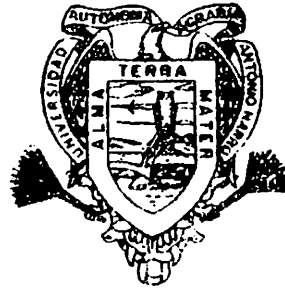


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS



EFECTO DE CUATRO NIVELES DE VERMICULITA Y
CUATRO DOSIS DE FERTILIZANTE FOSFATADO
SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO
DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA
REGION DE NAVIDAD, N. L.

PEDRO ORTIZ FRANCO

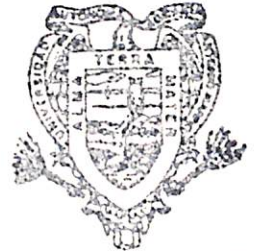
TESIS

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

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH.
FEBRERO, 1983

Esta tesis fué revisada bajo la dirección del Comité de Asesoría indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD DE SUELOS



CONSEJO PARTICULAR

BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

DR. EDUARDO A. NARRO FARIAS
ASESOR PRINCIPAL

DR. GABRIEL MURILLO PERALTA
ASESOR

DR. IOAN STRIMBU
ASESOR

DR. JESUS TORRALBA ELGUEZABAL
SUBDIRECTOR DE ASUNTOS DE POSTGRADO

Buenavista, Saltillo, Coah. Febrero 1983.

A G R A D E C I M I E N T O S

El autor desea expresar su agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

AL CONACYT, por el otorgamiento de la beca que hizo posible mis estudios de Postgrado.

AL Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, por su apoyo brindado durante mis estudios.

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", por haberme brindado la oportunidad de superarme profesionalmente.

AL Dr. Eduardo A. Narro Farías, mi sincero agradecimiento por su valioso apoyo brindado en la elaboración, conducción y revisión del escrito.

A los Doctores Gabriel Murillo Peralta y Ioan Strimbu, por la asesoría y revisión del escrito.

AL Ing. Eduardo Villarreal, por haberme brindado las facilidades en el establecimiento y conducción del presente estudio.

AL Lic. Emilio Padrón Corral y al Ing. Víctor Cantú Hernández, por su apoyo brindado en el análisis estadístico del trabajo.

A los señores Germán Morales, Arturo Barboza y Sabino Velez, por su ayuda en la conducción del trabajo de campo.

A la Señorita Carmen Leticia Ayala López y a Francisco Montejano, por su valiosa ayuda en la mecanografía del trabajo.

DEDICATORIA

A mi esposa: SILVIA IVONNE CASTILLO, por su amor y apoyo moral de siempre.

A mis hijos: PEDRO EDGAR
MARVIN ALBERTO
CESAR IVAN
Amores de mi vida.

A mi madre: FRANCISCA FRANCO RIVERA, por sus valiosos consejos y su deseo inquebrantable de que me supere.

A mi suegra: PROFRA. JULIETA DELIA RENTERIA VIUDA DE CASTILLO, por su valioso y desinteresado apoyo durante mis estudios.

A mis compadres: PROF. SILVERIO TORRES y su esposa LUCILA; al Dr. ARMANDO y la Srta. MARTHA IRENE.

A los amigos: ARAMIS RADAMEZ, GABRIEL VILLASENOR y ARTURO RIOJAS.

A mi "Alma Mater"

A mis maestros y compañeros de Postgrado.

C O N T E N I D O

	Pág.
INDICE DE CUADROS.	i
INDICE DE FIGURAS.	ii
I. RESUMEN.	1
II. INTRODUCCION.	3
III. REVISION DE LITARATURA.	5
1. El cultivo de la papa.	5
1.1. Origen e historia.	5
1.2. Importancia económica.	5
1.3. Calidad del tubérculo.	6
1.4. Requerimientos de nutrientes.	6
1.5. Requerimientos de agua.	7
1.6. Plagas y enfermedades.	8
1.7. Requerimientos de temperatura.	8
2. Mejoradores del suelo.	9
3. La fertilización fosfatada.	11
3.1. Funciones del fósforo.	12
3.2. Investigaciones realizadas sobre fertiliza ción con fósforo.	13
IV. MATERIALES Y METODOS.	17
1. Localización del sitio experimental.	17
2. Caracterización del sitio experimental.	17
3. Descripción de tratamientos y diseño experimen tal.	17
4. Preparación del terreno, aplicación de trata - mientos y siembra.	19
5. Labores culturales.	19

	Pág.
6. Evaluación de los tratamientos.	21
6.1. Cambios inducidos en el suelo.	21
6.2. Crecimiento vegetal.	21
6.3. Producción de materia seca.	21
6.4. Absorción de fósforo y otros nutrientes por el cultivo.	22
6.5. Producción y calidad de tubérculo.	22
7. Modelos Estadísticos empleados.	22
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	24
1. Cronología del desarrollo del experimento.	24
2. Cambios inducidos en el suelo.	24
2.1. Contenido de materia orgánica.	26
2.2. Nitrógeno total.	26
2.3. Fósforo aprovechable.	26
2.4. Potasio intercambiable, carbonatos to- tales y conductividad eléctrica.	27
2.5. Reacción del suelo (pH).	27
2.6. Textura del suelo.	27
2.7. Densidad aparente y densidad de sólidos.	28
2.8. Humedad aprovechable.	28
3. Cambios inducidos en el desarrollo del <u>culti- vo</u> .	30
3.1. Altura de planta.	30
3.2. Producción de materia seca.	33
3.3. Análisis foliar.	40
4. Producción y calidad del tubérculo.	43
4.1. Análisis gráfico de los rendimientos.	50
4.2. Análisis económico.	53
VI. CONCLUSIONES.	57
VII. BIBLIOGRAFIA.	59

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1	Caracterización físico-química del suelo antes del establecimiento del presente experimento. Lote # 13 del Zacatal, Navidad, N.L., ciclo - 1982.	18
2	Descripción de tratamientos de la Matriz Experimental Plan Puebla I y su cálculo de requerimientos de fertilizante para su aplicación en el experimento de papa. Navidad, N.L., ciclo primavera - verano, 1982.	20
3	Caracterización físico-química del suelo después de haber impuesto los tratamientos del estudio. Navidad, N.L., 1982.	25
4	Valores observados en altura del cultivo (cm) desde los 20 hasta los 78 días después de la siembra. Cultivo de papa. Navidad, N.L., 1982.	31
5	Producción de materia seca (ton/ha) en raíz, tubérculo, follaje y total de los 9 tratamientos y un testigo*, evaluados en dos fechas (floración y desarrollo del tubérculo). Cultivo de papa. Navidad, N.L., 1982.	34
6	Concentración de diferentes nutrientes en las plantas de los tratamientos probados en el cultivo de papa. Navidad, N.L., 1982.	41
7	Contenido de diferentes nutrientes (kg/ha), para las plantas de los nueve tratamientos estudiados. Cultivo de papa. Navidad, N.L., 1982.	42

Cuadro

No.		Pág.
8	Rendimiento promedio de tubérculo para los nueve tratamientos en estudio en el cultivo de papa (kg/parcela, kg/ha). Navidad, N.L., 1982.	44
9	Análisis de varianza practicado a la producción total de tubérculo (kg/parcela). Navidad, N.L., 1982.	44
10	Análisis por covarianza de la producción de tubérculo (Y) y el número de plantas (X), en el cultivo de papa. Navidad, N.L., 1982.	45
11	Comparación de medias ajustadas por covarianza ($T\alpha = 0.05$) de los tratamientos probados en el cultivo de papa. Navidad, N.L., 1982.	47
12	Análisis estadístico de la parte factorial de la Matriz Plan Puebla I para dos factores (V - P ₂₀₅). Método de Yates. Navidad, N.L., 1982	48
13	Rendimiento promedio de papa de "primera", para los nueve tratamientos estudiados. Navidad, N.L., 1982.	48
14	Análisis de varianza practicado a la producción de tubérculo de "primera". Navidad, N.L. 1982.	49
15	Valores de peso específico (g/cm ³), para los nueve tratamientos estudiados en el cultivo de papa. Navidad, N.L., 1982.	51
16	Análisis económico de los rendimientos de papa (basado en el método descrito por Perrin et al, 1976), de los tratamientos estudiados. Navidad, N.L., 1982.	56

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Pág.
1	Análisis granulométrico de la vermiculita utilizada en el experimento de papa en Navidad, N.L., ciclo primavera-verano 1982.	29
2	Representación gráfica de la altura de planta a través del tiempo de los tratamientos en estudio (ley del crecimiento logístico). Cultivo de papa. Navidad, N.L., 1982.	32
3	Relación entre la producción de materia seca - de raíz versus rendimientos (kg/parcela útil) primero y segundo muestreo, ciclo primavera- <u>ve</u> rano. Navidad, N.L., 1982.	36
4	Relación entre la producción de materia seca - de tubérculo versus rendimientos (kg/parcela - útil) primero y segundo muestreo. Cultivo de papa. Ciclo primavera-verano. Navidad, N.L., 1982.	37
5	Relación entre la producción de materia seca - de follaje versus rendimientos (kg/parcela - útil) primero y segundo muestreo. Cultivo de papa. Ciclo primavera-verano. Navidad, N.L., 1982.	38
6	Relación entre la producción de materia seca total versus rendimientos (kg/parcela útil) - primero y segundo muestreo. Cultivo de papa. Ciclo primavera-verano. Navidad, N.L., 1982.	39
7	Representación gráfica de la respuesta del <u>cul</u>	

Figura
No.

Pág.

	<i>tivo de papa a las aplicaciones de Vermicu- lita y fósforo. Ciclo primavera-verano. Navidad, N.L., 1982.</i>	<i>52</i>
<i>8</i>	<i>Representación gráfica de la respuesta del cultivo de papa a las aplicaciones de vermi- culita sin considerar dosis de fósforo y - las dosis de fósforo sin considerar vermicu- lita. Navidad, N.L., 1982.</i>	<i>54</i>

I. RESUMEN

En la región productora de papa de Navidad, N.L., se realizó el presente estudio en el ciclo agrícola 1982, con el objeto de evaluar la respuesta del cultivo de papa (variedad "Patrones"), a las aplicaciones de vermiculita y fósforo (P_2O_5), e incrementar la producción y calidad de tubérculo, así como determinar la dosis óptima económica de fertilización fosfatada en presencia del mejorador vermiculita.

En el estudio, se probaron el mejorador físico vermiculita y el nutriente fósforo, en espacios de exploración de: 0, 0.5, 1.0, 1.5 ton/ha y 0, 200, 400 y 600 kg/ha respectivamente. Los tratamientos fueron seleccionados a través de la Matriz Experimental Plan Puebla I para dos factores y adicionalmente se incluyó el tratamiento 2.0 V - 450 P_2O_5 , que fue el que mostró los mejores resultados en el ciclo 1981. En el campo, los tratamientos fueron distribuidos en un diseño bloques al azar con cinco repeticiones, en donde la parcela total fue de cinco surcos de 6 metros de longitud.

Los tratamientos estudiados tuvieron un efecto altamente significativo sobre la producción y calidad de tubérculo. En cuanto a los rendimientos totales, las producciones oscilaron de 17.7 ton/ha para el tratamiento 0.5 V - 0 P_2O_5 , hasta 28.8 ton/ha para el tratamiento 2.0 V - 450 P_2O_5 . Respecto a la calidad, este último tratamiento también produjo la más alta producción de papa de "primera" con 12.01 ton/ha, seguido del tratamiento 1.5 V - 400 P_2O_5 con media de 11.1 ton/ha.

Al analizar el suelo, después de haber impuesto los tratamientos, se encontró que la aplicación de vermiculita generó cambios importantes y favorables en las características físicas del suelo, in situ, principalmente en la textura, densidad aparente y en la humedad aprovechable.

La altura de planta, la producción de materia seca de: raíz, tubérculo, follaje y total, así como la absorción y contenido de fósforo y otros nutrientes en la planta, fueron estimulados favorablemente por la adición de vermiculita y fósforo, destacando a lo largo del ciclo del cultivo los tratamientos: - 2.0 V - 450 P₂O₅, 1.5 V - 400 P₂O₅ y 1.0 V - 600 P₂O₅, como los mejores.

Desde el punto de vista económico, es posible y factible - la aplicación de vermiculita combinada con fósforo, como lo demuestran los beneficios netos obtenidos con los tratamientos - 2.0 V - 450 P₂O₅ y 1.0 V - 600 P₂O₅, con los cuales se generan ingresos netos de \$ 292,302 y \$ 274,179 respectivamente.

La dosis óptima económica para el nutriente fósforo, al parecer se encuentra en el nivel de 450 kg/ha en presencia de - 2.0 ton/ha de vermiculita. Este resultado debe tomarse como - preliminar, pues es necesario confirmarlo en estudios futuros, - sobre todo, probando el tratamiento 2.0 V - 600 P₂O₅, para hacer esta aseveración con mayor propiedad.

II. INTRODUCCION

El cultivo de papa, después de los cereales, es el más importante desde el punto de vista alimenticio en el mundo, se estima que anualmente se producen unos 300 millones de toneladas métricas de este tubérculo, Martin et al (1976). Mundialmente, los países líderes en producción de papa son: Unión Soviética, Polonia, Alemania Occidental, Estados Unidos, Alemania Oriental, Francia y China. En México, existen tres regiones principales productoras de papa: Valles Altos de: Toluca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Hidalgo, Bajío; Navidad N.L. y la Sierra de Chihuahua.

En la región de Navidad N.L., el cultivo de papa ocupa el primer lugar en importancia socio-económica, estimándose que se destina una superficie de poco más de 4000 has. a este cultivo, con una inversión aproximada de 800 millones de pesos en total, de los cuales aproximadamente una tercera parte se canaliza a través de pagos de salarios a trabajadores, es decir, existe una derrama económica de alrededor de 266 millones de pesos, en esa región por concepto de siembra de papa.

El rendimiento medio de este cultivo en la región, es de alrededor de 20 ton/ha. Esta producción se estima baja si consideramos que Burton (1981), afirma que se pueden obtener más de 90 ton/ha. Es obvio que para estos rendimientos se requiere de una técnica cuidadosa y condiciones ambientales muy favorables, posiblemente fuera del alcance de nuestros productores, sin embargo, la diferencia es enorme (20 a 90 ton/ha) y constituye un verdadero reto para la investigación agrícola nacional, considerando la creciente demanda de este producto para la alimentación del pueblo de México.

A pesar de que en este cultivo, en la región de Navidad N.L., se utilizan fuertemente la maquinaria y los insumos agrícolas, el manejo del suelo y los fertilizantes se está hacien-

do por tradición y/o extrapolación de información de otras áreas, pero en realidad estas prácticas no han sido ajustadas para las condiciones específicas de los suelos de esta región, considerándose que los rendimientos se encuentran drásticamente limitados por el deficiente funcionamiento del suelo como un aportador de agua, nutrientes y oxígeno a las plantas, debido principalmente a su alto contenido de carbonatos totales y a su pH alcalino, condiciones que están inhibiendo el adecuado desarrollo del tubérculo.

En base a lo anterior, en el presente trabajo se plantean los siguientes objetivos:

1. Incrementar el rendimiento y calidad del cultivo de papa mediante la aplicación de un mejorador físico (vermiculita), que permita atenuar y/o corregir el deficiente funcionamiento del suelo como un medio apropiado para el crecimiento y producción de papa.
2. Mediante la aplicación del mejorador, se persigue disminuir la capacidad de fijación de fósforo (P_{205}), y a la vez, determinar el nivel óptimo económico de este nutriente en presencia de varias dosis de vermiculita.

Hipótesis de trabajo.

1. Dadas las características intrínsecas de la vermiculita, con su adición se pueden inducir cambios sustanciales y favorables en las propiedades físicas del suelo que repercutan en una mejor producción de papa.
2. En este tipo de suelos (calcáreos y de pH alcalino), la fertilización con fósforo, incrementa la producción de papa.

III. REVISION DE LITERATURA

1. El cultivo de la papa.

1.1. Origen e historia.

Salaman (1946) y Hawikes (1956), citados por Brauer (1969), mencionan que las variedades más ampliamente cultivadas en todo el mundo, pertenecen a la especie Solanum tuberosum, L., la cual se cree que es nativa de los andes de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y el noroeste de Argentina. Estos autores coinciden con Martin et al (1976), quienes reportan que efectivamente, la especie que es sembrada en casi todo el mundo es Solanum tuberosum, cuyo origen es América del sur, y asumen que fué llevada a Europa por los españoles, alrededor del año 1565, primeramente a Inglaterra e Irlanda, y después se distribuyó a otros países de ese continente.

1.2. Importancia económica.

Con excepción hecha de los cereales, el cultivo de papa es en el mundo, el cultivo más importante desde el punto de vista alimenticio, produciéndose anualmente 300 millones de toneladas métricas, cultivadas en una superficie de 22 millones de hectáreas. Los países líderes en producción de papa son: Unión Soviética, Polonia, Alemania Occidental, Estados Unidos de Norteamérica, Alemania Oriental, Francia y China. En Estados Unidos, los estados más productores son: Idaho, Maine, Washington, California, Dakota del Norte y Nueva York, con una producción media de 25.9 toneladas métricas (Martin et al, 1976). En México existen tres principales regiones productoras de este cultivo que son; El valle de: Toluca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Hidalgo, Bajío; Navidad N.L. y la Sierra de Chihuahua, sembrándose en estas dos últimas regiones una superficie de 4 mil y 5 mil hectáreas respectivamente.

1.3. Calidad del tubérculo.

La calidad de los tubérculos representa un conjunto de caracteres dentro de los cuales son particularmente importantes el contenido de proteínas, el contenido de almidón y el contenido de ácido ascórbico, así como otros caracteres de apariencia como el color interno y externo, y de manera general, se puede decir que en Europa, México y Sudamérica, se prefiere el color amarillo interior, mientras que en Estados Unidos se prefiere el color blanco. Respecto al color de la corteza, en México se tiene la tendencia a aceptar la de color rojizo, característica asociada con una mejor sanidad del tubérculo (Brauer, 1969).

En cuanto a la composición química de los tubérculos, el contenido de materia seca varía de 18 a 33%, con una media de 25%. El contenido de almidón oscila de 16 a 26%, con un promedio de 20%, y el contenido total de proteína de 1 a 4.5%, con un valor modal de 2%; aunque este último valor parezca pequeño. considerando la alta producción, por ejemplo, 20 toneladas, esto representa 400 kilogramos de proteína por hectárea, que además la mitad de éstos, es decir, 200 kilogramos, son de alto valor alimenticio por la presencia de tuberina, que es particularmente rica en lisina, aminoácido que frecuentemente es deficiente en la alimentación humana y que además, es fácil de digerir, es pertinente mencionar que esta proteína, o al menos en su mayor parte, se encuentra localizada cerca de la corteza del tubérculo (Schwarze und von Sengbusch, 1937; citado por Brauer, 1969).

Otro dato que es bastante importante en la calidad del tubérculo, es el peso específico, que comunmente mantiene una estrecha correlación con el contenido total de proteínas, se dice que cuando el valor de este parámetro es de 1.08 o mayor, ya es considerado como bueno (Brauer, 1969).

1.4. Requerimientos de nutrientes.

La fertilización de cualquier cultivo, varía fuertemente

en función de las condiciones de clima, suelo y abastecimiento de agua, razón por la cual es difícil definir categóricamente una dosis de nutrientes en forma general, no obstante, se expresan experiencias de algunos investigadores.

La papa responde adecuadamente a la aplicación de 6 a 8 ton/acre de materia orgánica; también se pueden adicionar combinadamente de 40 a 50 lbs. de superfosfato con una tonelada de materia orgánica por acre (Martin et al, 1976). También mencionan que con el uso de los fertilizantes minerales, se pueden obtener buenas cosechas de papa con la aplicación de 80 a 120 lbs. de superfosfato cuando se siembra después de un cultivo que no sea leguminosa, mientras que si el cultivo anterior fue leguminosa, las cantidades se reducen de 60 a 100 lbs/acre.

Se estima que para obtener una adecuada producción de papa, el cultivo consume aproximadamente 200, 30, 250, 52, 16.3, 10.4 y 0.028 kg/ha de N, P, K, Ca, Mg, S y Cu respectivamente (Lorenz y Maynard, 1980, y Fried y Broeshart, 1967; citados por Narro y Mendez, 1982). Holb (1958), Walson y Holb (1959), citados por De Luna (1973), establecen que algunas de las plantas, cuando han completado el 20% de su desarrollo total, ya han tomado el 50% de la cantidad total de fósforo que requerirán durante todo su ciclo vegetativo, además, Holb (1958), afirma que para la fecha que el cultivo ha producido el 50% del total de materia seca, éste ya ha tomado el 75% o más de la cantidad total de nutrientes requeridos para su completo desarrollo.

1.5. Requerimientos de agua.

Las deficiencias hídricas en el cultivo de papa es considerado como uno de los factores más determinantes de las reducciones del rendimiento del cultivo, particularmente, si estas deficiencias se intensifican durante el desarrollo del tubérculo, (Van Loon, 1980; citado por Narro y Mendez, 1982). Para obtener altos rendimientos, el requerimiento de agua del cultivo (Evapotranspiración máxima, ETm), para un ciclo de 120 a 150

días, varía de 500 a 700 mm en función del clima principalmente. La relación entre la ETm y la ETo (de referencia), está dada por el coeficiente del cultivo (Kc), el cual es: de 0.4 a 0.5 en un lapso de 20 a 30 días para la etapa inicial; para el estado de desarrollo, de 0.7 a 0.8, para un período de 30 a 40 días; y para el estado medio del ciclo, valores de 1.05 a 1.2, durante 30 a 60 días; en la etapa de formación y crecimiento de tubérculos, de 0.85 a 0.95, en un período de 20 a 35 días y finalmente en la maduración, de 0.7 a 0.75 (Doorenbos y Kassam, 1979). De manera práctica, Thompson y Kelly (1957), citados por De Luna (1973), opinan que se obtienen resultados satisfactorios regando el cultivo de papa cuando el nivel de humedad del suelo es menor del 50% del valor de la capacidad de campo.

1.6. Plagas y enfermedades.

Durante muchos años, la enfermedad más dañina para el cultivo de la papa en el mundo, en general ha sido el ataque del tizón tardío, a través de las diferentes razas del hongo Phytophthora infestans (Brauer, 1969). La presencia del tizón tardío en México, ha significado que las variedades comunes de papa no puedan sembrarse en las zonas de temporal durante la época en que se intensifican las lluvias, pues tales condiciones favorecen el crecimiento del hongo referido, y esto representa comúnmente la pérdida total del cultivo (Neiderhauser et al, 1954),

También se reportan otras enfermedades causadas por virus y que son conocidas comúnmente como: mosaico moderado, mosaico rugoso, mosaico escondido. Respecto a plagas, actualmente existen reconocidos alrededor de 120 insectos que atacan al cultivo de la papa, siendo uno de los más dañinos y que pueden causar verdaderas catástrofes por su ataque, el escarabajo colorado de la papa (Martin et al, 1976).

1.7. Requerimientos de temperatura.

En general, la mayoría de las variedades de papa cultivadas, producen una cosecha aceptable en regiones donde las tempe-

raturas oscilan entre 15 y 20 grados centígrados en promedio, considerándose que a temperaturas mayores, su producción disminuye considerablemente, básicamente porque a temperaturas altas, aumenta el consumo de hidratos de carbono y como consecuencia, disminuye el almacenamiento de reservas en los tubérculos (Brauer, 1969), sin embargo, en el Perú se ha desarrollado una variedad denominada Antarquí, la cual es precoz, autoestéril y resistente al calor, se asume que se desarrolla adecuadamente en temperaturas que varían de 18 a 24 °C (Ochoa, 1965). Martín et al (1976), hacen observaciones más específicas y mencionan que, para la formación de tubérculos jóvenes, se requieren temperaturas que oscilan de 15.5 °C a 18 °C, mientras que para estadíos posteriores de 21 °C.

2. Mejoradores del suelo.

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

En estudio realizado en un suelo calcáreo de Apodaca N.L., se detectó que la adición de materia orgánica (estiércol de bovino), en el cultivo de lechuga tuvo un efecto altamente significativo en los parámetros altura de planta, número de hojas y materia seca, y que la falta de materia orgánica en el suelo, hace que los fertilizantes disminuyan su eficiencia (Camout, 1958).

Los coloides orgánicos, abundantes en muchos de los mejoradores del suelo, son de apariencia variable, amorfos, ligeros y forman sistemas heterogéneos complejos en el suelo y presentan variabilidad debido al origen de los materiales que los constituyen (Bertramson, 1955). El mismo autor señala que dichos coloides orgánicos son de 5 a 10 veces más activos en capacidad de intercambio de bases por unidad de peso, que los coloi

des inorgánicos, además, los primeros, por su carácter biofísico, tienen gran afinidad en un medio de dispersión y absorben grandes cantidades de agua, asegurando que los suelos incrementan de un 20 a 40% su retención de agua en la superficie, por efecto de granulación.

La asimilación de nutrientes no podrá efectuarse a su máximo si el suelo no contiene una cantidad adecuada de humus, ya que éste es un componente a menudo necesario en los suelos agrícolas, puesto que la capacidad de retención de agua, la aptitud de almacenar y retener nutrientes y el grado de floculación de los coloides del suelo, depende principalmente de la presencia de humus (Bertramson, 1955 y Fuentes, 1959). Los suelos ricos en humus (materia orgánica), presentan menores deficiencias de nutrientes, tienen mayor capacidad amortiguadora de pH y presentan mayor resistencia a los fenómenos erosivos (Fuentes, 1959).

Beanblosson (1966), afirma que la viruta de madera, el vástago de la caña de azúcar u otro material orgánico, añadidos a la gallinaza, aumentaron el valor fertilizante de este material, ya que al incorporar la mezcla al suelo mejora las condiciones de friabilidad, estructura y contenido de materia orgánica del mismo, a éste respecto, Meztanza (1973) y Perkins (1964), citados por Martínez (1977), demostraron que las aplicaciones de gallinaza en forma individual incrementa el pH del suelo, siendo mayor este incremento los primeros días y disminuyendo paulatinamente a través del tiempo, hasta volver a su valor original.

La razón para utilizar el azufre como un mejorador de las condiciones del suelo, está basada principalmente en la importancia que tiene como acidificante y en consecuencia, en el pH del suelo, ya que esta propiedad química a su vez, afecta la eficiencia de la asimilación de fósforo por las plantas (McGeorge, 1945, citado por Martínez, 1971). Este último autor, trabajando en suelos calcáreos de la Región de Navidad N.L., probó la adición de azufre y ácido sulfúrico sobre la nutrición fosfórica en el cultivo de la papa, y detectó que la oxidación

del azufre fue lenta y en consecuencia, muy poco del fósforo - que llegó a poner en disponibilidad; así también las aplicaciones de ácido sulfúrico tampoco mostraron diferencias significativas en cuanto a la cantidad de fósforo disponible para las plantas respecto al testigo sin mejoradores. Sin embargo, Narro y Mendez (1982), señalan que aunque prácticamente el azufre no induce cambios en las propiedades físicas del suelo cal careo de la región de Navidad N.L., en donde establecieron su estudio, la aplicación de este mejorador genera reducciones en el pH, siendo estos cambios de 8.3 a valores menores de 7.0 con la adición de 1 ton/ha de azufre.

Existen algunas características intrínsecas de la vermiculita que lo hacen aparecer como un excelente mejorador del suelo: Thompson y Troeh, 1978, citados por Narro y Mendez (1982), señalan que este mejorador es una arcilla mineral silicatada - que comunmente se encuentra en rocas y suelos con alto contenido de magnesio y que en su capa octaédrica sufre una expansión muy grande cuando es sometida a calentamiento rápido (de 250 a 300 °C), y el agua alojada en la estructura de la vermiculita es evaporada produciendo pequeños estallidos, originando que aumente hasta 30 veces su volumen original, y como consecuencia, se registran valores menores de 0.9 g/cm³ en su densidad, y uno de los detalles más importantes es que se genera una capacidad de intercambio catiónico muy elevada. Mendez (1981), al trabajar con este mejorador (vermiculita) en un suelo de pH alcalino de Navidad N.L., lo combinó con dosis de 150, 300 y 450 kg/ha de fósforo y encontró resultados bastante satisfactorios pues reporta que parámetros como altura de planta, área foliar, acumulación de materia seca, cantidad y calidad del tubérculo, son estimulados favorablemente, con rendimientos superiores a las 40 ton/ha con el tratamiento; 2.0 ton. de vermiculita/ha con 450 kg/ha de P₂O₅.

3. La fertilización fosfatada.

El desarrollo de la industria de los fertilizantes fosfa-

tados se inició propiamente con la demostración de Liebig en 1840, investigador que demostró que el valor fertilizante de los huesos podría aumentarse al aplicarles un tratamiento con ácido. Poco tiempo después, en 1942, John B. Lawes patentó un procedimiento por medio del cual el fosfato de roca era acidulado con ácido sulfúrico para la obtención del superfosfato (Cabido, 1979).

3.1. Funciones del Fósforo.

Básicamente, con excepción del nitrógeno, ningún otro elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas en el campo como el fósforo, esto es debido a las importantes funciones que cumple dentro de los vegetales, por ejemplo: contribuye favorablemente a la división celular y crecimiento, así como a la formación de albúminas, la floración y la fructificación y formación de semillas, maduración de las cosechas y el desarrollo radicular, aunado a esto, debemos de considerar el hecho de que una deficiencia de este nutrimento, puede inhibir el grado de aprovechabilidad de otros nutrientes (Buckman y Brady, 1977).

Ortiz y Ortiz (1980), enumera una serie de procesos en los cuales el fósforo es determinante, destacando que es un constituyente del ácido nucleico, la fitina y los fosfolípidos, y además, favorece un comienzo rápido y vigoroso en el desarrollo de las plantas y menciona que cuando es aplicado a las leguminosas, activa al *Rhizobium* y la formación de nódulos en las raíces de los cultivos, de esta manera participa en una mayor fijación del nitrógeno atmosférico.

El fósforo es un macroelemento que se considera fundamental para el desarrollo y calidad del tubérculo, ya que deficiencias de este nutriente, generan hojas chicas y peciolo y márgenes se vuelven hacia arriba; y además se acentúan manchas internas en el tubérculo, que al ser sometido a cocimiento, quedan como bolas endurecidas (Jones, 1959). A este respecto, Lorenz et al (1950), al analizar hojas de papa a los 30 y 45 días

después de la siembra, determinaron que una concentración menor de 50 ppm de fósforo, necesariamente está relacionada con una producción escasa y baja calidad del tubérculo, esto confirma lo detectado y descrito del fósforo como un integrante de los numerosos componentes del tubérculo (Houghland, 1960).

3.2. Investigaciones realizadas sobre fertilización con fósforo.

El fósforo es tomado por las plantas en forma de ortofosfato primario ($H_2PO_4^-$), el cual no es muy soluble y puede ser precipitado por el ion calcio; el ion $H_2PO_4^-$ predomina de una manera especial en la solución del suelo con pH menor de 6.8, mientras que en suelos de reacción alcalina y calcáreos con pH mayor de 7.2, el ortofosfato secundario (HPO_4^-), es el más abundante, sin embargo, y debido a su forma química, prácticamente el aprovechamiento por las plantas es muy bajo (Mc Goerge, - 1939, citado por Ramos, 1968). Lyons (1944), citado por el mismo autor, trabajando en suelos alcalinos de Nebraska, detectó que el contenido de carbonatos de calcio y las labores de la branza, juegan un papel determinante en el aprovechamiento del fósforo por las plantas, ya que bajo condiciones de pH alcalino, la planta no lo puede tomar, así existan cantidades suficientes de fósforo soluble en el agua, señalando además que los factores más importantes en la fijación del fósforo en los suelos calcáreos, son principalmente el alto contenido calcio, la salinidad del suelo y las labores de cultivo.

Collings (1958), afirma que la fijación del fósforo impide su lixiviación, pero reduce su eficiencia en suelos de pH alcalino. Hemwall (1957), afirma que la actividad del fósforo en la solución del suelo (alcalino y calcáreo), está en función directa de la actividad del calcio (ya que esta favorece la precipitación del fosfato de calcio), del carbonato de calcio libre (ya que éstos en suelos alcalinos, son responsables de la disminución de la actividad del fósforo) y por último, de las arcillas saturadas con calcio en suelos alcalinos, son capaces de retener o fijar mayores cantidades del fósforo que aquellos sue

los saturados con sodio u otros iones monovalentes.

Narváez (1978), en estudio realizado en suelos del estado de México, concluye que la dosis óptima económica para el nutriente fósforo es como sigue: para suelos con piso arcilloso de temporal y suelos de ando de humedad residual del Nevado de Toluca, 120 kg/ha de P_2O_5 ; y para siembras de humedad residual en suelos aluviales, con solo 40 kg/ha de este nutriente. Sin embargo, Cervantes y Pérez (1955), citados por Narváez (1978), en pruebas realizadas a lo largo del eje volcánico mexicano, estipulan recomendaciones preliminares para esta zona papera con la fórmula 5-13-0 a razón de 1 ton/ha, es decir, recomienda la aplicación de 130 kg/ha de P_2O_5 . En el mismo Valle de Toluca, Equihua (1971), realizó un trabajo probando 14 dosis de fertilización en papa en las cuales hizo variar el fósforo desde 0 a 240 kg/ha y encontró diferencia estadística significativa en la producción de tubérculos hasta los 240 kg/ha de P_2O_5 .

Guerra (1962), trabajando con macetas en invernadero, con suelos calcáreos, aplicó seis dosis de fertilizante fosfatado (P_2O_5), 0, 100, 200, 300, 400 y 500 kg/ha y encontró que la producción de materia seca, concentración de fósforo en las hojas y la altura de planta fueron óptimas al nivel de 200 kg/ha de P_2O_5 .

Cox (1967), señala recomendaciones generalizadas para el cultivo de papa en suelos donde se aplica estiércol y donde no se aplica este abono, concluyendo que para el primer caso, es suficiente la aplicación de 60 kg/ha de P_2O_5 y 100 kg/ha para el segundo caso.

Ramos (1968), trabajando con suelos calcáreos de la región de Navidad N.L., probó dosis de fósforo desde 0 a 1200 kg/ha de P_2O_5 en papa y no encontró diferencia estadística significativa en la producción de tubérculos aunque los incrementos fueron de 1.3 ton. respecto al testigo sin aplicar fósforo. Esto es atribuible según el autor, al hecho de que el suelo tenía sufi-

ciente cantidad de fósforo disponible (64 kg/ha) para abastecer las necesidades de cultivo. Respecto a la variable altura de planta y peso específico de tubérculo, tampoco detectó diferencias estadísticas, siendo las alturas contrastantes de 44 y 49 cm, para el testigo, y para el tratamiento de 1200 kg/ha de P_2O_5 , respectivamente.

Cárdenas (1968), en un estudio realizado en suelos calcáreos de Navidad N.L., hizo aplicaciones foliares de H_3PO_4 , $NH_4H_2PO_4$ y $(NH)_2HPO_4$, en el cultivo de papa y detectó que este tipo de sustancias pueden aplicarse al follaje sin dañarlo, a concentraciones de 2, 4 y 4% respectivamente; sin embargo, estas aplicaciones no originaron efecto estadístico significativo en la producción de tubérculos.

Olivares (1956), trabajando en suelos de la región de Navidad N.L., encontró que la mejor fertilización fosfatada del cultivo de papa, estaba entre los niveles de 60 a 80 kg/ha de P_2O_5 con una media de producción de 8.7 ton/ha de tubérculo.

Ortiz (1961), realizó un estudio sobre la fertilización fosfo-férrica en invernadero, utilizando suelo calcáreo de Apodaca N.L., encontrando que el desarrollo de la planta se estimuló proporcionalmente en los niveles de 0-100-200 y hasta 300 kg/ha de P_2O_5 y señala además que individualmente el fósforo no es el único responsable del crecimiento y desarrollo del cultivo sino que este hecho está asociado a la interacción fósforo-hierro disponible.

De Luna (1973), en su estudio realizado en suelos calcáreos de Navidad N.L., probó algunas dosis de fertilización con N-P-K, haciendo variar el fósforo desde 0 hasta 400 kg/ha de P_2O_5 , encontrando que la mejor dosis de fósforo para el cultivo de la papa es el nivel de 300 kg/ha de P_2O_5 , acompañado de 200 y 50 kg/ha de nitrógeno y potasio respectivamente, con una producción media de 20.6 ton/ha de tubérculo, no obstante, el autor opina que estos resultados de ninguna forma son concluyentes, sino que es necesario estudiar más a fondo la aplicación

de fertilizantes en el cultivo de papa de esa región.

Trejos (1980), trabajando en suelos calcáreos de la región de Navidad N.L., probó niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de papa, con niveles de fósforo desde 30 a 95 kg/ha de P_2O_5 , y detectó una alta respuesta del cultivo a las aplicaciones de este nutriente, en la producción de tubérculos señalando que este espacio de exploración fue deficiente, en el sentido que la curva de respuesta no logró doblarse con la aplicación mas alta (95 kg/ha de P_2O_5), el autor sugiere que para futuros estudios, se incrementen estos espacios de exploración para el nutriente fósforo y que se prueben mejoradores del suelo principalmente a base de azufre o bien con la aplicación de materia orgánica, por separado o interactuando para de esta forma, lograr que se reduzca la fijación del fósforo al reducir el pH del suelo.

Lazcano (1981), en un estudio realizado en suelos calcáreos de la región de Derramadero, Coah. en el cultivo de la papa, probó dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, siendo los niveles de fósforo desde 50 a 290 kg/ha de P_2O_5 y detectó que no hubo respuesta estadística significativa a la adición de este nutriente, sin embargo, al analizar económicamente la producción de cada uno de los tratamientos, encontró que la aplicación de 130 kg de P_2O_5 por hectárea, es una buena alternativa para agricultores de capital limitado e ilimitado.

Mendez (1982), trabajando en suelos calcáreos de la región de Navidad N.L., en el cultivo de papa, probó los niveles de fósforo de 150, 300 y 450 kg/ha de P_2O_5 combinados con cuatro mejoradores del suelo (vermiculita y perlita en dosis de 2 ton/ha, y azufre y guano de murciélago en dosis de 1 ton/ha), y encontró diferencias altamente significativas en la producción de tubérculos, siendo los mejores tratamientos, vermiculita combinada con 450 kg/ha de P_2O_5 con rendimiento de 41.3 ton/ha, y azufre combinado con 150 kg/ha de P_2O_5 con una producción de 34.7 ton/ha.

IV. MATERIALES Y METODOS

1. Localización del sitio experimental.

El presente experimento se estableció en la región de Navidad N.L., en el lote # 13 "del Zacatal", propiedad del Ing. Eduardo Villarreal, durante el ciclo primavera-verano de 1982. El área experimental está localizada aproximadamente en las coordenadas $25^{\circ} 21' 33''$ Latitud Norte y $100^{\circ} 21' 26''$ al Oeste del meridiano de Greenwich, observando una altura de 1700 msnm.

2. Caracterización del sitio experimental.

Suelo. Las condiciones naturales del suelo indican que fue originado durante la etapa cenozoica, en la era cuaternaria, con edad aproximada entre los 0 y 60 millones de años. (carta DETENAL). En muestras de suelo tomadas a las profundidades de 0-30 y 30-60 cm se realizaron los análisis físico-químicos en el laboratorio de Física de suelos de la U.A.A.N., y los resultados se pueden observar en el cuadro No. 1.

Clima. Las condiciones climatológicas medias del área de Navidad N.L., son: precipitación pluvial anual de 475 mm y una temperatura media anual de 17°C , condiciones que lo definen según Koppen, como clima BS (seco estepario).

3. Descripción de tratamientos y diseño experimental.

El experimento consistió en el estudio de cuatro niveles de vermiculita (0, 0.5, 1.0 y 1.5 ton/ha), y cuatro niveles de P_2O_5 (0, 200, 400 y 600 kg/ha). Los tratamientos se seleccionaron en base a una Matriz Experimental Plan Puebla I, para dos factores y adicionalmente se incluyó un tratamiento testigo con la finalidad de evaluar la respuesta del cultivo de papa a la adición de 2 ton/ha de vermiculita + 450 kg/ha de P_2O_5 , este tratamiento fue el que mostró la mejor respuesta en 1981. Los factores considerados en la Matriz Experimental son descritos

Cuadro No. 1. Caracterización físico-química del suelo antes del establecimiento del experimento. Lote # 13 del Zacatal, Navidad N.L., ciclo 1982

Característica	Método empleado	Valores obtenidos	
		Prof. 0-30	30-60
Materia orgánica, %	Walkley/Black	1.8	0.36
Nitrógeno total, kg/ha	Kjeldahl	36.5	28.6
Fósforo aprovechable, kg/ha	Olsen	144.0	126.0
Potasio intercambiable, kg/ha	Cobaltinitrito de Na	780.0	580.0
Reacción del suelo (pH)	Potenciómetro	7.4	7.6
Carbonatos totales, %	NaOH 1 N.	90.7	92.0
Conductividad eléctrica mmhos/cm a 25°C	Puente de Whiatstone	1.13	1.17
% Arena		24.0	15.0
% Limo		28.0	30.0
% Arcilla		48.0	55.0
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos	Arcilloso	Arcilloso
Densidad aparente	Parafina	1.6	1.35
Densidad de sólidos	Picnómetro	2.4	2.5
Capacidad de campo	Ollas de presión	36.3	32.27
Punto de marchitamiento permanente	Ollas de presión	20.65	21.62
Humedad aprovechable		15.65	10.65

en el cuadro No. 2, indicándose además, la fertilización total utilizada en cada tratamiento, así como las fuentes comerciales empleadas. En el campo se utilizó un diseño bloques al azar con seis repeticiones.

El tamaño de la parcela total por tratamiento fue de 5 surcos de 6 m de longitud, de los cuales se cosechó como parcela útil 3 surcos centrales de 4 m de longitud.

4. Preparación del terreno, aplicación de tratamientos y siembra.

En el ciclo invierno-primavera de 1981, el sitio estuvo sembrado con cebada (variedades Puebla y Cerro prieto), fertilizada con 300 kg/ha de la fórmula 18-46-00 antes de la siembra y 50 kg/ha de urea en el segundo riego.

En el ciclo de 1982, el terreno fue subsoleado en el mes de enero a una profundidad de 40 cm y en febrero se barbechó a 30 cm de profundidad aproximadamente; inmediatamente después, con el propósito de evitar los efectos nocivos de las malas hierbas y guardar el terreno con buenas condiciones de humedad se realizó una rastra y cruza en el mismo mes.

En la segunda quincena del mes de abril y primera de mayo se procedió a la preparación de los tratamientos descritos en el cuadro No. 2, los cuales se aplicaron el día 23 de mayo de 1982. La siembra se realizó el día 24 del mismo mes y año, utilizándose la variedad regional "Patrones".

5. Labores culturales.

Durante el desarrollo del experimento, se realizaron dos escardas y dos deshierbes manuales, con lo que se tuvo un control adecuado de las malas hierbas.

Fue necesario realizar un aporque, levantando suelo por ambos lados de la planta para propiciar con esto un mejor y más

Cuadro No. 2. Descripción de tratamientos de la Matriz Experimental Plan Puebla I y su cálculo de requerimientos de fertilizante para su aplicación en el experimento de papa. Navidad. N.L., ciclo primavera-verano 1982.

No. de tratamiento	Descripción de tratamientos		kg/ha		kg/surco	
	Verm. ton/ha.	P ₂ O ₅ kg/ha	Verm.	P ₂ O ₅	Verm.	P ₂ O ₅
1	0.5	200	500	435	0.276	0.240
2	0.5	400	500	870	0.276	0.480
3	1.0	200	1000	435	0.552	0.240
4	1.0	400	1000	870	0.552	0.480
5	0.0	200	0	435	0	0.240
6	1.5	400	1500	870	0.828	0.480
7	0.5	0	500	0	0.276	0
8	1.0	600	1000	1304	0.552	0.720
9*	2.0	450	2000	978	1.104	0.540

* Tratamiento adicional

Nota: A todos los tratamientos se les proporcionó 160 kg/ha. de nitrógeno en base a Urea; más 160 kg/ha de potasio utilizando como fuente el sulfato de potasio, esto como una aproximación a la media general utilizada por los productores de papa de Navidad, N.L. La fuente de P₂O₅ utilizada fue el Superfosfato de calcio triple.

fácil crecimiento del tubérculo.

Los riegos se realizaron una vez por semana (después de los 40 días de establecido el cultivo), durante todo el ciclo, exceptuando las dos últimas semanas antes de la cosecha.

Durante el ciclo del cultivo y a partir de los 45 días de establecido, se hicieron 8 aplicaciones foliares de los siguientes productos y dosis: Manzate (2-3 kg/ha), Ridomill (2-3 kg/ha), Tamaron (1.5-2 lts/ha), Lannate (300-400 g/ha), Belmark (700 ml/ha) y Azodrin (2 lts/ha).

Con excepción de los tratamientos impuestos, el manejo general del cultivo fue realizado por el propio agricultor cooperante, estrictamente igual a como se maneja la siembra comercial de papa.

6. Evaluación de los tratamientos.

6.1. Cambios inducidos en el suelo.

Con el propósito de evaluar el efecto de los tratamientos en las condiciones del suelo, al momento de la cosecha se muestreó cuidadosamente el suelo sobre el surco del cultivo y a una profundidad de 30 cm y las muestras fueron sometidas a su análisis físico-químico en el laboratorio de Física de suelos de la U.A.A.A.N.

6.2. Crecimiento vegetal.

La altura de la planta fue evaluada en el campo, tomando una muestra al azar de 4 plantas de los tres surcos centrales y a través de cuatro repeticiones, estas mediciones se hicieron a los 20, 30, 45, 60, 68 y 78 días después de la siembra.

6.3. Producción de materia seca.

En este caso, se evaluó la materia seca de: raíz, tubérculo, follaje y total en base a muestras de una planta por tra-

tamiento en dos repeticiones, las muestras se tomaron en las etapas fenológicas de floración y desarrollo de tubérculo.

6.4. Absorción de fósforo y otros nutrientes por el cultivo.

Para evaluar la nutrición de las plantas, se muestreó al azar en cuatro repeticiones, un total de 30 hojas sanas y localizadas entre el cuarto y octavo foliolo. Las hojas fueron secadas a una temperatura de 70°C por un período de 24 hrs. y enviadas al laboratorio de suelo y plantas del CIAN, para su análisis nutricional.

6.5. Producción y calidad de tubérculo

El 15 de septiembre de 1982 se cosechó el experimento, tomando como parcela útil los 3 surcos centrales con 4 metros de longitud, es decir, una superficie de 10.8 m² por tratamiento en 5 repeticiones. Estos datos fueron sometidos al análisis estadístico.

Respecto a la calidad de tubérculo, de las muestras obtenidas para producción, se evaluó la calidad comercial en base a tamaño (diámetro de tubérculo), y también se determinó el peso específico en el laboratorio en base a seis tubérculos por tratamiento.

7. Modelos estadísticos empleados

Para la información cronológica de altura de planta, se empleó el modelo de curva logística, cuyo proceso es descrito a continuación:

$$\hat{y} = \frac{K}{1 + \exp.(a + bxi)}$$

\hat{y} = Variable dependiente ajustada (altura de planta)

K = Valor máximo de la variable dependiente

e^x = Base de los logaritmos naturales elevado a la potencia indicada.

a = Intercepto.

b = Coeficiente de correlación.

x_i = Variable independiente (días después de la siembra).

En el caso de los datos de producción de materia seca de la raíz, follaje, tubérculo y total, se empleó el modelo de regresión lineal simple.

$$y = a + b + (X_i) + E_i$$

donde:

y = Variable dependiente (rendimiento por parcela).

a = Intercepto.

b = Coeficiente de regresión.

E_i = Error de la regresión.

Con el propósito de minimizar el error experimental y hacer un mejor análisis e interpretación de los resultados del experimento, especialmente lo relacionado con la naturaleza de los efectos reales de los tratamientos, la producción de tubérculos se analizó haciendo uso del modelo lineal de bloques al azar analizado por covarianza, bajo el modelo siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \sigma_i + \beta_j + b (X_{ij} - \bar{X}) + \epsilon_{ij}$$

en donde:

y_{ij} = Variable dependiente (producción de tubérculo).

μ = Media general.

σ_i = Efecto de tratamiento.

β_j = Efecto de bloques.

b = Coeficiente de regresión.

X_{ij} = Variable independiente.

\bar{X} = Media general de la variable independiente (Número de plantas).

ϵ_{ij} = Error experimental.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

1. Cronología del desarrollo del experimento.

La siembra se realizó el 24 de mayo de 1982, fecha que se considera tardía en relación a la siembra de los productores de papa, sin embargo, se utilizó la variedad regional "Patrones", cuyo ciclo es de 105 días y que bajo las circunstancias del estudio, brindó una alternativa satisfactoria.

La germinación de los tubérculos se inició irregularmente, aproximadamente a los 15 días después de la siembra, y a los 20 días ya había germinado en un 85%. Las repeticiones que presentaron el mayor número de fallas en la germinación fueron la I y II en menor grado, razón por la cual, se eliminó para su análisis la repetición I, quedando solo cinco repeticiones en el estudio.

La primera flor se detectó el 11 de julio, mientras que la floración completa se observó el día 20 de ese mismo mes.

El inicio del desarrollo rápido de tubérculo se observó el día 2 del mes de agosto, alcanzando un adecuado desarrollo el día 13 de ese mes.

2. Cambios inducidos en el suelo.

La aplicación de los tratamientos originó cambios importantes en algunas de las propiedades físicas del suelo, lo cual se puede apreciar comparando los cuadros No. 1 y No. 3, en los cuales se reportan los análisis físico-químicos practicados al suelo donde se estableció el experimento, antes y después de establecerlo. Entre las observaciones más importantes que se detectan están las siguientes:

Cuadro No. 3. Caracterización físico-química del suelo después de haber impuesto los tratamientos del estudio. Navidad, N.L., 1982

Característica	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M. orgánica, %	2.0	2.0	1.8	1.9	1.9	1.9	1.4	1.8	1.9
N. total, kg/ha	45.36	47.25	42.21	41.58	45.9	47.88	52.90	51.66	50.40
P. aprot., kg/ha	+112.5	+112.5	64.8	+112.5	+112.5	80.1	78.30	+112.5	110.25
K. interc., kg/ha	607.5	643.5	279.0	427.5	607.5	337.5	279.0	567.0	576.0
pH	7.7	7.7	7.7	8.0	7.7	7.6	7.7	7.7	7.9
Carbonatos tot., %	81.0	82.0	84.0	83.0	83.0	83.0	84.0	84.0	82.0
C.E. (10) 3	1.2	0.54	0.81	0.89	0.98	1.2	0.72	0.89	1.2
Arena, %	22.5	30.0	35.0	35.0	25.0	25.0	30.0	35.0	27.5
Limo, %	39.8	37.7	27.3	27.3	34.8	37.3	34.8	29.8	37.3
Arcilla, %	37.7	32.3	37.7	37.7	40.2	37.7	35.2	35.2	35.2
Textura	M.A.	M.A.	M.A.	M.A.	A.	M.A.	M.A.	M.A.	M.A.
Da, g/cm ³	1.5	1.5	1.5	1.2	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6
Ds, g/cm ³	2.3	2.3	2.3	2.2	2.3	2.4	2.3	2.2	2.5
Pw (CC)	35.67	33.12	35.17	36.78	36.3	35.82	38.84	33.61	36.99
Pw (PMP)	17.64	17.61	15.94	16.48	20.65	16.8	20.82	18.81	20.25
Humedad aprovechable, %	18.03	15.51	19.23	20.30	15.65	19.02	18.02	14.80	16.74

M.A. = Migajón Arcilloso A. = Arcilloso

Nota: Los métodos utilizados en las determinaciones son los mismos que se mencionan en el cuadro No. 1. Los datos corresponden al estrato 0 - 30 cm.

2.1. Contenido de materia orgánica.

Este parámetro no mostró alteraciones drásticas, puesto que se detectaron valores de 1.8 y 1.88% en el análisis previo y posterior al estudio respectivamente, lo que nos da una diferencia de 0.08%, que no es suficiente para cambiar su clasificación del suelo como "mediano" y se explica en el sentido de que la vermiculita es un mejorador de origen mineral.

2.2. Nitrógeno total.

Al observar el análisis practicado al suelo al momento de la cosecha, se puede ver que el contenido de nitrógeno varió de 41.58 a 52.9 kg/ha en respuesta a la aplicación de los tratamientos; en promedio, los valores de 36.5 y 48.0 kg/ha de nitrógeno encontrados corresponden al análisis de antes y después del establecimiento del cultivo con los tratamientos descritos. La razón del incremento de 11.5 kg/ha, se debe a que al momento de la siembra se aplicaron 160 kg/ha de este nutriente.

2.3. Fósforo aprovechable.

El contenido de fósforo aprovechable encontrado después de aplicar los tratamientos fue menor en promedio (102.4 kg/ha), que el detectado antes de establecer el experimento (144 kg/ha), esto resulta interesante, puesto que en base a que se hicieron aplicaciones de hasta 600 kg de P_2O_5 /ha y dada la alta capacidad de fijación del fósforo por el suelo, era de esperarse que se registraran cantidades mayores de este nutriente aprovechable después de aplicar los tratamientos. Podemos observar que los valores más bajos de fósforo en el suelo, observados durante el último muestreo, se localizan en los tratamientos 3, 6 y 7, en donde el 7 no recibió fósforo y el 3 y 6 presentan la relación de mayor cantidad de vermiculita para la dosis de fósforo empleado a ese nivel. Esto parece indicar que la aplicación de vermiculita estimula la absorción de fósforo por las plantas, produciendo reducciones más drásticas en la cantidad de este elemento, que permanece aprovechable en el suelo. Observando los tratamientos 1 y 3 (0.5 ton. vermiculita + 200 kg P_2O_5 /ha y 1.0 ton. de vermiculita + 200 kg P_2O_5 /ha), vemos que al incre -

mentar la vermiculita en 0.5 ton/ha, el fósforo aprovechable residual del suelo baja de + 112.5 a 64.8 kg/ha. Este mismo efecto se observa al comparar los tratamientos 4 y 6 donde al aumentar 0.5 ton. vermiculita/ha el fósforo aprovechable residual del suelo baja de + 112.5 a 80.1 kg/ha.

2.4. Potasio intercambiable, carbonatos totales y conductividad eléctrica.

Estas tres características, como se puede observar en los cuadros citados, permanecieron aproximadamente iguales en su interpretación, aunque con valores diferentes, antes y después de aplicar los tratamientos. Cabe consignar, sin embargo, que el contenido de carbonatos totales tendió a disminuir de 90% a 83%, lo cual se considera favorable, ya que este factor es considerado en buena medida como responsable de la disminución del aprovechamiento del fósforo por las plantas.

2.5. Reacción del suelo (pH).

El pH del suelo antes de establecer el experimento fue de 7.4 y después de que fueron impuestos los tratamientos, se registraron valores de 7.7 a 8.0, aunque en el tratamiento 6 - (1.5 V - 400 P₂O₅), se reportó un valor de 7.6. Sin embargo, esta variación no se considera importante, puesto que según la interpretación, el cambio es de ligeramente alcalino a medianamente alcalino.

2.6. Textura del suelo.

El contenido de arena, limo y arcilla encontrados antes de establecer el experimento, fueron de 24, 28 y 48% respectivamente, lo que de acuerdo al triángulo de texturas, el suelo es clasificado como arcilloso, mientras que el análisis efectuado después de imponer los tratamientos, reportó en promedio 29.6, 35 y 35.4% de arena, limo y arcilla respectivamente, correspondiente a una textura de migajón arcilloso, observándose un incremento en el porcentaje de arena a medida que se incrementaba la cantidad de vermiculita aplicada, hasta 1 ton/ha en forma con-

sistente, sin embargo, aun en el tratamiento de 2 ton/ha de vermiculita aplicada, se encontró un valor de 27% de arena, que también es superior al porcentaje detectado en el análisis practicado antes de la siembra. Los cambios substanciales, sobre todo en el aumento considerable de arena y limo y la disminución drástica en el contenido de arcilla, creemos que obedece en parte al análisis granulométrico de la vermiculita, cuyo resultado se muestra en la figura No. 1, donde se observa un mínimo de partículas de arcilla y predominan las partículas con diámetros mayores de 0.074 mm. Cabe hacer la aclaración de que la aplicación de vermiculita se realizó en forma localizada y al fondo del surco; el muestreo de suelos se hizo exclusivamente en la zona donde crece el tubérculo (bordo), y por último, a que la vermiculita en sí, permaneció inalterada después del ciclo de cultivo.

2.7. Densidad aparente y densidad de sólidos.

Los valores de densidad aparente variaron de 1.6 a 1.5 g/cm³, antes y después de aplicar los tratamientos respectivamente. Esta disminución fue originada por el valor tan bajo de densidad aparente que tiene la vermiculita (0.27 g/cm³). Por otro lado, los valores de densidad de sólidos fueron de 2.4 a 2.33 g/cm³ y la porosidad del suelo fue de 33 a 35% para antes y después de establecido el experimento respectivamente. Esta diferencia, aunque parezca pequeña, no deja de ser importante si consideramos que el desarrollo del tubérculo es estimulado bajo condiciones de suelo bien aireado y/o mullido.

2.8. Humedad aprovechable.

De acuerdo a los valores reportados, se observa que el valor de capacidad de campo, antes de imponer los tratamientos, fue de 36.3% y en promedio para los tratamientos aplicados fue de 36%, no existiendo prácticamente diferencia, sin embargo, en el punto de marchitamiento permanente sí se registró diferencia en un 2.5%, esto origina que el contenido de humedad aprovechable sea mayor en un 2.15%, favorable a la adición de los trata-

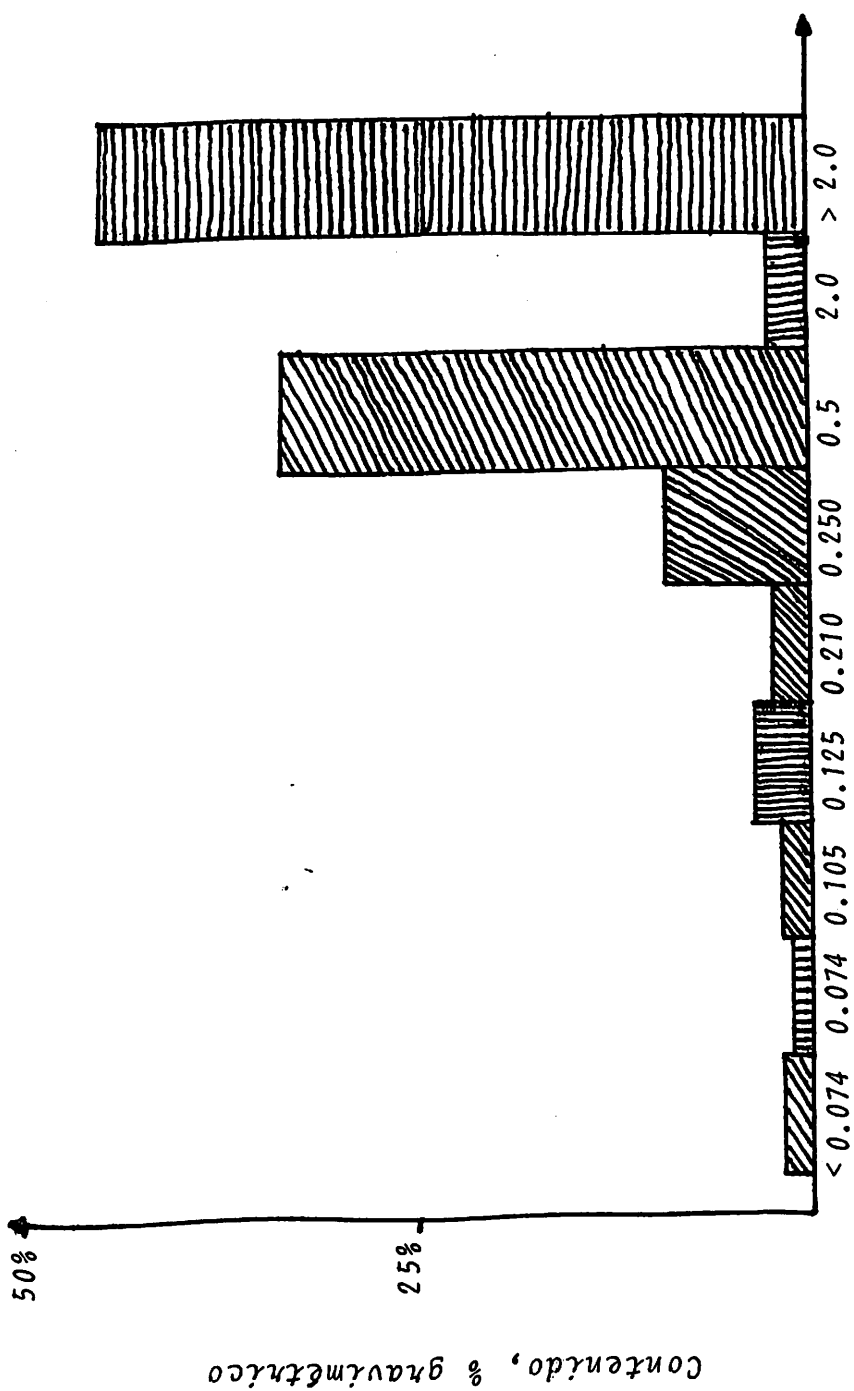


Figura No. 1. Análisis granulométrico de la vermiculita utilizada en el experimento de papa en Naviada, N.L. ciclo primavera-verano 1982.

mientos de vermiculita. La tendencia de los resultados indica que el porcentaje de humedad aprovechable se incrementa al aumentar la adición de vermiculita, registrándose valores máximos en los tratamientos de 1.0 y 1.5 ton/ha, con porcentajes de 20.3 y 19.02 respectivamente, mientras que el valor más bajo de humedad aprovechable (15.65%) corresponde al tratamiento al cual no se le aplicó vermiculita.

3. Cambios inducidos en el desarrollo del cultivo.

3.1. Altura de plantas.

En cuanto a esta variable de la planta, la adición de los tratamientos generaron diferencias marcadas en la altura del cultivo, lo cual se observa en el cuadro No. 4 y figura No. 2. La altura de las plantas se incrementó en la medida que aumentó la cantidad de vermiculita aplicada, registrándose alturas máximas de: 31.8 cm para 0.5 ton/ha; 31.9 cm para 1.0 ton/ha; 36.8 cm para 1.5 ton/ha y 44.5 cm para el nivel de 2 ton/ha de vermiculita. Respecto a las adiciones de fósforo, la tendencia es del mismo sentido aunque estos incrementos no se mantienen al más alto nivel de fósforo aplicado, así tenemos que cuando no se aplicó este nutriente, se reportó una altura de 22.0 cm; para el tratamiento de 200 kg/ha de P_2O_5 , 31.2 cm; para 400 kg/ha, una altura de 34.3 cm; en seguida el nivel de 450 kg/ha, registró el máximo valor 44.5 cm y en el nivel de 600 kg/ha de P_2O_5 , la altura decreció a 33.3 cm.

A lo largo de todo el ciclo de cultivo, la mayor altura de planta se registró en los tratamientos 9 (2.0 V - 450 P_2O_5), con valor máximo a los 68 días después de la siembra, de 44.5 cm, seguido del tratamiento 6 (1.5 V - 400 P_2O_5), con 36.8 cm en el mismo tiempo. El tratamiento 7 (0.5 V - 0.0 P_2O_5) fue el que mostró el menor porte de planta durante el ciclo, con altura máxima a los 68 días, de 22.0 cm.

Estos resultados muestran claramente que el P_2O_5 , es esencial en este tipo de suelos, como un estimulante del crecimiento.

Cuadro No. 4. Valores observados en altura de planta (cm) desde los 20 hasta los 78 días después de la siembra. Cultivo de papa, Navidad, N.L., 1982.

Tratamientos	Días después de la siembra					
	20	30	45	60	68	78
0.5 V - 200 P ₂ O ₅	5	13	22	29.2	31.8	30.0
0.5 " - 400 "	5	26	18	30.0	35.0	34.0
1.0 " - 200 "	5	21	25	27.8	32.5	31.8
1.0 " - 400 "	6	24	25	29.2	31.3	29.6
0.0 " - 200 "	6	13	20	26.2	29.5	28.3
1.5 " - 400 "	7	14	23	31.5	36.8	35.3
0.5 " - 0 "	5	10	15	17.3	22.0	21.6
1.0 " - 600 "	9	23	28	30.0	33.3	32.1
2.0 " - 450 "	10	25	29	39.5	44.5	42.3

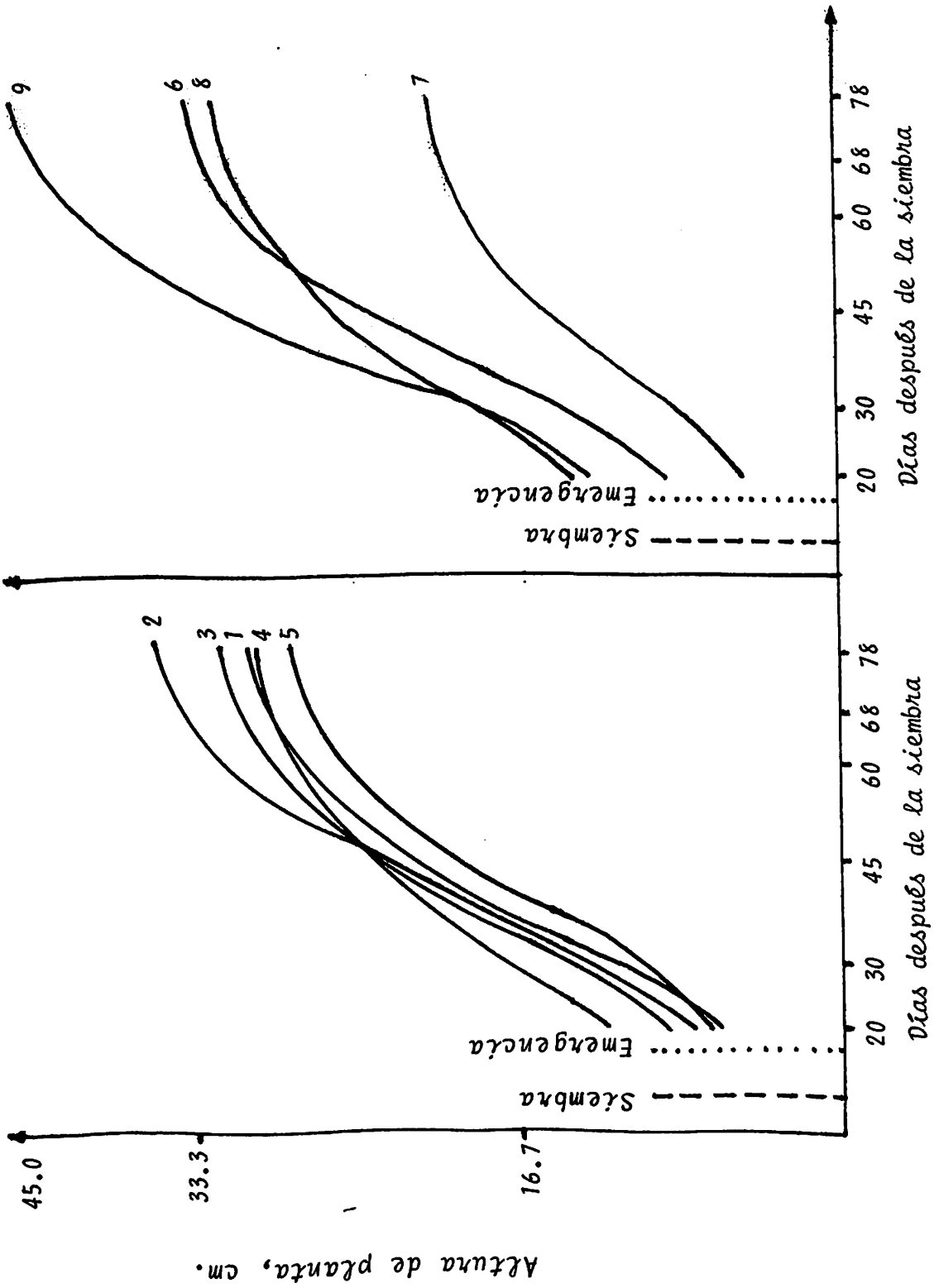


Figura No. 2. Representación gráfica de la evolución de la altura de plantas en los tratamientos bajo estudio (ley del crecimiento logístico). Cultivo de papa, Navidad, N.L., 1982

to de la planta, además se evidencia que el mejorador vermiculita está influenciando esta variable de la planta, hecho que se refleja claramente al comparar el tratamiento No. 9 el cual tiene únicamente 450 kg/ha de P_2O_5 ; con el tratamiento 8, que tiene 600 kg/ha de este nutriente, siendo la diferencia entre estos dos tratamientos 1.0 ton/ha de vermiculita.

3.2. Producción de materia seca.

La aplicación de los tratamientos (vermiculita-fósforo) influyeron en forma marcada en la producción y acumulación de materia seca de tubérculo, raíz y follaje, lo cual se puede apreciar claramente en el cuadro No. 5, en el cual se incluye como testigo adicional, datos del cultivo comercial del agricultor que se encontraba en la parcela vecina del área experimental.

Los resultados anotados en el cuadro 5, muestran que la producción de materia seca se incrementa hasta el nivel de 2.0 ton/ha de vermiculita, obteniéndose 3.602, 4.84, 10.36, 11.78 y 20.267 para los niveles de: 0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 ton/ha del mejorador aplicado respectivamente.

Para el factor fósforo, la tendencia de respuesta en producción de materia seca, únicamente fue hasta el nivel de 450 kg/ha de P_2O_5 .

Los mejores tratamientos, de mayor a menor producción en los dos muestreos y en general en las partes muestreadas de la planta, fueron los siguientes: 9 (2.0 V - 450 P_2O_5), con una media de producción de 20.67 ton/ha; el 8 (1.0 V - 600 P_2O_5), con 14.713 ton/ha, y el 6 (1.5 V - 400 P_2O_5) con media de 11.778 ton/ha. Estos tratamientos y el No. 3 (1.0 V - 400 P_2O_5), superaron marcadamente a la producción obtenida con la siembra comercial, cuya fertilización fue de 160-300-160 de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, sin usar mejoradores de suelo, por lo que podemos apuntar que el uso de vermiculita, favorece la producción de materia seca de raíz, tubérculo, follaje y total. Este efecto puede deberse a que la vermiculita reduce

Cuadro No. 5. Producción de materia seca (ton/ha) en raíz, tubérculo, follaje y total, de los 9 tratamientos y un testigo*, evaluados en dos fechas (floración y desarrollo del tubérculo). Cultivo de papa, Navidad, N.L., 1982.

No. de Tratamiento	Primer Muestreo (floración)				Segundo Muestreo (desarrollo del tubérculo)			
	Raíz	Tubérculo	Follaje	Total	Raíz	Tubérculo	Follaje	Total
	1	0.135	0.262	1.200	1.598	0.224	2.987	0.989
2	0.267	0.171	2.167	2.605	0.146	4.306	1.482	5.489
3	0.178	0.240	1.094	1.511	0.311	7.244	1.582	9.138
4	0.249	0.624	1.444	2.318	0.257	5.509	1.411	7.216
5	0.224	0.982	1.556	2.765	0.118	2.819	0.665	3.602
6	0.189	0.884	1.960	3.033	0.273	5.594	5.911	11.778
7	0.151	0.267	0.722	1.139	0.060	0.757	0.267	1.084
8	0.244	0.795	1.600	2.640	0.431	10.796	3.489	14.713
9	0.478	2.509	3.900	6.882	0.576	13.676	6.011	20.267
Agricultor	0.311	0.720	1.573	2.605	0.343	5.741	1.528	7.592

* Siembra comercial

el contacto suelo-fertilizante, reduciendo la capacidad de fijación del fósforo del suelo y haciéndolo más aprovechable para las plantas.

La mayor producción de materia seca en todas las partes muestreadas de la planta, se obtuvo con el tratamiento 9, en los dos muestreos, este resultado confirma lo encontrado por Mendez (1981), el cual reporta una mayor producción de materia seca acumulada para este mismo tratamiento.

El tratamiento 7 (0.4 V y 0.0 P₂O₅), reporta las menores producciones de materia seca en los dos muestreos, confirmando la enorme importancia que juega la aplicación de fósforo en este tipo de suelos calcáreos y además se observa que el mejorador vermiculita, al nivel de 0.5 ton/ha y sin la adición de fertilizante fosfatado presenta los niveles más bajos en la acumulación de materia seca, debido a la fuerte deficiencia de este elemento sufrida por las plantas en este tratamiento.

Con el afán de encontrar una correlación adecuada entre producción de materia seca (de raíz, tubérculo, follaje y total) con el rendimiento, que ayude a minimizar el trabajo de campo y permita predecir el rendimiento para futuros ensayos semejantes, empleamos el método de regresión lineal simple. En las figuras 3 a la 6 se presentan estas correlaciones, con sus valores de: intercepto (a), coeficiente de regresión (b) y el coeficiente de correlación (r).

En la figura No. 3 se observan los valores más bajos de r, correspondiendo al peso seco de raíz versus rendimiento en los dos muestreos. Consideramos que esto se debe en gran parte a que es muy difícil recabar toda la parte fibrosa de la raíz, por lo que, más que una medida, es una estimación. Los valores más altos del coeficiente de correlación, los encontramos con los datos del segundo muestreo al relacionar el peso seco de follaje (fig. 5) y peso seco total (fig. 6) versus rendimiento con $r = 0.86$ y $r = 0.87$ respectivamente, con un nivel de certeza significativo de probabilidad de 0.01%, es decir, que puede

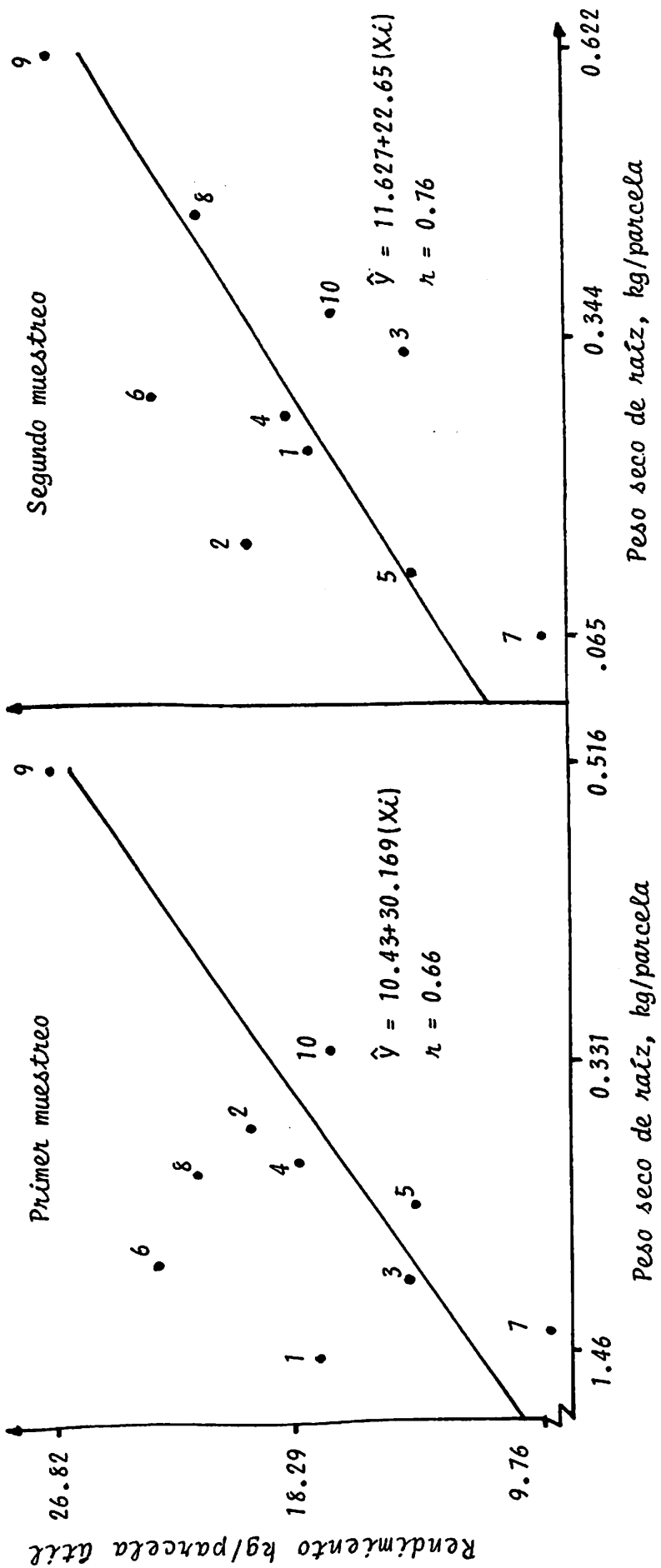


Figura No. 3. Relación entre la producción de materia seca de raíz versus rendimiento (kg/parcela útil). Primero y segundo muestreo. Ciclo primavera-verano Cultivo de papa, Navidad, N.L., 1982

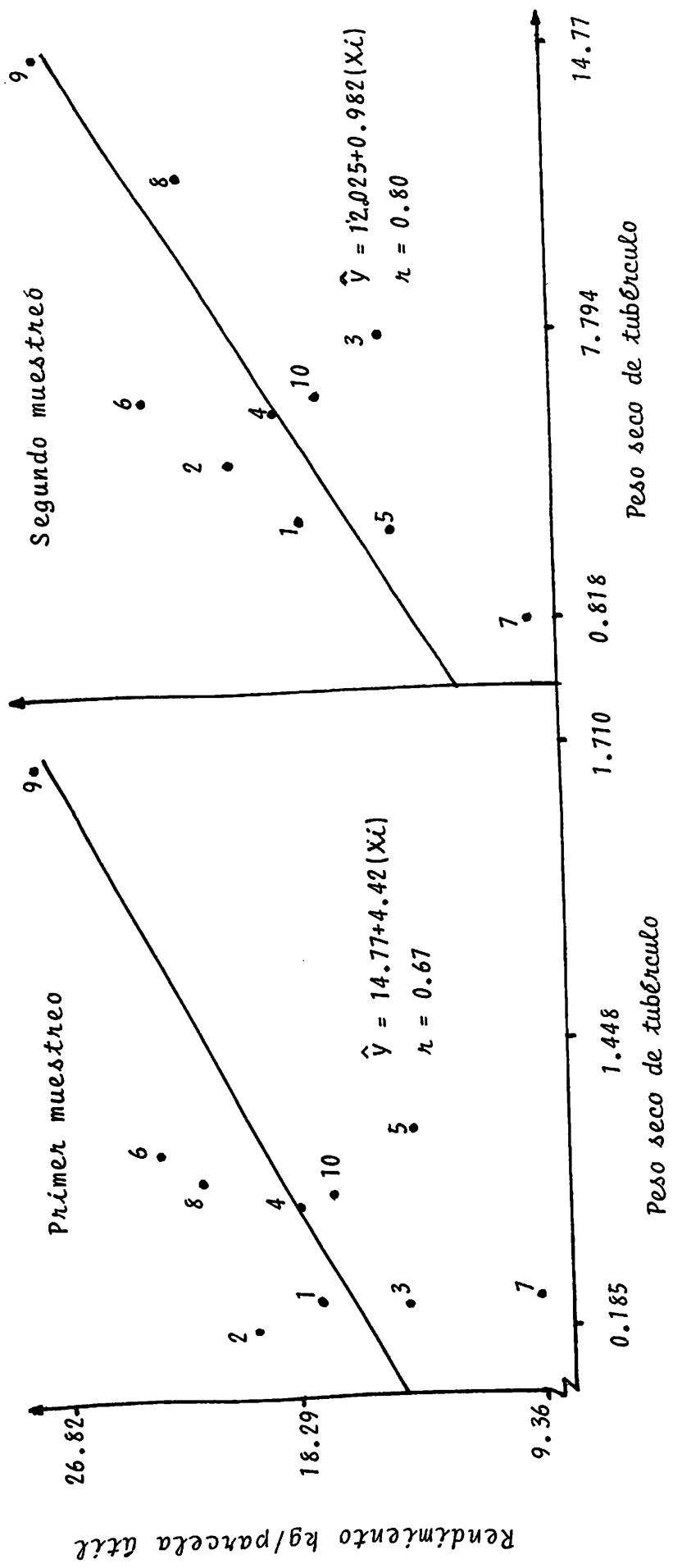


Figura No. 4. Relación entre la producción de materia seca de tubérculo versus rendimiento (kg/parcela útil). Primer y segundo muestreo. Cultivo de papa. Ciclo primavera-verano, Navidad, N.L., 1982

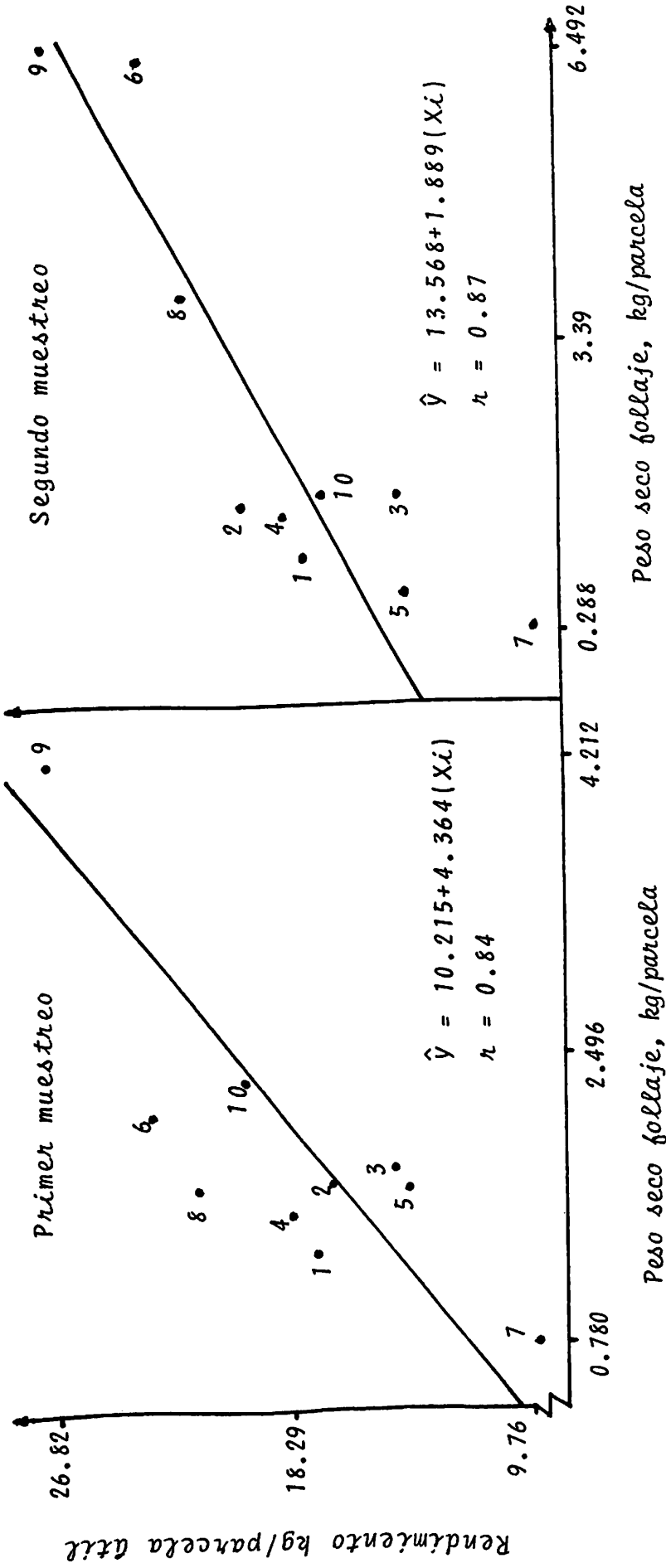


Figura No. 5. Relación entre la producción de materia seca de follaje versus rendimientos (kg/parcela útil). Primero y segundo muestreo. Cultivo de papa. Ciclo - primavera-verano, Navidad, N.L., 1982

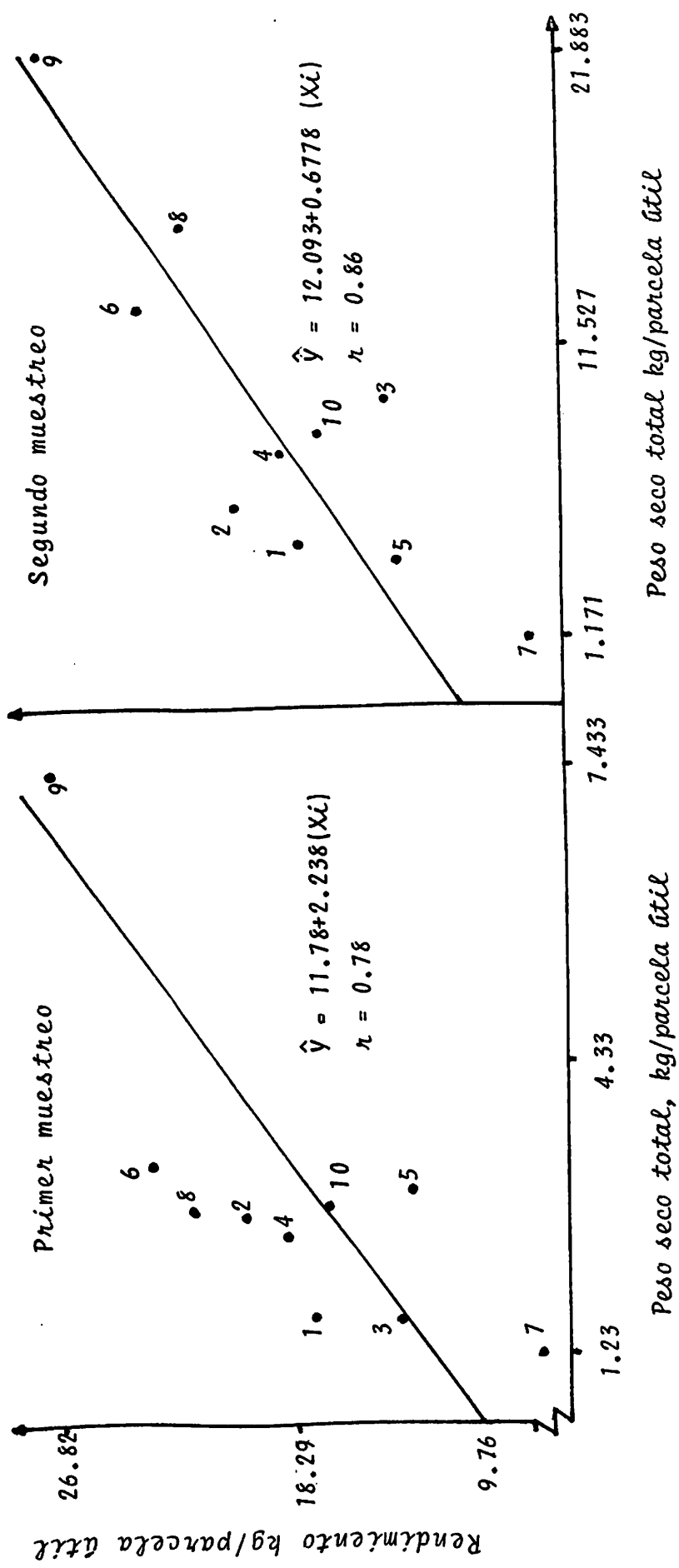


Figura No. 6. Relación entre la producción de materia seca total versus rendimientos (kg/parcela útil). Primero y segundo muestreo. Cultivo de papa. Ciclo primavera - verano, Navidad, N.L., 1982.

mos predecir el rendimiento con un 99% de acierto en condiciones semejantes y estimar información de rendimientos para un año en donde por algún contratiempo, no se logre llegar a cosechar un experimento de papa, con solo medir adecuadamente cualquiera de estas dos partes de la planta.

3.3. Análisis foliar.

La absorción de nutrientes del suelo y su contenido en la planta estuvo afectado por la aplicación de los tratamientos y básicamente por la adición de vermiculita. En el cuadro No. 6 se observa que el menor porcentaje de fósforo detectado en las hojas fue de 0.16%, correspondiente al tratamiento 5 - - (0.0 V - 200 P₂O₅), mientras que los valores mayores los muestran los tratamientos en base a vermiculita, independiente del factor fósforo aplicado.

Otros nutrientes que en ausencia de vermiculita mostraron mínima concentración en las hojas, fueron el hierro, zinc y cobre; 630, 22 y 5 ppm respectivamente. No obstante, se registraron altas concentraciones de calcio y magnesio, donde no se aplicó el mejorador.

Estos resultados, aunque no siguen un orden en nuestro entender lógico, y evidencian que no únicamente el nutriente fósforo es estimulado en su aprovechamiento por la planta con la aplicación de vermiculita, si no que otros elementos esenciales para el desarrollo de la planta son, al parecer, también puestos en su mayor grado de aprovechabilidad.

Para tener un panorama más claro del aspecto nutricional, transformamos las concentraciones a contenido de nutrientes en el cultivo (cuadro No. 7). Los resultados muestran claramente que la absorción del fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc y cobre, es estimulada positivamente por la aplicación de niveles de vermiculita, así tenemos que para el tratamiento 5 (0.0 V - 200 P₂O₅), se reporta un contenido de 5.76 kg/ha de fósforo, mientras que para el tratamiento 9 -

Cuadro No. 6. Concentración de diferentes nutrientes en las plantas de los tratamientos probados en el cultivo de papa. Navidad, N.L., 1982.

Descripción de tratamientos	Fósforo %	Potasio %	Calcio %	Magnesio %	Hierro ppm	Manganeso ppm	Zinc ppm	Cobre ppm
0.5 V - 200 P ₂ O ₅	0.27	3.31	4.30	1.07	830	164	24	7
0.5 V - 400 P ₂ O ₅	0.27	3.27	4.57	1.19	710	221	29	7
1.0 V - 200 P ₂ O ₅	0.29	2.91	4.37	1.13	738	175	26	7
1.0 V - 400 P ₂ O ₅	0.24	2.66	5.04	0.98	1200	136	31	6
0.0 V - 200 P ₂ O ₅	0.16	3.52	5.17	1.29	630	195	22	5
1.5 V - 400 P ₂ O ₅	0.27	2.90	4.94	1.24	940	216	30	8
0.5 V - 0 P ₂ O ₅	0.30	2.30	5.64	1.19	1300	189	32	11
1.0 V - 600 P ₂ O ₅	0.21	3.26	5.03	1.26	1050	165	29	11
2.0 V - 450 P ₂ O ₅	0.20	2.56	4.37	1.19	700	251	32	7

Cuadro No. 7. Contenido de diferentes nutrientes (kg/ha), en las plantas de los nueve tratamientos estudiados. Cultivo de papa, Navidad, N.L., 1982.

Descripción de tratamientos	Fós- foro	Pota sio	Cal cio	Magne sio	Fie- rro	Manga neso	Zinc	Cobre
0.5 V - 200 P ₂ O ₅	11.3	139	181	44.9	3.5	0.69	0.1	0.03
0.5 V - 400 P ₂ O ₅	14.6	223	271	68.1	1.4	1.19	0.16	0.04
1.0 V - 200 P ₂ O ₅	34.2	266	399	81.5	6.7	1.6	0.24	0.06
1.0 V - 400 P ₂ O ₅	17.3	192	364	70.7	8.7	0.98	0.22	0.04
0.0 V - 200 P ₂ O ₅	5.8	127	186	46.5	2.3	0.7	0.08	0.02
1.5 V - 400 P ₂ O ₅	31.8	385	528	140.2	5.2	2.60	0.34	0.08
0.5 V - 0 P ₂ O ₅	3.2	25	61	12.9	8.4	0.20	0.03	0.01
1.0 V - 600 P ₂ O ₅	30.9	480	740	185.4	15.4	2.43	0.43	0.16
2.0 V - 450 P ₂ O ₅	40.5	519	845	241.2	14.2	5.09	0.65	0.14

(2.0 V - 450 P₂O₅), un contenido de 40.53 kg/ha de fósforo, esta tendencia es muy similar para los otros nutrientes.

Nuevamente, los contenidos de nutrientes más altos en la planta correspondieron a los tratamientos: 9 (2.0 V - 450 P₂O₅) 6 (1.5 V - 400 P₂O₅) y 8 (1.0 V - 600 P₂O₅).

3.4 Producción y calidad de tubérculo.

Los rendimientos medios obtenidos para cada uno de los nueve tratamientos en estudio, se presentan en el cuadro No. 8, en el cual se puede observar que la producción de tubérculo varía de 17.7 ton/ha para el tratamiento 7 (0.5 V - 0 P₂O₅); a 28.7 ton/ha para el tratamiento número 9 (2.0 V - 450 P₂O₅).

El análisis de varianza practicado a los datos de producción, reportó diferencia altamente significativa para tratamientos, no siendo así para bloques o repeticiones. Esto significa que la adición de vermiculita y P₂O₅ son factores que inducen cambios en la producción de papa en este tipo de suelos calcáreos y que el terreno donde quedaron ubicados los bloques, presentó características homogéneas. Lo anterior se puede observar en el cuadro No. 9, donde también se reporta el coeficiente de variación (C.V. = 16.4%), el cual se considera bueno para este tipo de estudios.

Basados en que el número de plantas cosechadas fue diferente numéricamente para los tratamientos a través de las repeticiones, se corrió análisis de covarianza para detectar el verdadero efecto de los tratamientos y ajustar las medias de los mismos, y de esta manera hacer una comparación mas adecuada entre sus medias ajustadas. Según se muestra en el cuadro No. 10, la covariable número de plantas, no afectó significativamente el efecto intrínseco de los tratamientos, sin embargo, sí permitió hacer la comparación de las medias ajustadas mediante la prueba de "t" generalizada, los resultados indican que el tratamiento número 9 (2.0 V - 450 P₂O₅), es superior y estadísticamente diferente a los demás, mostrando una diferencia de 3.368 - -

Cuadro No. 8. Rendimiento promedio de tubérculo para los nueve tratamientos en estudio en el cultivo de papa (kg/parcela, kg/ha), Navidad, N.L., 1982.

Número	Descripción	Kg/parcela	kg/ha
1	0.5 V - 200 P ₂ O ₅	17.76	19,773*
2	0.5 V - 400 P ₂ O ₅	19.94	23,272
3	1.0 V - 200 P ₂ O ₅	14.46	19,884
4	1.0 V - 400 P ₂ O ₅	18.32	22,517
5	0.0 V - 200 P ₂ O ₅	14.28	18,196
6	1.5 V - 400 P ₂ O ₅	23.10	24,968
7	0.5 V - 0 P ₂ O ₅	9.76	17,719
8	1.0 V - 600 P ₂ O ₅	21.86	25,301
9	2.0 V - 450 P ₂ O ₅	26.82	28,764

* Estimados considerando básicamente el número óptimo de plantas por hectárea.

Cuadro No. 9. Análisis de varianza practicado a la producción de tubérculo total (kg/parcela), Navidad, N.L. 1982.

F.V.	G.L.	S.C.	CM	FC	F. tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	4	35.362	8.8405	0.96 NS	2.67	3.98
Tratamiento	8	1074.1938	134.27	14.48 **	2.25	3.13
E. Exptal.	32	294.66198	9.208			
T o t a l	44	1404.2178				

C.V. = 16.4%

Cuadro No. 10. Análisis por covarianza de la producción de tu bérculo (Y) y el número de plantas (X) en el cultivo de papa. Navidad, N.L., 1982.

F.V.	G.L.	SC (X)	SP (X,Y)	SC (Y)	Ajustadas por "X"			
					G. L.	SC	CM	FC
Total	44	3113.91	1532.84	1404.22				
Repeticiones	4	89.91	-31.81	35.36				
Tratamientos	8	1076.31	979.84	1074.19	8	23.54	2.94	.43 NS
Error exptal.	32	1947.69	404.81	294.66	31	210.52	6.79	
Trat. + E. expto.	40	3024.00	1852.46	1268.85	39	234.06		

ton/ha sobre su más cercano tratamiento, que fue el número 6 - (1.5 V - 400 P₂O₅) lo cual se presenta en el cuadro No. 11.

Concientes de que los tratamientos constan de dos factores variables, vermiculita - fósforo, y dada la alta significancia encontrada entre tratamientos, se recurrió al método de Yates para analizar estadísticamente los tratamientos de la parte factorial de la Matriz Experimental y establecer su efecto, así tenemos que la producción de tubérculo fue estimulada significativamente por la adición de vermiculita y no por el fósforo y la interacción de ambos factores, esto se puede observar en el cuadro No. 12 en el cual es analizado y comparado su efecto mediante la prueba del efecto mínimo significativo (E.M.S. al 0.05%). Consideramos que la no significancia para el factor fósforo y su interacción con vermiculita dentro de la parte factorial, se debió posiblemente a las fallas que se tuvieron en la germinación de la semilla y seguramente esto ocasionó datos un tanto sesgados para estos tratamientos. Fuera de la parte central de la Matriz, la mayor producción se observó al nivel de 2.0 ton/ha de vermiculita con 450 kg/ha de P₂O₅.

Por otro lado, la aplicación de los tratamientos (V - Fósforo), influyó marcadamente sobre la calidad del tubérculo, esto se puede observar en el cuadro No. 13. Los datos indican que la calidad de papa se incrementa en la medida en que aumentan los niveles de vermiculita y/o fósforo aplicados, con producción media de 5.6 ton/ha para el tratamiento número 5 (0.0 V 200 P₂O₅), hasta 12.01 ton/ha para el tratamiento número 9 - (2.0 V - 450 P₂O₅). Esto significa que con el uso del mejorador, es posible duplicar la producción en calidad de tubérculo producido. El efecto del factor fósforo sobre la calidad de papa, al parecer se encuentra al nivel de 450 kg/ha.

Estos resultados fueron analizados estadísticamente, encontrando que la imposición de los tratamientos, tuvo un efecto altamente significativo sobre la calidad de papa producida (cuadro No. 14). Las mejores producciones de tubérculo de -

Cuadro No. 11. Comparación de medias ajustadas por covarianza ($T, \alpha = 0.05$) de los tratamientos probados en el cultivo de papa, Navidad, N.L., 1982.

Tratamiento	\bar{X}	
2.0 V - 450 P ₂ O ₅	25.623	a
1.5 V - 400 P ₂ O ₅	21.986	b
1.0 V - 600 P ₂ O ₅	21.453	b c
0.5 V - 400 P ₂ O ₅	19.616	b c d
1.0 V - 400 P ₂ O ₅	18.495	c d e
0.5 V - 200 P ₂ O ₅	16.937	d e f
1.0 V - 200 P ₂ O ₅	15.631	e f g
0.0 V - 200 P ₂ O ₅	14.787	f g h
0.5 V - 0 P ₂ O ₅	12.968	g h i

* Los tratamientos con igual letra son estadísticamente iguales al 0.05% de probabilidad.

$$S_{\bar{d}} = 1.7039$$

Cuadro No. 12. Análisis estadístico de la parte factorial de la Matriz Plan Puebla I para dos factores (V - P₂O₅). Método de Yates. Navidad, N.L., 1982.

Tratamiento	Σ	I	II	Notación EF	Divisor	EFMA
0.5 V - 200 P ₂ O ₅	88.8	185.1	352.4	G	G	20 16.29
0.5 V - 400 P ₂ O ₅	99.7	163.9	30.2	v	V	10 2.79 *
1.0 V - 200 P ₂ O ₅	72.3	10.9	-24.6	p	P	10 2.28 NS
1.0 V - 400 P ₂ O ₅	91.6	19.3	8.4	vp	VP	10 0.78 NS

EF = Efecto Factorial

EFMA - Efecto Factorial Medio Ajustado

Efecto mínimo significativo (0.05%) = 2.55

Cuadro No. 13. Rendimiento promedio de papa de "primera" (en base al diámetro de tubérculo), para los nueve tratamientos estudiados. Navidad, N.L., 1982.

Descripción de Tratamientos	Rendimiento Medio ton/ha
0.5 V - 200 P ₂ O ₅	6.9
0.5 V - 400 P ₂ O ₅	9.9
1.0 V - 200 P ₂ O ₅	7.05
1.0 V - 400 P ₂ O ₅	8.2
0.0 V - 200 P ₂ O ₅	5.6
1.5 V - 400 P ₂ O ₅	11.1
0.5 V - 0 P ₂ O ₅	5.4
1.0 V - 600 P ₂ O ₅	9.4
2.0 V - 450 P ₂ O ₅	12.01

Cuadro No. 14. Análisis de varianza practicado a la producción de tubérculo de "Primera". Navidad, N.L., 1982.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	4	33.38	8.34	4.19 **	2.67	3.98
Tratamientos	8	283.5	35.44	17.81 **	2.25	3.13
Error Exptal.	32	63.74	1.99			
Total	44	380.622				

C.V. = 20%

"primera" se obtuvieron con los tratamientos: 9 (2.0 V - 450 - P₂O₅) y el 6 (1.5 V - 400 P₂O₅), con medias de 12.01 y 11.1 ton/ha respectivamente.

Además de lo anterior, se determinó el peso específico para cada uno de los tratamientos estudiados, y los resultados se pueden observar en el cuadro No. 15, encontrando que los valores estuvieron alrededor de 1.07 a 1.08 g/cm³, con excepción del tratamiento número 7 (0.5 V - 0 P₂O₅), el cual reporta un valor de 1.06 g/cm³. En general, se puede decir que estos datos, como se reporta en la literatura, son aceptables, y la no diferencia entre ellos puede deberse a la falta de instrumental adecuado para su determinación.

4.1. Análisis gráfico de los rendimientos.

La tendencia de respuesta de los ocho tratamientos correspondientes a la matriz experimental, se muestra en la figura No. 7, en la cual podemos observar que en la curva de V- 200 - P₂O₅, la producción se incrementa al incrementarse el nivel de vermiculita de 0 a 0.5 (desde 18.2 a 19.7 ton/ha de tubérculo), sin embargo, cuando se alcanza el nivel de 1 ton/ha, estos incrementos se hacen aproximadamente constantes (de 19.7 a 19.8 ton/ha). En la curva V - 400 P₂O₅ la tendencia de respuesta declina al pasar del nivel de 0.5 a 1.0 de vermiculita (de 23.3 a 22.5 ton/ha), sin embargo, al pasar de 1.0 a 1.5 se registran incrementos marcados (de 22.5 a 24.9 ton/ha), esto muestra claramente que la mejor combinación, dentro de los tratamientos seleccionados, está en el nivel de 1.5 ton/ha de vermiculita con 400 kgs de P₂O₅.

Dentro de los tratamientos seleccionados a través de la matriz experimental, la respuesta del cultivo a la adición de fósforo es mostrada en la misma figura, y podemos observar que en la curva 0.5 - P₂O₅, se registran incrementos constantes desde 0 hasta 400 kg/ha de fósforo, con producciones de 17.7 a 23.3 ton/ha de tubérculo. En la curva 1.0 - P₂O₅, también se observa que la tendencia de respuesta es hasta el nivel de 600 kg/ha

Cuadro No. 15. Valores de peso específico (g/cm^3), para los -
nueve tratamientos estudiados en el cultivo de
papa. Navidad, N.L., 1982.

Descripción de tratamientos	Peso Específico g/cm^3
0.5 V - 200 P_2O_5	1.07
0.5 V - 400 P_2O_5	1.08
1.0 V - 200 P_2O_5	1.08
1.0 V - 400 P_2O_5	1.09
0.0 V - 200 P_2O_5	1.08
1.5 V - 400 P_2O_5	1.07
0.5 V - 0 P_2O_5	1.06
1.0 V - 600 P_2O_5	1.08
2.0 V - 450 P_2O_5	1.08

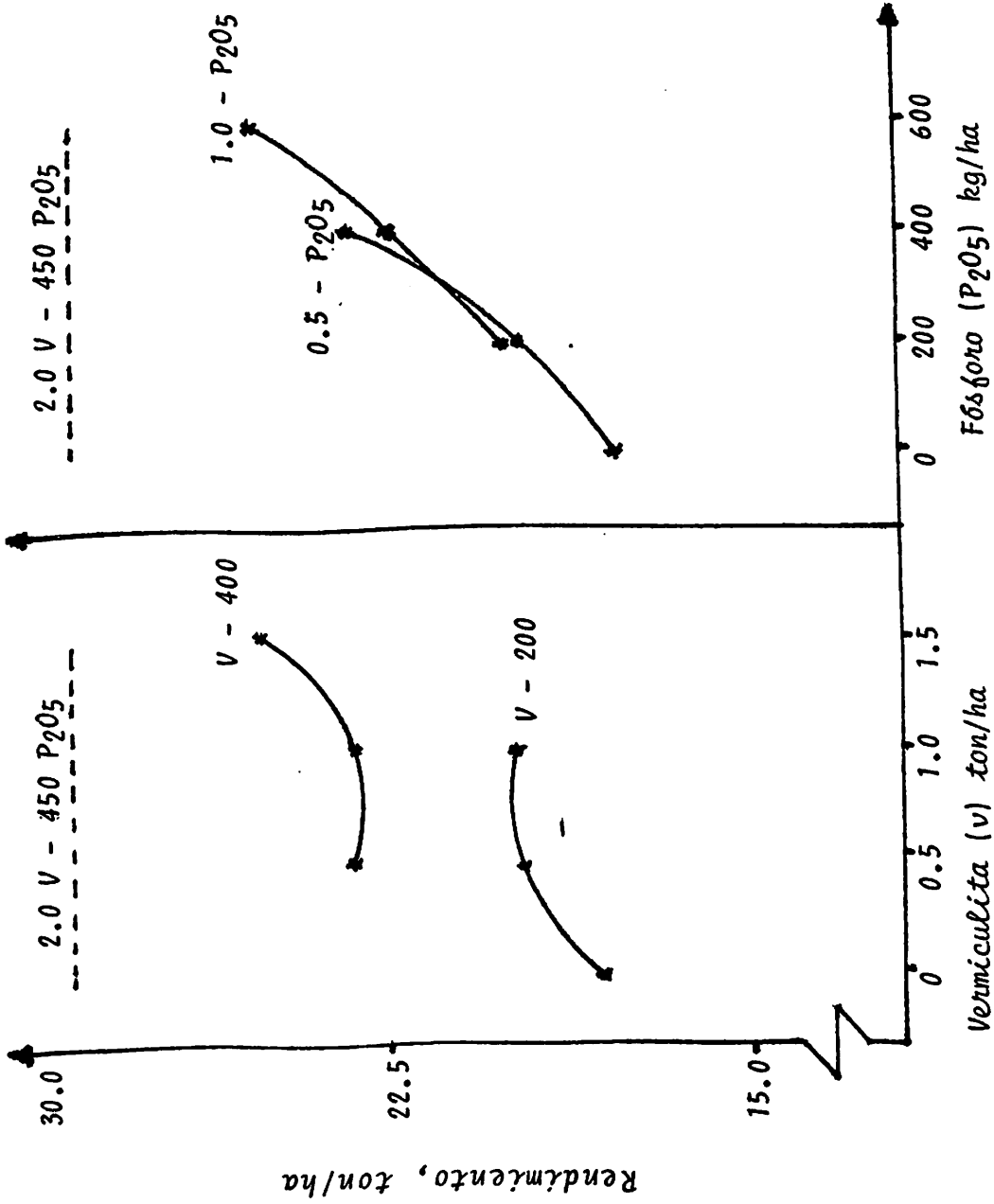


Figura No. 7. Representación gráfica de la respuesta del cultivo de papa a las aplicaciones de vermiculita y fósforo. Navidad, N.L., 1982.

de fósforo con una producción media de 25.3 ton/ha.

Cuando graficamos los resultados de producción de tubérculo para las adiciones de vermiculita y/o fósforo, es decir, la tendencia de respuesta de cada uno de ellos independientemente (figura No. 8), encontramos un panorama bastante claro e interesante, pues para el caso del mejorador vermiculita, los datos indican que la respuesta es marcada y hasta el más alto nivel probado, las producciones fueron: para el nivel de 0, una media de 18.2 ton/ha; para 0.5, una producción de 20.3 ton/ha; para 1.0, 22.6 ton/ha; para 1.5, 24.9 y para el nivel de 2.0 se reporta la máxima producción de 28.8 ton/ha.

Para el factor fósforo, independientemente de la cantidad de vermiculita aplicada, la respuesta muestra incrementos constantes hasta el nivel de 450 kg/ha (28.8 ton/ha de tubérculo) y declina drásticamente en el nivel de 600 kg/ha de fósforo (una producción de 25.3 ton/ha). Esta información al parecer, evidencia que en este estudio se logró quebrar la curva de respuesta del fósforo, en el cultivo de papa en ese tipo de suelo, sin embargo, este resultado deberá tomarse con las reservas del caso, pues es necesario dejar asentado que esta declinación de la curva creemos que obedece en gran parte a las 2.0 ton/ha de vermiculita aplicada en todo caso, será necesario, en futuros estudios, probar el tratamiento 2.0 V - 600 P₂O₅ para poder hacer esta aseveración con mayor propiedad.

4.2. Análisis económico.

Como se asentó en el capítulo de introducción, el cultivo de papa requiere fuertes inversiones para lograr una adecuada producción, por tanto, resulta muy importante realizar un estudio económico riguroso de los insumos y operaciones que conlleva cualquier tipo de modificación a lo que tradicionalmente realiza el productor de papa.

Desde el punto de vista económico, la adición de vermiculita y fósforo (V - P₂O₅), originan diferencias considerables en

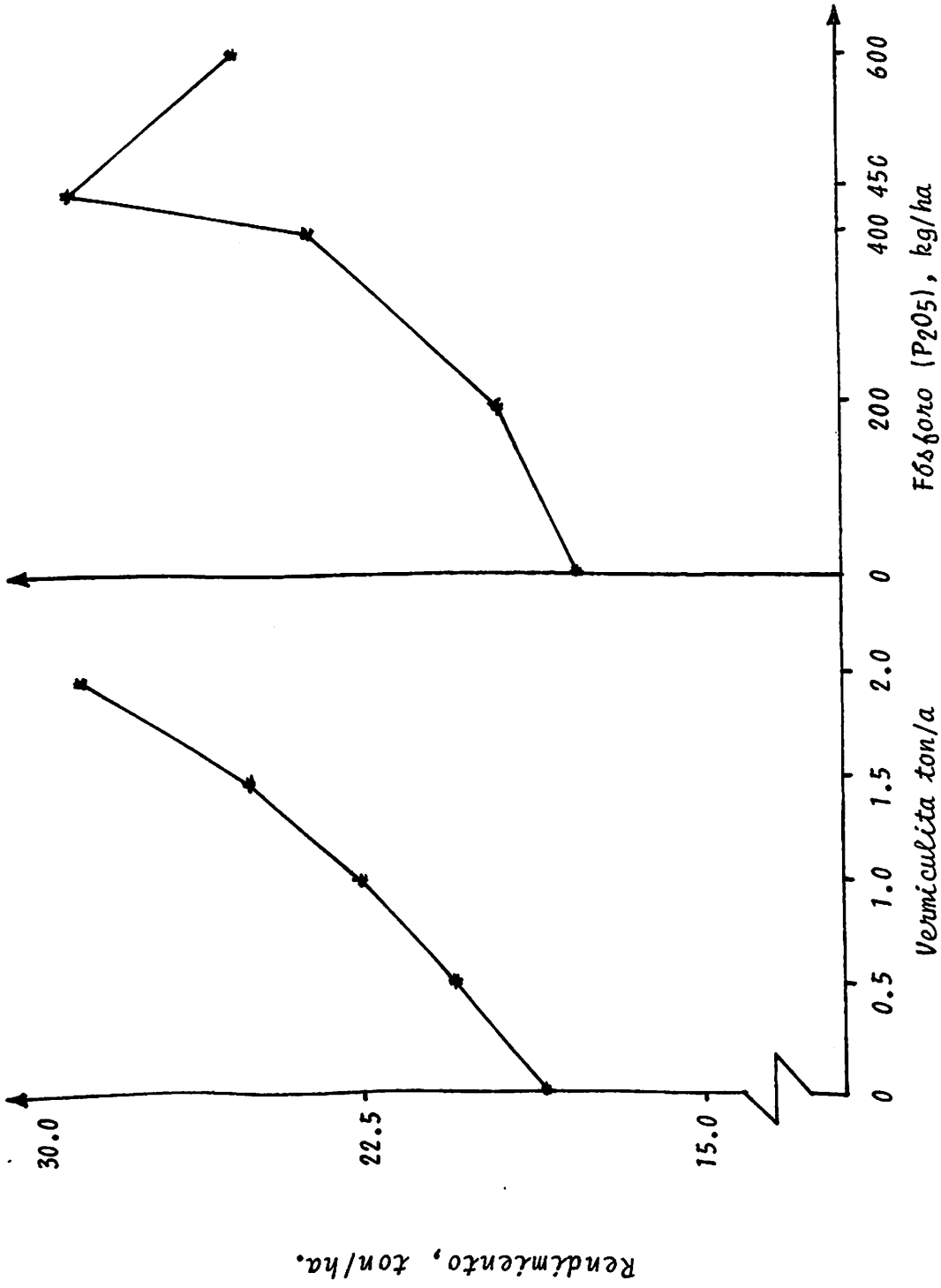


Figura No. 8. Representación gráfica de la respuesta del cultivo de papa a las aplicaciones de vermiculita sin considerar dosis de fósforo y las dosis de fósforo sin considerar vermiculita, Navidad, N.L., 1982.

los beneficios netos, lo cual se puede observar en el cuadro - No. 16.

Los mayores beneficios netos los reporta el tratamiento - número 9 (2.0 V - 450 P₂O₅) con \$ 292,302, aunque es pertinente asentar que llevan consigo una fuerte inversión de \$ 52,866 básicamente por concepto de vermiculita, sin embargo, esto no es tan drástico en el caso del tratamiento No. 8 (1.0 V - 600 P₂O₅), el cual con un costo de \$ 29,433, genera ganancias semejantes de \$ 274,179. Dada la alta producción de tubérculo que se obtiene en el cultivo de papa, estos tratamientos se consideran viables económicamente.

Por otro lado, no es posible esperar buena producción y - consecuentemente buenas ganancias, si se prescinde en la práctica de fertilización del nutriente fósforo en suelos calcáreos de esta región, como lo muestra claramente el tratamiento 0.5 V - 0 P₂O₅, el cual registra los beneficios netos menores (\$ 100,311), con el cual y bajo las condiciones de mercado de este año, en el cual el precio de la tonelada de papa estuvo a \$ 12,000 y menos, prácticamente apenas se obtienen los gastos de producción.

La vermiculita es un mejorador que tiene un valor comercial alto (\$ 24,633 ton, incluido su transporte y aplicación). no obstante, dada su contribución en la producción y calidad de papa, es factible su utilización desde el punto de vista - económico.

Cuadro No. 16. Análisis económico de los rendimientos de papa (basado en el método descrito por Perrin et al 1976), de los tratamientos estudiados, Navidad N.L., 1982.

	Rendi- miento kg/ha.	Ingreso total \$	Costos varia- bles \$	Benefi- cios ne- tos \$
2.0 V - 450 P ₂₀₅	28,764	345,168	52,866	292,302
1.0 V - 600 P ₂₀₅	25,301	303,612	29,433	174,179
0.5 V - 400 P ₂₀₅	23,272	279,264	15,517	263,747
1.5 V - 400 P ₂₀₅	24,968	299,616	40,150	259,466* Dominado
1.0 V - 400 P ₂₀₅	22,517	270,204	27,833	242,371* Dominado
0.5 V - 200 P ₂₀₅	19,733	236,796	13,917	222,879
0.0 V - 200 P ₂₀₅	18,196	218,352	1,600	216,752
1.0 V - 200 P ₂₀₅	19,884	238,608	26,233	212,375* Dominado
0.5 V - 0 P ₂₀₅	17,719	212,317	12,317	200,311* Dominado

Ingreso total = Rendimiento x precio de campo actual.

Costos variables = Costo de vermiculita + costo de P₂₀₅ (costos netos).

Beneficios netos = Ingreso total - Costos variables.

VI. CONCLUSIONES.

1. Los rendimientos oscilaron desde 17.7 ton/ha para el tratamiento 0.5 V - 0 P₂O₅, hasta 28.8 ton/ha para el tratamiento 2.0 V - 450 P₂O₅, siendo este último el mejor tratamiento a lo largo de todo el ciclo del cultivo.
2. Los tratamientos estudiados tuvieron un efecto altamente significativo sobre la producción y calidad de tubérculo. Respecto a esto último, destacaron los tratamientos 2.0 V - 450 P₂O₅ y 1.5 V - 400 P₂O₅, con producciones de 12.01 y 11.1 ton/ha de papa de primera calidad, respectivamente.
3. La aplicación de vermiculita generó cambios importantes y favorables en las características físicas del suelo, *in situ*, principalmente en la textura, densidad aparente y en el contenido de humedad aprovechable. Los cambios se originaron al aplicar cualquier cantidad de este mejorador.
4. El contenido de fósforo en la planta, potasio y calcio y micronutrientes como el magnesio, hierro, manganeso, zinc y cobre, aparentemente se incrementa en presencia de vermiculita, siendo mayor su contenido en la medida que aumenta la cantidad del mejorador.
5. Los parámetros de la planta (altura, peso seco de: raíz, tubérculo, follaje y total) fueron estimulados por la adición de vermiculita y fósforo, destacando los tratamientos; 2.0 V - 450 P₂O₅, 1.5 V - 400 P₂O₅ y 1.0 V - 600 P₂O₅, como los mejores.
6. Los resultados encontrados en el estudio, aunque de

ninguna manera son concluyentes, al parecer, evidencian que se logró quebrar la curva de respuesta del fósforo en el cultivo de papa, en el nivel de 450 kg/ha de P_2O_5 combinado con 2 ton/ha de vermiculita. Sin embargo, - es recomendable que en futuros estudios, se pruebe el - nivel de 600 kg/ha de P_2O_5 con el anterior nivel de vermiculita, para poder hacer esta aseveración con mayor propiedad.

7. Económicamente, es posible y factible la aplicación de vermiculita combinado con fósforo (P_2O_5), en el cultivo de papa, como lo demuestran los beneficios netos generados por los tratamientos: 9 (2.0 V - 450 P_2O_5), y el 8 (1.0 V - 600 P_2O_5), con ganancias netas de \$ 292,302 y \$ 274,179 respectivamente.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Baver, L.D., W.H. Gardner y W.R. Gardner. 1973. *Física de Suelos*. Primera edición. Editorial U.T.E.H.A. México, D.F.
- Beanblosson, F.Z. 1966. *Cómo aplicar eficazmente el estiércol de las aves*. La Hacienda. Vol. 3. pp. 20-30
- Bertramson, B.R. 1955. *Soil Chemistry Notes*. Students book - corporation. Pullman, Washington.
- Brauer, H.O. 1969. *Fitogenética Aplicada*. Editorial Limusa, México, D.F.
- Buckman, O.H. y C.N, Brady. 1977. *Naturaleza y propiedades de los Suelos*. Primera edición. Montaner y Simon, - S.A. Barcelona, España.
- Cabido, H.V. 1979. *Fertilizantes y Fertilización*. Programa de actualización profesional. Centro Nacional de Productividad de México, A.C.
- Camou, P.M. 1958. *Efecto de la adición de materia orgánica y la respuesta a fertilizantes en suelos calcáreos*. Tesis profesional. ITESM. Monterrey, México.
- Cárdenas, D.E. 1968. *Fertilización foliar de la papa (Solanum tuberosum L.) con H_3PO_4 , $NH_4H_2PO_4$ y $(NH)_2HPO_4$, sobre la producción de tubérculos*. Tesis profesional. ITESM. Monterrey, México.
- Collings, G.H. 1958. *Fertilizantes Comerciales*. Primera edición. Editorial Salvat, S.A. Barcelona, España.

- Cox, E.A. 1967. *The Potato. A Practical and Scientific Guide*. Cambridge, England.
- De Luna, V.R. 1973. Prueba de niveles de fertilización (N-P-K) en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.), en la región agrícola de Navidad, N.L. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Saltillo, México.
- Doorenbos, J. and A.H. Kassam. 1979. *Yield response to water*. FAO. *Irrigation and Drainage Paper* 33. Roma.
- Equihua, H.G. 1971. Prueba de catorce fórmulas de fertilizantes en papa en el valle de Toluca, Estado de México. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Saltillo, México.
- Fuentes, N.S. 1959. Estudio de fertilizantes y mejoradores para suelos cañeros en el campo experimental del Papaloapan, Veracruz. Tesis profesional. U.A.CH. Chapingo, México.
- González, E.D. 1975. Predicción de la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada en el estado de Tlaxcala, basada en la disponibilidad del fósforo del suelo y otras variables de sitio. Tesis nivel maestría. U.A.CH. Chapingo, México.
- González, G.R. 1974. Obtención de una ecuación empírica para predecir rendimientos y calcular dosis óptimas económicas de nitrógeno y fósforo para el cultivo de papa en el oriente de Cundinamarca, Colombia. Tesis nivel maestría. U.A.CH. Chapingo, México.
- Guerra, D.A. 1962. Determinación de niveles críticos de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en plantas de papa (Solanum tuberosum L.), creciendo en arena con soluciones nutritivas. Tesis profesional. ITESM. Monterrey, México.

- Hemwall, J.B. 1957. The fixation of phosphorus by soils. *Advances in agronomy*. IX:95 - 112.
- Houghland, C.V. 1960. The influence of phosphorus on the growth and physiology of the potato plant. *Amer. potato journal*. 37:127 - 138.
- Jones, H.A., B.E. Brown and G.V. Houghland. 1959. *Hunger Sings in Crops*. Amer. Soc. Agron. and the nat. fertilizer assoc. Washington, D.C.
- Lazcano, C.C. 1982. Evaluación de diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), en la región de Derramadero, Coah. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Saltillo, México.
- Little, M.T. y H.F. Jackson. 1976. *Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura*. Ed. Trillas, S.A. México, D.F.
- Lorenz, O.A., et al. 1950. Potato fertilizer experiment in California. *California Agr. Exp. Sta. Bull.*
- Lyons, L.C. 1944. Commercial fertilizers for the irrigated sections of Western Nebraska. *Nebraska, Agr. Exp. Stal. Bol.* 365.
- Martin, J.H., et al. 1976. *Principales of Field Crop Production*. 3rd. Ed. Mac Millan. Pub. Co. Inc., New York.
- Martínez, E.J. 1971. Influencia del azufre y ácido sulfúrico sobre la nutrición fosfórica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) de la región de Navidad, N.L. Tesis profesional. ITESM. Monterrey, México.

- Martínez, H.J. 1977. Estudio preliminar sobre la eficiencia de la gallinaza como fertilizante para varios cultivos hortícolas. Tesis profesional. U.A.CH. Chapingo, México.
- Mc George, W.T. 1942. Studies of plant food availability in alkaline calcareous soils, seedling, test, and soil analysis. Ariz., Agr. Exp. Sta. Bol. Tec-82.
- Méndez G, V. 1982. Efecto de mejoradores del suelo y dosis de fertilización fosfatada en el desarrollo del cultivo de papa en un suelo de pH alcalino. Tesis maestría. U.A.A.A.N. Saltillo, México.
- Narro F, E. y V. Méndez. 1982. Efecto de mejoradores de suelo y dosis de fertilización fosfatada en el desarrollo del cultivo de papa en un suelo de pH alcalino. XV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.
- Narváez, L.F. 1978. Determinación de las dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y potasio para el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) en la región occidental del estado de México. Tesis profesional. U.A.CH. Chapingo, México.
- Nelson, V.L. and A. Hawkins. 1947. Response of irish potatoes to phosphorus and potassium on soils having different levels of inouse nutrient in Maine and North Carolina. Amer. Soc. Agron. Jour. 39:12.
- Niendenhauser, J.C., et al. 1954. Late blight in Mexico and its implications. Phytopath. 44:406 - 408.
- Ochoa, C. 1965. Antarquí, nueva variedad comercial de papa precoz tolerante al calor y auto-estéril. Anal. Cient. Universidad Agraria. 3:385 - 388. Lima, Perú.
- Olivares, S.L. 1956. Prueba de diferentes fórmulas abiertas de

fertilizantes químicos en papa, en la región de -
Navidad, N.L. Tesis profesional. U.A.A.A.N. -
Saltillo, México.

Ortiz V, B. y S.A. Ortiz. 1980. Edafología. U.A.CH. Chapín
go, México.

Padrón, C.E. 1980. Diseños Experimentales con Aplicaciones a
la Agricultura y Ganadería. Colegio Superior de -
Agricultura Tropical. Cárdenas, Tabasco, México.

Ramos, R.L. 1968. Fertilización fosfórica de suelos calcáreos
en la región de Navidad, N.L., sobre el desarrollo
y producción de tubérculos del cultivo de papa (So
lanum tuberosum L.). Tesis profesional. ITESM.
Monterrey, México.

Snedecor, W.G. y W.G. Cochran. 1979. Métodos Estadísticos. -
Sexta edición. Ed. Continental, S.A. México, D.F.

Steel, G.R. and H.J. Torrie. 1960. Principles and Procedures
of Statistics. Mc Graw-Hill Book Company, Inc.
New York. Toronto and London.