EMS, resulta que $EFM > EMS$ implica que el efecto es estadísticamente significativo y por consiguiente deberá tenerse en cuenta en los análisis posteriores.

7.2.7.4 Revisión de efectos factoriales medios y los tratamientos prolongación-significativos:

De acuerdo con la técnica descrita por Estrada (6) se procedió a revisar tanto los efectos factoriales significativos dentro del cubo, como las prolongaciones para cada sitio experimental. En las localidades de Chirijuyú, Chuñ Picayá y Pampay no hubo significancia para los efectos factoriales medios, por lo tanto todos los tratamientos del cubo se redujeron a uno solo, al promediar los rendimientos de los 8 tratamientos que componen el factorial 2^3 y representa finalmente a este promedio el tratamiento del cubo cuyos niveles fueron los mínimos estudiados.

Seguidamente se hizo una revisión para las prolongaciones de nitrógeno, fósforo y distancia de siembra, utilizando el comparador MDS que se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$MDS = t_{\alpha} (gle) \cdot \sqrt{S^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)} \text{ en donde:}$$

$t_{\alpha} (gle)$ es la "t" de Student de tablas con los grados de libertad para el error experimental estimado para los 14 tratamientos de la matriz, α es la probabilidad de cometer error tipo I, S^2 el cuadrado

medio del error experimental del ANDEVA para los 14 tratamientos, n_1 es igual al número de repeticiones que tiene cada prolongación en el diseño experimental (1x4 para este estudio), n_2 es igual al número de observaciones promediadas dentro del cubo sobre los factores no significativos, y para obtener mayor precisión del o los factores que resultaron significativos (sobre la base de las repeticiones escondidas en los factoriales). Para el presente caso y utilizando 4 repeticiones en el diseño experimental, el valor de n_2 para Chirijuyú y Chufí Pixcayá fué de 32, el valor de n_2 para Rincón Grande fué de 16 y el valor de n_2 para Pampay y Xenimajuyú fué de 8

Así entonces para la localidad de Xenimajuyú donde hubo significancia para la interacción "np", se tomaron como significativos nitrógeno y fósforo, reduciéndose los 8 tratamientos del cubo a 4, con rendimientos correspondientes al promedio sobre los dos niveles del factor no significativo que acompañó en su nivel más bajo a los 4 tratamientos resultantes.

Utilizando la MDS calculada anteriormente, se chequean las prolongaciones para nitrógeno y fósforo, siendo las que resultaron significativas las que pasaron juntamente con el testigo y los cuatro tratamientos del cubo a la fase siguiente de análisis económico.

Para el caso de Pampay donde únicamente el efecto del nitrógeno fué significativo, los 8 tratamientos del cubo se reducen a 2, cuyos rendimientos están dados por el promedio sobre el rendimiento de los factores que resultaron no significativos y de los cuales el nivel más bajo estudiado dentro del cubo acompaña a los dos tratamientos resultantes.

Con la MDS calculada anteriormente se procedió a chequear las prolongaciones para nitrógeno y las que resultaron significativas acompañan en el análisis económico a los dos tratamientos del cubo, juntamente con el testigo.

7.2.7.5 Determinación de Dosis Óptimas Económicas para Capital Ilimitado:

Para la determinación de la DOECI se siguió el método gráfico estadístico original, sugerido por Turrent (19), en virtud de que permite en un primer estudio de esta naturaleza, verificar mejor la tendencia de los efectos de los factores en estudio y sus interacciones para planificar posteriormente en forma más adecuada, los nuevos espacios de exploración. Este método consiste en graficar todas las curvas que se originan al tomar en cuenta los 14 tratamientos de la matriz según sea el factor en estudio, colocando en el eje de las ordenadas, el rendimiento en toneladas métricas por hectárea y en el eje de las abscisas los niveles del factor evaluado. Luego se procedió sobre la base de un cuadro de ingreso bruto y costos variables a determinar que curva contiene el tratamiento con mayor ingreso neto y sobre la curva que lo contuvo se proyectó mediante el juego de dos escuadras la hipotenusa del triángulo de relación insumo producto propuesto por Turrent (19). De acuerdo con esta técnica, la dosis

óptima económica para capital ilimitado, se obtiene al hacer bajar el punto tangencial originado por la línea de la hipotenusa del triángulo de relación insumo producto, al tocar un punto de la curva en donde se encuentra el mayor ingreso neto, hacia el eje de las abscisas que representa los niveles del insumo aplicado.

El ingreso neto de los tratamientos se calcula mediante la función $IN=yY-CV$ en donde IN es el ingreso neto; y es el valor de una tonelada métrica de papa; Y el rendimiento de papa dado en toneladas métricas por hectárea, CV son los costos variables dados por la función $CV=nN+pP+dDP$; en donde n es el costo de un kilogramo de nitrógeno más el costo de su aplicación, N equivale a los kilogramos de nitrógeno/hectárea que lleva el tratamiento; p es el costo de un kilogramo de P_2O_5 más el costo de su aplicación, P son los kilogramos de P_2O_5 /hectárea que lleva el tratamiento, d es el costo de 1000 plantas de papa y DP son miles de plantas de papa por hectárea, por sobre la población del tratamiento testigo (37037 plts./ha.).

Para construir el triángulo de relación insumo producto (n/y) se tomó como valor para el cateto que se localiza sobre el eje de las abscisas el rango entre dos niveles consecutivos del insumo evaluado y como cateto opuesto la cantidad de producto que paga la cantidad del insumo en mención.

7.2.7.6 Determinación de Dosis Óptimas Económicas para Capital Limitado:

La siguiente etapa y siguiendo la metodología descrita por Estrada y Ortiz (6, 16), consistió en un análisis económico para los tratamientos que fueron significativos dentro del cubo así como en las prolongaciones ya descritas, para lo cual se hizo un listado de los mismos agregando al final el tratamiento testigo. Luego se construyó un cuadro para calcular el incremento en rendimiento (AY) dado por la diferencia entre el rendimiento de cada tratamiento y el rendimiento promedio del testigo. También se calculó el incremento en ingreso neto (AIN) dado por la función: $AIN=yAY-CV$, donde y es el valor real de una tonelada de papa (TM), AY es el incremento en rendimiento y CV son los costos variables. Finalmente debió obtenerse la relación AIN/CV (tasa marginal de retorno a capital), en el entendido que el tratamiento que tuviera el mayor valor de esta relación, deberá considerarse como la dosis óptima para capital limitado.

Para la estimación de las dosis óptimas económicas se consideraron los siguientes precios para los insumos y el producto, en base a los precios de mercado que rigieron en la época de la investigación:

Costo de un kilogramo de nitrógeno (N) más su aplicación...	Q. 0.48
Costo de un kilogramo de fósforo (P_2O_5) más su aplicación...	Q. 0.73
Costo de un kilogramo de potasio (K_2O) más su aplicación...	Q. 0.39
Costo de 1000 plantas más el costo de su siembra.....	Q. 0.20
Precio de venta de una tonelada de papa, deducidos gastos de cosecha.....	Q.78.10

8. RESULTADOS Y DISCUSION:

8.1 Del muestreo de suelos:

Las características físicas y químicas de los suelos por sitio, - por profundidad y para el promedio de los 5 sitios experimentales, - se presentan en el cuadro 5. Puede observarse en dicho cuadro, que solamente hubo variaciones entre sitios, no así dentro de sitios por profundidad para la característica clase textural, que en general puede considerarse como adecuada para el desarrollo del cultivo.

Al promediar los resultados por profundidad, reportados por el laboratorio para las 5 localidades y para las características restantes, es de hacer notar lo siguiente: que el porcentaje de materia orgánica - para los primeros 0.20 m. está dentro de los límites aceptables, pero que este porcentaje empieza a disminuir considerablemente entre los 0.20 y 0.40 m.; que en promedio el pH del suelo es ligeramente ácido pero que aún está dentro de los límites adecuados para el cultivo de papa, según la literatura, tanto para los 0.20m como para los 0.30m, - aunque como era de esperarse por la textura de los suelos y la precipitación en el área, el pH a los 0.40 m. es ligeramente mayor, por ser mayor también en este estrato tanto el contenido de calcio como de magnesio por efectos de lixiviación.

Respecto al fósforo y como era de suponer, por la forma superficial en que este nutriente fué aplicado por los agricultores en los cultivos de gramíneas (maíz y trigo) el año anterior, y dada su poca movilidad en el suelo, se detectó un promedio residual elevado en los primeros 0.20 m., disminuyendo consistentemente este contenido al profundizar en el suelo, lo cual da la idea de la necesidad de muestreos más profundos con fines de un plan de fertilización y de investigación a través del análisis del suelo y de una adecuada preparación del terreno - previo a la siembra, que permita el aprovechamiento del fósforo aplicado a cultivos anteriores, pues el promedio de P_2O_5 determinado de los 0.20 - 0.40 m. (4.8ug/ml.) está debajo del nivel crítico que es de 7 - ug/ml. de acuerdo con Brolo (1) con lo cual era de esperar una respuesta positiva a la aplicación de este nutriente sobre el rendimiento del cultivo de la papa.

Con relación al potasio, puede decirse que el contenido era elevado, por sitio y por profundidad, para el promedio de los 5 sitios experimen-

tales, si se toma en cuenta que Brolo (1) menciona como nivel crítico 60 ug/ml., por lo tanto se consideró que este elemento no sería limitante para el estudio si se toma en cuenta además lo reportado - por la literatura en este estudio.

8.2 De la respuesta de la papa a los factores nitrógeno, fósforo y distancias de siembra.

8.2.1 Del análisis de varianza:

En los cuadros del al se presentan los resultados de los análisis de varianza realizados a la variable rendimiento de papa, en los ensayos donde se estudió la respuesta a nitrógeno, fósforo y distancia de siembra.

Podemos observar, que para los 8 tratamientos (2³) que forman el cubo, no se encontró efecto significativo al 5 % de probabilidad de cometer error tipo I, en ninguna de las localidades estudiadas. Al pasar al análisis de varianza de los 14 tratamientos de la matriz completa, - vemos que ya se tuvo significancia entre tratamientos, para las localidades de Chirijuyú, Rincón Grande y Pampay, no así en Xenimajuyú y - Chuí Pixcayá. Luego al incluir en el ANDEVA el tratamiento testigo y - los contrastes de potasio (18 tratamientos en total), se observa que únicamente en dos localidades hay significancia entre tratamientos, siendo ellas Chirijuyú y Rincón Grande.

Con respecto a la significancia entre bloques o repeticiones, se - nota que dentro del cubo sólo se presentó significancia para dos localidades (40%) siendo estas Chirijuyú y Rincón Grande, mientras que al pasar al ANDEVA de los 14 tratamientos de la matriz, se pudo detectar - significancia entre repeticiones para Chirijuyú, Rincón Grande y Pampay (60%).

Al introducir al análisis de varianza el tratamiento testigo y los - 3 contrastes para estudiar la respuesta a potasio, la significancia entre bloques aumenta a 4 localidades (80 %), no manifestando esta significancia en Xenimajuyú.

Lo anterior nos indica que el hecho de utilizar un diseño en bloques al azar resultó conveniente en la mayoría de los casos para controlar la variación existente en el suelo y reducir el error experimental. En los - casos en que no hubo significancia entre bloques, conduce a pensar que - las condiciones del suelo eran muy homogéneas.

CUADRO No.7 Análisis de varianza para los primeros ocho tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I. Chirijuyú, Tecpán.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	
Trat.	7	61147050.0	8735292.857	1.4124	NS	2.49	3.65
Repet.	3	234499180.0	78166393.33	12.6385	**	3.07	4.87
Error	21	189880070.0	6184765.238				
Total	31	425526300.0					

CV = 8.97 %

CUADRO No.8 Análisis de Varianza para los catorce tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I. Chirijuyú, Tecpán.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	
Trat.	13	316993230.0	24384094.62	5.0427	**	2.02	2.69
Repet.	3	328753670.0	109584556.7	22.6626	**	2.85	4.34
Error	39	188583580.0	4835476.41				
Total	55	834330480.0					

CV = 7.98 %

CUADRO No.9 Análisis de varianza para el total de tratamientos evaluados (18) en Chirijuyú, Tecpán.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	17	443769600.0	26104094.12	4.7469 **	1.85	2.39
Repet.	3	485682260.0	161894086.7	29.4395 **	2.79	4.20
Error	51	280460190.0	5499219.412	8.35		
Total	71	1209912050.0				

CV = 8.35 %

CUADRO No.10 Análisis de varianza para los primeros ocho tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I. Rincón Grande, Zaragoza.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	7	736806700	10525810.0	1.334	NS	2.49
Repet.	3	87053590.0	29017863.33	3.6775	*	3.07
Error	21	165702660.0	7890602.857			4.87
Total	31	326436920.0				

CV = 9.99 %

CUADRO No.11 Análisis de varianza para los catorce tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I. Rincón Grande, Zaragoza.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	13	484039890.0	37233837.69	4.8080	**	2.02
Repet.	3	115258100.0	38419366.67	4.9611	**	2.85
Error	39	302023100.0	7744182.051			4.34
Total	55					

CV = 10.24 %

CUADRO No.12 Análisis de varianza para el total de tratamientos evaluados (18) Rincón Grande, Zaragoza.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	17	587304990.0	34547352.35	4.808	**	1.85
Repet.	3	127997630.0	42665876.67	4.9611	**	2.79
Error	51	383399480.0	7517636.863			4.20
Total	71	1098702100.0				

CV = 9.94 %

CUADRO No. 13 Análisis de varianza para los primeros ocho tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I. Pampay, Parramos.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	7	58838570.0	8405510.0	1.235 NS	2.49	3.65
Repet.	3	16623400.0	4541133.33	0.6672 NS	3.07	4.87
Error	21	142922530.0	6805834.762			
Total	31	215384500.0				

CV = 12.13 %

CUADRO No. 14 Análisis de varianza para los catorce tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I. Pampay, Parramos.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	13	260679150.0	20052242.31	2.2764 *	2.02	2.69
Repet.	3	77819730.00	25939910.0	2.9448 *	2.85	4.34
Error	39	343540980.0	8808743.077			
Total	55	682039860.0				

CV = 14.11 %

CUADRO No. 15 Análisis de varianza para el total de tratamientos evaluados (18) en Pampay, Parramos.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	17	275085160.0	16181480.0	1.5090 NS	1.85	2.39
Repet.	3	91654490.0	30551496.67	2.849 *	2.79	4.20
Error	51	546902700.0	10723582.35			
Total	71	91364235.0				

CV = 15.48 %

CUADRO No.16 Análisis de varianza para los primeros ocho tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I. Xenimajuyú, - Tecpán.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	7	132995640.0	18999377.14	2.2959 NS	2.49	3.65
Repet.	3	18459240.0	6153080.0	0.7435 NS	3.07	4.87
Error	21	173782440.0	8275354.286			
Total	31	325237320.0				

CV = 10.48 %

CUADRO No.17 Análisis de varianza para los catorce tratamientos de la - matriz experimental Plan Puebla I. Xenimajuyú, Tecpán.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	13	161012590.0	12385583.85	1.2382 NS	2.02	2.69
Repet.	3	16936110.0	5645370.0	0.5644 NS	2.85	4.34
Error	39	390113820.0	10002918.46			
Total	55	55806252.0				

CV = 11.45 %

CUADRO No.18 Análisis de varianza para el total de tratamientos evaluados (18) Xenimajuyú, Tecpán.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	17	462718370.0	27218727.65	1.5562 NS	1.85	2.39
Repet.	3	43829860.0	14609953.33	0.8353 NS	2.79	4.20
Error	51	892039980.0	17490980.0			
Total	71	1398588210.0				

CV = 15.14

CUADRO No. 19 Análisis de varianza para los primeros ocho tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I. Chuí Pixcayá, - Comalapa.

FV	GL	SC	CM	Fc		Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	7	103570540.0	14795791.43	0.97	NS	2.49	3.65
Repet.	3	25519920.0	8506640.0	0.5577	NS	3.07	4.87
Error	21	320333400.0	15253971.43				
Total	31	449423860.0					

CV = 17.0%

CUADRO No. 20 Análisis de varianza para los catorce tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I. Chuí Pixcayá, Comalapa.

FV	GL	SC	CM	Fc		Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	13	238376800.0	16028984.62	1.4069	NS	2.02	2.69
Repet.	3	51810880.0	17270293.33	1.5159	NS	2.85	4.34
Error	39	444328360.0	11393034.87				
Total	55	704516040.0					

CV = 14.96 %

CUADRO No. 21 Análisis de varianza para el total de tratamientos evaluados (18) en Chuí Pixcayá, Comalapa.

FV	GL	SC	CM	Fc		Ft 0.05	Ft 0.01
Trat.	17	232915970.0	13700939.41	1.0074	NS	1.85	2.39
Repet.	3	140238210.0	46746070.0	3.4373	*	2.79	4.20
Error	51	693581010.0	13599627.65				
Total	71	1066735190.0					

CV = 16.31 %

El coeficiente de variación tuvo valores que varían de 8.97% - hasta 17.0% para los 8 tratamientos que componen el factorial 2³. Para los 14 tratamientos de la matriz experimental el coeficiente de variación estuvo comprendido entre 7.98 % y 14.96 % y finalmente - para el total de los 18 tratamientos evaluados en cada experimento, los coeficientes de variación tuvieron un rango entre 8.35 y 16.31%.

El coeficiente de variación más bajo se obtuvo en la localidad de Chirijuyú y el más alto en Chuf'Pixcayá cuando se practicó el AN-DEVA para los 18 tratamientos. Sin embargo y en términos generales los coeficientes de variación están dentro de los límites aceptables.

8.2.2 De los rendimientos medios en las 5 localidades:

En el cuadro 22 se pueden observar los rendimientos medios - por tratamiento y por cada localidad de estudio, habiéndose obtenido una media general de 25.48 TM/ha. (392.39 qq/mz), rendimiento - que puede considerarse como adecuado para el área.

La mayor media por tratamiento se obtuvo en Chirijuyú con un rendimiento de 33.26 TM/ha. (512.20 qq/mz) y la más baja en Pampay con 16.64 TM/ha. (256.24 qq/mz). Para la primera localidad el tratamiento fué aplicar 150 y 150 kg/ha de N y P₂O₅ respectivamente y un distanciamiento de 0.30 m., y para la segunda localidad aplicando 125 y 0 kg de N y P₂O₅ por hectárea y con un distanciamiento de - 0.25 m.

En todo caso la región presenta buen potencial para la producción del tubérculo, debiéndose únicamente poner énfasis en el mejoramiento genético y prácticas agronómicas.

La media más alta por localidad para el total de tratamientos por ensayo correspondió también a Chirijuyú con 28.09 TM/ha. (432.52 qq/mz.), esto da idea de que este sitio presentó las condiciones más apropiadas para el cultivo de la papa y que seguramente esta área puede convertirse en una zona de producción intensiva de papa. Por el contrario la localidad de Pampay fué donde se obtuvo la media más baja con 21.16 TM/ha. (325.86 qq/mz), pero aquí fué también donde se presentaron algunas condiciones adversas en relación a los otros sitios, ya que la pendiente del terreno fué del 20%, se tuvo un total de 68 días de lluvia o - sea 50 días menos que para los otros casos y el nivel natural de K₂O en el suelo fué también considerablemente menor. A pesar de ello, las - condiciones físicas y químicas de suelo y clima resultaron apropiadas para el cultivo debiendo poner énfasis en las prácticas de conservación de suelos y agua en el futuro.

8.2.3 Del efecto del nitrógeno, fósforo y distancia de siembra sobre el rendimiento de Papa a nivel del Factorial 2³.

En el cuadro-28 se consigna información relativa a la significan-

cia de los efectos factoriales medios para los factores en estudio - (N, P_{205} y DS), obtenidos mediante el algoritmo de Yates.

Para el caso particular del N, puede observarse que en ninguna localidad resultó su efecto positivo y significativo cuando éste estaba a su nivel más alto (150 kg/ha) y los otros dos factores a su nivel más bajo (50 kg. de P_{205} /ha y 0.25 m. como distancia entre plantas).

Sin embargo su efecto resultó ser en 4 localidades de tipo negativo y en una localidad (Rincón Grande) de tipo negativo y significativo, reduciendo el rendimiento en 2087.1 kg/ha; lo cual podría estar relacionado con el hecho de que aplicaciones mayores de 100 kg de N/ha pueden reducir el rendimiento cuando el fósforo está a niveles muy bajos, pues existe una interacción NP ya conocida que también está asociada a las propias condiciones del sitio experimental.

Esta interacción (NP) resultó ser positiva en 3 localidades (ver cuadro 28) y significativa en Xenimajuyú, llegando a elevar en 3061 kg/ha el rendimiento cuando el P_{205} pasó del nivel 50 a 100 kg/ha.

Esta situación es aún más clara si se observa el factorial P, - pues en 4 de las 5 localidades se detectó una tendencia positiva a elevar los rendimientos de papa cuando se elevó de 50 a 100 kg/ha este nutrimento y el N quedó a un nivel de 125 kg/ha.

Respecto al efecto factorial Distancia (D) o sea con un distancia miento de 0.30 m, con N y P a sus niveles bajos, la tendencia no resultó ser tan consistente, pues mientras en Chirijuyú y Rincón Grande esta combinación produjo una tendencia positiva sobre el rendimiento (aunque no estadísticamente significativa), en Pampay, Xenimajuyú y Chuí Pixcayá, la tendencia fué negativa aunque no significativa.

Para la misma distancia, pero elevando ahora N a 150 kg/ha y - manteniendo el P_{205} a su nivel bajo (El efecto Factorial ND) se observa que en las tres primeras localidades (Cuadro 28) el efecto fué detri mental, o sea que se manifestó una interacción negativa, aunque no - significativa sobre el rendimiento, esto sin embargo no ocurrió en las dos últimas localidades en donde el hecho de subir el N sí produjo un - efecto positivo aunque no significativo sobre el rendimiento.

Estos resultados pueden estar asociados nuevamente al efecto - del nutrimento fósforo, pues mientras N se está incrementando P permanece bajo y si se observan los niveles naturales de P_{205} por sitio experimental (Cuadro 5), en los dos primeros de ellos los contenidos no llegaban ni a los valores críticos dados por el laboratorio, en cambio en Xenimajuyú y Chuí Pixcayá los niveles naturales fueron de 9.0 - y 31 ug/ml (por arriba de los niveles críticos) lo cual permitió una ade cuada interacción NPD.

El caso de Pampay parece estar más bien relacionado con el efecto negativo de niveles altos de N y con las condiciones agro-ecológicas que prevalecen en el medio.

Al observar ahora el efecto factorial PD se detecta nuevamente la necesidad de la presencia del nitrógeno a niveles más altos la cual es más objetiva, en los sitios en donde el nivel natural del P_{205} era más elevado (Xenimajuyú y Chuí Pixcayá) pues los rendimientos bajaron considerablemente aunque no en forma significativa en relación al efecto factorial ND anteriormente discutido o sea que para los dos sitios en mención, el fósforo natural era suficiente, no así en las dos primeras localidades donde se ve que el P al nivel alto interaccionaría positivamente con el N pues este efecto ya fué observado en la interacción NP o simplemente en el efecto factorial P (ver cuadro 28). Igual situación puede ser indicada para Pampay.

Finalmente y como era de esperarse, la interacción NPD resultó ser positiva, aunque no significativa en Chirijuyú y Rincón Grande, debido a las condiciones de fertilidad natural de esos suelos en el nutrimento P, pero negativa aunque no significativa la respuesta en Xenimajuyú y Chuí Pixcayá por los altos niveles de P_{205} detectados en el suelo. En relación a Pampay, la interacción NPD fué también negativa aunque no significativa, pero tal respuesta es concordante con los demás efectos factoriales ya discutidos y que se presentan en el cuadro 28 para este sitio en particular.

El análisis de la parte factorial de la matriz experimental permitió detectar la bondad de la ubicación de los puntos dispuestos en la misma y por lo discutido anteriormente y las significancias detectadas hasta este nivel y durante el estudio, parece ser que los niveles óptimos de N, se encuentran en la línea de prolongación hacia "abajo", lo cual también es observado en las figuras 3, 4, 5, 6, y 7 y que es coincidente con lo encontrado por ICTA (10) en años anteriores y para algunos sitios experimentales.

8.2.4 Del efecto del nitrógeno a nivel de la matriz experimental, sobre el rendimiento de papa.

En el Cuadro 22 se exhiben los rendimientos medios por tratamiento y por localidad, expresados en kg/ha, para los 18 tratamientos evaluados en total y los cuadros 23, 24, 25, 26, 27 expresan los rendimientos por repetición y localidad para los mismos tratamientos.

C H I R I J U Y U

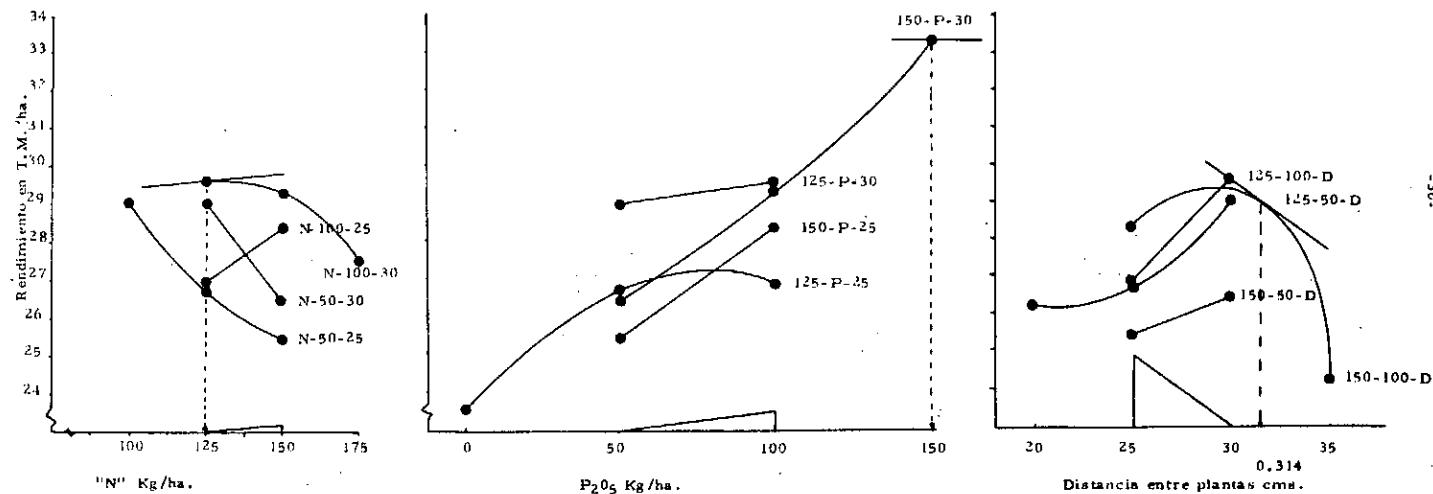


FIGURA No. 3 Determinación de dosis óptimas económicas de los factores N, P_2O_5 y DS para capital ilimitado, mediante el método gráfico estadístico.

R I N C O N G R A N D E

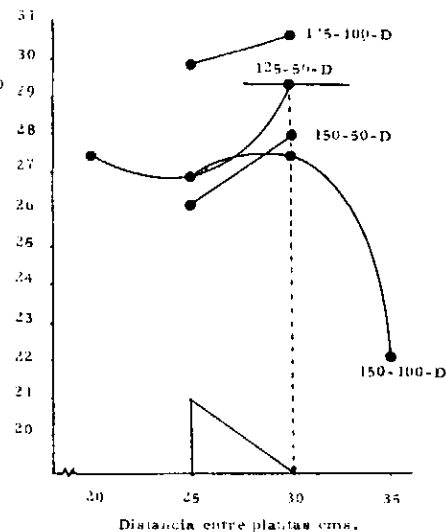
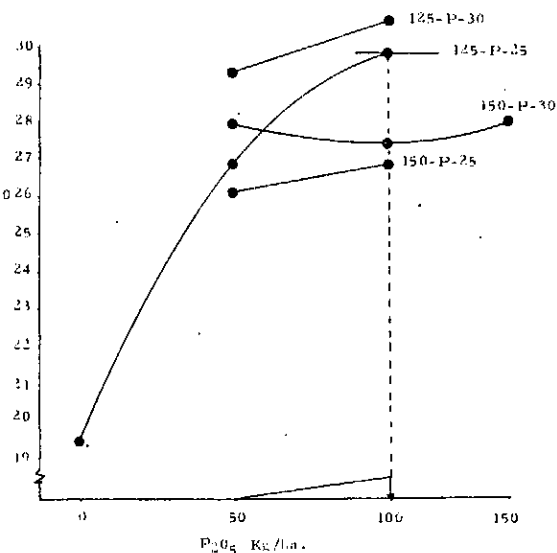
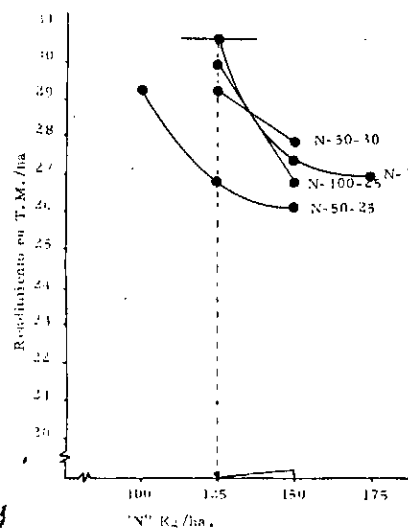


FIGURA No. 4 Determinación de dosis óptimas económicas de los factores N , P_2O_5 y DS para capital ilimitado, mediante el método gráfico estadístico.

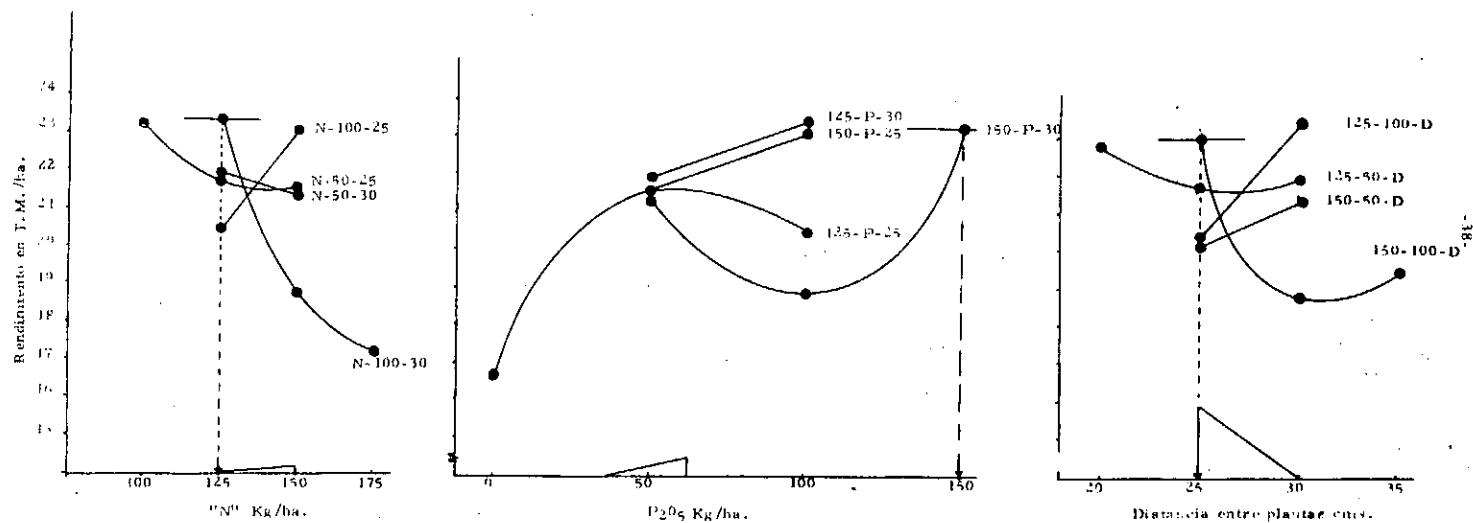


FIGURA No. 5 Determinación de dosis óptimas económicas de los factores N, P₂O₅ y D para capital limitado, mediante el método gráfico estadístico.

X E N I M A J U Y U

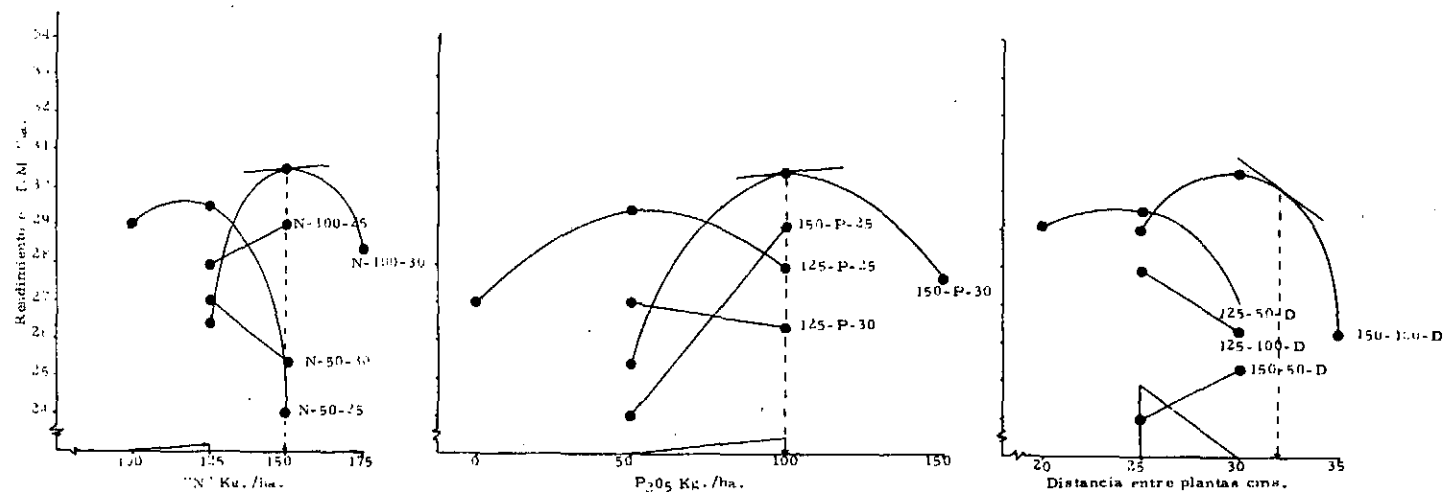


FIGURA 12. Determinación de dosis óptimas económicas de los factores N, P₂O₅ y DS para capital limitado mediante el método gráfico estadístico.

C H U I - P I X C A Y A

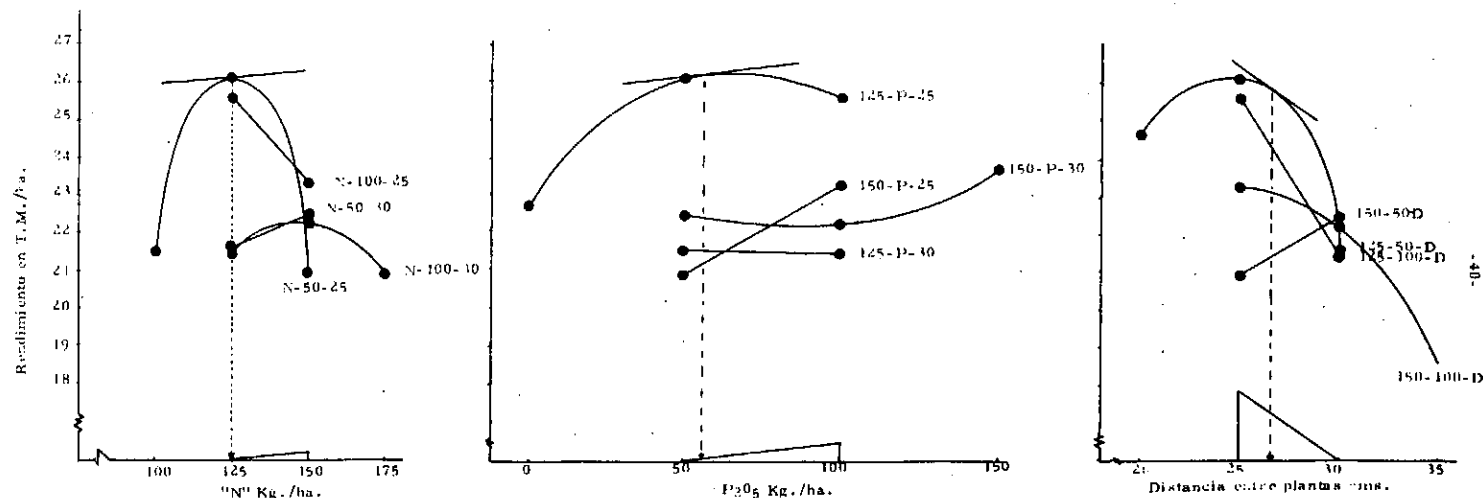


FIGURA N.º 7 Determinación de dosis óptimas económicas de los factores N, P_2O_5 y DS para capital limitado mediante el método gráfico estadístico.

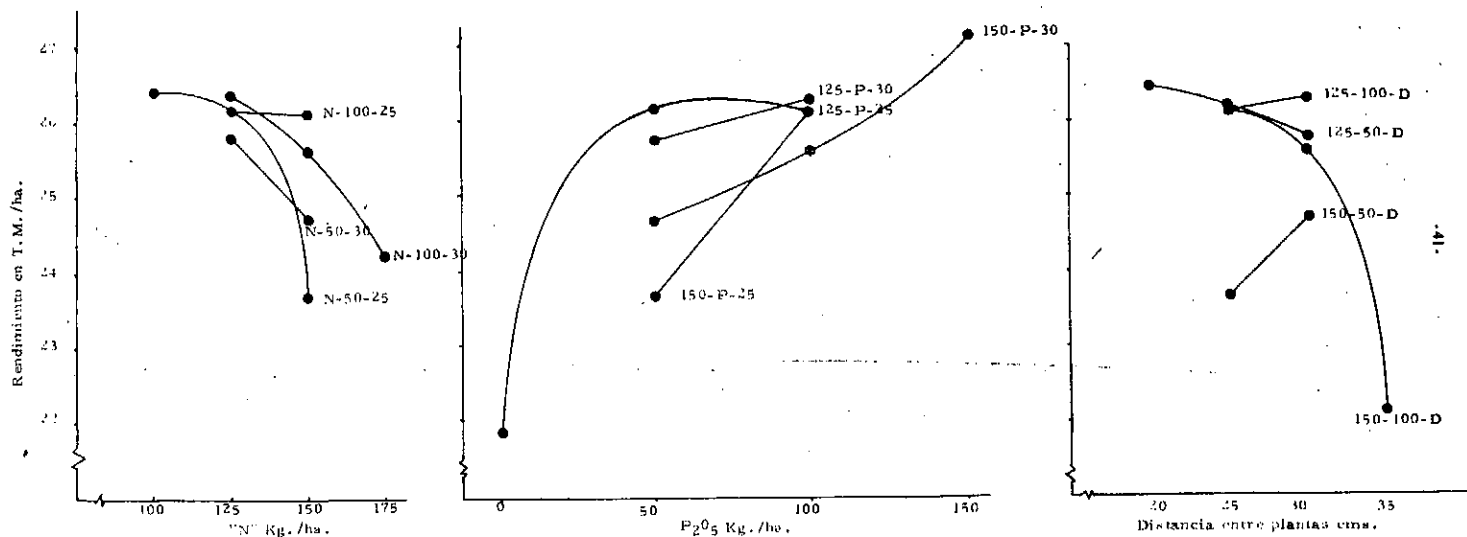


FIGURA No. 8. Curvas de respuesta a la aplicación de N, P O_5 y DS determinadas para el promedio de las cinco localidades en estudio.

CUADRO No.22 Rendimientos medios por tratamiento expresados en kg/ha. Obtenidos en cada una de las cinco localidades estudiadas en 1,979.

Trat. No.	Niveles N P ₂ O ₅ DS	LOCALIDADES					
		Chirijuyú	Rincón Grande	Pampay	Xenimajuyú	Chuí Pixcayá	$\bar{X}$
1	125-50-25	26703.5	26866.0	21671.5	29464.25	26135.5	26168.15
2	125-50-30	28985.5	29316.75	21904.0	27000.75	21574.25	25756.25
3	125-100-25	26864.0	29869.5	20454.0	27919.75	25566.0	26134.65
4	125-100-30	29561.25	30632.0	23384.25	26349.5	21492.5	26283.9
5	150-50-25	25728.25	26135.5	21509.25	24025.0	20941.25	23667.85
6	150-50-30	26433.0	27916.25	21324.0	25360.25	22481.75	24703.05
7	150-100-25	28328.5	26865.75	23053.50	28978.5	23294.75	26104.2
8	150-100-30	29313.25	27418.5	18774.25	30469.0	22233.5	25641.7
9	100-50-25	29057.0	29301.75	23214.5	28975.0	21517.0	26413.05
10	175-100-30	27501.5	27010.5	17208.50	28327.75	20916.5	24192.95
11	125-0-25	23537.25	19480.5	16639.25	27028.5	22726.75	21882.45
12	150-150-30	33265.75	27998.25	23137.50	27668.25	23632.5	27140.45
13	125-50-20	26217.75	29462.25	22726.75	29058.75	24675.0	26428.1
14	150-100-35	24255.5	22108.75	19403.00	26205.75	18631.0	22120.8
15	100-70-30 + 70K ₂ O	32197.25	31456.25	22003.75	33119.5	24126.75	28580.7
16	150-100-30+ 40K ₂ O	28242.75	30385.75	22233.5	27585.0	23385.75	26366.55
17	150-100-30+ 80K ₂ O	27998.25	27420.0	21985.5	26268.0	22804.5	25295.25
18	150-100-30+ 120K ₂ O	31371.25	26844.0	20257.25	29686.25	20833.25	25798.4
	Promedio - 18 Trat.	28086.75	27582.68	21160.23	27971.65	22609.30	25482.
	C.V. para 18 Trat.	8.35%	9.94%	15.48%	15.14%	16.31%	13.0%
	DMS 0.05 pa ra 18 Trat.	3329.65	3893.0	4649.63	5938.21	5236.15	4629.3

CUADRO No.23 Rendimientos obtenidos por tratamiento y por repetición expresados en kg/ha. Para la localidad de Chirijuyú en 1979.

Trat.No.	Repeticiones					Promedio (X)
	I	II	III	IV	TOTAL	
1	29543	31821	23050	22400	106814	26703. 5
2	30964	28985	26022	29971	115942	28985. 5
3	28571	29214	23700	25971	107456	26864. 0
4	31949	34587	24369	27340	118245	29561.25
5	22400	31821	23371	25321	102913	25728.25
6	29971	28000	21080	26681	105732	26433. 0
7	28571	32143	28250	24350	113314	28328. 5
8	33268	33594	27007	23384	117253	29313.25
9	31493	30514	28571	25650	116228	29057. 0
10	28652	29971	27340	24043	110006	27501. 5
11	28892	24350	21107	19800	94149	23537.25
12	34253	37217	29311	32282	133063	33265.75
13	28571	28250	22729	25321	104871	26217.75
14	26286	24735	22259	23742	97022	24255. 5
15	30304	35572	30964	31949	128789	32197.25
16	33268	29971	26348	23384	112971	28242.75
17	31623	32609	24703	23058	111993	27998.25
18	34253	37551	29971	23710	125485	31371.25

CUADRO No.24 Rendimientos obtenidos por tratamiento y por repetición expresados en kg/ha. Para la localidad de Chuí Pixcayá en 1979.

Trat.No.	Repeticiones					Promedio (X)
	I	II	III	IV	TOTAL	
1	23371	27921	33443	19807	104542	26135. 5
2	17790	23384	23058	22065	86297	21574.25
3	25000	26293	26621	24350	102264	25566. 0
4	28000	20420	20420	17130	85970	21492. 5
5	22729	17536	19800	23700	83765	20941.25
6	27340	25036	16797	20754	89927	22481.75
7	19807	24029	23050	26293	93179	23294.75
8	23058	21739	26681	17456	88934	22233. 5
9	19807	22729	22079	21429	86044	21517. 0
10	24377	17790	24043	17456	83666	20916. 5
11	25971	23050	24350	17536	90907	22726.75
12	24377	26674	22725	20754	94530	23632. 5
13	24350	20457	28893	25000	98700	24675. 0
14	17007	19789	17626	20102	74524	18631. 0
15	23058	22724	26022	24703	96507	24126.75
16	30630	17790	26022	19101	93543	23385.75
17	24377	17761	32609	16471	91218	22804. 5
18	18116	25036	24043	16138	83333	20833.25

CUADRO No.25. Rendimientos obtenidos por tratamiento y por repetición expresados en kg/ha. Para la localidad de Xenimajuyú en 1979.

Trat. No.	Repeticiones					Promedio (X)
	I	II	III	IV	TOTAL	
1	26950	26300	33114	31493	117857	29464.25
2	30630	27667	24959	24703	107959	27000.75
3	30193	26300	25643	29543	111679	27919.75
4	19435	25688	30964	29311	105398	26349.50
5	21750	25321	24350	24679	96100	24025.0
6	25688	26022	25688	24043	101441	25360.25
7	31171	25650	28250	30843	115914	28978.50
8	28659	29645	33268	30304	121876	30469.0
9	30843	30193	26943	27921	115900	28975.0
10	27340	26022	28326	31623	113311	28327.75
11	29221	30193	29221	19479	108114	27028.50
12	32935	22398	28000	27340	110673	27668.25
13	31171	25321	28250	31493	116235	29058.75
14	21646	27830	28755	26592	104823	26205.75
15	25246	32935	31290	33007	132478	33119.50
16	29311	28000	28326	24703	110340	27585.0
17	26022	25688	26681	26681	105072	26268.0
18	27667	33594	25036	32448	118745	29686.25

CUADRO No.26. Rendimientos obtenidos por tratamiento y por repetición expresados en kg/ha. Para la localidad de Pampay en 1979.

Trat. No.	Repeticiones					Promedio (X)
	I	II	III	IV	TOTAL	
1	22729	25321	20129	18507	86686	21671.5
2	22398	20754	23384	21080	87616	21904.0
3	20129	18829	21429	21429	81816	20454.0
4	23384	19761	27007	23284	93536	23384.0
5	21429	21750	24029	18829	86037	21509.25
6	24369	17456	20746	22725	85296	21324.0
7	20457	28250	23700	19807	92214	23053.5
8	16138	20087	19435	19437	75097	18774.25
9	25000	24350	22729	20779	92858	23214.5
10	11196	19101	20754	17783	68834	17208.5
11	15907	17207	15586	17857	66557	16639.25
12	15478	21080	29311	26681	92550	23137.5
13	18179	26950	25321	20457	90907	22726.75
14	15150	21952	22265	18245	77612	19403.0
15	14493	27667	25761	20094	88015	22003.75
16	27340	21413	23384	16797	88934	22233.50
17	21080	21739	19101	26022	87942	21985.50
18	17790	24369	18116	20754	81029	20257.25

CUADRO No.27 Rendimientos obtenidos por tratamiento y por repetición expresados en kg/ha. Para la localidad de Rincón Grande en 1979.

Trat.No	Repeticiones					Promedio (X)
	I	II	III	IV	TOTAL	
1	24350	29543	29871	23700	107464	26866. 0
2	28000	27340	33927	28000	117267	29316.75
3	27271	32493	33443	27271	119478	29868.50
4	30956	33927	29645	28000	122528	30632. 0
5	25971	29221	26300	23050	104542	26135. 5
6	25362	30304	27340	28659	111665	27916.25
7	29221	26621	26621	25000	107463	26865.75
8	26348	22725	35898	24703	109674	27418. 5
9	27600	33114	26950	29543	117207	29301.75
10	22398	27340	30964	27340	108042	27010.50
11	17857	21107	20129	18829	77922	19480. 5
12	22725	28000	33268	28000	111993	27998.25
13	28250	30514	32464	26621	117849	29462.25
14	21027	21952	19483	25973	88435	22108.75
15	28659	31290	31623	34253	125825	31456.25
16	27007	33268	33268	28000	121543	30385.75
17	23710	30304	28326	27340	109680	27420. 0
18	27007	28000	23058	29311	107376	26844. 0

Las figuras 3 , 4 , 5 , 6 , y 7 por su parte ilustran la respuesta por sitio de los factores en estudio pero únicamente de los primeros 14 tratamientos y la figura 8 la respuesta promedio de las 5 localidades al utilizar para su trazo el método gráfico-estadístico original, propuesto por Turrent (19).

Para medir el efecto del N, sobre el rendimiento en términos de las medias generales por tratamiento y para las cinco localidades, se consideraron los tratamientos con los números 9, 1 y 5, en donde el N varió de 100 a 125 y a 150 kg/ha con niveles fijos de P_{205} y D.S. - (50kg/ha y 0.25 m); respectivamente .

Puede observarse (Cuadro 22) a nivel de promedio general, que esta situación condujo a una baja en el rendimiento por ha, pues mientras con el tratamiento 9 se produjeron 26413.05 kg de papa/ha, con los tratamientos 1 y 5 se lograron 26168.15 y 23667.85 kg/ha.

Aunque estas bajas en el rendimiento no son estadísticamente significativas, si dan idea de que el uso más allá de los 100 kg de N/ha debe empezar a verse con más cuidado en el área cuando esté interactuando con los otros dos factores, ya que adicionalmente se elevan los costos de producción, si se recuerda que a nivel de la discusión del factorial 2^3 , esta situación también se manifestó, se corrobora la interacción entre los factores y las condiciones propias de los sitios experimentales pues parece ser que el cultivo de trigo anterior en los sitios expe-

rimentales dejó efectos residuales de nitrógeno.

Al hacer un análisis similar al anterior, pero por localidad, se detectó respuesta positiva pero no significativa en Xenimajuyú y Chuí Pixcayá pero solamente cuando se pasó de 100 a 125 kg de N/ha, en cambio en el resto de localidades esta situación produjo efectos negativos sobre el rendimiento aún cuando no llegaron a ser significativos.

Si ahora se compara el tratamiento-número 4 contra el número 8 y el número 10, en donde el N varió de 125 a 150 y a 175 kg/ha, con niveles fijos de P_2O_5 y DS, pero ahora de 100 kg/ha y 0.30 m, entre matas, vemos nuevamente que se produce un efecto negativo sobre el rendimiento para el promedio de las 5 localidades del mismo orden que el encontrado en la discusión de los tratamientos 9, 1 y 5, esto nos conduce a pensar que a nivel también de promedio general el hecho de elevar el fósforo de 50 a 100 kg/ha no favoreció una mayor producción ni tampoco la favoreció el aumento en 5 cm. en la distancia de siembra.

CUADRO No. 28 Efectos factoriales medios significativos obtenidos mediante el algoritmo de Yates para el factorial 2^3 y por sitio experimental.

Efectos Factoriales Medios	SITOS EXPERIMENTALES				
	Chirijuyú	Xenimajuyú	Rincón Grande	Chuí Pixcayá	Pampay %
N	577.8 NS	-472.6 NS	-2087.1 *	-1454.2 NS	-668.1 NS 20
P	1554.2 NS	1969.4 NS	1137.8 NS	363.5 NS	-185.7 NS 0
NP	1186.1 NS	3061.7 *	-1021.6 NS	689.1 NS	-317.0 NS 20
D	1167.2 NS	-304.7 NS	1386.7 NS	-2038.9 NS	-325.5 NS 0
ND	822.4 NS	1717.6 NS	-219.9 NS	2278.5 NS	-1906.7 * 20
PD	173.8 NS	264.9 NS	-729.1 NS	-528.5 NS	-349.1 NS 0
NPD	33.8 NS	-187.2 NS	115.1 NS	-772.4 NS	-1697.9 NS 0
EMS	1828.85	2,065.73	1,918.48	2,115.50	2,872.17

*: Significativo al 5%

NS: No significativo al 5%.

Este hecho conduce a pensar que hasta esta etapa, el mejor tratamiento a considerar sería el que tiene 125 kg de N y 50 kg de P_{205} /ha y una distancia de 0.30 m. cuyo costo de aplicación también es menor.

El análisis por localidad (Cuadro 22) reitera lo discutido anteriormente para 4 de ellas, no así para Xenimajuyú en donde se presentó una tendencia ligera a incrementarse los rendimientos por el aumento de 125 a 150 kg de N/ha, pero este aumento no resultó ser significativo. Estas tendencias son ilustradas en mejor forma en las figuras - 3 , 4 , 5 , 6 y 7 , cuyas curvas aparecen identificadas como N-50-25 y N-100 - 30.

8.2.5 Del efecto del fósforo a nivel de matriz experimental sobre el rendimiento de papa.

Para conocer la respuesta de la papa a las aplicaciones crecientes de P_{205} (0, 50, 100 y 150 kg/ha) a niveles también crecientes de N y D.S. se analizaron las respuestas a nivel de medias generales para las 5 localidades y por localidad.

Así, al comparar los tratamientos con los números 11, 1 y 3 en los que el P_{205} varía de 0 a 50 y a 100 kg/ha a un nivel constante de 125 kg de N/ha y 0.25 m. entre matas, observamos que a nivel de media general, se produjeron los siguientes rendimientos por nivel creciente de P_{205} : 21882.45, 26168.15 y 26134.65 kg/ha, lo cual es indicativo de que para el nivel de 125 kg. de N/ha (Óptimo hasta ahora discutido) el cultivo respondió con un incremento de 4285.70 kg/ha cuando se pasó de 0. a 50 kg/ha de aquel nutrimento, incremento que aunque no resultó ser significativo de acuerdo al comparador utilizado (Ver Cuadro 22) agrónomicamente es atractivo para cualquier agricultor ya que paga los costos - (Cuadro 37). La respuesta a 100 kg de P_{205} /ha fué prácticamente igual que con el nivel inferior por lo que no convendría su aplicación.

Al hacer igual tipo de comparaciones pero por localidad, se observa la misma tendencia que para el caso anterior, únicamente que para la localidad de Rincón Grande, se manifestó un ligero incremento al pasar de 50 a 100 kg. de P_{205} /ha, aunque no llegó a ser estadísticamente significativo. Esta respuesta positiva puede estar asociada con los valores más bajos de fósforo natural encontrados en el suelo, pues en promedio para las dos profundidades muestreadas el contenido fué de 3.87 ug/ml, valor muy por debajo del nivel crítico para P_{205} , y también a la mayor producción de papa obtenida en ese lugar, 29869.5 kg/ha, que obviamente extrajo más fósforo del suelo.

Esta respuesta está claramente ilustrada en la figura 4 para la curva 125-P-25, que fué justamente donde se trazó la dosis óptima económica para P_{205} .

Cuando se comparó la respuesta de niveles crecientes de P_2O_5 /ha (50, 100 y 150) pero aumentando a un nivel fijo de 150 kg de N/ha y aumentando la distancia a 0.30 m. entre posturas, se manifestó una ligera tendencia a aumentarse los rendimientos al pasar de 50 a 150 kg de P_2O_5 /ha, pero esta no resultó significativa y comparando los rendimientos con los obtenidos a niveles más bajos de N y D.S., tampoco se manifiesta gran diferencia en los rendimientos.

Al estudiar estos mismos tratamientos por localidad, la tendencia es consistente a la anterior, para Rincón Grande, Pampay y Chuí Pixcayá, no así para Xenimajuyú, en donde para la primera localidad se presentó un incremento de 5108.75 kg de papa/ha al pasar de 50 a 100 kg de P_2O_5 /ha, lo que indica una clara interacción NPD para ese sitio en particular, como se muestra claramente al analizar los tratamientos de la parte factorial de la matriz para ese sitio experimental. Aunque ese incremento no llegó a ser significativo, si debe ser considerado para estudios posteriores.

Para el caso de Chirijuyú, que como ya se discutió, tenía los niveles naturales más bajos de P_2O_5 sí se manifestó una clara respues-ta positiva y significativa al incremento de nutrimento fósforo a niveles también altos de N, dando este sitio la más clara idea de la fuerte interacción NP, la cual se evidencia aún mucho más, al observar en la figura 3 las curvas identificadas con N-100-25 y N-50-20 cuyos rendimientos para los puntos extremos por curva respectivamente son 28328.50 y 25728.25 kg/ha de papa, notándose muy claramente que la baja en la producción para N-50-25 es debido justamente a la disminución de 50 kg de P_2O_5 /ha.

Por razones agroecológicas que no se conocen a fondo, la variedad evaluada (Atzimba) en este sitio manifestó su alto potencial de producción, lo cual a su vez condujo a una mayor demanda nutricional, de ahí las respuestas discutidas.

Estos resultados son coincidentes con lo que se menciona por ICTA (9) en el sentido de que se detectó respuesta a N entre 125.4 a 318.7 kg/ha en el altiplano de Guatemala y que para el caso del P $_2O_5$ la respuesta se observó desde 87.4 a 163.4 kg/ha, para una media de producción de 23.72 T.M./ha; y con lo encontrado en trabajos realizados en México (3) en donde se detectó una alta respuesta al P_2O_5 en interacción con el nitrógeno (tipo sinérgico).

8.2.6 Del efecto de la distancia entre plantas sobre el rendimiento de papa.

En relación a estudios sobre distanciamientos de siembra en papa, la literatura revisada no aporta mayores datos, seguramente por-que estudios anteriores al respecto, definieron los mejores distanciamientos para la evaluación nutricional posterior en muchos países.

Para el caso de Guatemala y en virtud de que en estudios anteriores el factor distancia entre matas no había sido contemplado, además de que a nivel de campo se detectó que no se usa por los paperos una distancia bien definida entre matas, no así entre surcos donde lo más común es utilizar 0.90 m, se consideró de importancia evaluar 4 distanciamientos entre matas (0.20, 0.25, 0.30 y 0.35 m.) en virtud de que uno de los insumos más caros en este cultivo es justamente la semilla y el volumen utilizado es función directa del distanciamiento.

Las distancias evaluadas generaron 55,555,44,444, 37037 y - 31746 plantas/ha respectivamente.

La respuesta del cultivo a diferentes distanciamientos se discute inicialmente al comparar los tratamientos 13, 1 y 2 en donde tanto el N como el P_{205} quedaron fijos a los niveles 125 y 50 kg/ha respectivamente. Si se observan los rendimientos para estos tratamientos en el cuadro 22 se notará que el cambio en las distancias no produjo alteraciones en el rendimiento a los niveles de N y P_{205} que hasta ahora han resultado ser las mejores, como consecuencia esto implica que la distancia 0.30 m. entre plantas, una de las más bajas poblaciones y económicamente más baratas de aplicar, sería la recomendable a nivel del promedio de las 5 localidades.

Al realizar un análisis similar, evaluando el rendimiento logrado al cambiar las distancias de 0.25 a 0.30 y a 0.35 m, pero con 150 kg de N y 100 kg de P_{205} fijos (Tratamientos 7, 8 y 14), se observa que las producciones de papa a 0.25 y 0.30 son prácticamente iguales, sin embargo cuando el distanciamiento se abre a 0.35 m, el rendimiento baja respecto a la distancia 0.30 m, en 3520.90 kg/ha y aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa, da una idea clara de que los extremos del espacio de exploración evaluados no son aconsejables y por consiguiente el mejor distanciamiento parece ser 0.30 m.

A nivel de localidades, los resultados son similares dando idea de una marcada consistencia sobre las ventajas del uso de los 0.30 m, como distancia entre matas.

Las figuras 3, 4, 5, 6 y 7 ilustran con más detalle las tendencias ya discutidas en cuanto al factor distancia estudiado.

8.2.7 De la respuesta del cultivo de papa al tratamiento "Testigo".

El tratamiento que muchos agricultores emplean en la región de estudio, consiste en utilizar 100 kg de N, 70 kg de P_{205} y 70 kg de K_{20} /ha, con un distanciamiento muy cercano a los 0.30 m (37037 plantas/ha), nutrimentos que logran aplicar mediante una fórmula como el triple quin ce, complementando el N mediante Urea (46% de N).

Con el propósito de verificar las posibilidades de esta formulación y distanciamiento en la región y poder hacer el análisis económico

co en la presente investigación, se incluyó en todos los sitios experimentales como el tratamiento número 15 (Ver cuadro 6).

Al observar los rendimientos a nivel de media para las 5 localidades, este tratamiento obtuvo el mayor rendimiento pero no superó significativamente y estadísticamente a los mejores tratamientos ya discutidos dentro de la matriz; e inclusive a nivel de sitios, sus rendimientos fueron menores en 3 de ellos, aunque esta baja tampoco resultó ser significativa. Este efecto positivo de la dosificación nutricional utilizada - tradicionalmente, nos conduce a considerar aspectos como los siguientes: a) El distanciamiento utilizado es bastante adecuado de acuerdo a lo ya discutido con anterioridad, b) Decididamente existe un efecto residual de N en el campo por el cultivo de trigo anterior a la siembra de papa, que baja los requerimientos de fertilización por N hasta 100 - kg/ha. Esta tendencia ya fué observada en los tratamientos de la matriz experimental, pues el tratamiento 9 con 100 kg de N, 50 kg de P_2O_5 y una distancia de 0.25 m, produjo 26431.05 kg de papa/ha, rendimiento que no difiere estadísticamente del testigo y que inclusive pudo dar mayores producciones si el distanciamiento hubiera sido de 0.30 m, dada la tendencia del factor distancia, c) Que a los niveles de N y P_2O_5 utilizados por el agricultor el K_2O imprima un mayor peso y calidad por fruto cosechado (lo cual no fué medido) porque a niveles de N y P_2O_5 mayores el K_2O no produjo mayor impacto (Ver rendimientos de tratamientos 16, 17 y 18), aunque esta última consideración no parece tener aplicación a las condiciones de Guatemala en donde los niveles naturales de K_2O son elevados (Ver cuadro 5) y coincide con lo encontrado por ICTA (9) en ensayos para evaluar diferentes niveles de K_2O en el altiplano de Guatemala, en el sentido de que no se presentó respuesta significativa y positiva cuando el contenido natural de este nutrimento era de 213 ug/ml. y d) Que el agricultor eventualmente podría continuar aplicando su fertilización en tanto se logran mayores resultados al respecto.

8.2.8 Del efecto del potasio a través del uso de "contrastes".

De acuerdo con la técnica propuesta por Turrent (19), el efecto de otros factores de la producción pueden ser estudiados aprovechando la estrategia de construcción de la matriz experimental, a fin de ir logrando definir, a través de diferentes estudios sucesivos sobre un cultivo o sistema de cultivos, el camino del "ascenso máximo", o sea el que permite una mayor productividad al conocer el óptimo en que deben ser aplicados los factores de la producción.

Sobre esta base y considerando que el óptimo económico de los factores en estudio, se localiza alrededor o muy cerca del octavo tratamiento de la matriz (150-100-30), si se han seleccionado bien los espacios de exploración, es que debe tomarse dicho tratamiento como base y adicionarle aquel otro factor de nuestro interés para determinar si efectivamente algunos niveles del mismo, pueden producir cambios po-

sitivos en la producción, que ameriten en una nueva experiencia de campo ser incluidos dentro de la matriz de tratamientos.

Conociéndose de los efectos benéficos del K_2O sobre los cultivos, los datos reportados por la literatura y la aplicación de este nutrimento por el agricultor, se evaluaron los niveles 40, 80 y 120 kg de Potasio/ha, en presencia de 150 y 100 kg de N y P por hectárea - como niveles fijos, así como la distancia de 0.30 metros (Tratamientos 16, 17 y 18 del cuadro 6).

Dichos "contrastes" no produjeron a nivel del promedio de las 5 localidades un efecto substancialmente benéfico sobre el rendimiento, si se compara con el tratamiento 8 que no tiene potasio, como tampoco se nota un incremento en el rendimiento a medida que crece la dosis de K_2O entre "contrastes".

Haciendo el mismo tipo de comparación pero por sitio experimental, la situación prácticamente es la misma, excepto para la localidad de Painpay en donde el "contraste" con 40 kg de P_2O_5 /ha superó al tratamiento de referencia en 3459.25 kg/ha, incremento que es considerable aunque no significativo estadísticamente, pues produce un incremento en el ingreso del orden de los Q. 270.16/ha, con solamente un gasto adicional de Q. 15.60.

Esta respuesta positiva al K_2O podría estar relacionada con el hecho de que esta localidad no solamente tuvo el promedio de nutrimento más bajo (165 ug/ml) sino que tuvo menos días de lluvia y coadyuvando el K_2O al uso más racional de agua en el suelo y en la planta, una aplicación adicional de 40 kg/ha hubieran favorecido una mejor fisiología vegetal.

8.2.9 De la determinación de Dosis Óptimas Económicas de N, P_2O_5 y D.S. para Capital Ilimitado (DOECI) y Limitado (DOECL) por sitio experimental y para el promedio de las 5 localidades.

8.2.9.1 Para Capital Ilimitado (DOECI).

El análisis del Cuadro 22 y que resume los resultados de los Efectos Factoriales Médios sobre el rendimiento del cultivo, señaló claramente la necesidad de buscar en las "prolongaciones" evaluadas para los factores en estudio, alguna posibilidad de encontrar sobre ellas la DOECI.

Con ese propósito, fueron trazadas las curvas por factor estudiado que se muestran en las figuras 3, 4, 5, 6 y 7 por localidad y en la figura 8 para el promedio de todas ellas. Luego siguiendo la técnica propuesta por Estrada (6) y que ya fuera descrita en el capítulo de materiales y métodos se trazó el triángulo de relación insumo-producto dando las Dosis Óptimas Económicas que describen las líneas

perpendiculares al eje de las abscisas en cada una de las figuras en -
mención y cuyas dosis para N, P_{205} y D.S. se resumen en el Cuadro

En dicho Cuadro, como en las figuras, puede notarse que en 4 de las 5 localidades, 125 kg de N/ha fué óptimo y 150 kg de N/ha para Xenimajuyú, en cambio para P_{205} el óptimo varió de 56.25 a 100 y a 150 kg/ha, considerándose que el bajo nivel requerido en Chuí Pixcayá (56.25 kg/ha) se debió al alto nivel natural de este nutrimento encontrado en el suelo (31.5 ug/ml) y a su buen contenido de materia orgánica inclusive hasta los 0.40 m, (Ver Cuadro 5).

En cuanto a las dosis óptimas para distancias entre matas, esta varió 0.25 hasta 0.32 m, con una media de 0.289 m.

Al promediar a nivel de las 5 localidades las DOECI se obtiene - la siguiente recomendación inicial: Aplicar 130 kg de N y 111.25 kg - de P_{205} /ha, con un distanciamiento entre matas de 0.289 m, (28314 - plantas/ha) para esperar un rendimiento medio de 28.03 Ton/ha (431 qq/mz.)

En el cuadro 34 es también observable la marcada diferencia en rendimientos esperados para Chirijuyú y Pampay, pues mientras para la primera localidad fué de 30.61 Ton/ha (472 qq/mz.), para la segunda fué de 23.20 Ton/ha (357.28 qq/mz) con iguales dosificaciones de N y P_{205} , no así en cuanto a distanciamiento, porque en Pampay fué de 0.25 m, mientras en Chirijuyú de 0.31 m, lo cual era de esperarse para Pampay, pues las condiciones propias de ese sitio requirieron mayor población de plantas/ha para alcanzar mejores rendimientos.

8.2.9.2 Para Capital Limitado (DOECL).

Estrada (6) propone una metodología para la determinación de las dosis óptimas económicas para escaso capital (ya fué descrita en el Capítulo de materiales y métodos) tomando básicamente en consideración, sólo aquellos tratamientos que resultaron estadísticamente significativos dentro del factorial (2^3) y dentro de las "Prolongaciones" y refiriéndolos en términos económicos al testigo del agricultor.

Dichos tratamientos, sus rendimientos, su costo variable (C.V.), el incremento en rendimiento con relación al Testigo (ΔY) el incremento en ingreso neto (ΔIN) y la relación $\Delta IN/CV$, llamada tasa marginal de retorno al capital con relación al testigo, se presentan por localidad en los cuadros 29, 30, 31, 32 y 33 .

Este análisis es rígido en cuanto a que de todos los tratamientos que entran en el análisis, uno es el seleccionado o el testigo, pero nada puede decirse sobre la posibilidad existente entre dos tratamientos, -

CUADRO No. 29 Determinación de la Dosis Optima Económica para capital limitado mediante la tasa marginal de retorno al capital ($\Delta IN/CV$). Chirijuyú. 1979.

No. Trat.	N _i kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	DS cm	K ₂ O kg/ha	Y TM/ha	CV Q/ha	ΔY TM/ha	ΔIN Q/ha	$\Delta IN/CV^*$
2	125	50	30		27.74	96.7	-4.46	-445.03	-4.60
11	125	0	25		23.54	208.06	-8.66	-884.41	-4.25
12	150	150	30		33.27	182.10	1.07	-98.53	-0.54
14	150	100	35		24.26	39.59	-7.94	-659.70	-16.66
Testigo	100	70	30	70	32.20	112.28			

* Cuando la relación $\Delta IN/CV$ es negativa significa que el testigo es la Dosis Optima Económica.

CUADRO No. 30 Determinación de la Dosis Optima Económica para capital limitado mediante la tasa marginal de retorno al capital ($\Delta IN/CV$). Rincón Grande. 1979.

No. Trat.	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	DS cm	K ₂ O kg/ha	Y TM/ha	CV Q/ha	ΔY TM/ha	ΔIN Q/ha	$\Delta IN/CV$
2	125	50	30		29.17	96.7	-2.29	-275.55	-2.85
6	150	50	30		27.087	108.70	-4.37	-450.23	-4.14
11	125	0	25		19.48	208.06	-11.98	-1243.69	-5.50
14	150	100	35		22.11	39.59	-9.35	-769.82	-19.44
Testigo	100	70	30	70	1.46	112.28			

CUADRO No. 31 Determinación de la Dosis Optima Económica para capital limitado mediante la tasa marginal de retorno al capital ($\Delta IN/CV$). Pampay. 1979.

No. Trat.	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	DS DS	K ₂ O kg/ha	Y TM/ha	CV Q/ha	ΔY TM/ha	ΔIN Q/ha	$\Delta IN/CV$
1	125	50	25		21.06	244.76	-0.94	-318.17	-1.30
2	125	50	30		22.64	96.70	0.64	-46.72	-0.48
5	150	50	25		22.28	256.76	0.28	-234.89	-0.91
6	150	50	30		20.04	108.70	-1.96	-261.78	-2.41
11	125	0	25		16.64	208.06	-5.36	-626.68	-3.01
12	150	150	30		23.18	182.10	1.18	-89.94	-0.49
Testigo	100	70	30	70	22.0	112.28			

CUADRO No. 32 Determinación de la Dosis Optima Económica para capital limitado mediante la tasa marginal de retorno al capital (Δ IN/CV). Xenimajuyú. 1979.

No. Trat.	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	DS cm	K ₂ O kg/ha	Y TM/ha	CV Q/ha	Δ Y TM/ha	Δ IN Q/ha	Δ IN/CV
2	125	50	30		28.23	96.7	-4.89	-478.61	-4.95
4	125	100	30		27.14	133.40	-5.98	-600.44	-4.50
6	150	50	30		24.69	108.70	-8.43	-767.08	-7.06
8	150	100	30		29.73	145.40	-3.39	-410.16	-2.82
14	150	100	35		26.21	39.59	-6.92	-580.04	-4.65
Testigo	100	70	30	70	33.12	112.28			

CUADRO No. 33 Determinación de la Dosis Optima Económica para capital limitado mediante la tasa marginal de retorno al capital (Δ IN/CV). Chuí Pixcayá. 1979.

No. Trat.	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	DS cm	K ₂ O kg/ha	Y TM/ha	CV Q/ha	Δ Y TM/ha	Δ IN Q/ha	Δ IN/CV
2	125	50	30		22.96	96.70	-1.167	-187.84	-1.94
14	150	100	35		18.63	39.59	-5.50	-469.14	-11.85
Testigo	100	70	30	70					
	más 70 kg/ha		K ₂ O		24.13	112.28			

CUADRO No. 34 Dosis Optimas Económicas de N, P₂O₅, DS y rendimientos esperados, para capital Ilimitado y Limitado, determinados mediante el método gráfico-estadístico

FACTOR	L O C A L I D A D E S					
	Chirijuyú	Rincón Grande	Pampay	Xenimajuyú	Chuí Pixcayá	$\bar{X}$
<u>DOECI</u>						
N (Kg/ha)	125.00	125.00	125.00	150.00	125.00	130.00 **
P ₂ O ₅ (Kg/ha)	150.00	100.00	150.00	100.00	56.25	111.25
DS (m.)	0.31	0.30	0.25	0.32	0.226	0.29
$\bar{Y}$ * en TM/ha	30.61	29.94	23.20	30.26	26.16	28.03
<u>DOECL</u>						
N (Kg/ha)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00 ***
P ₂ O ₅ (Kg/ha)	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
K ₂ O (Kg/ha)	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
DS (m.)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
$\bar{Y}$ en TM/ha	32.20	31.46	22.00	33.12	24.13	28.58

* $\bar{Y}$ = Rendimiento Esperado

** DOECI = 8.54 quintales por manzana de 16-20-0 + 1.44 quintales de Urea.

*** DOECL = 7.2 quintales por manzana de 15-15-15 + 1.00 quintal de Urea.

sin embargo, como el análisis económico está referido al testigo, el resultado es un buen indicador de riesgo económico asociado con la tecnología propuesta a la hora de su selección.

Al revisar detenidamente el análisis económico por localidad - (Cuadros 29, 30, 31, 32 y 33) se observa que en todas ellas siempre hubo un tratamiento dentro de la matriz evaluada que tuvo un menor costo variable que el testigo, sin embargo, cuando se calculó ΔY , éste resultó negativo para todos los tratamientos de Rincón Grande, Xenimajuyú y Chui Pixcayá, indicando uno que para estas localidades - el testigo tuvo mayores producciones, y sólo en Chirijuyú y Pampay se presentaron 1 y 2 tratamientos por sitio respectivamente que superaron en rendimiento al testigo, a pesar de ello, a la hora de calcular ΔIN - fué negativo, porque los ΔY para el caso de Pampay fueron muy pequeños y para el caso de Chirijuyú aunque fué del orden 1.07 Ton, el C.V. para el tratamiento 12 superó en Q. 69.81 lo que hizo nuevamente un $\Delta IN/CV$ para los tratamientos de comparación cuyo valor resultó ser - de tipo negativo, significando ello que la tasa marginal de retorno al capital para aquellos tratamientos estadísticamente significativos para el análisis preliminar están por debajo del testigo, en cuyo caso, para capital escaso, el agricultor debe continuar utilizando su tecnología, (100 kg de N y 70 kg de P_2O_5 /ha y 0.30 m, como distancia de siembra) en - tanto nuevas investigaciones pueden ser generadas para bajar los costos y elevar los rendimientos de papa en el área. El K_2O puede también usarlo.

En todo caso, a nivel del promedio para las 5 localidades, el rendimiento esperado tanto para capital ilimitado como limitado resultó - ser prácticamente el mismo (ver cuadro 34) únicamente que con la tecnología propuesta debe hacerse un gasto adicional de Q. 59.81/ha por - un incremento adicional en N y P_2O_5 /ha pero el ingreso neto* que es de Q. 1997.05/ha aún sigue siendo atractivo para los agricultores que deciden aplicar esta tecnología.

En cuanto al ingreso neto promedio esperado para la tecnología - del agricultor este es del orden de los Q. 2119.82/ha o sea Q. 122.77/ha de ingreso adicional que con las dosis óptimas económicas determinadas para capital ilimitado en la presente investigación.

Un aspecto sobresaliente que cabe señalar finalmente, es que el - mejor distanciamiento en ambas tecnologías, resultó ser singularmente muy semejante (0.30 m, y 0.29 m. entre matas) dándole esto consistencia al estudio en cuanto a este factor de la producción que a la fecha no había sido evaluado en Guatemala tan exhaustivamente y en donde desde

* Ingreso neto obtenido al restar únicamente al ingreso bruto los costos variables.

CUADRO No. 35 Costos de producción de papa por manzana con tecnología propuesta, para el período julio 1979 a julio 1980. Chimaltenango.

COSTOS DIRECTOS	UNIDAD	No.	COSTO/UNIDAD	COSTO PARCIAL	
Labores					
Aradura y rastreo	cuerda	6.25	Q. 7.00	Q. 43.75	
Surqueado	jornal	2.00	Q. 2.00	Q. 4.00	
Mano de obra:					
1a.Fertilización	jornal	1.5	Q. 2.00	Q. 3.00	
Desinfestación	jornal	0.5	Q. 2.00	Q. 1.00	
Tratamiento de semilla					
lla	jornal	1.0	Q. 2.00	Q. 2.00	
Siembra	jornal	13.0	Q. 2.00	Q. 26.00	
Limpia	jornal	10.0	Q. 2.00	Q. 20.00	
Aporque y 2a.Fert.	jornal	12.0	Q. 2.00	Q. 24.00	
Control de plagas y enfermedades	jornal	16.0	Q. 2.00	Q. 32.00	
Defoliación	jornal	2.0	Q. 2.00	Q. 4.00	
Cosecha, clasificación y encajado	jornal	31.0	Q. 2.00	Q. 62.00	Q.221.75
Insumos					
Semilla	caja	30.0	Q.15.00	Q.450.00	
Fertilizante	N kg/ha	130.0	Q. 0.48		
	P ₂ O ₅ kg/ha	111.0	Q. 0.73	Q.100.40	Q.550.40
Insecticidas					
Al suelo	libras	50.0	Q. 0.60	Q. 30.00	
Al Follaje	libras	6.0	Q.10.00	Q. 60.00	
Al defoliado	libras	10.0	Q. 0.25	Q. 2.50	Q. 92.50
Fungicidas					
Al suelo y semilla	libras	18.0	Q. 1.85	Q. 32.40	
Al follaje	libras	20.0	Q. 1.50	Q. 30.00	
Adherente	litros	3.0	Q. 2.75	Q. 8.25	
Defoliante	litros	1.0	Q.12.00	Q. 12.00	Q. 82.65
TOTAL COSTOS DIRECTOS:				Q.947.30	
COSTOS INDIRECTOS					
Intereses 5% SCD				Q. 47.37	
Administración 10% SCD				Q. 94.73	
Alquiler de tierra				Q. 97.75	Q.239.85
COSTO TOTAL:				Q.1187.21	
Producción	431.6 qq/mz				
Ingreso bruto			Q.1532.4		
Ingreso neto			Q. 345.25		
Rentabilidad				27. %	

CUADRO No. 36 Costos de producción de papa por manzana con tecnología tradicional, para el período julio 1979 a julio 1980, Chimaltenango.

COSTOS DIRECTOS	UNIDAD	No.	COSTO/UNIDAD	COSTO PARCIAL
Labores				
Aradura y rastreo	cuerda	6.25	Q. 7.00	Q. 43.75
Surqueado	jornal	2.00	Q. 2.00	Q. 4.00
Mano de Obra:				
1a. Fertilización	jornal	1.05	Q. 2.00	Q. 3.00
Desinfestación	jornal	0.5	Q. 2.00	Q. 1.00
Tratamiento de semilla				
lla	jornal	1.0	Q. 2.00	Q. 2.00
Siembra	jornal	13.0	Q. 2.00	Q. 26.00
Limpia	jornal	10.0	Q. 2.00	Q. 20.00
Aporque y 2a. Fert.	jornal	12.0	Q. 2.00	Q. 24.00
Control de plagas y enfermedades	jornal	16.0	Q. 2.00	Q. 32.00
Defoliación	jornal	2.0	Q. 2.00	Q. 4.00
Cosecha, clasificación y encajado	jornal	31.0	Q. 2.00	Q. 62.00
				<u>Q. 221.75</u>
Insumos				
Semilla	caja	30.0	Q. 15.00	Q. 450.00
Fertilizante	N kg/ha	70.0	Q. 0.48	
	P ₂ O ₅ kg/ha	49.0	Q. 0.73	
	K ₂ O kg/ha	49.0	Q. 0.39	Q. 88.48
				<u>Q. 538.48</u>
Insecticidas				
Al suelo	libras	50.0	Q. 0.60	Q. 30.00
Al follaje	libras	6.0	Q. 10.00	Q. 60.00
Al defoliado	libras	10.0	Q. 0.25	Q. 2.50
				<u>Q. 92.50</u>
Fungicidas				
Al suelo y semilla	libras	18.0	Q. 1.85	Q. 32.40
Al follaje	libras	20.0	Q. 1.50	Q. 30.00
Aderente	litros	3.0	Q. 12.00	Q. 12.00
				<u>Q. 82.65</u>
TOTAL COSTOS DIRECTOS:				<u>Q. 935.38</u>
COSTOS INDIRECTOS				
Intereses 5% SCD				Q. 46.77
Administración 10% SCD				Q. 93.54
Alquiler de tierra				Q. 97.75
				<u>Q. 238.06</u>
COSTO TOTAL:				<u>Q. 1173.44</u>
Producción	440 qq/mz			
Ingreso bruto			Q. 1562.0	
Ingreso neto			Q. 388.56	
Rentabilidad				33 %

CUADRO No. 37 Ingresos netos obtenidos por tratamiento y para el promedio de las 5 localidades.

No. Trat.	Niveles			Rend. medio kg/ha	Ingreso bruto Q/ha	Cost. Variables Q/ha	Ingreso neto* Q/ha
	N	P ₂ O ₅	DS				
1	125	50	25	21168.15	2043.73	244.76	1798.97
2	125	50	30	25756.25	2011.56	96.70	1914.86
3	125	100	25	26134.65	2041.12	281.46	1759.66
4	125	100	30	26283.90	2052.77	133.40	1919.37
5	150	50	25	23667.85	1848.5	256.76	1591.74
6	150	50	30	24703.05	1929.31	108.70	1820.61
7	150	100	25	26104.20	2038.74	293.46	1745.28
8	150	100	30	25641.70	2002.62	145.40	1857.22
9	100	50	25	26413.05	2062.86	232.76	1830.10
10	175	100	30	24192.95	1889.47	157.74	1731.73
11	125	0	25	21882.45	1709.02	208.06	1500.96
12	150	150	30	27140.45	2119.70	182.10	1937.60
13	125	50	20	26428.10	2064.03	96.70	1967.33
14	150	100	35	22120.80	1727.63	39.59	1688.04
15	100	70	30				
	+ 70 K ₂ O			28580.70	2232.15	112.28	2119.87
16	150	100	30				
	+ 40 K ₂ O			26366.55	2059.23	161.00	1898.23
17	150	100	30				
	+ 80 K ₂ O			25295.25	1975.60	176.60	1799.0
18	150	100	30				
	+ 120 K ₂ O			25798.4	2014.85	192.20	1822.65

* Ingreso neto obtenido únicamente al restar al ingreso bruto los costos variables.

un punto de vista práctico la distancia de 0.29 m determinada, viene a ser equivalente a 0.30 m pues la diferencia de 1 cm, se pierde por efectos de siembra y tamaño de tubérculos.

Tomando en consideración los costos totales de producción por manzana y por tecnología (Cuadros 35 y 36), los ingresos netos son ahora del orden de los Q.266.20 para capital ilimitado y Q.346.46 para limitado, muy superiores a otros cultivos tradicionales del área (maíz y trigo).

9. CONCLUSIONES

- a) Las dosis óptimas económicas determinadas para capital ilimitado sobre los factores en estudio, (N, P_{205} y DS), para el promedio de las cinco localidades, resultó ser de 130 kg de N y 111.25 kg de P_{205} /ha, y una distancia de siembra entre matas de 0.289 m (38314 plantas/ha) con lo cual se espera un rendimiento de 28.03 T/ha (431.66 qq/mz), sin embargo las dosis óptimas económicas fueron distintas por factor estudiado y por localidad, presentándose así mismo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, por lo que bajo estos resultados, se rechaza a un nivel de significancia del 5% la primera hipótesis planteada.
- b) Los ingresos netos medios esperados para la tecnología propuesta son del orden de los Q.262.20/mz (Q.380.67/ha) y de Q.346.46/mz (Q.495.44/ha) para la tecnología tradicional, superando a nivel de promedio general la tecnología del agricultor a la propuesta en Q. 114.77/ha, al considerar costos totales de producción.
- c) En la localidad de Chuf Pixcayá, la dosis óptima económica determinada superó en Q.65.00/ha al testigo en términos de ingreso neto, lo cual pone de manifiesto las condiciones muy particulares de este sitio experimental y las posibilidades de encontrar más adelante, los factores de la producción adecuados que minimicen los costos y eleven la productividad.
- d) La distancia de siembra óptima determinada a nivel de promedio de las cinco localidades y utilizando la matriz experimental Plan Puebla I resultó ser prácticamente igual a la utilizada por el agricultor (0.30 m entre matas).
- e) La dosis óptima económica para capital limitado en cuanto a N, no pudo ser determinada dentro del espacio de exploración utilizado en la construcción de la matriz experimental, pues el nivel de 100 kg/ha empleado, como extremo inferior estuvo por arriba de los requerimientos del cultivo bajo las condiciones del presente estudio, de acuerdo a los rendimientos obtenidos con el testigo.

- f) Sobre la base de la conclusión anterior, el análisis económico practicado para capital escaso (Cuadros 29, 30, 31, 32 y 33), el tratamiento testigo resultó ser el óptimo económico para capital limitado, lo cual permite aprobar la segunda hipótesis planteada y decir, que la tecnología que actualmente utilizan algunos agricultores de la región es bastante acertada y de bajo riesgo.
- g) No se detectó a nivel de sitio experimental ni a nivel del promedio de los mismos, una diferencia estadísticamente significativa en los rendimientos de los tres contrastes para estudiar efecto de potasio, con relación al tratamiento de referencia (No. 8 de la matriz experimental), aunque sí se observó una tendencia a elevarse los rendimientos de papa con el nivel más bajo de potasio evaluado (≤ 0 kg/ha), tratamiento número 16 del cuadro No. 6 de la matriz original.
- h) El estudio permitió detectar interacciones importantes entre nitrógeno, fósforo y condiciones agroecológicas por sitio experimental, las cuales serán tomadas en consideración en investigaciones futuras en el área sobre sistemas de producción agrícola.
- i) El estudio dió la oportunidad de conocer el potencial de rendimiento del cultivo de la papa dentro de la región llegándose a obtener hasta 33.26 TM/ha (558 qq/mz) en la localidad de Chirijuyú y aunque los costos son considerables, también lo son los ingresos netos para un período de sólo 4 meses, con lo cual a su vez se favorece la diversificación de cultivos, se hace un uso más racional de los recursos del agricultor y se mejora considerablemente el ingreso familiar.

BIBLIOGRAFIA

1. BROLO, J. C. Evaluación preliminar del contenido de fósforo y potasio en los suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976.
2. DEL VALLE B., R. La asociación maíz-frijol de guía sembrados en - surcos dobles (0.4 m entre par de surcos) con calles anchas de 2 metros, una alternativa para intercalar trigo en áreas de temporal. Tesis Mg. Sci. Chapingo, México, Colegio de postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, 1978. 274 p.
3. CASSERES, E. Producción de hortalizas. San José, Costa Rica, IICA-1980. 387 p.
4. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. s.n.t. 25 p.
5. ESTADOS UNIDOS. Instituto Nacional de Plantas Alimenticias. Manual de fertilizantes. Traducción Modesto Rodríguez de la Torre. México, Limusa, 1975. 292 p.
6. ESTRADA L., J. Metodología de la investigación utilizada para la obtención y análisis de resultados sobre prácticas mejoradas para la producción de cultivos. Guatemala, ICTA, 1978. 34 p. (mimeo).
7. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. Informe - anual 1973; programa de nutrición vegetal. Guatemala, 1974. 71 p.
8. _____. Resumen informe 1973-1974. Guatemala, 1974.
9. _____. Informe anual 1974. Programa de nutrición vegetal. Guatemala, 1975. 123 p.
10. _____. Informe anual julio 74 - junio 75. Guatemala, 1976. 258 p.
11. _____. Producción de semilla mejorada. Guatemala, 1980. 64 p.
12. GUTIERREZ, J.J. Comercialización de la papa en el municipio de San Juan Comalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976.
13. HERRERA, J. M. Determinación de Agrosistemas en el valle de Quezaltenango para el cultivo del maíz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, - Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. 111 p.
14. JACOB, A. y UEXKULL, H.v. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Traducido por L. López - Martínez de Alva. s.l. 1974. 626 p.
15. LITTLE, T.M. y JACKSON, H. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México, Trillas, 1978. 270 p.

- 16.- ORTIZ D., R. Aplicación práctica del enfoque de Agrosistemas para estratificar diferentes condiciones de producción de cultivos con el objeto de diseñar recomendaciones para la aplicación de fertilizantes químicos y estércoles al maíz de temporal en Totonicapán, Guatemala. Tesis - Mg. Sci. Chapingo, México, Colegio de postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, 1977. 149 p.
- 17.- SIMMONS, C.S., TARANO, y PINTO. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. 1000. p.
- 18.- SMITH, O. Potatoes: production, storing, processing. Mineral nutrition of potato. Connecticut, The Avi. Publishing, - 1965. pp. 196-225.
- 19.- TURRENT F., y LAIRD, R.J. La matriz experimental Plan Puebla I, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Agrociencia (Chapingo, México) no 19: 117-143. 1975.



Vo Bo.
[Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1345

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia _____

Año _____

"IMPRIMASE"



DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
D E C A N O