

**EFFECTO E INTERACCIONES DE VERMICULITA, FERTILIZACION
NITROGENADA, POTASICA Y FOSFATADA EN LA PRODUCCION
DE PAPA (Solanum tuberosum L.) EN SUELOS
DE pH ALCALINO**

VICTOR SAMUEL PEÑA OLVERA

TESIS

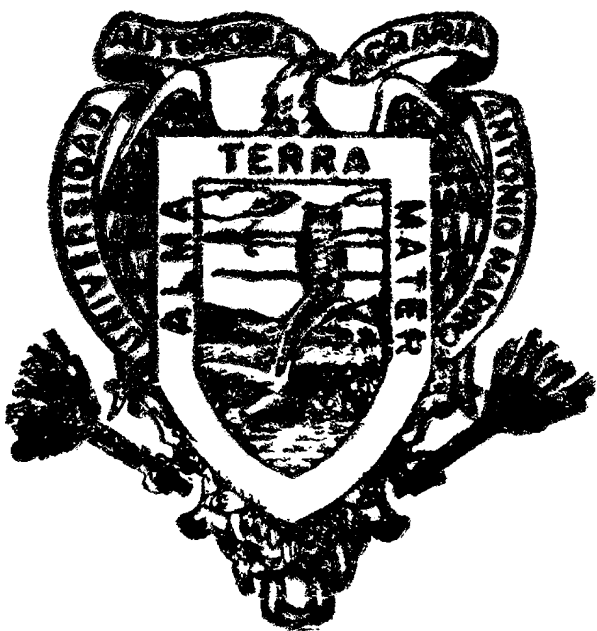
**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD SUELOS**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

**PROGRAMA DE GRADUADOS
BUENAVISTA, SALTILLO, COAH.**

ABRIL DE 1984

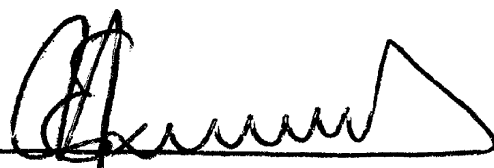


Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD
DE SUELOS

C O M I T E P A R T I C U L A R

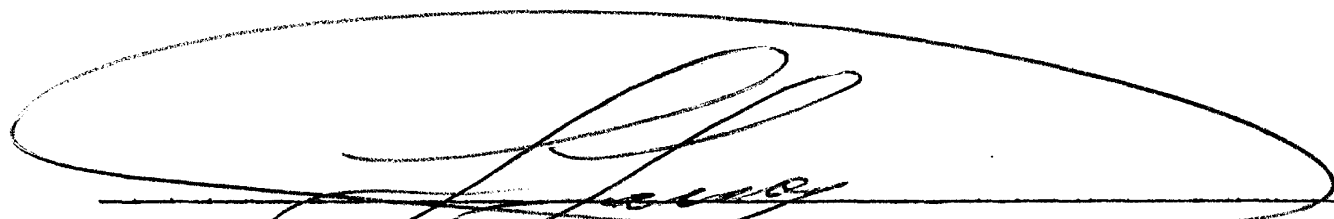
Asesor principal:



Dr. Eduardo Alberto Narro Farías

Asesor :

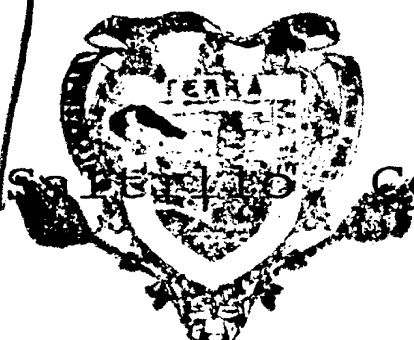

Dr. Gabriel Murillo Peralta

Asesor :


M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza


Dr. Jesús Torralba Elguézabal
Universidad Autónoma Agraria
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Abril 1984



BIBLIOTECA

DEDICATORIAS

Para mis hijos Maricela Judith, Cynthia Carolina y Víctor Samuel quienes son el mejor estímulo para superarme cada día.

A mi compañera, Maricela Judith, quien siempre me a brindado su apoyo y comprensión.

A mis padres Profr. Benjamin Peña de la Peña y Nieves Olvera de Peña, quienes me formaron y a quienes debo lo que soy.

A mis hermanos Nieves, Benjamin, Carlos, Patricia, Eloisa, Amelia, Adriana y Claudia.

Al Doctor Eduardo Narro Farías quien ha sabido ser Maestro, compañero y amigo.

COMPENDIO

Efecto e interacciones de vermiculita, fertilización nitrogenada, potásica y fosfatada en la producción de papa (Solanum tuberosum L.), en suelos de pH alcalino.

POR

VICTOR SAMUEL PEÑA OLVERA

MAESTRIA

SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, ABRIL DE 1984

Dr. Eduardo Alberto Narro Farías -Asesor-

Palabras claves: Vermiculita, mejoradores, fertilización, suelo alcalino, papa.

El presente estudio se realizó en el ciclo agrícola 1983, al sur del municipio de Saltillo, dentro de la región de Navidad.

Los suelos son de origen calcareo, xerosol cálcico, pobres en materia orgánica y pH alcalino.

El objetivo del trabajo fué evaluar los efectos e interacciones existentes entre diferentes niveles de aplicación de vermiculita como mejorador de suelo, cuatro niveles de fertilización nitrogenada y potásica y dos niveles de fertilización fosfatada, en la producción de papa.

Los niveles utilizados de vermiculita fueron de cero, una, dos y tres toneladas por hectárea; de nitrógeno, cincuenta, cien, ciento cincuenta y doscientos kilogramos de N por hectárea; de potasio trescientos setenta y cinco, setecientos cincuenta, mil ciento veinticinco y mil quinientos kilogramos de K_2O por hectárea y de fósforo, doscientos cincuenta y cuatrocientos cincuenta kilogramos de P_2O_5 por hectárea.

En el análisis convencional de varianza no se encontró diferencia estadística para tratamientos; en el análisis de regresión se encontró significancia para el factor nitrógeno en el experimento A y para nitrógeno, potasio y la interacción de estos factores para el experimento B, siendo la diferencia entre los experimentos A y B, que el experimento B posee el mayor nivel de P_2O_5 .

Debido a las condiciones de humedad y a la forma de aplicación del fertilizante fosfatado, posiblemente la vermiculita no manifestó sus propiedades como mejorador, por lo que no mostro diferencias estadísticas significativas en ningún tipo de análisis estadístico.

Aunque existió respuesta del cultivo a potasio y a su interacción con nitrógeno, el comportamiento no es muy claro, por lo que se deberá de proseguir estudiando.

La expresión óptima de los factores estudiados y la producción del cultivo, se vieron limitados por un ataque severo de tizón tardío, Phytophthora infestans.

ABSTRACT

This experiment was carried out on one calcareous - alkaline soil of the Navidad valley in southern of Saltillo, Coahuila, during 1983 growing season.

The objective of the experiment was to evaluate the - effects and relationships between different levels of ver - - miculita, a soil conditioner, four fertilization levels of nitrogen and potassium and two levels of phosphate fertili - - zation and their effect on potato yield.

Vermiculita levels were zero, one, two and three - ton/ha; nitrogen levels were 50, 100, 150 and 200 kg of N/ha; potassium levels were 375, 750, 1125 and 1500 kg of K_2O /ha - and phosphorus levels were 250 and 450 kg of P_2O_5 / ha.

In the conventional statistical analysis there was not significant difference among treatments, but in the regression analysis there was estadistic significance for nitrogen in the experiment A, and for potassium, nitrogen and their interaction in the experiment B. The difference bet - - ween experiment A and Experiment B was that B had the high level of P_2O_5 .

Vermiculita did not show its better properties probably because the soil's water conditions were not critical and the phosphate fertilization was placed away of the vermiculita protection area.

Although the potato responded to potassium fertilizer, it is necessary to continue studies, due the effect of these factor is not clear yet.

The yield and treatments response, were not as expected due that there was a high incidence of potato late - blight, Phytophthora infestans.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	xi
INDICE DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCION	1
OBJETIVO DEL TRABAJO	2
HIPOTESIS DE TRABAJO	3
REVISION DE LITERATURA	4
LA PAPA Y SU CULTIVO, ORIGEN	4
PRODUCCION EN EL CONTEXTO MUNDIAL	5
CALIDAD DEL TUBERCULO	6
REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES	8
EL NITROGENO, ASPECTOS GENERALES	14
EL POTASIO, ASPECTOS GENERALES	15
EL FOSFORO, ASPECTOS GENERALES	16
REQUERIMIENTOS DE AGUA	17
SANIDAD VEGETAL	17
MEJORADORES DE SUELO	19
EFECTO DE LA ALCALINIDAD DEL SUELO	20
MATERIALES Y METODOS	22
LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL	22
CARACTERISTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL ..	22
DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS, DISEÑO EXPE- RIMENTAL	23
PREPARACION DEL TERRENO, APLICACION DE TRA- TAMIENTOS, SIEMBRA	25
LABORES CULTURALES	26
RIEGOS	26
COSECHA	26
EVALUACION DE TRATAMIENTOS	26
CRECIMIENTO	27
MATERIA SECA	27

PRODUCCION Y CALIDA	27
ANALISIS ESTADISTICO	27
ANALISIS DE VARIANZA	27
ANALISIS DE REGRESION	28
ANALISIS GRAFICO	28
RESULTADOS Y DISCUSION	29
CRONOLOGIA DEL EXPERIMENTO.....	29
ALTURA DE PLANTAS	29
RENDIMIENTO	32
ANALISIS DE VARIANZA	33
ANALISIS DE REGRESION	36
ANALISIS GRAFICO	39
CONCLUSIONES	45
RESUMEN.....	48
LITERATURA CITADA	50
APENDICES	53
APENDICE A. ESQUEMA DE LA MATRIZ PLAN PUE <u>B</u>	
BLA I, PARA TRES FACTORES	54

INDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1.	PRODUCCION REGIONAL DE PAPA	6
CUADRO 2.2.	PRODUCCION TOTAL DE MATERIA SECA, POR- UNIDAD DE AREA, PRODUCCION DE PROTEINA TOTAL Y POR UNIDAD DE AREA	7
CUADRO 2.3.	CONSTITUYENTES DE IMPORTANCIA NUTRI- CIONAL EN LA PAPA.....	8
CUADRO 2.4.	NUTRIENTES REMOVIDOS POR TONELADA DE TUBERCULO FRESCO.....	13
CUADRO 3.1.	CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DEL SUE- LO DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	23
CUADRO 3.2.	NIVELES DE LOS DIFERENTES FACTORES U- TILIZADOS EN EL EXPERIMENTO	24
CUADRO 3.3.	RELACION DE TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I PARA TRES FACTORES.....	24
CUADRO 4.1.	CRONOLOGIA DEL EXPERIMENTO.....	30
CUADRO 4.2.	VALORES OBSERVADOS EN ALTURA DE PLAN- TA A LOS TREINTA Y CUARENTA Y CINCO - DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA	30
CUADRO 4.3.	RENDIMIENTO POR PARCELA Y POR HECTA - REA DE LOS EXPERIMENTOS A Y B	32
CUADRO 4.4.	ANALISIS DE VARIANZA DE LOS RENDIMIEN- TOS DE PARCELAS. EN BLOQUES AL AZAR - DEL EXPERIMENTO A	34
CUADRO 4.5.	ANALISIS DE VARIANZA DE LOS RENDIMIEN- TOS DE PARCELAS EN BLOQUES AL AZAR - DEL EXPERIMENTO B	34
CUADRO 4.6.	PROCEDIMIENTO GENERAL MODELO LINEAL - DEL RENDIMIENTO DEL EXPERIMENTO A CO- MO VARIABLE DEPENDIENTE.....	36

CUADRO 4.7. PROCEDIMIENTO GENERAL MODELO LINEAL -
DEL RENDIMIENTO DEL EXPERIMENTO B CO-
MO VARIABLE DEPENDIENTE

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1.	ACUMULACION DE MATERIA SECA EN HOJAS, TALLOS Y TUBERCULOS	9
FIGURA 2.2.	CONTENIDO DE NITROGENO, POTASIO Y FOSFORO DE LA MATERIA SECA DE HOJAS, TALLOS Y TUBERCULOS	10
FIGURA 2.3.	LA ACUMULACION TOTAL DE NITROGENO, <u>P</u> O TASIO Y FOSFORO	10
FIGURA 2.4.	ACUMULACION DE NITROGENO, POTASIO Y -- FOSFORO EN LAS HOJAS TALLO Y TUBERCULOS	12
FIGURA 2.5.	ACUMULACION DE CALCIO, MAGNESIO Y <u>AZU</u> FRE EN PAPA.....	12
FIGURA 4.1.	RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA <u>C</u> ONSI DERANDO AL FACTOR NITROGENO COMO VA RIABLE	41
FIGURA 4.2.	RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA <u>C</u> ONSI DERANDO AL FACTOR POTASIO COMO VARIA BLE.....	42
FIGURA 4.3.	RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA <u>C</u> ONSI DERANDO AL FACTOR VERMICULITA COMO <u>V</u> A RIABLE	43

CAPITULO 1

INTRODUCCION

En la región de Navidad Nuevo León, el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.), se inició en forma comercial en 1953, ocupando en la actualidad, el primer lugar de importancia socioeconómica, estimándose que en 1982, fueron cosechadas aproximadamente 4000 hectáreas de este cultivo, considerando tanto a la superficie ejidal, como a la pequeña propiedad, representando esto una gran derrama económica para la región.

Mendez Gallegos (1982) menciona de que a pesar del uso de maquinaria agrícola y sistemas de riego son muy modernos, en la región, existen factores que limitan la producción tales como un uso no eficiente del equipo e insumos, problemas edáficos, manejo del agua, material genético y aspectos fitosanitarios, motivos por lo que a pesar de que en la literatura se reporta un rendimiento potencial mayor a noventa toneladas de producto, tuberculo por hectárea (Burton 1982), en la región el promedio es de veinte a veinticinco toneladas en la misma área, aunque el rango es muy variado.

Se considera que ademas del limitante genético representado por el tipo y adaptación de la semilla, los suelos alcalinos, que entre otros efectos provocan la inmovilización del fósforo, el uso no adecuado de la infraestructura, maquinaria, equipo e insumos y el deficiente funcionamiento del suelo como aportador de agua, nutrientes y oxígeno son los principales factores que limitan la producción.

Otro aspecto a considerar es el de que los productores realizan su actividad más de una forma empírica o costumbri^{sta}, que basada en la investigación, aunque debemos mencionar que en los últimos años se ha notado un marcado cambio en la actitud hacia el desarrollo y la investigación científica, la agricultura se torna cada vez menos empírica y empieza a estar cada vez más influenciada por los recientes trabajos realizados, entre los que podemos mencionar los generados por el Programa de mejoradores de suelo de el Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, programa al que pertenece el presente trabajo.

En ese contexto, los objetivos fijados para el presente trabajo son:

1. Evaluar los efectos e interacciones que existen entre diferentes niveles de aplicación de vermiculita como mejorador de suelo y cuatro diferentes niveles de fertilización nitrogenada y potásica, usando dos niveles de fósforo, como continuación de el Programa de mejoradores de suelo.
2. Generar información que pueda ser aplicada por los productores y por futuros investigadores en esta área.
3. Incrementar el rendimiento del cultivo mediante el mejoramiento de las condiciones del suelo y la aportación de los elementos nutritivos correspondientes.

Hipótesis de trabajo

Para cumplir con los objetivos anotados se establecieron las hipótesis siguientes:

1. La adición de vermiculita expandida, como mejorador de suelo, debido a sus condiciones intrínsecas, provoca cambios favorables en las propiedades del suelo dando por resultado mejorar los rendimientos del cultivo.
2. Existe una respuesta favorable a la fertilización nitrogenada, que da por resultado un incremento en la producción del tubérculo.
3. El uso del fertilizante potásico puede mejorar la producción del cultivo.

CAPITULO 2

REVISION DE LITERATURA

La Papa y su Cultivo

Origen

Hawkes (1978) nos dice que el tiempo y lugar de origen de las plantas cultivadas y su posterior evolución bajo domesticación ha capturado la imaginación de biólogos y científicos agronómicos desde los primeros días del siglo pasado y que para ello ha sido necesario sintetizar la información proveniente de campos muy diversos, tales como citogenéticas, historiadores, lingüistas, botánicos, arqueólogos y otros para poder tener un patrón de evolución de nuestros cultivos ancestrales, muchos de los cuales se iniciaron a cultivar hace nueve o diez mil años.

Sin duda alguna, el origen de la papa es muy antiguo aunque lo que conocemos de sus inicios en la domesticación no es tan preciso como los de otros cultivos, como el trigo y la cebada, por ejemplo. Sabemos que fué domesticada en Sudamérica y que de allí fué dispersada por el hombre a una área considerable al tiempo en que los españoles llegaron en el siglo dieciseis.

De cualquier forma, el área exacta en donde creció por primera vez y los detalles de su introducción en Europa y otros países son materia aún de discusión.

Producción en el Contexto Mundial

Daltón (1978) nos dice que la papa es una parte relativamente estable de la dieta de los europeos y norteamericanos. A medida que el ingreso se incrementa, el consumo de papa se mantiene constante o decrece ligeramente; al mismo tiempo, la historia nos indica que las porciones pobres de las comunidades obtienen una gran proporción de sus calorías de este cultivo, en relación con la gente de mayor ingreso. Es necesario hacer notar la alta capacidad del cultivo para soportar un gran número de gente en una superficie reducida.

De acuerdo a las estadísticas de producción de FAO (1975), la producción de la papa se ha mantenido más o menos estática en los años recientes y es de trescientos millones de toneladas, aproximadamente. Esto contrasta grandemente con la producción de cereales que se ha incrementado de 676.072 millones de toneladas en 1961-5 a 1334 millones de toneladas en 1974.

Un análisis de los datos de producción desde un punto de vista regional nos muestra que la papa es un cultivo principalmente europeo (Cuadro 2.1.) Rusia es el mayor productor de este cultivo. Dentro de Europa, usando la misma información, el mayor productor es Polonia, seguido por Alemania Occidental, Alemania Oriental, Francia, Holanda y el Reino Unido. En Asia, China es el principal productor. En América, Estados Unidos es el mayor y luego puede citarse a Brasil, Colombia y Perú. Esta información de ninguna manera resta la importancia a otros lugares en donde es cultivada la papa, como en el caso de nuestro país.

Ortiz (1983) menciona que en México existen tres regiones principales en donde se produce este cultivo, siendo estas en el sur, Valle de Toluca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz e Hidalgo; en el centro el Bajío y en el norte Navidad y la sierra de Chihuahua.

Cuadro 2.1. Producción Regional de papa (tomado de FAO, 1975).

	AREA 10 ⁶ ha	RENDIMIENTO kg/ha	PRODUCCION 10 ⁶ ton
<u>1961 - 1965</u>			
Mundial	23.733	11 927	283.074
Africa	0.269	7 537	2.024
Norte y Centro Amé- rica	0.742	20 192	14.990
Sudamérica	0.977	7 176	7.010
Asia (sin Rusia)	4.403	8 707	38.334
Oceania	0.052	15 560	0.805
Europa (sin Rusia)	8.653	15 981	138.283
Rusia	8.638	9 449	81.628
<u>1970 - 1974</u>			
Mundial	22.225	13 475	299.497
Africa	0.378	8 121	3.075
Norte y Centro Amé- rica	0.729	23 579	17.178
Sudamérica	1.007	8 438	8.479
Asia (sin Rusia)	5.163	9 604	49.580
Oceania	0.050	20 456	1.018
Europa (sin Rusia)	6.911	18 675	128.939
Rusia	7.987	11 419	91.224

Calidad del tubérculo

En base a un panorama mundial, la papa produce más materia seca y proteína por hectárea que el principal cultivo de cereal (Cuadro 2.2.) aunque por su relativo bajo contenido de materia seca del tubérculo en fresco, es necesario consumir tres veces más producto en fresco para obtener una energía equivalente a la del cereal.

Cuadro 2.2. Producción total de materia seca, producción de materia seca por unidad de área, producción total de proteína y por unidad de área de los principales cultivos de subsistencia. (tomado de FAO, 1975).

CULTIVO	PRODUCCION TOTAL		PRODUCCION POR ha	
	materia seca 10 ⁷ ton	proteína 10 ⁶ ton	materia seca ton/ha	proteína ton/ha
Trigo	27.5	32.9	1.30	0.156
Arroz	26.7	23.2	1.97	0.172
Maíz	23.5	24.7	2.13	0.224
Cebada	11.4	11.6	1.46	0.148
Sorgo (molino)	8.2	7.4	0.73	0.063
Papa	6.6	6.0	2.93	0.266
Camote	3.9	2.9	3.82	0.280
Cassava	3.4	0.8	4.92	0.115
Soya	4.2	16.7	2.62	1.043

En el pasado, la papa representaba una fuente muy significativa de alimento y energía para las comunidades industriales, proveyendo además cantidades significativas de proteína, en la actualidad esa significancia ha disminuido, aunque aún con el relativo bajo consumo, sigue siendo fuente importante de vitamina C, además proporciona minerales, principalmente hierro, tiamina, ácido nicotínico, riboflavina y pequeñas cantidades de vitamina A y carbohidratos, que son fuente de energía.

La calidad del tubérculo está dada por un grupo de características que van desde su contenido nutricional hasta el color de la carne, pasando por su aspecto culinario, aspectos relacionados con la morfología tales como tamaño, color, textura, grosor de la cáscara, profundidad de los ojos y otras.

Estas características están grandemente determinadas por la variedad, factores culturales y factores ambientales.

Aunque el valor proteínico varía grandemente aún entre lotes de una misma variedad, la proteína que contiene es de elevado valor biológico. (Cuadro 2.3.) .

Cuadro 2.3. Constituyentes de importancia nutricional en papa. (tomado de Burton, 1978).

	CANTIDAD QUE PROVEE 100 g PESO FRESCO.	REQUERIMIENTO DIA- RIO. (U.K.)
Proteína	2.1 g	45 a 75 g
Energía	0.3 MJ	11 MJ
Vitamina C	25.0 mg	30 mg
Tiamina	0.1 mg	1.4mg
Riboflavina	0.02 mg	1.7mg
Acido nicotínico	0.5 mg	18 mg
Hierro	1.0 mg	10 mg

Requerimiento de nutrientes

Harris (1978) dice que el cultivo de la papa acumula grandes cantidades de nitrógeno y potasio y cantidades menores de fósforo durante el desarrollo, estos son los elementos que más probablemente puedan ser deficientes en suelos agrícolas normales y que deberán de suplirse si se desea alcanzar el máximo rendimiento.

Un prerequisite para estar seguro del requerimiento de fertilizantes es conocer la forma de respuesta del cultivo a la adición del nutriente limitante; además, se debe de conocer el estado del suelo en donde va a desarrollarse el cultivo, en cuánto a su fertilidad. Es evidente que a pesar de un gran número de recomendaciones de fertilización, la curva de respuesta no se conoce con certeza y por otro lado, el estado de los nutrientes en el suelo no se pueden determinar

con un alto grado de certeza.

También es evidente que la curva de respuesta de la producción hacia los nutrientes minerales puede ser afectada por muchos factores, tales como la densidad de plantas, la disponibilidad de agua, la oportunidad y colocación de los fertilizantes, la variedad, la estación de crecimiento y como menciona Talavera (1983) el rendimiento esta influenciado por la duración del período vegetativo y el espaciamiento -- que existe entre tuberculos y el crecimiento diario de estos.

La concentración de nitrógeno, fósforo y potasio varía con el tiempo y el componente cosechado (Figura 2.1.). La concentración de nitrógeno fué siempre más alta en las hojas, alcanzando un valor de seis por ciento en la etapa temprana del cultivo; la concentración más alta de potasio se presenta en los tallos con el valor más alto sobre ocho por ciento a principios de la estación. Los contenidos de fósforo fueron de cerca de un decimo de los anteriores y la variación entre los componentes es mucho menor. (Figura 2.2.)

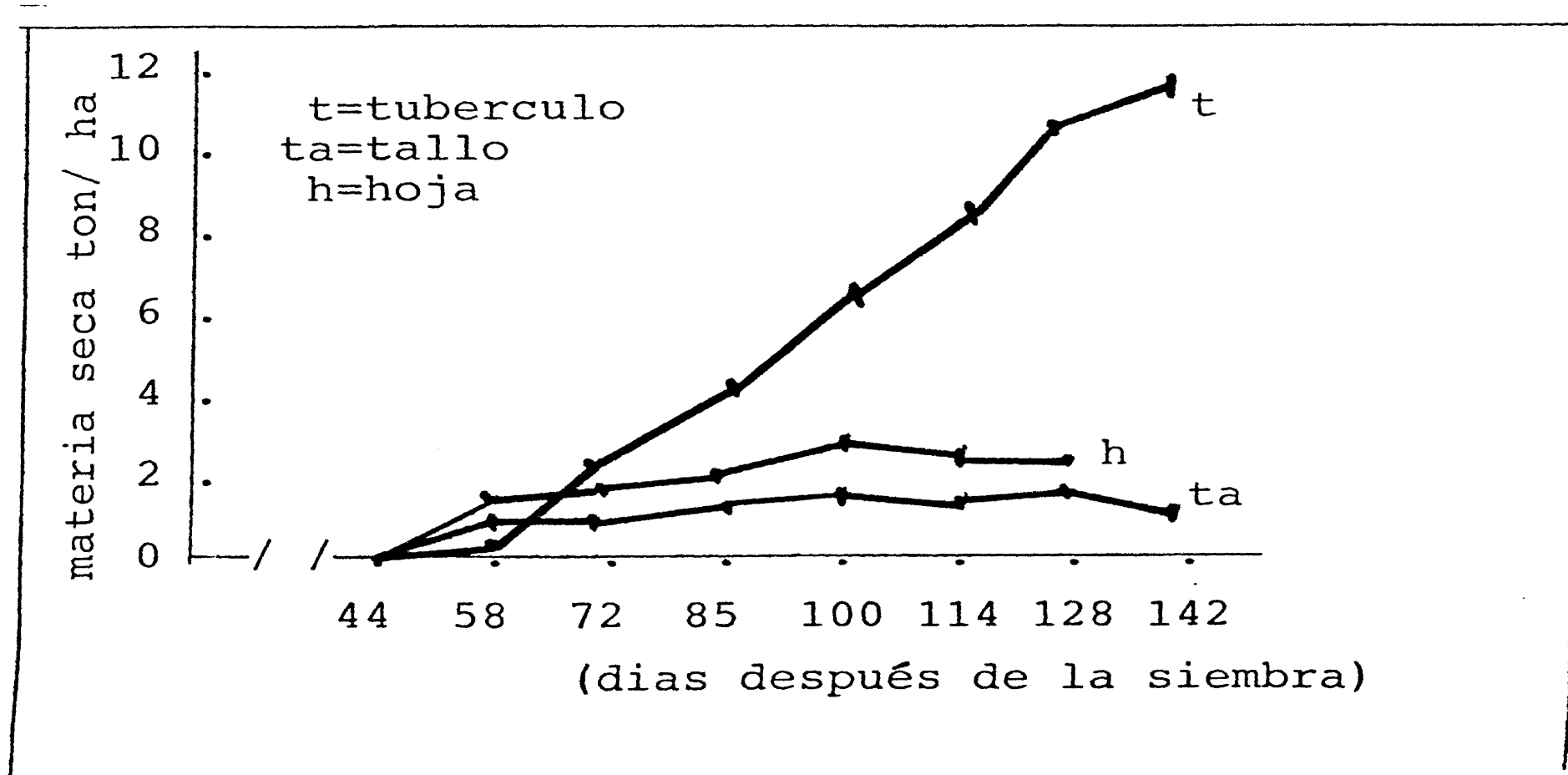


Figura 2.1. Acumulación de materia seca en hojas, tallos y tuberculos. (tomado de Gunasena 1969).

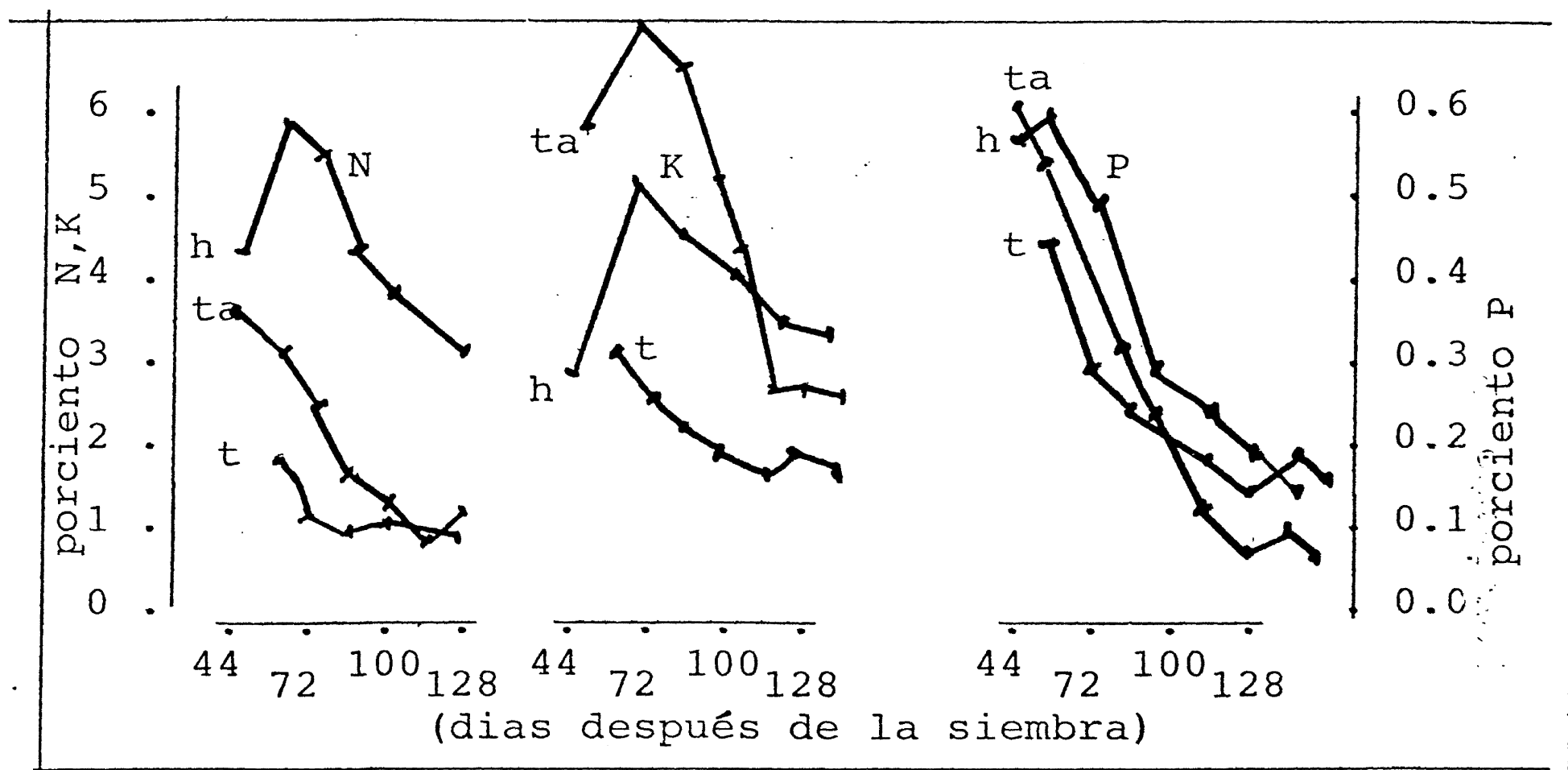


Figura 2.2. Contenido de nitrógeno, potasio y fósforo de la materia seca de hojas, tallos y tuberculos.

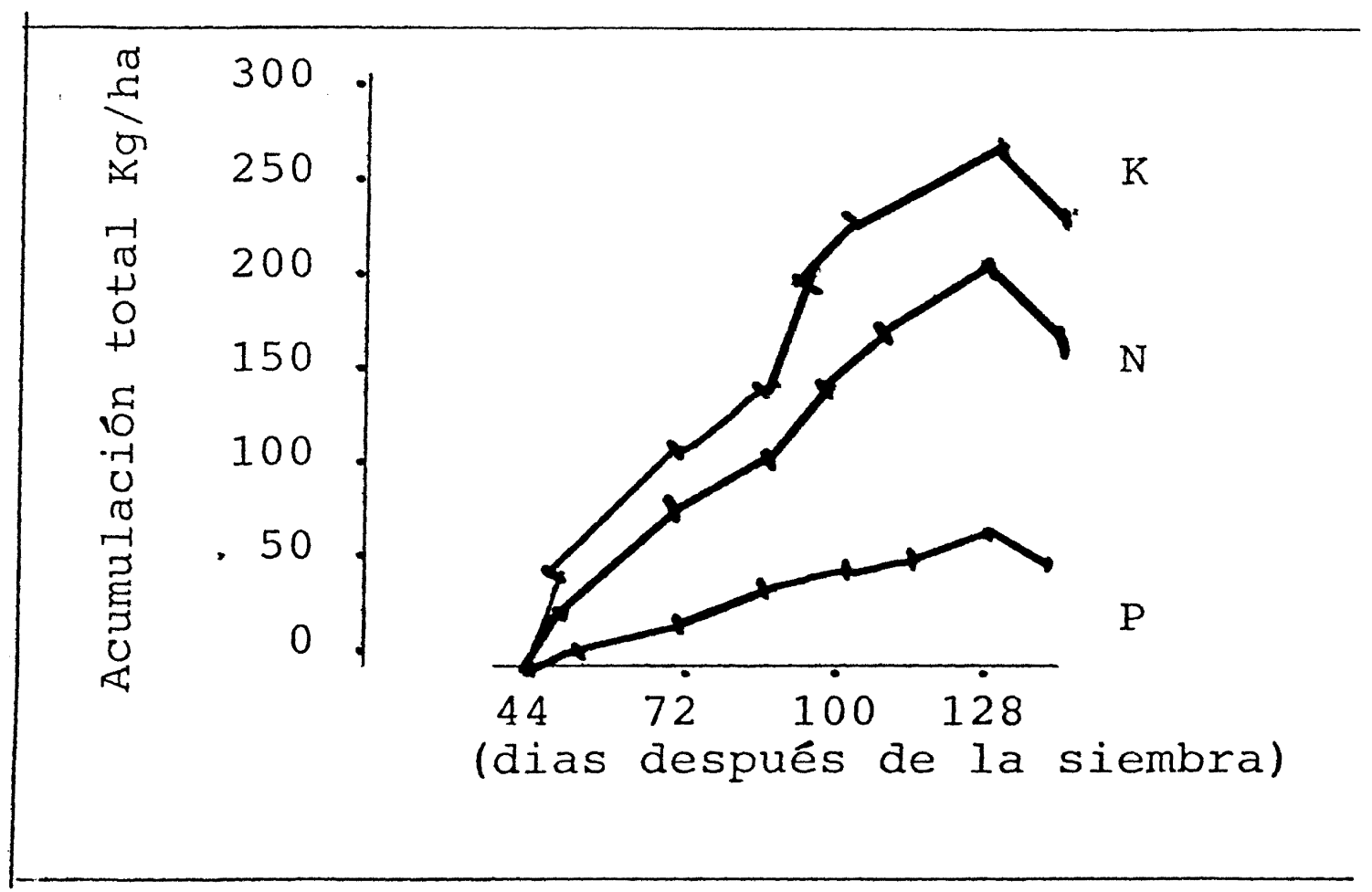


Figura 2.3. La acumulación total de nitrógeno, potasio y fósforo.

INIA - INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

En la Figura 2.3. se muestra la acumulación de los tres elementos mayores en el cultivo y la acumulación de las tres fuentes principales de producción en la Figura 2.4., en ellas se muestra las grandes cantidades de nitrógeno y potasio y las mucho más pequeñas cantidades de fósforo acumulado.

Otros nutrientes importantes para la papa son el calcio, el magnesio y el azufre, Figura 2.5.; la acumulación total y en tubérculo de un experimento realizado por Hawkins (1978), en el la cantidad de calcio acumulada fué el doble que la de magnesio y cuatro veces la cantidad de azufre, aunque solo el seis por ciento del calcio estuvo en el tubérculo, comparado con cuarenta y uno y cincuenta y cinco por ciento de magnesio y azufre respectivamente.

En cuánto a los micronutrientes, Geraldson et al (1973) encontraron que expresado en partes por millón en materia seca, hierro de 70 a 150, boro de 30 a 40, zinc de 20 a 40, manganeso de 30 a 50, en hojas maduras cuando los tubérculos se encuentran a mitad de desarrollo.

Harris (1978) menciona que una producción de 20.1 -- toneladas de tubérculo por hectárea, removi6 cuarenta y cuatro gramos de cobre, cuarenta y dos gramos de manganeso, setenta y nueve centigramos de molibdeno y noventa y nueve gramos de zinc.

Aunque la cantidad de nutrientes removidos del suelo por el tubérculo no es la única pérdida de nutrientes del suelo, además de variar con el rendimiento y la concentración del nutriente, con el sitio y con el año, en el Cuadro 2.4. se presenta la cantidad de nutrientes removidos por tonelada de tubérculo fresco.

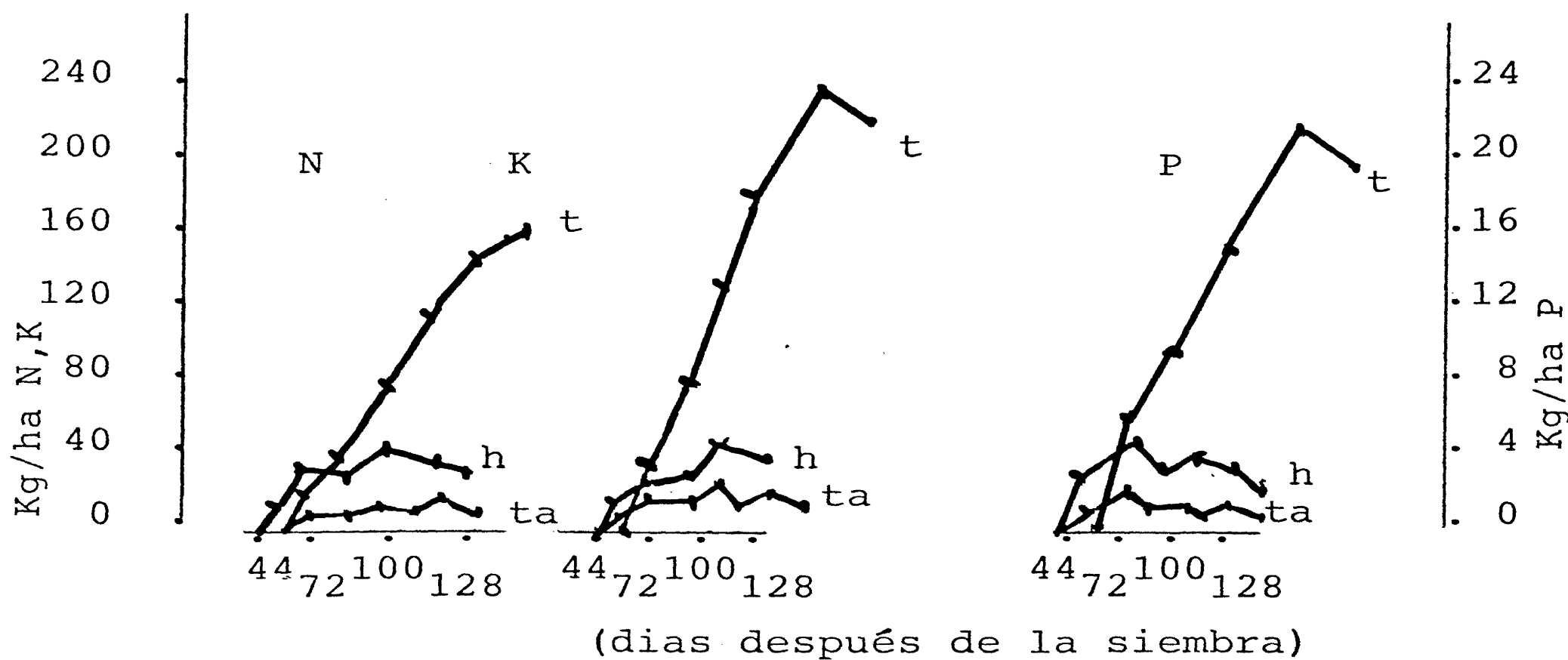


Figura 2.4. Acumulación de nitrógeno, potasio y fósforo en hojas, tallos y tubérculos. (tomado de Harris, 1978).

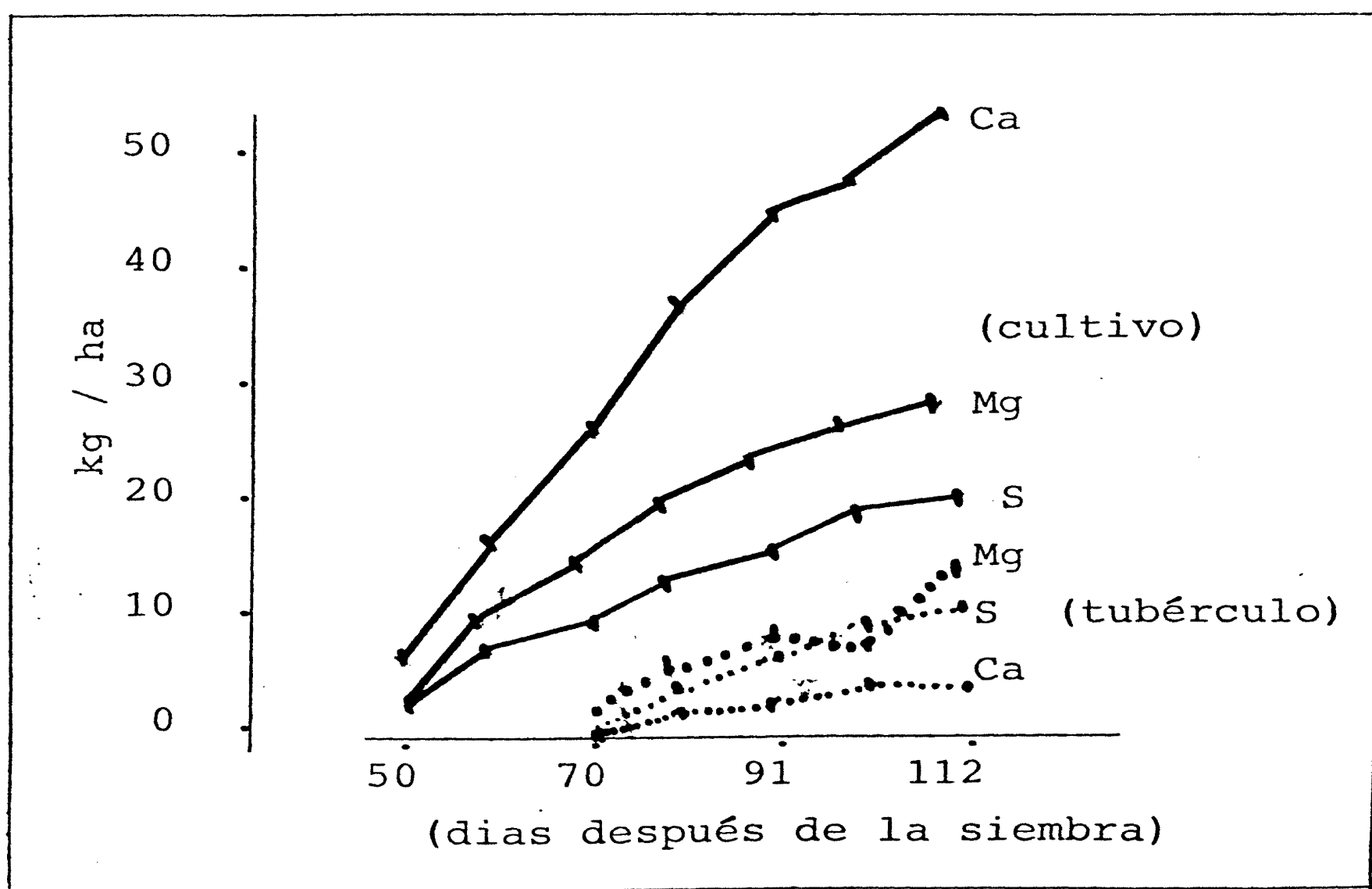


Figura 2.5. Acumulación de Ca, Mg y S en papa.

Cuadro 2.4. Nutrientes removidos por tonelada de -
tuberculo fresco por tres autores en -
tres sitios y tres años. (tomada de Harris)

Elemento	1	2	3 (Kg)
Nitrógeno	2.68		2.36
Fósforo	0.62		0.53
Potasio	3.93	4.67	4.55
Calcio	0.07	0.20	
Magnesio	0.22	0.13	
Azufre	0.21	0.48	
Zinc	0.0018	0.005	
Cobre	0.00143	0.00219	
Manganeso	0.00134	0.0021	
Hierro	0.0042		
Boro	0.00062		
Molibdeno		0.000037	
Sodio		0.23	

Knott (1957) dice que la máxima absorción de nitrógeno, fósforo y potasio ocurre dentro de el tercer mes del crecimiento de la planta.

Krentos (1979) al hablar de la fertilización nitrogenada, fosfatada y potasica menciona que existe un buen número de experimentos que prueban nitrógeno y fósforo, pero tan solo unos pocos que prueban el fertilizante potasico. En trabajos realizados en suelos de pH alcalino un poco arriba de ocho, se han demostrado los beneficios del fertilizante potasico y fosfórico, ya que mediante la experimentación realizada, se ha obtenido respuesta a la adición de fertilizante potasico.

Krentos (1979) explica de que a pesar de que normalmente suelos derivados o de origen calcareo proveen adecuada cantidad de potasio, no presentandose respuesta a adición de fertilizante potasico, sin embargo, cuando el cultivo de la papa se hace en forma intensiva, con riego, fertilización nitrogenada y fosfatada, el nivel de contenido de potasio en el suelo se reduce y como el cultivo de la papa requiere alta cantidad de potasio, teniendo un reducido

espacio de donde toma sus nutrientes, aunado a un rápido - desarrollo, induce a la respuesta de potasio.

En relación a la fuente de potasio, Murphy (1966) - concluye en su estudio de diez años en la Universidad de Ma - ine EUA, indica que la papa no mostro influencia significa - tiva en relación a la fuente de potasio y rendimiento.

Eastwood (1956) menciona que existen ciertas inter - acciones entre los niveles de potasio y otras variables ex - perimentales, siendo en el caso de niveles de nitrógeno sig - nificativas, aunque el sentido y la magnitud fué errático. - Además, la cantidad de potasio usada en sus experimentos al - tero el efecto del fertilizante nitrogenado sobre los cam - bios obtenidos en los valores de gravedad específica.

El nitrógeno, aspectos generales

El nitrógeno tiene un lugar especial en la nutri - ción de las plantas, no solo porque se requiere en gran can - tidad, sino porque normalmente esta ausente en el material madre de donde se forma el suelo.

La presencia de nitrógeno en el suelo en su mayor - parte es el resultado de la acción biológica o bien del a - porte natural o artificial. Es probable que la mayoría de - las plantas en condiciones naturales vivan en constante de - ficit de nitrógeno, lo cual no apreciamos en forma crítica debido a la gran habilidad de las plantas a un amplio rango de nutrición.

El nitrógeno es parte constitutiva de las protei - nas, de los acidos nucleicos y de muchas otras sustancias importantes, parece intervenir en reacciones como cataliza - dor y sustancia electroquímica, además de que esta estruc - turalmente involucrado en la mayoría de las enzimas.

Una deficiencia de nitrógeno provoca una clorosis gradual de las hojas más viejas, las que se tornan amarillas y pueden caer, normalmente no se presenta necrosis, la clorosis se puede extender de las hojas viejas a las más jóvenes, lo que indica que el nitrógeno puede ser movilizado. (Bidwell, 1979) Un síntoma característico de la deficiencia de nitrógeno es el desarrollo de antocianinas en los tallos, venas de las hojas, peciolo, los cuales se pueden ver rojizos o violacios.

Las plantas responden de muy diversas maneras a la aplicación de nitrógeno. En papa, por ejemplo, la respuesta a una sobrefertilización con este elemento es la producción de hojas grandes, de color verde oscuro, que hace que la planta se vea saludable en su parte aérea pero las raíces son pobres y los tubérculos pequeños.

La relación de aplicación con fósforo y potasio es que el nivel de aplicación del nitrógeno debe ser ligeramente menor, pero sin llegar a un estado crítico.

El potasio, aspectos generales

El Potasio se requiere en grandes cantidades por los vegetales y las deficiencias de este elemento es más frecuente en suelos ligeros y arenosos (Bidwell, 1979) debido a su solubilidad y a la facilidad con que es lavado de tales suelos, en suelos arcillosos, normalmente está presente en cantidades adecuadas.

El potasio es el catión prevalente en las plantas y está relacionado con el mantenimiento del balance iónico de las células.

Aunque parece que el potasio no tiene un papel estructural en las plantas, sirve para un gran número de

funciones catalíticas. No se ha podido definir claramente - la naturaleza exacta de las grandes cantidades que se re -- quiere de este elemento. Muchas enzimas, por ejemplo, no - actúan eficientemente en ausencia de potasio.

El potasio interviene como ión en una enzima que es esencial en la respiración y en el metabolismo de los carbohidratos, la pyruvatoquinasa.

La deficiencia de potasio normalmente se empieza a mostrar con una clorosis moteada de las hojas más viejas para luego pasarse a las hojas más jóvenes, el potasio es un elemento altamente móvil dentro de las plantas. Se desarrollan áreas necróticas en los márgenes y puntas de las hojas los cuales se enrollan de una forma característica. La deficiencia también se puede mostrar por la producción de roseta, reducción del crecimiento de los tallos, baja resistencia a patógenos y en cereales el acame.

El fósforo, aspectos generales

La absorción del fósforo se realiza en forma de ión fosfato inorgánico, monovalente o divalente. Mucho del fósforo está en la planta en forma orgánica, pero la translocación se hace grandemente en forma inorgánica, el fósforo se encuentra en el suelo formando parte del complejo mineral, al igual que el potasio y su absorción por las plantas puede ser antagonizada por exceso de calcio. La deficiencia de fósforo no es por lo general aguda y que muestre grandes síntomas.

El fósforo como el nitrógeno es un componente muy importante como parte estructural de muchos compuestos como los ácidos nucleicos y los fosfolípidos, además este elemento juega un papel importante en el metabolismo de la energía. De tal manera que la deficiencia de fósforo afecta

todos los aspectos del metabolismo y crecimiento vegetal, - uno de los síntomas más frecuentes de deficiencia de fósforo es la pérdida de las hojas viejas, desarrollo de antocianinas en tallos y venas de las hojas y en casos extremos, - desarrollo de áreas necroticas en varias partes de la planta. Las plantas deficientes en fósforo se desarrollan lentamente y frecuentemente son achaparradas. Al igual que la deficiencia de nitrógeno, los primeros síntomas aparecen en las hojas más viejas, debido a la gran movilidad del fósforo.

Requerimiento de agua

La dependencia que tiene la producción elevada de tubérculos con un adecuado abastecimiento de agua en el suelo es bien conocida, el cultivo es muy sensitivo a pequeñas deficiencias hídricas, para aproximarse a la máxima producción el deficit no debe de ser mayor del cincuenta por ciento del agua disponible para el rango de exploración de las raíces del cultivo (Thompson et al, 1957).

Cuando el potencial de evaporación es muy elevado, se puede observar sintomas de marchitamiento aún cuando el suelo este a capacidad de campo (Harris, 1978).

La razón por la cual es sensitiva a pequeños deficits hídricos del suelo, probablemente incluya la tendencia de los estomas a cerrarse a potenciales hídricos de las hojas relativamente bajos y por el rango de fotosíntesis que es sensible al incremento de resistencia de la hoja.

Sanidad vegetal

El control de enfermedades es un prerequisite indispensable para mantener el resultado en cuánto a rendimiento y calidad del producto dentro de rangos aceptables, podemos

citar como ejemplo la devastación provocada por el tizón tardío, Phytophthora infestans, en el siglo XIX en los estados de Nueva Inglaterra y Nueva York de Estados Unidos o la tragedia ocurrida en Irlanda por causa del mismo hongo, que provocó la muerte por inanición de más de un millón de personas, la emigración masiva y la catástrofe económica del país.

La papa es atacada por más de cien especies de enfermedades causadas por bacterias, hongos, virus o micoplasmas, pero afortunadamente, solo unas pocas de estas alcanzan proporciones serias en cualquier área de producción.

El tizón tardío es generalmente la enfermedad más importante en las áreas donde se cultiva papa. Además de Phytophthora, algunos hongos que pueden ocasionar daño al cultivo son Alternaria, Oidium, Rhizoctonia, Sclerotinia y Sclerotium que provocan el tizón temprano, cenicillas, roña y pudriciones respectivamente, siendo en la región de Navidad, de importancia económica Phytophthora, Alternaria y Rhizoctonia.

García Alvarez (1982) cita como enfermedades que se presentan en el cultivo de la papa provocadas por bacterias a las causadas por los generos Pseudomonas y Corynebacterium, incitadoras de la marchitez y pudriciones del tubérculo, además es frecuente encontrar el daño provocado por Erwinia, sobre todo en almacén. En la región la enfermedad bacteriana más importante económicamente es la causada por Pseudomonas solanacearum, conocida comunmente como "vaquita"

Los virus que pueden atacar a la papa produciendole enrrollamientos, mosaicos, distorsiones y achaparramientos son Corium y Marmor, aunque en la zona no son de importancia económica todavía.

Existe además, el problema cada vez mayor de "punta morada", enfermedad provocada por un micoplasma que provoca la disminución en el rendimiento.

En cuanto a nematodos, se puede presentar nodulaciones por Meloidogyne y existe la controversia de la existencia o no del nematodo dorado, motivo por el cual la producción de semilla de papa esta limitada en la región, como una medida cuarentenaria.

Los insectos son otro factor a considerar en la producción del cultivo, en la región existen varias especies económicamente importantes, pertenecientes a los órdenes Hemiptera, Coleoptera y Lepidoptera, que atacan al cultivo tanto en forma de adulto, como en forma larval.

Podemos anotar en esta parte que el agricultor de la región hace uso de plaguicidas en una forma sistemática, en ocasiones excesivamente, controlando normalmente los problemas de sanidad del cultivo, usando productos comerciales de los cuales los más utilizados son tamarón, pounce, heptacloro, tecto 60, Ridomil y furadan.

Mejoradores de suelo

Narro y Mendez (1982), dicen que los mejoradores de suelo son productos de diferente origen y composición que al ser aplicados al suelo producen cambios en el repercutiendo en una eficiencia mayor de las funciones del suelo en beneficio de las plantas.

Dentro de los estudios realizados por el departamento de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se ha encontrado que diferentes mejoradores de suelo incrementan la producción de papa, debido probablemente a que al adicionar esas substancias se mejoran las condiciones de friabilidad, estructura y disponibilidad de --

nutrientes para la planta.

Thompson y Troeh (1978) dicen que la vermiculita es una arcilla mineral silicatada que comunmente se encuentra en rocas y suelos con alto contenido de magnesio y que en su capa octaedrica sufre una expansión muy grande cuando es sometida a calentamiento rápido de doscientos cincuenta a trescientos grados centigrados, ya que el agua desalojada de la estructura de la vermiculita al ser evaporada produce pequeños estallidos, lo que hace que aumente hasta treinta veces su volumen original, dando como resultado que los valores de densidad se encuentren por debajo de nueve decimas de gramo por centímetro cúbico y su capacidad de intercambio catiónico se torna muy elevado; estas características hacen de la vermiculita un excelente mejorador de suelos.

Efecto de la Alcalinidad del Suelo

Los efectos perjudiciales de una alcalinidad elevada se deben ordinariamente a las consecuencias de la alcalinidad más que a los mismos iones hidroxilo (Russell, 1968) la mayor dificultad que experimentan las plantas que se desarrollan sobre suelos alcalinos es la de absorber cantidades suficientes de hierro, manganeso, boro y quizá otros oligoelementos por una parte y fosfatos por la otra, no porque sus raíces sean incapaces de absorber estos elementos en una solución de tal pH, sino que los elementos están en una forma tan insoluble que las raíces no pueden disolverlos para satisfacer sus necesidades.

Wallace y Hewitt (1968) mencionan que todo aquello que aumente la absorción de potasio, es particularmente importante, ya que la deficiencia de potasio induce algunas veces deficiencia de hierro o clorosis, que es una de las alteraciones características sobre tales suelos.

McGeorge (1935) da ejemplos del valor de la adición de azufre u otros materiales ácidos a los fertilizantes para mejorar su eficiencia sobre suelos alcalinos. El azufre aumentando la acidez del suelo ayuda a la cosecha a absorber más hierro, manganeso, zinc, así como fosfato, por lo que recomienda el uso de fosfatos ácidos o mezclas de azufre fosfato, del mismo modo recomienda el uso de sales de amonio, sobre el uso de nitratos, porque tienden a acidificar más el suelo.

CAPITULO 3

MATERIALES Y METODOS

Localización del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó en la región de Navidad, en el rancho "El Aguatoche", situado a sesenta kilómetros al sur de Saltillo, treinta por la carretera a Concepción del Oro Zacatecas y treinta por la terracería del rancho "Los Angeles", propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situado al oriente del poblado Hedionda Grande, a dos kilómetros al oriente.

Características del Sitio Experimental

Para obtener información en lo referente a suelo, fueron tomadas muestras a profundidades de cero a treinta y de treinta a sesenta centímetros, las muestras fueron procesadas en el laboratorio de física de suelos, donde se les realizó análisis fisicoquímicos; los resultados, así como los métodos de análisis se anotan en el Cuadro 3.1. Los suelos son de tipo xerosol cálcico, pobre en materia orgánica.

Las condiciones climatológicas medias del área de Navidad son: precipitación anual de cuatrocientos setenta y cinco milímetros, temperatura media anual de diecisiete grados centígrados, siendo según Köppen de clasificación BS o sea seco estepario.

Cuadro 3.1. Caracterización fisicoquímica del suelo del sitio experimental.

CARACTERISTICA		METODO	0 a 30	30 a 60
Materia organica	%	Walkely/Black	2.1	0.77
Nitrógeno total	%	Kjeldahl	0.348	0.063
Fósforo aprovech.	kg/ha	Olsen	36.6	3.22
Potasio intercam.	kg/ha	Co-NO ₂ -Na	890.0	259.5
Carbonatos totales	%	NaOH, 1 N	79.75	69.1
Reacción del suelo	pH	Potenciometro	8.1	8.15
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	Wheatstone	3.05	2.77
Arena	%	Bouyucos	35.45	47.95
Limo	%	Bouyucos	60.35	47.05
Arcilla	%	Bouyucos	4.20	5.00
Textura		Triángulo	migajón limoso	migajón arenoso
Densidad aparente	g/cm ³	Parafina	1.28	1.83
Densidad de sólido	g/cm ³	Pícnometro	2.13	2.61
Extracto de salinidad. Análisis de salinidad.				
Ca	meq/l	volumétrico EDTA .01 N	40.40	34.35
Mg	meq/l	volumétrico EDTA .001 N	56.84	58.24
K	meq/l	absorción atómica	0.89	1.56
Na	meq/l	absorción atómica	0.52	0.10
Cl	meq/l	volumétrico AgNO ₃ .02 N	1.60	4.00
HCO ₃	meq/l	volumétrico H ₂ SO ₄ .01 N	1.40	1.35
SO ₄	meq/l	gravimétrico	27.44	37.58

Descripción de tratamientos y diseño experimental

Para realizar el presente estudio se trabajó con cuatro niveles de vermiculita expandida; cuatro niveles de fertilización nitrogenada; cuatro niveles de fertilización potásica y dos niveles de fertilización fosfatada, los niveles los podemos ver en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Niveles de los diferentes factores utilizados en el experimento.

FACTOR	N I V E L E S				UNIDADES
	0	1	2	3	
Vermiculita	0	1	2	3	ton/ha
Nitrógeno	50	100	150	200	kg/ha
Potasio	375	750	1125	1500	
Fósforo	250	450			kg/ha

Los tratamientos se seleccionaron en base a una matriz experimental, la Plan Puebla Uno para tres factores y dos tratamientos adicionales, un tratamiento de referencia y un testigo. Se estableció un experimento para cada nivel de fósforo. En el campo se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos y las fuentes empleadas se muestran en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Relación de tratamientos, de la matriz experimental Plan Puebla Uno, para tres factores. Fuentes de fertilizante.

TRATAMIENTO	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Vermiculita (ton/ha)
01	50	750	1
02	100	375	1
03	100	750	0
04	100	750	1
05	100	750	2
06	100	1125	1
07	100	1125	2
08	150	750	1
09	150	750	2
10	150	1125	1
11	150	1125	2
12	150	1125	3
13	150	1500	2
14	200	1125	2
15	00	00	0
16	150	750	0

Cuadro 3.3. continuación

La fuente para nitrógeno N fué sulfato de amonio.
 La fuente para K_2O fué sulfato de potasio.
 La fuente para P_2O_5 fué superfosfato simple.

El experimento A fué adicionado con 250 kg/ha de P_2O_5
 El experimento B fué adicionado con 450 kg/ha de P_2O_5

El tamaño de la parcela fué de cinco surcos de dos y medio metros de longitud y con separación entre surcos de noventa centímetros; la parcela útil correspondió a los tres surcos centrales.

Preparación del terreno, aplicación de tratamientos, siembra

En el ciclo de invierno anterior al establecimiento de los experimentos, el sitio fué sembrado con avena, practica común de los agricultores de la región, la avena fué incorporada en el mes de enero mediante el paso de una rastra pesada.

En el mes de febrero el terreno fué barbechado y también un paso de rastra, con lo que se logró además de control de malas hierbas la protección de la humedad del suelo.

En marzo y abril fueron preparados los tratamientos y se aplicó el riego de presiembra en la segunda quincena de abril.

La siembra se efectuó a mano el primero de mayo en surco abierto, or tractor, se aplicaron los tratamientos y los pesticidas que el agricultor utiliza en siembra comercial para control y prevención de plagas y enfermedades. La siembra y tratamientos fueron cubiertos mecánicamente.

Labores Culturales

Para el mantenimiento correcto del experimento se realizaron tres escardas a partir del veintiuno de junio, espaciadas cada quince días, con lo cual casi se controló por completo a la maleza, pero haciéndose necesario, realizar un deshierbe adicional en forma manual, debido a la alta humedad que prevaleció después de la última escarda. Además, con el propósito de proporcionar buen espacio de desarrollo a los tubérculos, se realizó un aporque.

Riegos

Durante todo el tiempo de permanencia del cultivo en el terreno, se le proporcionó riego por aspersión con el sistema "side roll", la frecuencia de riego fué cada quince días, aplicandose el primero a los cuarenta días de sembrado.

Cosecha

Se procedió al desvare de las plantas, mismas que casi habian perdido en su totalidad el follaje debido a un severo ataque de tizón tardío, Phytophthora infestans.

El 27 de agosto de 1983 se cosechó el experimento y los tubérculos fueron clasificados y pesados de acuerdo a los estándares de calidad usados en la región, por tamaño y calidad; los tubérculos fueron sacados por una cosechadora mecánica, la clasificación fué manual.

Evaluación de tratamientos

Para la evaluación de los tratamientos aplicados se consideró el crecimiento, la producción de materia seca, el rendimiento y la calidad del tubérculo.

Crecimiento

La altura de plantas fué evaluada en el campo, tomando una muestra representativa de cuatro plantas al azar, de los tres surcos centrales de cada una de las parcelas a los treinta y cuarenta y cinco días después de la siembra.

Materia seca

Se evaluó materia seca de la planta tomando una por cada tratamiento y repetición al momento de la floración.

Producción y calidad de tubérculo

Se cosecharon los tres surcos centrales de cada parcela, para la evaluación se consideró la producción total por parcela útil, el tamaño del tubérculo según los estándares de la región. Los datos de producción se sometieron a un análisis estadístico.

Análisis estadístico

El procesamiento estadístico de los rendimientos se realizó en el centro de computación del Colegio de Postgraduados.

Análisis de varianza

Los rendimientos experimentales fueron analizados matemáticamente y se les practicó el análisis de varianza utilizado para el diseño de bloques al azar, con el propósito de determinar su significancia o falta de ella, tanto de los factores en estudio como de las repeticiones. Se obtuvo también el coeficiente de variación que es utilizado como uno de los criterios para observar la precisión lograda en la conducción del experimento.

Análisis de regresión

Debido a que el experimento fue realizado para ser también procesado mediante análisis de regresión, se procedió utilizando el modelo :

$$\text{Rendimiento} = N + K + V + N^2 + K^2 + V^2 + NK + NV + KV$$

Que es el adecuado para experimentos establecidos con tres factores usando una matriz experimental Plan Puebla uno.

Todo el análisis estadístico fue procesado con la versión 82.4 de los productos SAS, SAS/base, SAS/ETS y SAS/GRAPH.

Análisis gráfico

Para complementar el trabajo y lograr una mejor comprensión se realizó un análisis gráfico, en donde se compara el rendimiento contra los factores que fueron estudiados.

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSION

Cronología de desarrollo del experimento

La siembra se efectuó el primero de mayo de 1983 en forma manual, con la variedad Alpha, que es una de las más utilizadas en la región a nivel comercial.

El nitrógeno, el potasio y la vermiculita se aplicaron al momento de la siembra, la aplicación del fertilizante fosfatado se hizo tres días después, en banda.

La germinación se inició aproximadamente a los quince días después de la siembra, una semana más tarde se tuvo noventa y ocho por ciento de emergencia.

La primera flor se detectó el quince de julio, teniendo floración completa el día veintidós de ese mes.

En la última semana del mes de julio se presentó un ataque severo de tizón tardío. Se cosechó el día veintisiete de agosto. El resumen de la cronología se observa en el Cuadro 4.1.

Altura de plantas

Se midieron 16 plantas por tratamiento a los 30 y 45 días después de la siembra, el promedio de alturas de los experimentos relacionados con tratamientos se muestran en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.1. Cronología del experimento.

ACTIVIDAD	FECHA	DIAS DESPUES DE SIEMBRA
Preparación del terreno	febrero	---
Riego de presiembra	abril 15	---
Siembra	mayo 1	---
Aplicación de N,K y V	mayo 1	---
Aplicación de P	mayo 4	3
Inicio de emergencia	mayo 16	15
Inicio de riegos	junio 10	40
Inicio de floración	julio 15	75
Ataque de tizón tardío	julio 22	82
Cosecha	agosto 27	118

Cuadro 4.2. Valores observados de altura de planta a los treinta y cuarenta y cinco días después de la siembra.

T R A T A M I E N T O #	N	K ₂ O	V	EXPERIMENTO A		EXPERIMENTO B	
				30	45	30	45
01	50	750	1	35.3	49.5	33.0	45.8
02	100	375	1	32.9	49.3	32.4	46.6
03	100	750	0	35.3	50.3	31.8	46.9
04	100	750	1	33.8	48.9	32.0	46.7
05	100	750	2	37.1	53.1	31.3	47.7
06	100	1125	1	34.1	47.3	32.4	45.1
07	100	1125	2	34.2	48.5	31.8	44.4
08	150	750	1	35.1	48.0	32.0	47.3
09	150	750	2	38.0	53.5	35.1	47.4
10	150	1125	1	32.6	47.5	32.5	47.3
11	150	1125	2	31.4	45.3	29.8	42.9
12	150	1125	3	34.3	47.5	30.0	44.6
13	150	1500	2	33.5	46.4	28.2	40.5
14	200	1125	2	32.0	48.4	30.8	44.4
15	000	000	0	32.2	48.6	30.8	42.2
16	150	750	0	33.0	46.9	28.6	41.1

Para entender mejor los datos anotados es conveniente hacer notar que el fertilizante fosfatado fue aplicado con posterioridad a los otros fertilizantes y a la vermiculita, en banda, lo cual es diferente a la práctica que se ha seguido en el resto de los experimentos dentro del programa de mejoradores de suelos (Narro y Mendez, 1982) con lo cual varias de las cualidades que se le atribuyen a la vermiculita como mejorador de suelo, tales como el proteger al fertilizante fosfatado del contacto del suelo, evitando con esto la inmovilización del fósforo, en suelo alcalino, el aspecto de la conservación de la humedad y por tanto, la mejor solubilidad del fósforo y otras.

En lo referente a condiciones sanitarias del cultivo podemos ver que a pesar de la gran cantidad de plaguicidas empleados por el agricultor, no fué posible liberarlo del ataque del hongo que provocó seria defoliación cuando aún no se acabava el proceso de tuberización, lo que pudo ocasionar una merma considerable en la producción. Debemos anotar que las aplicaciones fueron realizadas cada siete días, principalmente en forma de aplicación aérea de fungicidas y otros materiales con el propósito de prevenir, retardar y detener el daño, sin embargo, las condiciones ambientales prevalecientes de humedad y temperatura favorecieron el desarrollo rápido del hongo.

Observando el Cuadro 4.2. podemos observar que las mayores alturas se asocian, en el experimento A con los tratamientos nueve y cinco los cuales consisten de 150, 250, 750, de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente con dos toneladas de vermiculita por hectárea, el tratamiento nueve y de 100, 250, 750 y dos toneladas; mientras que en el experimento B las alturas mayores se asocian con los tratamientos cinco y nueve, cuya variación en comparación con los del experimento A, es que el experimento tipo

B contiene 750 unidades de P_2O_5 , estos tratamientos, de ambos experimentos se pueden asociar con un mayor vigor de la planta, también es necesario mencionar que la cantidad de K_2O y vermiculita son las mismas para los dos tratamientos, siendo de 750 kilogramos y dos toneladas respectivamente.

Rendimiento

Una vez desenterrado el tubérculo y clasificado se pesó el tubérculo en fresco. En el Cuadro 4.3. se anotan los resultados obtenidos, en forma de rendimiento por parcela y por hectárea, promediando las cuatro repeticiones.

Cuadro 4.3. Rendimiento por parcela y por hectárea - (los experimentos A y B) en kilogramos.

TRATAMIENTO	EXPERIMENTO A		EXPERIMENTO B	
	Parcela	hectárea	Parcela	hectárea
01	6.737	7 949.7	9.900	11 682.0
02	8.875	10 472.5	7.975	9 410.5
03	9.300	10 974.0	9.256	10 922.0
04	7.287	8 598.7	7.800	9 204.0
05	9.593	11 319.7	8.669	10 229.4
06	9.112	10 752.2	8.062	9 513.2
07	9.650	11 387.0	8.675	10 236.5
08	7.981	9 417.6	8.781	10 361.6
09	8.268	9 756.3	8.919	10 524.4
10	8.462	9 985.2	7.431	8 747.3
11	9.636	11 370.5	8.452	9 973.4
12	9.612	11 342.2	8.844	10 435.9
13	9.613	11 343.4	8.537	10 073.7
14	6.737	7 949.7	9.900	11 682.0
15	6.800	8 024.0	6.887	8 126.7
16	7.737	9 129.7	10.275	12 124.5

En el Cuadro 4.3. podemos apreciar que de los rendimientos promedio por tratamiento, los rendimientos más altos se asocian con el tratamiento siete en el experimento A y con el tratamiento dieciséis en el experimento B, que consistieron en 100, 250, 1125, de N, P_2O_5 y K_2O con dos toneladas de vermiculita para el experimento A y de 150, 450, 750 sin vermiculita, para el experimento B.

Los rendimientos más bajos se obtuvieron cuando se aplicaron los tratamientos uno y catorce para el experimento A que consistieron en 50, 250, 750 con una tonelada de vermiculita, para el tratamiento uno y de 200, 250, 1125 con dos toneladas para el tratamiento catorce, de donde podemos inducir que las dosis altas o bajas de N, K_2O y vermiculita que contienen baja cantidad de P_2O_5 , son las que se asocian con menor rendimiento, lo que concuerda con lo encontrado por otros investigadores, en relación a que en suelos de origen calcáreo, con pH elevado el factor limitante es el fósforo.

En el caso del experimento B el menor rendimiento se asocia con el testigo, el cual no tuvo ningún aporte de fertilizantes ni mejorador de suelo, por lo que cabe considerar esta información como lógica.

Análisis de varianza

Con el fin de determinar las diferencias entre tratamientos en base a la producción de tubérculo se procedió a realizar un análisis estadístico. En los Cuadros 4.4. y 4.5. se presenta el análisis de varianza, del diseño bloques al azar y en el Cuadro 4.6. y el Cuadro 4.7. los resultados del análisis de regresión para cada experimento.

Cuadro 4.4. Análisis de varianza de los rendimientos de tratamientos, en bloques al azar del experimento A

CAUSA DE LA VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc.}	F _{.05}	F _{.01}
Repeticiones	3	69.1697	20.72	4.58	2.82	4.27 **
Tratamientos	15	75.7742	5.05	1.12	1.72	2.53 ns
Error	45	203.7271	4.52			
Total	63	341.6710				

C.V. = 25.1385 ; Media del rendimiento = 8 464 kg/ha.

Cuadro 4.5. Análisis de varianza de los rendimientos de tratamientos, en bloques al azar del experimento B.

CAUSA DE LA VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc.}	F _{.05}	F _{.01}
Repeticiones	3	43.4200	14.473	3.57	2.82	4.27 *
Tratamientos	15	49.7552	3.377	0.82	1.72	2.53ns
Error	45	182.3269	4.051			
Total	63	275.5021				

C.V. = 23.2594 ; Media del rendimiento = 8 654 kg/ha

En el experimento A se observa que el coeficiente de variación es de 25.13, mientras que en el experimento B dicho coeficiente es de 23.25, lo que se considera dentro de lo aceptable para un experimento de campo.

En cuanto al análisis de varianza se observa que para tratamientos en el experimento A no hay diferencias estadísticas significativas, lo mismo se observa en el experimento B.

Lo anterior nos indica que la diferencia en rendimientos fue estadísticamente no diferente para los tratamientos aplicados, esto posiblemente se debió a la forma de aplicación del fósforo, la cual fue en banda, después de la siembra, ya que como se ha mencionado, es el principal elemento nutriente que limita la producción, Harris (1978) y al encontrarse fuera de la protección de la vermiculita, pudo ser fácilmente fijado por el suelo alcalino. Además, debemos de considerar que el terreno donde se estableció el experimento no presentaba condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo.

Otra causa posible de la no diferencia estadística del rendimiento de los diferentes tratamientos pudo ser el rango de aplicación del fertilizante potásico empleado que pudo haber inhibido la respuesta del cultivo de alguna manera; o bien, también es posible pensar que el número de repeticiones de acuerdo a las diferencias de producción obtenidas no fue el suficiente para que de acuerdo a los grados de libertad del modelo nos permitiera mostrar más adecuadamente la significancia de las diferencias de producción.

En lo referente a repeticiones o bloques, en el análisis de varianza se puede observar que para el experimento A existe diferencia significativa al uno por ciento, mientras que en el experimento B aunque también existe - - -

diferencia estadística significativa sólo es al cinco por ciento. Esto nos indica que los bloques de los experimentos fueron apropiadamente ubicados en el campo ya que captaron una fracción significativa de la variabilidad del ambiente.

Análisis de regresión

Aunque en el análisis de varianza no se encontró diferencias significativas para tratamientos, debido a que el experimento fue realizado en base a un modelo para ser analizado por técnicas de regresión, se continuó el análisis para estudiar los efectos de las variables individuales y sus interacciones sobre el rendimiento del cultivo.

Cuadro 4.6. Procedimiento general modelo lineal del rendimiento del experimento A, como variable dependiente.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	S.C.	S.C. ¹	C.M.	C.M. ¹	F _{calc.}	F _{calc.} ¹
Modelo	9	62.60		6.95		1.35	1.72
Error	54	279.07	216.90	5.16	4.07		
Total	63	341.67					

CAUSA DE VARIACION	G.L.	TIPO III SS	F _{calc.}	F _{calc.} ¹	F 1/54,0.05
N	1	16.23	3.14	4.04 *	4.02
K	1	7.38	1.43	1.84 ns	
V ₂	1	0.04	0.01	0.01 ns	
N ₂	1	17.25	3.34	4.30 *	
K ₂	1	1.27	0.25	0.32 ns	
V ₂	1	1.61	0.31	0.40 ns	
NK	1	3.41	0.66	0.85 ns	
NV	1	0.00	0.00	0.00 ns	
KV	1	0.38	0.08	0.10 ns	

x¹ = elemento corregido.

C.V. = 26.85

Para calcular la correcta significancia de los diferentes factores o elementos de la ecuación de regresión, se corrigió primeramente la suma de cuadrados y el cuadrado medio del error mediante la substracción de la suma de cuadrados debida a repeticiones, misma que fue calculada en el análisis de varianza convencional, en virtud de que el análisis de varianza de la regresión muestra un incremento en el error por varianza que sabemos se asocia con repeticiones.

En el análisis se observa que el nitrógeno N y su término cuadrático N^2 son significativos.

Como la ecuación completa que se probó en análisis fue:

$$Y = N + K + V + N^2 + K^2 + V^2 + NK + NV + KV$$

Al substituir los coeficientes estimados para los términos significativos que son 6.76 para la intersección, 0.072 para N y 0.0005 para N^2 tendremos la ecuación de rendimiento de la manera siguiente:

$$\text{Rendimiento de A} = 6.76 + 0.072 N + 0.0005 N^2$$

Calculando el máximo físico derivando, tenemos que $0.072 + 0.001 N = 0$; de donde $N = 72$, que es la cantidad de nitrógeno con la que se logra el máximo físico.

Cuadro 4.7. Procedimiento general modelo lineal del rendimiento del experimento B, como variable dependiente.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	S.C.	S.C. ¹	C.M.	C.M. ¹	F _{calc.}	F _{calc.} ¹
Modelo	9	44.66		4.96		1.16	1.42
Error	54	230.84	187.42	4.27	3.47		
Total	63	275.50					

Cuadro 4.7. continuación

CAUSA DE VARIACION	G.L.	TIPO III SS	F _{calc.}	F _{calc.} ¹	F _{1/54,0.05}
N	1	6.04	1.41	1.74	ns 4.02
K	1	18.52	4.33	5.34	*
V	1	0.40	0.10	0.12	ns
N ²	1	20.43	4.78	5.89	*
K ²	1	0.64	0.15	0.19	ns
V ²	1	2.38	0.56	0.69	ns
NK	1	11.96	2.80	3.45	+
NV	1	0.76	0.18	0.22	ns
KV	1	0.11	0.03	0.03	ns

x¹ = elemento corregido.

C.V. = 23.89

Al igual que en el caso del experimento A, para calcular la significancia correcta de los diferentes factores de la ecuación de regresión, fue necesario primero corregir la suma de cuadrados y el cuadrado medio del error.

En el análisis podemos observar que existe respuesta al factor nitrógeno, por su término cuadrático, a potasio y a la interacción de nitrógeno-potasio.

Siendo la ecuación completa probada para el análisis

$$Y = N + K + V + N^2 + K^2 + V^2 + NK + NV + KV$$

Al substituir los coeficientes estimados para los términos significativos que son de 7.001 para la intersección, - 0.04 para N, 0.011 para K, 0.0005 para N² y - 0.000078 para la interacción NK tenemos que:

$$\text{Rendimiento de B} = -0.04 N + 0.011 K + 0.0005 N^2 - 0.000078NK$$

Calculando el máximo físico, derivando, tenemos que con respecto a N: $0.001 N - 0.000078 K = 0$; con respecto a

K tenemos que: $0.11 - 0.000078 N = 0$; resolviendo tenemos que $N = 141$ y $K = 1808$, lo cual representa el máximo físico de acuerdo al experimento B, lo que puede interpretarse como que el cultivo respondió hasta el máximo nivel estudiado de potasio y hasta 140 unidades de nitrógeno.

Como podemos observar, ni en el análisis de varianza convencional, ni en el análisis de regresión, existió significancia para el factor vermiculita, lo que es aparentemente contradictorio con los trabajos de Narro (1982) et al, sin embargo, este aspecto se puede explicar, posiblemente debido a la forma de aplicación del fertilizante fosfatado, en banda, en fecha posterior a la siembra, si consideramos que una de las principales ventajas de la vermiculita como mejorador es la de proteger al fósforo del contacto, directo con el suelo y su consecuente inmovilización.

Otra de las ventajas que tiene la vermiculita es la de retener humedad, con lo cual los nutrientes se encuentran en solución y por lo mismo, cuando las condiciones de disponibilidad de agua son críticas para el cultivo, le permite manifestar, en gran manera esta propiedad, sin embargo las condiciones de riego y humedad ambiente, en el ciclo en que se realizó el experimento fue muy favorable, debido a que hubo frecuente precipitación y por lo tanto, es posible que esta propiedad de la vermiculita como mejorador de suelo al retener humedad, no se haya manifestado.

Análisis Gráfico

Como un complemento al presente trabajo se presenta un breve análisis gráfico de la respuesta del cultivo a cada uno de los factores variables que fueron estudiados.

En la Figura 4.1. en la que se representa el comportamiento del cultivo considerando rendimiento en toneladas por hectárea en relación a la variación de kilogramos de nitrógeno por hectárea aplicados, que de acuerdo a la Matriz Plan Puebla uno fueron de 50, 100, 150 y 200, podemos observar que la expresión máxima del rendimiento si se considera a potasio y vermiculita como constantes, se ve limitada por la disponibilidad de fósforo, debido a esto, la tendencia en el experimento B es a mayor incremento en la producción, esta tendencia se apoya en que en suelos de tipo alcalino, como donde fue realizado el estudio, el factor más limitante es la disponibilidad de fósforo.

También podemos observar que congruente con el análisis de regresión en el experimento A se observa cierta respuesta a nitrógeno, aunque el comportamiento con respecto a potasio como constante es errático, lo que coincide con lo encontrado por Krentos (1979).

En el experimento B la interacción de los factores nitrógeno y potasio, al haberse utilizado dosis más elevadas de fósforo, o sea que este último no fue tan limitante, es un poco más clara, pudiendo ver que a partir de 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea, se presenta un incremento en la producción, la respuesta del cultivo a nitrógeno, también es más clara.

La caída en la producción al utilizar la dosis de 200 - 250 - 1125 con dos toneladas de vermiculita, se puede explicar en virtud de que puede haber una mayor demanda de fósforo que no es cubierta por la fertilización aplicada.

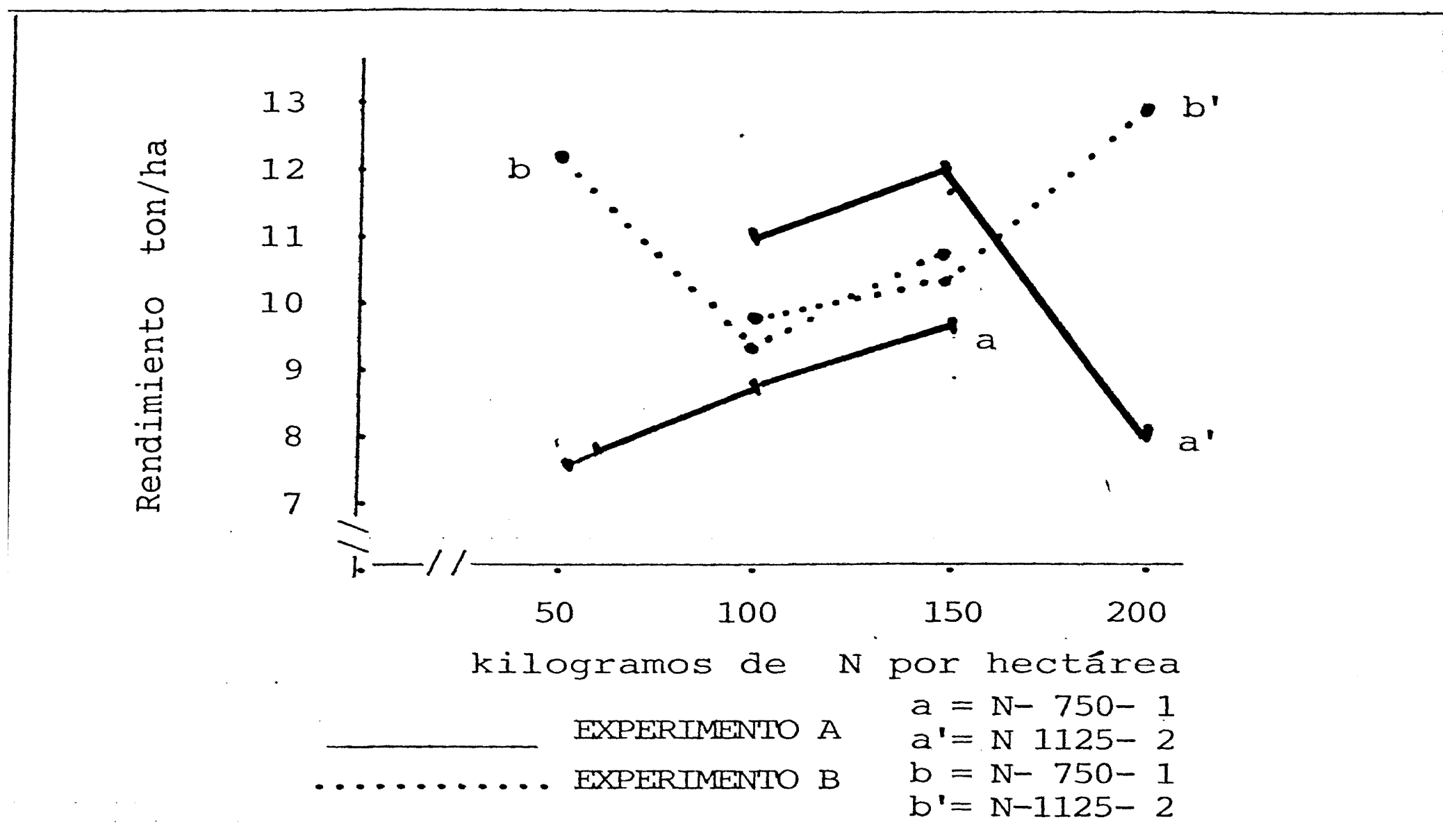


Figura 4.1. Rendimiento del cultivo de papa considerando al nitrógeno como variable.

En la Figura 4.2. se representa la relación existente entre el rendimiento del cultivo y las variaciones del factor potasio, manteniendo como constantes a los factores nitrógeno y vermiculita. Los niveles de K_2O utilizados de acuerdo a la Matriz experimental Plan Puebla uno, fueron 375, 750, 1125 y 1500.

En esa figura podemos observar que existe una interacción favorable entre el factor potasio y el factor nitrógeno sin embargo, el comportamiento no es muy claro.

BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

En ambos experimentos, podemos observar una tendencia general al incremento del rendimiento al incrementar la dosis de vermiculita, aunque el nivel de respuesta no fue significativo estadísticamente para ninguno de los dos experimentos, debido a que como ya se ha mencionado, las propiedades de la vermiculita como mejorador de suelo en el cultivo de la papa giran en torno a la protección del fósforo evitando su inmovilización por pH elevado en suelo calórico y a la retención de humedad, siendo que en el experimento, no hubo déficit hídrico y el fertilizante fosfatado, no fue localizado dentro del campo de acción de la vermiculita.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

Como resultado de la información generada por los experimentos de campo podemos concluir lo siguiente:

1. Al realizar el análisis de varianza convencional no existe diferencia significativa entre tratamientos, debido probablemente a la forma de aplicación del fertilizante fosfatado y a que no hubo limitante en cuanto a humedad.
2. Se captó variabilidad en el terreno, encontrándose significancia en el análisis de varianza convencional, para bloques, siendo el coeficiente de variación aceptable.
3. Debido al diseño de los experimentos se realizó análisis de regresión, encontrándose significancia para nitrógeno en sus términos lineal y cuadrático en el experimento A y para nitrógeno, potasio y su interacción en el experimento B.
4. Como la diferencia entre los experimentos A y B consistió únicamente en la diferencia de nivel de fósforo, podemos decir que existe respuesta a potasio, cuando el fósforo no es muy limitante.

5. No existe diferencia estadística ni en el análisis de varianza convencional, ni en el de regresión para el factor vermiculita y aunque al parecer esto es contradictorio con experimentos anteriores, este resultado se debe a que en el ciclo en que se establecieron los experimentos no hubo restricciones en cuanto humedad y el fertilizante fosfatado no se colocó dentro del área de protección de la vermiculita.
6. En el análisis gráfico del experimento observamos que la disponibilidad de fósforo limita la expresión máxima de rendimiento.
7. Existe evidencia gráfica que apoya los resultados del análisis de regresión en cuanto a la existencia de respuesta del cultivo a los factores nitrógeno, potasio y su interacción, aunque esta última relación fue un tanto errática.
8. El cultivo de la papa responde a la adición de fertilizante potásico, aunque es necesario estudiar más a fondo la naturaleza y comportamiento de este factor en suelos de origen calcáreo.
9. Un fuerte limitante a la máxima expresión de producción del cultivo y comportamiento de factores en estudio lo fue un ataque severo de tizón tardío, *Phytophthora infestans*.

10. Con la información generada, en las condiciones en que fué realizado el experimento, no se acepta la hipótesis uno, referente a que la vermiculita como mejorador de suelo mejora los rendimientos del cultivo de la papa.
11. Se acepta la hipótesis de trabajo número dos, relacionada con la respuesta en incremento de producción de tubérculo a adiciones de fertilizante nitrogenado.
12. No se rechaza la hipótesis tres, de que la producción de papa se incrementa con la aplicación de fertilizante potásico.

CAPITULO 6

RESUMEN

El estudio que se presenta se realizó durante el ciclo agrícola 1983, en el rancho denominado "El Aguatoche", localizado al sur del municipio de Saltillo, dentro de la región de Navidad.

Los suelos del sitio experimental son de origen calcáreo, xerosol cálcico, pobres en materia orgánica y de pH alcalino.

La precipitación media anual es de cuatrocientos setenta y cinco milímetros y la temperatura media anual de diecisiete grados centígrados, clasificado como seco estepario.

El objetivo del trabajo fue evaluar los efectos e interacciones existentes entre diferentes niveles de aplicación de vermiculita como mejorador de suelo, cuatro niveles de fertilización nitrogenada, cuatro niveles de fertilización potásica y dos niveles de fertilización fosfatada, como una continuación del programa de mejoradores de suelo, para generar información que pudiera ser aplicada por los productores de papa y futuros investigadores y tratar de incrementar los rendimientos del cultivo mediante el mejoramiento de las condiciones del suelo y el aporte de nutrientes.

Los niveles utilizados por hectárea de vermiculita fueron de cero, una, dos y tres toneladas; los de N, 50, 100, 150 y 200 kilogramos; los de K_2O , 375, 750, 1125 y 1500 kilogramos y los de P_2O_5 , 250 y 450 kilogramos.

Se estableció un experimento para cada nivel de fósforo, los tratamientos fueron en base a la Matriz Plan Puebla uno.

Se realizó análisis estadístico y gráfico para determinar la existencia o no de diferencia entre los efectos de los factores en estudio. En el análisis convencional de varianza no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, probablemente porque el número de repeticiones no fue suficiente y porque las diferencias presentadas no fueron suficientemente grandes. En el análisis de regresión se encontró significancia para N en el experimento A y para N, K y su interacción en B. La diferencia entre A y B fue que B contiene el nivel más alto de fertilización fosfatada.

En ningún tipo de análisis existió significancia para vermiculita, posiblemente debido a que en el ciclo la humedad no fue crítica y el fósforo se aplicó fuera de la protección y por tanto no mostro sus propiedades.

El fósforo fue uno de los principales limitantes; otro limitante de la producción y efectos de los factores lo fue un ataque severo de tizón tardío.

Existió respuesta a potasio y a su interacción con nitrógeno, pero el comportamiento no es aún muy claro, por lo que se deberá de proseguir el estudio de este factor y las interacciones que presente.

CAPITULO 7

LITERATURA CITADA

- Bidwell, R.G.S. 1979. Plant Physiology. 2 ed. New York Collier Mac Millan International Editions. p. 247 - 269.
- Burton, W.G. 1978. The Physics and Physiology of storage. In: Harris P.M. (Ed.). The Potato Crop. London Chapman and Hall. p. 585 - 588.
- Burton, W.G. 1978. The Potato, a survey of its History and the factors influencing its yield, nutritive value and storage. London Chapman and Hall.
- Dalton, G.E. 1978. Potato Production. In: Harris P. M. (Ed.). The Potato Crop. London Chapman and Hall. p. 647 - 675.
- Delroit, R.J. y H.L. Ahlgreen. 1975. Producción Agrícola. México, CECCSA.
- Eastwood, T. and J. Watts. 1956 a. The effect of nitrogen fertilization upon potato chipping quality II. Specific gravity. American Potato Journal. 33: 211 - 213.
- Eastwood, T. and J. Watts. 1956 b. The effect of potash fertilization upon shipping quality III. Chip color. American Potato Journal. 33:255-257.
- Eastwood, T. and J. Watts. 1956 c. The effect of potash fertilization upon chipping quality IV. Specific gravity. American Potato Journal .- 33: 265 - 268.
- F.A.O. 1972. Production Yearbook. Rome, Italy.
- García Alvarez M. 1982. Patología Vegetal Práctica.- Limusa, México. p. 33, 57, 64, 66, 88, 100 - 126.
- Geraldson, C.M., G.R. Klacan and O.A. Lorenz. 1973. Plant Analysis. Walsh, L.M. and J.D. Beaton (Eds.). Soil Science Society of America.

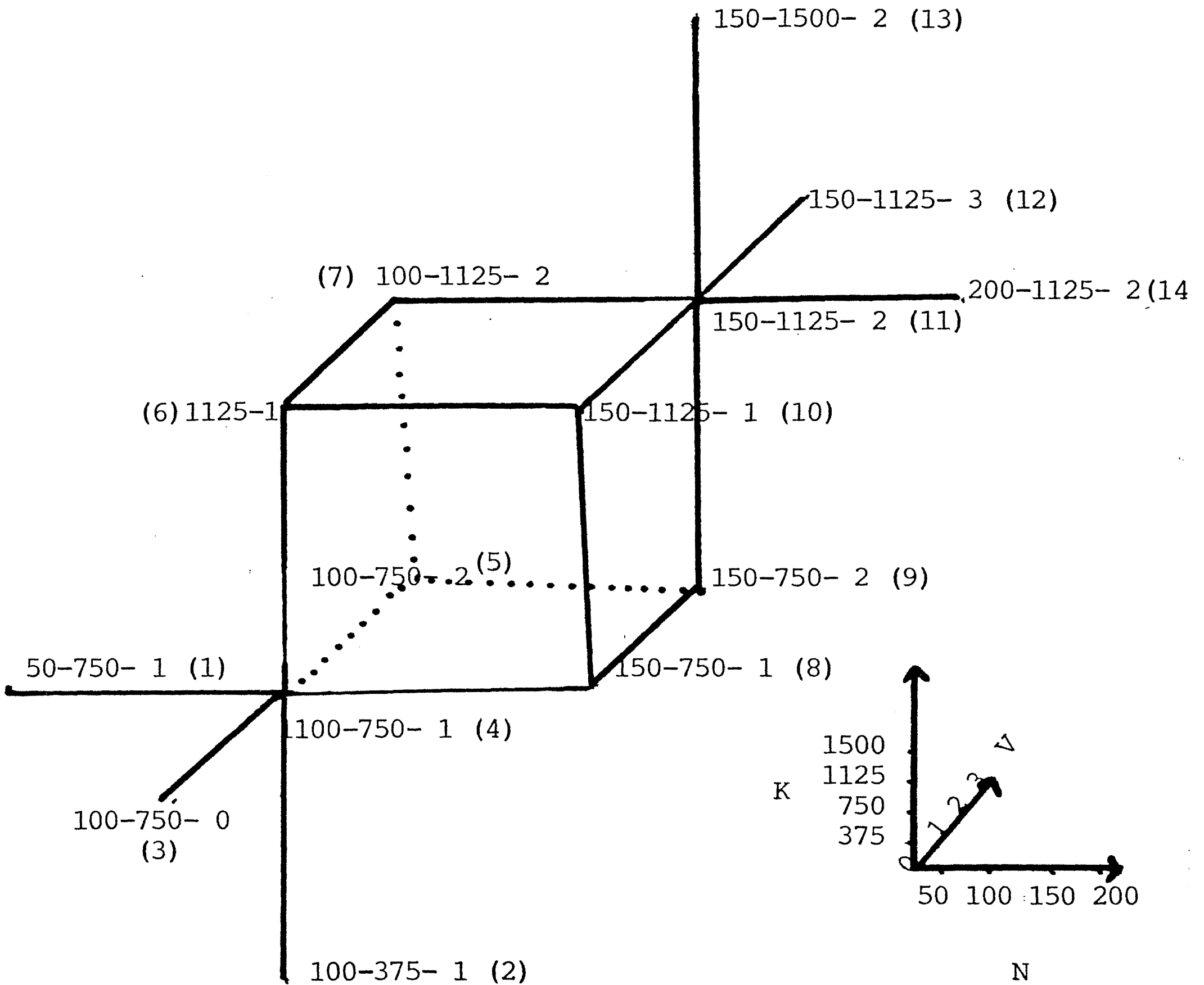
- Gray, D. and J.C. Hughes. 1978. The tuber quality. In: Harris P.M. (Ed.). The Potato Crop. London Chapman and Hall. p. 510 - 514.
- Gunasena, H.P.M. and P.M. Harris. 1968. The effect of the time of application of nitrogen and potassium on the growth of the second early potato variety Craig's Royal. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 71: 283 -296
- Harris, P.M. 1978. Mineral Nutrition. In: Harris P.M. (Ed.). The Potato Crop. London Chapman and Hall. p. 195 - 243.
- Hawkes, J.G. 1978. History of the Potato. In: Harris P.M. (Ed.). The Potato Crop. London Chapman and Hall. p. 1 - 13.
- I. de Bauer, M.L. 1984. Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Ed. Futura, México. p. 57 -64
- Knott, J.E. 1957. Handbook for vegetable growers. New York. Wiley.
- Krentos, V.D. and P.I. Orphanos. 1979. Nitrogen, Phosphorus and Potassium fertilizers for potatoes in Cyprus. Journal of Agricultural Science. 92: 645 - 661.
- Martinez Garza, A. 1974. Teoria de las Regresiones y sus aplicaciones econométricas. Notas de clase. Colegio de Postgraduados. ENA, Chapingo.
- Mac George, W.T. Journal of American Society of Agronomy. 1935. 27: 330.
- Mendez, G.V. 1982. Efecto de los Mejoradores de suelo y dosis de fertilización fosfatada en el desarrollo del cultivo de papa en un suelo de pH alcalino. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México.
- Murphy, H.J. and M.J. Goven. 1966. The Last Decade in 38 years of potash studies for potato fertilizer in Maine. American Potato Journal 43: 122.
- Narro, F.E. y V. Mendez. 1982. Efecto de mejoradores de suelo y dosis de fertilización fosfatada en el desarrollo del cultivo de papa en un suelo de pH alcálico. XV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.

- Ortiz, F.P. 1983. Efecto de cuatro niveles de vermiculita y cuatro dosis de fertilizante fosfatado sobre el desarrollo y rendimiento de papa (Solanum tuberosum, L.) en la región de Navidad N.L. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Russell, E.J. y E.W. Russell. 1968. Las Condiciones del Suelo y desarrollo de las Plantas. 4 ed. Aguilar. Madrid, España.
- Talavera, R. 1983. Factores que afectan el rendimiento del cultivo de la papa. Milciades Vol. 2, No. 1, p. 43 - 55.
- Thompson, H.C. and W.C. Kelly. 1957. Vegetable Crop. 5 ed. New York. Mac Graw Hill.
- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1970. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Montaner y Simon. Barcelona, España.
- Walker, J.C. 1975. Patología Vegetal. 3 ed. Omega. Barcelona, España. p. 317.
- Wallace, T. 1943. The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants. London.

APENDICES

APENDICE A

ESQUEMA DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I PARA
TRES FACTORES.



() = número de tratamiento.