

DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS PARA NITROGENO Y FOSFORO EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.) BAJO CONDICIONES DE MONOCULTIVO Y TEMPORAL EN CHIMALTENANGO, GUATEMALA*.

Oscar H. Miranda H.**
Ricardo del Valle B.***

INTRODUCCION:

El cultivo de la papa en Guatemala ha venido cobrando gran importancia tanto para los agricultores del altiplano como para la autoridad gubernamental por su gran importancia - agrosocioeconómica.

Además de su consumo local en diversas preparaciones, es exportado aproximadamente un 34% de la producción a mercados Centroamericanos, El Salvador, Honduras, y Nicaragua principalmente.

Durante el año 1975 la producción de papa llegó a las 62,530 toneladas métricas producto de la siembra de 10000 hectáreas de terreno (7).

-
- * Trabajo presentado durante la XXIII Reunión Anual del PCCMCA, San José de Costa Rica, Marzo de 1,982.
 - ** Ing. Agr. Técnico Prueba de Tecnología Región V/ICTA.
 - *** Ing. Agr., MC. Director Región V/ICTA.

En cuanto a la rentabilidad del cultivo, el ICTA (7) señala que la papa llega a superar en 115, 106, 89 y 58% respectivamente a la rentabilidad lograda con los cultivos de maíz, frijol, trigo y arroz.

Este potencial que tiene el cultivo para generar ingresos puede ser ostensiblemente superado mediante nuevas tecnologías de cultivo adecuadas a las condiciones prevalecientes en el medio, - si se toma en cuenta que en esta zona del país, las condiciones de suelo y clima son bastante adecuadas para un buen desarrollo de la papa.

Dichas nuevas tecnologías, deberán estar enfocadas primordialmente en las primeras etapas de la investigación y validación de tecnología, a la introducción de nuevas variedades con tolerancia a enfermedades fungosas y viróticas, a determinar usos más racionales de insumos como fertilizantes y pesticidas y a promover masivamente el uso de sistemas de almacenamiento rústico.

Respecto al caso particular de los fertilizantes, los estudios sobre dosificaciones son limitados y consecuentemente por falta de validación de los mismos, los agricultores siguen utilizando las dosis y fórmulas comerciales que tienen más a la mano.

Como consecuencia de esta última situación, se decidió por parte del ICTA, iniciar a partir de 1979 investigaciones sobre los factores Nitrógeno, Fósforo, Densidad de Siembra y potasio, con el propósito de contribuir, mediante el sistema tecnológico de esta institución a la generación, prueba y validación de óptimas económicas, sobre los factores mencionados tanto para genotipos tradicionales de papa, como para las nuevas variedades que han empezado a generarse.

MATERIALES Y METODOS:

Localización del Área de Estudio:

El sistema de clasificación del clima que fuera elaborado por Thornthwite (6), clasifica el área, como de clima templado húmedo, con una época lluviosa benigna.

El promedio anual de lluvias para los últimos seis años fue de 1027 mm. La temperatura máxima promedio anual fue de 21.66°C , la mínima promedio anual de 9.09°C y la media promedio anual de 15.37°C (3).

De acuerdo con De La Cruz (2), quien se basara en el sistema de Holdrige, las zonas de vida predominantes en el área de Chimaltenango son: Bosque Húmedo Montano Bajo y Bosque Muy Húmedo Montano Bajo.

Localización y Características de los Sitios Experimentales:

En el Cuadro 1, se muestra la ubicación de los sitios experimentales en términos de localidad, altura sobre el nivel del mar y porcentaje de pendiente. El Cuadro 2, exhibe información relativa al análisis de rutina para los suelos. Ambos cuadros detallan la información por año.

Las figuras 1 y 2 ilustran la distribución mensual de lluvias para el promedio del área de estudio durante el ciclo del cultivo por años y el arreglo cronológico del cultivo.

FIGURA 1. Distribución mensual de lluvias para el promedio del Area de Estudio. 1979.

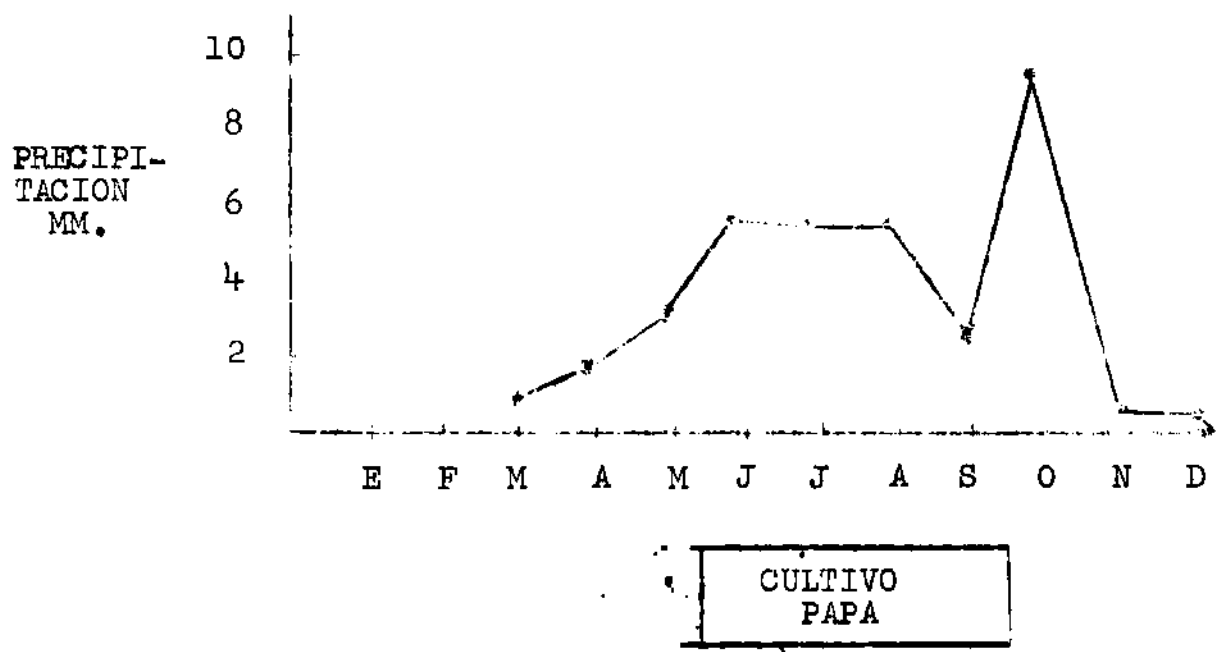
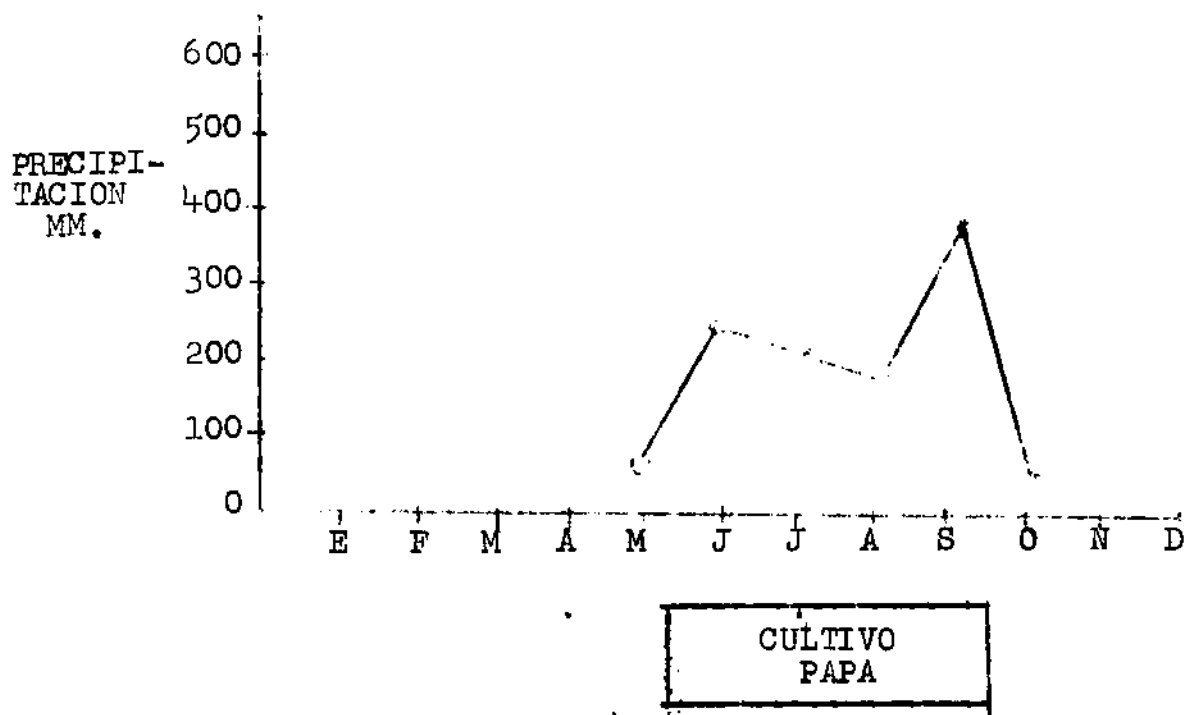


FIGURA 2. Distribución media mensual de precipitación para el promedio del Area de estudio.

Cuadro 1. Localización de los sitios experimentales.

LOCALIDAD.	ALTURA M.S.N.M.	% DE PENDIENTE.
<u>1,979</u>		
Chirijuyú, Tecpán.	2150	7.5
Xenimejuyú, Tecpán.	2200	4.5
Rincon Grande, Zaragoza.	2000	8.0
Chui Pixceyá, Comalapa.	2150	1.0
Pampay, Parramos.	2100	20.0
<u>1,981</u>		
Tecpán, Tecpán.	2250	3.0
Patzicía, Patzicía.	2050	2.0
Zaragoza, Zaragoza.	1950	5.0

Cuadro 2. Características Químicas y Físicas de los Sitios Experimentales*.

LOCALIDAD.	PH	P ug/ml.	K ug/ml	Ca Meq/100 g.	Mg Meq/100 g.	CLASE TEXTURAL.
Chirijuyú.	6.3	5.0	222	6.3	1.0	Franco Arcillo Arenoso.
Xenimejuyú.	5.7	7.3	225	6.3	1.5	Franco.
Rincon Grande.	6.3	3.9	205	6.7	1.5	Franco Arcillo so.
Chuí Pixceyá.	6.0	19.0	200	6.8	0.7	Franco Arenoso.
Pampay.	6.6	9.4	165	6.3	1.0	Franco.
Tecpán.	6.4	3.0	253	9.0	1.3	Franco Arenoso.
Patzicía.	6.4	6.3	306	7.2	1.1	Franco Arcillo So.
Zaragoza.	6.4	8.0	142	6.4	1.0	Franco Arcilloso.

* Características determinadas a una profundidad de 0-40 cm.

FACTORES ESTUDIADOS Y MATRIZ DE TRATAMIENTOS:

En el cuadro 3 se anotan los espacios de exploración para los factores por año de estudio y en los cuadros 4 y 5 las matrices de tratamientos respectivos.

Cuadro 3. Factores y Niveles Estudiados.

FACTOR.	N I V E L E S				
<u>1,979:</u>					
Nitrógeno.	100	125	150	175	Kg/Ha.
Fósforo.	0	50	100	150	Kg/Ha.
Distancia de siembra.	20	25	30	35	Cm.
Potasio.	40	80	120		Kg/ha*
<u>1,981:</u>					
Nitrógeno.	50	75	100	125	Kg/Ha.
Fósforo.	0	40	80	120	Kg/Ha.
Potasio.	40	80	120		Kg/Ha.

* Como Contrastes.

CUADRO 4. Matriz de Tratamientos Plan Puebla I. 1979.

TR/T. No.	N Kg/Ha	P ₂ O ₅ Kg/Ha.	Distancia en tre plts. cm.	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

* Testigo del Agricultor.

CUADRO 5. Matriz de Tratamientos. Plan Puebla I, 1,981.

TRAT. No.	N Kg/Ha.	P ₂ O ₅ Kg/ha.	K ₂ O Kg/Ha.
1	75	40	
2	75	80	
3	100	40	
4	100	80	
5	50	40	
6	125	80	
7	75	0	
8	100	120	
9	100	80	40
10	100	80	80
11	100	80	120
12	202	117 *	
13	163	163 **	
14	95	122 ***	

* Testigo Zaragoza, ** Testigo Petzún, *** Tecpán.

Diseño Experimental:

Tanto en 1979 como en 1981 se utilizó el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones.

La parcela bruta estuvo constituida por cuatro surcos de 7.5 m de largo y separados a 0.90 m (27 m²). Las parcelas netas consistieron de los dos surcos centrales con un largo de 7.0, 7.0, 6.9 y 6.65 m respectivamente, para cada uno de los distanciamientos evaluadas en 1,979 (12.6, 12.6, 12.42 y 11.97 m²).

En 1,981, la parcela bruta estuvo formada de cuatro surcos de 3.6 m de largo, separados a 0.90 m (12.96 m²) y la parcela neta de 2 surcos centrales de 3.0 m x 1.8 m (5.40 m²).

INSEUMOS:

En todos los experimentos de 1979, se utilizó la variedad de papa Atzimba y en 1981 la variedad Loman, ambas de uso tradicional en el área.

Preparación del Terreno:

Los desechos de cosechas anteriores (maíz y trigo) fueron quemados o incorporados al suelo a principios del año, de acuerdo a la tradición y luego ocho días antes de la siembra se hizo un "volteo" del suelo con azadón.

Siembra y Fertilización:

La siembra de los ensayos dio inicio tanto en 1979 como en 1981 luego que cayeron las dos primeras lluvias durante el mes de mayo.

Para la siembra, desinfestación y fertilización se hicieron surcos a una profundidad de aproximadamente 0.20 m; inmediatamente se aplicó sobre el surco el insecticida comercial Mocap 5 G.; a razón de 35 Kg/ha. luego se colocaron dos terceras partes del N de acuerdo al tratamiento, la totalidad del P y para el caso de los tratamientos que comprendían K este también se aplicó también en un 100%.

A continuación, se procedió a la siembra de los tubérculos, distanciándolos en función del tratamiento correspondiente y a continuación se cubrieron estos con tierra hasta formar un camellón de más o menos 0.15 m de altura.

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 la aplicación a lo largo del surco ya 0.10 m de las plantas, la tercera parte restante del N.

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.

Control de Plagas y Enfermedades:

El control de plagas se efectuó cada ocho días una vez se presentó el problema, hasta completar 8 aplicaciones que cubrieron el ciclo del cultivo, utilizándose para el efecto los insecticidas comerciales Tamarón-600, Folidol M-48 y Metasistox en forma alterna a razón de 25, 20 y 35 cc. por bomba de 15 litros respectivamente.

El tizón tardío (Phytophthora infestans) que es la enfermedad causante de los mayores problemas, fue controlado mediante el uso del fungicida comercial Dithane M-45 a razón de 70 gramos por bomba de 15 litros de capacidad, aplicándose conjuntamente con los insecticidas.

Defoliación y Cosecha:

Ochenta y cinco días después de la siembra, se efectuó la práctica de defoliación, que consistió en eliminar con machete y a raz del suelo todo el follaje de la papa, con el propósito de permitir una maduración más homogénea de los tubérculos y que la piel de estos seque y no haya desprendimiento.

La cosecha se efectuó entre los 100 y los 110 días después de la siembra.

Análisis de Varianza:

Se realizaron análisis de varianza por localidad para los 4 8 y 14 tratamientos de la matriz experimental según el año y para el total, cuando se incluyeron el testigo y los 3 contrastes de acuerdo a la técnica descrita por Estrada (4) para el análisis de matrices Plan Puebla I.

Determinación de Dosis Óptimas Económicas para Capital Ilimitado.

Para la determinación de las dosis óptimas económicas para capital ilimitado (DOECI), se siguió el método gráfico-estadístico original, sugerido por Turrent (9), en virtud de que permite en estudios exploratorios, verificar mejor la tendencia de los efectos de los factores en estudio y sus interacciones para diseñar -- nuevos espacios de exploración en futuras investigaciones.

Determinación de Dosis Óptimas Económicas para Capital Limitado.

La siguiente etapa y siguiendo la metodología descrita por Estrada y Ortiz (4y8), consistió en un análisis económico para los tratamientos que fueron significativos dentro del cubo o cuadrado, así como en las prolongaciones.

Para la estimación de las DOE se consideraron los siguientes precios para los insumos y el producto, en base a los precios de mercado que rigieron en 1979 y un porcentaje de incremento para el año 1981.

Costo de un Kilogramo de N más su aplicación.....	Q. 0.48
Costo de un kilogramo de P ₂ O ₅ más su aplicación...	Q. 0.73
Costo de un kilogramo de K ₂ O 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

RESULTADOS Y DISCUSION
DURANTE EL AÑO 1979.

Del Análisis de Varianza.

En los cuadros 6, 7, 8, 9 y 10 se muestran los análisis de varianza para los 14 tratamientos de la matriz experimental por localidad.

CUADRO 6. Análisis de Varianza. Chirijuyú, Tecpán.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	0.05	0.01
Trat.	13	316993230	243840094.62	5.04 **	2.02	2.69
Repet.	3	328753670	109584556.70	22.66 **	2.85	4.34
Error.	39	188583580	4835476.41			
Total.	55	834330480				

C.V. = 7.98 %.

CUADRO 7. Análisis de Varianza. Rincon Grande, Zaragoza.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	0.05	0.01
Trat.	13	484039890	37233837.69	4.81 **	2.02	2.69
Repet.	3	115258100	38419366.67	4.96 **	2.85	4.34
Error.	39	302023100	7744182.05			
Total.	55					

C.V. = 10.24 %

CUADRO 8. Análisis de Varianza. Pampay, Ferramos.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	0.05	0.01
Trat.	13	260679150	20052242.31	2.28 *	2.02	2.69
Repet.	3	77819730	259399.10	2.94 *	2.85	4.34
Error.	39	343540980	8808743.08			
Total.	55	682039860				

C.V. = 14.11 %.

CUADRO 9. Análisis de Varianza. Xenimajuyú, Tecpán.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05	0.01
Trat.	13	161012590	12385583.85	1.24 NS	2.02	2.69
Repet.	3	16936110	5645370.00	0.56 NS	2.85	4.34
Error.	39	390113820	10002918.46			
Total	55	55806252				

C.V. = 11.45 %.

Cuadro 10. Análisis de Varianza. Chuf Pixcayé, Conolapa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05	0.01
Trat.	13	288376800	16028984.62	1.41 NS	2.02	2.69
Repet.	3	51810380	17270293.33	1.52 NS	2.85	4.34
Error.	39	444328360	11393034.87			
Total.	55	704516040				

C.V. = 14.96.

Puede observarse que en 3 de las 5 localidades se obtuvo significancia para tratamientos, lo cual condujo a realizar análisis más completos siguiendo el método propuesto por Turrent (9) a fin de determinar los tratamientos estadísticamente diferentes y significativos.

De los Rendimientos medios a nivel de las cinco localidades:

En el cuadro 11 se anotan los rendimientos medios por tratamiento y por localidad, habiéndose obtenido una media general de 25.43 TM/ha (392.39 qq/Mz), rendimiento que puede considerarse como considerablemente bueno para el área.

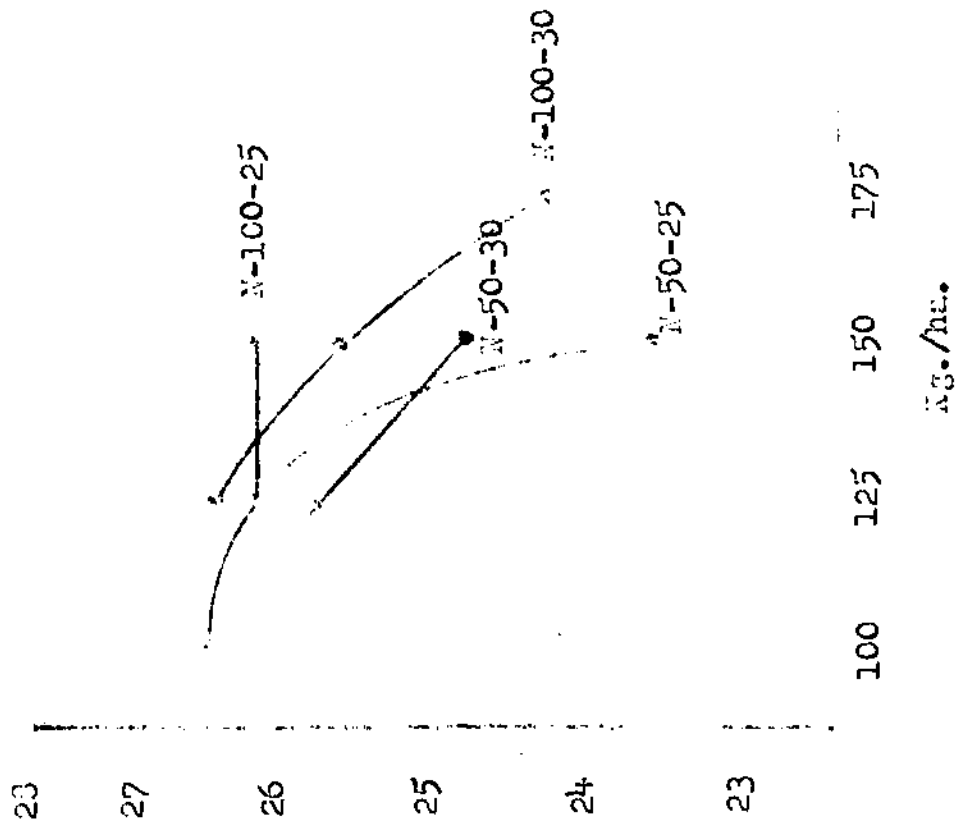
La mayor media de rendimiento por tratamiento, se obtuvo en Chirijuyú con 33.26 Tm/ha (512.20 qq/mz) y la más baja en Pampay con 16.64 TM/ha (256.24 qq/mz). Para la primera localidad el tratamiento fue aplicar 150 y 150 Kg de N y P₂O₅/ha respectivamente y un distanciamiento de 0.30 m entre plantas que el tradicional.

CUADRO 11 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	L O C A L I D A D E S.					\bar{X}
		Chirijuyí	Rincón Grande	Pampay	Xenimajuyú	Chui-Pixcavá.	
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	22233.50	25641.70
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	26428.10
14	150-100-35	24255.50	22108.75	19403.00	26205.75	18631.0	22120.8
15	100- 70-30*						
	70 K ₂ O	32197.25	31456.25	22003.75	33119.50	24126.75	28580.70
16	150-100-30*						
	40 K ₂ O	28242.75	30385.75	22233.50	27585.0	23385.75	26366.55
17	150-100-30*						
	80 K ₂ O	27998.25	27420.0	21985.0	26268.0	22804.50	25295.25
18	150-100-30*						
	120 K ₂ O	31371.25	26844.0	20257.25	29686.25	20833.25	25798.40
	Promedio -						
	18 Trat.	28086.75	27582.68	21160.23	27971.65	22609.30	25482.0
	C.V. para						
	18 Trat. %	8.35	9.94	15.48	15.14	16.31	13.0

Para la segunda localidad, el tratamiento fue aplicar 125 y 0 Kg de N y P/ha.

Puede observarse que en todo caso, la región y la tecnología evaluada, presenta buen potencial para la producción del cultivo, pues cuando se analizan las condiciones particulares de Pampay, - este sitio tuvo una pendiente del 20%, un total de 68 días de lluvia o sea 50 días menos que para los otros sitios y el nivel natural de K_2O en el suelo fue considerablemente menor.



Rendimiento en
Toneladas métri-
cas por hectárea.

FIGURA 3a. Curvas de respuesta a diferentes aplicaciones de Nitrógeno para el promedio de las cinco localidades en estudio, 1979.

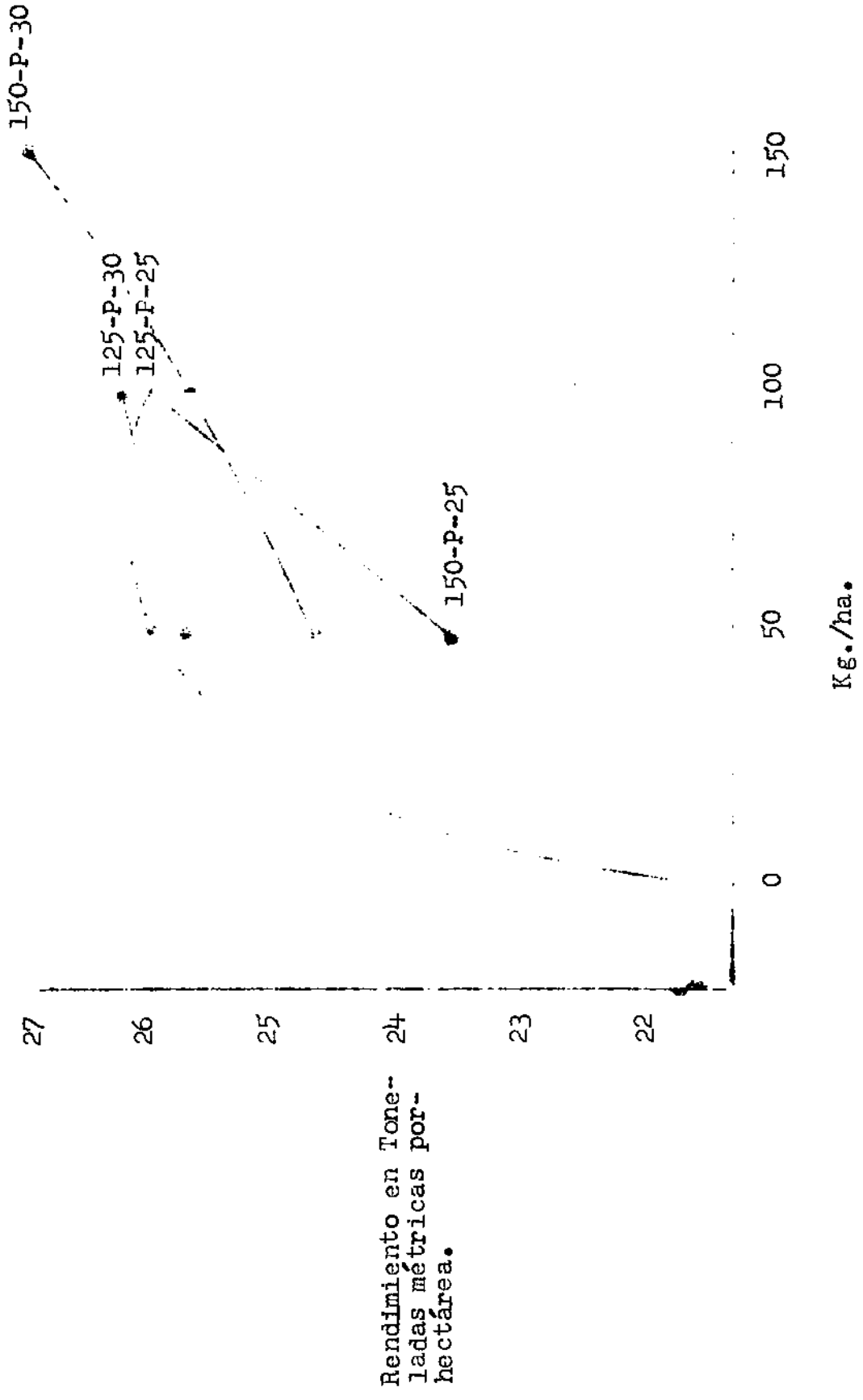
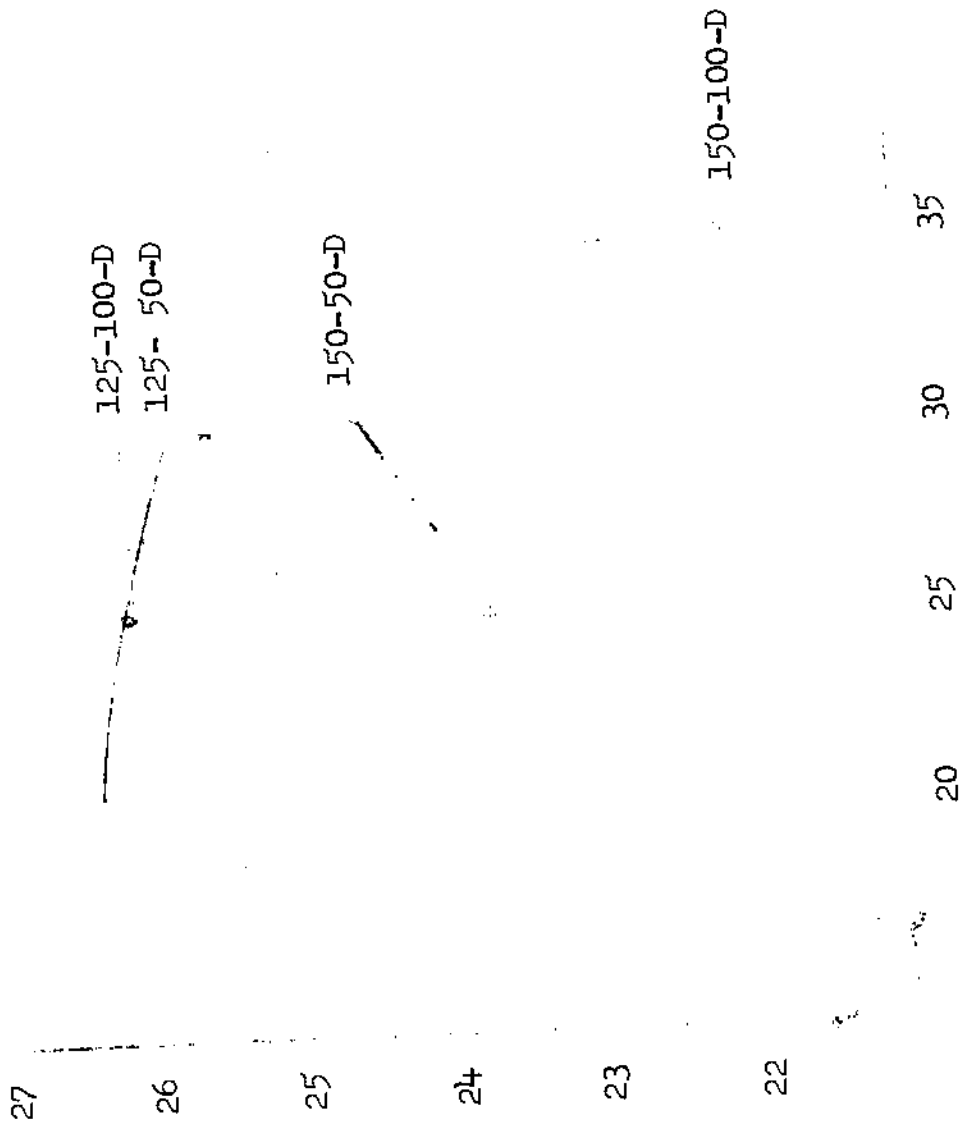


FIGURA 3 b. Curvas de respuesta a las aplicaciones de fósforo para el promedio de las cinco localidades en estudio. 1979.-



Distancia entre plantas (cms.)

FIGURA 3c. Curvas de respuesta a diferentes distancias de siembra utilizadas en el estudio para el promedio de las cinco localidades. 1979.

Del Efecto del Nitrógeno a Nivel de la Matriz Experimental sobre el rendimiento de Papa.

En el cuadro 11 se muestran los rendimientos medios, por tratamiento, por localidad y para el promedio de las mismas y en las figuras 3a, 3b y 3c, se ilustra la respuesta promedio del efecto de los factores en estudio, al utilizar para su trazo, el método gráfico-estadístico original propuesto por Turrent (9).

Para medir el efecto del N, sobre el rendimiento, en términos de las medias generales por tratamiento y para las 5 localidades se consideran 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 P₂O₅ y D.S. (50 Kg/ha y 0.25 m) respectivamente.

Puede observarse (cuadro 11) a nivel de promedio general que esta situación condujo a una baja en el rendimiento, pues - mientras con el tratamiento 9, se produjeron 26413.05 Kg/ha de papa, con los tratamientos 1 y 5 se lograron 26168.15 y 23667.85 Kg/ha.

Aunque dichos decrementos, no son estadísticamente significativos, si dan idea, de que el uso más allá de los 100 Kg/ha de N, debe verse con reserva en interacción con los otros factores, mayormente si se considera que el cultivo anterior (trigo) pudo dejar algunos efectos residuales de nutrimentos.

Al comparar el tratamiento número 4 con 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 y distancia de siembra pero ahora de 100 Kg/ha y 0.30 m entre matas, se observa nuevamente que se produce un efecto negativo sobre el rendimiento para el promedio de las 5 localidades, del mismo orden que el discutido anteriormente. Supuestamente el P a esos niveles no favorecen una interacción adecuada con el N y con el factor distancia.

Este hecho conduce a pensar que el mejor tratamiento a considerar hasta este nivel de discusión es el que tiene 125 Kg de N y 50 Kg de P₂O₅ por hectárea y una distancia de 0.30 m cuyo costo de uso también es menor.

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

Para detectar la respuesta de la papa a las aplicaciones crecientes de P_2O_5 (0, 50, 100 y 150 Kg/ha) a niveles también crecientes de N y distancias de siembra, se analizaron las tendencias 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_2O_5 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_2O_5 : 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. (cuadro), agrónomicamente es atractivo para cualquier agricultor ya que paga los costos.

La respuesta a 100 Kg de P_2O_5 /ha fue prácticamente igual que con el nivel inferior por lo que no convendría su aplicación.

Estos resultados son coincidentes con los que se menciona por ICTA (5) y estudios similares realizados en México (1).

Del efecto de la distancia de siembra entre plantas sobre el Rendimiento de Papa.

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_2O_5 quedaron fijos a los niveles 125 y 50 Kg/ha respectivamente.

Al observar el cuadro respectivo se notará que el cambio en las distancias no produjo alteraciones en el rendimiento a los niveles de N y P_2O_5 que habían resultado ser los mejores. Como consecuencia, esto implica que la distancia de 0.30 m entre plantas sería lo recomendable a nivel del promedio de las 5 localidades figura 3c.

De la respuesta del cultivo de papa al tratamiento "testigo".

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.

Del efecto del potasio sobre la papa a través del uso de Contrastes.

A nivel de promedio de las 5 localidades los "contrastes" crecientes para estudiar el efecto del K_2O , no produjeron un efecto sustancialmente benéfico sobre el rendimiento, si se compara con el tratamiento 8 de la Matriz experimental que no tiene K_2O , probablemente debido a los niveles naturales elevados en los suelos del área.

De la determinación de dosis óptimas económicas de N, P_2O_5 y D.S. para capital ilimitado y limitado (DOECI y DOECL) para el promedio de las 5 localidades.

Para Capital Ilimitado:

Utilizando la técnica propuesta por Turrent (9) las figuras 3a, 3b, y 3c, y al promediar a nivel de las 5 localidades, se determinó la siguiente dosis óptima económica: Aplicar 130 Kg de N y 111.25 Kg de P_2O_5 /ha, con un distanciamiento entre matas de 0.289 m, para esperar un rendimiento de 28.03 TM/ha (Cuadro 12).

Para Capital Limitado:

Siguiendo la técnica descrita por Estrada (4), para determinar el tratamiento que produce la mayor tasa de retorno al capital, se encontró que dicho tratamiento fue juntamente el tratamiento del agricultor (100 y 70 Kg de N y P_2O_5 /ha y 0.30 m de distancia entre surcos) el cual permite esperar un rendimiento promedio a nivel del área de 28.58 TM/ha, lo cual permite señalar, que eventualmente existen agricultores que para su experiencia han detectado con bastante certeza los requerimientos nutrimentales.

En resumen y a nivel del promedio de las 5 localidades, el rendimiento esperado tanto para capital ilimitado como limitado resultó ser prácticamente el mismo (ver cuadro 12). Únicamente con la tecnología propuesta debe hacerse un gasto adicional de Q. 59.81/ha por un incremento de N y P₂O₅/ha, pero el ingreso neto* que es de Q. 1997.05/ha aún sigue siendo atractivo para los agricultores que se decidan por 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 a la tecnología propuesta.

Durante el año 1981.

Tomando como base los resultados de 1979, se diseñaron nuevos espacios de exploración para N y P₂O₅, no así para distancia de siembra que durante 1979 en forma consistente, mostró los mejores rendimientos cuando era de 0.30 m.

La nueva matriz de tratamientos es exhibida en el cuadro 5 y los rendimientos promedio a nivel de las tres localidades se anotan en el cuadro 16. Los análisis de varianza son presentados en los cuadros 13, 14 y 15.

Siguiendo la misma tecnología de análisis de resultados que para 1979, se llegaron a determinar las DORCI y DOTCL, que se muestran en el cuadro 17, en donde puede observarse que se llegó a concluir que ambos tipos de dosis son semejantes (100 y 40 Kg de N y P₂O₅/ha), esperando con ello un rendimiento promedio de 30 TM/ha, muy semejante al obtenido en 1979 que fue de 28.58 TM/ha.

Es importante observar, que los espacios de exploración utilizados en 1981, si lograron detectar con mayor precisión los niveles óptimos para las condiciones agrosocioeconómicas en que se desenvuelve el cultivo en el área.

Esta situación, sin embargo, conduce a pensar en la necesidad

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

CUADRO No.12 Dosis Óptimas Económicas de N, P₂O₅, DS y rendimientos esperados, para capital Ilimitado y Limitado, determinados al método gráfico estadístico. 1979.

FACTOR:	L O C A L I D A D E S:						\bar{X}
	Chirijuyú:	Rincon Grande:	Pampay:	Xenimajuyú:	Chui-Pixcayá:		
<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 quintales de Urea.

CUADRO 13. Análisis de Varianza. Zaragoza 1981.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05
Trat.	7	148.83	21.26	0.63 NS	2.49
Repet.	3	245.39	81.80	2.41 NS	3.07
Error.	21	712.16	339.13		
Total.	31	1106.39			

C.V. = 15.93 %.

CUADRO 14. Análisis de Varianza. Patzún. 1981.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05
Trat.	7	122.12	17.44	2.52 *	2.49
Repet.	3	52.68	17.56	2.45 NS	3.07
Error.	21	145.09	6.09		
Total.	31	319.89			

C.V. = 19.43 %.

CUADRO 15. Análisis de Varianza. Tecpán. 1981.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05
Trat.	7	433.90	61.99	4.32 *	2.49
Repet.	3	35.97	11.99	0.84 NS	3.07
Error.	21	300.98	14.33		
Total.	31	770.85			

C.V. = 19.72 %.

CUADRO 16 Rendimientos medios por tratamiento expresados en Kg/ha, obtenidos en cada una de las tres - localidades estudiadas en 1981.

TRATAMIENTO			ZARAGOZA	PATZUN	TECPAN	\bar{X}
"N"	"P"	"K"				
75	40	-	34.480	12.880	16.30	22.55
75	80	-	34.710	12.630	18.44	21.93
100	40	-	34.240	14.820	20.16	23.07
100	80	-	39.590	14.990	21.42	25.33
50	40	-	36.430	10.430	16.97	21.28
125	80	-	38.370	13.940	24.88	25.73
75	0	-	34.980	11.570	12.62	19.72
100	120	-	39.580	16.980	22.83	26.46
100	80	40	41.760	17.310	27.30	28.79
100	80	80	43.960	12.160	20.95	25.69
100	80	120	40.560	15.070	20.86	25.50
Testigo Zaragoza			32.050	-	-	-
Testigo Patzún			-	19.80	-	-
Testigo Tecpán			-	-	38.380	-

CUADRO 17. Dosis Óptimas económicas de N, P₂O₅, D.S. y rendimientos esperados, para capital ilimitado y limitado, determinadas mediante método gráfico-estadístico. 1981.

FACTOR:	LOCALIDADES:			\bar{X}
	TECPAN:	PATZICIA:	ZARAGOZA:	
N (Kg./Ha.)	100.00	100.00	75.00	90
P ₂ O ₅ (Kg/Ha)	40.00	40.00	40.00	40
\bar{Y} (TM/Ha)	38.38	14.90	35.75	30
<u>DOECL:</u>				
N (Kg./Ha)	100.00	100.00	75.00	90
P ₂ O ₅ (Kg/Ha)	40.00	40.00	40.00	40
\bar{Y} (TM/Ha.)	38.38	14.90	35.75	30
MEDIA (TM/Ha)	21.76	14.38	37.54	24.56
C.V.	19.71	21.37	17.34	19.47

de validar esta tecnología sobre uso de fertilizantes a través de "parcelas de prueba" durante 1982 para concluir la investigación en su primera fase.

Por otra parte, si se observa el cuadro 16, se notará que se produjo un incremento considerable en el rendimiento por efecto de la aplicación de K_2O al nivel de 40 Lg/ha, si se compara con el tratamiento 4 que es similar, estas tendencias erráticas del efecto del K_2O sobre el rendimiento conducen a pensar en la evaluación del N, P_2O_5 y K_2O conjuntamente dentro de la matriz y no como contrastes.

Es de considerar y era de esperar, que las DOE no coincidieron del todo a través del tiempo, en parte, por las diferencias en las condiciones de distribución de lluvias (figura 1 y 2), y por el diferente genotipo de papa utilizado, a pesar de ello los resultados dan consistencia a la experiencia tradicional de la región y orientan a los investigadores en su afán de introducir innovaciones tecnológicas para este importante cultivo.

CONCLUSIONES:

AÑO 1979:

- a) Las dosis óptimas económicas determinadas para capital ilimitado sobre los factores en estudio, (N, P₂O₅ y DS), para el promedio de las 5 localidades, resultó ser de 130 Kg de N y 111.25 Kg de P₂O₅/ha, y una distancia de siembra entre matas de 0.289 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, 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 de promedio de los mismos, una diferencia estadísticamente significativamente 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 si se observó una tendencia a elevarse los rendimientos de papa con el nivel más bajo de potasio evaluado (40 Kg/ha), tratamiento número 16 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 sistema 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 (558.9q/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.

AÑO 1.981:

- a) La experiencia obtenida en 1979 con los espacios de exploración evaluados, fue fundamental para detectar en 1981, los niveles - óptimos para N y P₂O₅ en el área papera de Chimaltenango a través del rediseño de los niveles en estudio.
- b) La DOECI y DOECL resultó ser la misma en los tres sitios experimentales, o sea 100 y 40 Kg de N y P₂O₅/ha respectivamente, con una distancia de siembra de 0.90 m entre surcos y 0.30 m entre plantas.
- c) Con la DOECI anterior se alcanzó un rendimiento esperado de 35.75 T.M./ha, lo cual permite un ingreso neto de Q. 3827 /ha, cuando se descuentan los costos variables de la aplicación de N y P₂O₅ solamente.
- d) Al igual que para 1979, la DOE resultó estar muy cercana a la que viene utilizando algunos agricultores del área, pero muy por debajo de la mayoría de ellos, que están gastando extra en el uso de estos nutrimentos.
- e) Al promediar tanto la recomendación de dosis óptima económica, para capital limitado en los dos años está resultó ser de 100 y 55 Kg de N y P₂O₅/ha para un rendimiento esperado de 32.17 TM/ha, rendimiento que se considera bastante atractivo para los agricultores del área.
- f) Con estos resultados es recomendable validar durante 1982 estas dosis óptimas económicas para N y P₂O₅ en parcelas comerciales y bajo la estricta responsabilidad del agricultor.
- g) Se detectó respuesta no consistente a la aplicación de K₂O sin embargo es aconsejable evaluar el nutrimento dentro de la matriz experimental.

BIBLIOGRAFIA:

1. Casseres, E. Producción de Hortalizas. San José, Costa Rica. IICA, 1980. 387p.
2. De la Cruz R., J.R. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Basada en el sistema Holdrige. Guatemala, Sector Público Agrícola. INAFOR, 1976. 24p.
3. Del Valle B., R. La asociación maíz-frijol de guía sembrados en surcos dobles (0.4 m entre pares de surcos) con calles anchas de 2 metros, una alternativa para intercalar trigo en áreas de temporal. Tesis Mg. Sci. Chapingo, México, Colegio de Post-graduados, Escuela Nacional de Agricultura, 1978. 274p.
4. Estrada L., L. Metodología de la investigación utilizada para la obtención y análisis de resultados sobre prácticas mejoradas para la producción de cultivos.
5. Guatemala. Informe anual 1974. Programa de Nutrición Vegetal. Guatemala, 1975. 123p.
6. Guatemala. Mapa Climatológico preliminar de la republica de Guatemala, según el sistema de Thornthwite. Ministerio de comunicaciones y obras públicas, Instituto Geográfico Nacional, 1977.
7. Guatemala. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. Producción de Semilla mejorada. Guatemala, 1980. 64p.
8. 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 estiercoles al maíz de temporal en Totonicapán, Guatemala. Tesis Mg Sci. Chapingo, México, Colegio de Post-graduados, Escuela Nacional de Agricultura 1977. 149p.
9. Turrent F., A. Y R.J. Laird. La matriz experimental Plan Puebla I, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Agrociencia (Chapingo, México) No. 19: 117-143. 1975.