

RESPUESTA DE LA PAPA (Solanum tuberosum, L.) A FUENTES Y DO-
SIS DE FOSFORO EN UN ANDOSOL DEL ALTIPLANO DE PASTO.

Por

RODRIGO H. TIMARAN T.

"Las ideas y conclusiones aportadas en la
tesis de grado, son de responsabilidad ex-
clusiva de su autor".

Tesis de grado presentada como requisito
parcial para optar al título de de
Octubre de INGENIERO AGRONOMO Honorable
Consejo Directivo de la Universidad de Na-
rino.

Presidente de tesis

RICARDO GUERRERO R., I.A., M.S.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
Pasto - Colombia

1.971

"Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son de responsabilidad exclusiva de su autor".

Artículo 1° del Acuerdo N° 324 de 11 de Octubre de 1,966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Rodrigo H. Tiscarón

CONCLUSIÓN A:

A mis familiares y amigos
Ricardo Queirero H., I.A., M.S.
Universidad de Narón

Las personas que hicieron posible la
realización del presente trabajo.

Rodrigo H. Timarán

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA	3
2.1.1 Geografía	3
2.1.2 Clima	3
2.1.3 Suelos	3
2.1.4 Ecología	4
2.2 SUELOS ANDOSOLICOS	4
2.3 EL FOSFORO EN EL SUELO	5
RECONOCIMIENTO A:	6
2.4 RECONOCIMIENTO DE LA PLANTA	7
2.5 SISTEMA FOSFORO-SUELO-PLANTA	9
2.6 FERTILIZACION FOSFORICA	11
2.7 EL CULTIVO DE LA PLANTA	15
2.7.1 Origen	15
2.7.2 Distribución geográfica e importancia económica y nutricional	16
2.7.3 Caracteres para el cultivo. Clima.	17
2.7.4 Suelo	18
2.7.5 Fertilización	19
2.7.6 Variedades recomendadas	20
III. MATERIALES Y METODOS	22
3.1 LA PLANTA	22
3.2 CONDICIONES AMBIENTALES DEL INGENIO	23
3.2.1 Localización	23

	2.3.2 Clima	CONTENIDO	Pag.
	2.3	SUELO EXPERIMENTAL	Pag.
I.	INTRODUCCION	Condiciones generales	13
II.	REVISION DE LITERATURA	Utilizados en su caracterización	33
	2.1	DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA	35
	2.1.1	Geología experimental	35
	2.1.2	Clima	36
	2.1.3	Suelos	37
	2.1.4	Ecología	47
	2.2	SUELOS ANDOSOLES	48
	2.3	EL FOSFORO EN EL SUELO	50
IV.	2.3.1	Generalidades	50
	2.4	EL FOSFORO EN LA PLANTA	70
	2.5	SISTEMA FOSFORO-SUELO-PLANTA	90
	2.6	FERTILIZACION FOSFORICA	110
	2.7	EL CULTIVO DE LA PAPA	151
V.	2.7.1	Origen	150
VI.	2.7.2	Distribución geográfica e importancia	62
		económica y nutricional	154
VII.	2.7.3	Condiciones para el cultivo. Clima.	66
VIII.	2.7.4	Suelo	165
	2.7.5	Fertilización	18
		Variedad ICA-Puracé	20
III.	MATERIALES Y METODOS		22
	3.1	LA PLANTA	22
	3.2	CONDICIONES GENERALES DEL LUGAR	22
	3.2.1	Localización	22

	Pag.
2.3.2 Clima ILUSTRACIONES	22
3.3 SUELO EXPERIMENTAL	23
Figura 1. 3.3.1 Condiciones generales de suelo sobre el cual se realizó el experimento	23
3.3.2 Métodos utilizados en su caracterización	23
Figura 3.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	25
3.4.1 Diseño experimental	25
Figura 3. 3.4.2 Fertilización de la papa por fuente	26
3.4.3 Cosecha y rendimiento de papa	27
Figura 3.5. ANALISIS ESTADISTICO	27
3.6 ANALISIS ECONOMICO PRELIMINAR (Thomas) sobre	28
3.6.1 Nomenclatura	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	30
4.1 EFECTO DE LA FUENTE (superfosfato simple)	30
4.2 EFECTO DE LAS DOSIS de papa	35
Figura 4.3. EFECTO DE LA INTERACCION DOSIS POR FUENTE	35
4.4 ANALISIS ECONOMICO PRELIMINAR (superfosfato triple)	41
V. CONCLUSIONES	60
VI. RESUMEN	62
SUMMARY	64
VII. BIBLIOGRAFIA	66
VIII. APENDICE	75
Figura 8. Valor adicional de la papa por unidad de fertilizante aplicado (300 Kg/Ha.)	81
(Ax = 1). Resorias Thomas	81
Figura 9. Valor adicional de la papa por unidad de fertilizante aplicado (300 Kg/Ha.)	82
(Ax = 1). Superfosfato simple	82

ILUSTRACIONES

Pag.

Figura 10.	Valor adicional de la papa por unidad de	Pag.
Figura 1.	Efecto de la fuente fosfatada sobre el rendimiento de papa	38
Figura 2.	Respuesta promedio de la papa a la aplicación de dosis de P_2O_5	39
Figura 3.	Efecto de la interacción dosis por fuente	40
Figura 4.	Efecto de la aplicación de incrementos de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 (escorias Thomas) sobre el rendimiento de papa	47
Figura 5.	Efecto de la aplicación de incrementos de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 (superfosfato simple) sobre el rendimiento de papa	48
Figura 6.	Efecto de la aplicación de incrementos de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 (superfosfato triple) sobre el rendimiento de papa	49
Figura 7.	Efecto de la aplicación de incrementos de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 (roca fosfórica) sobre el rendimiento de papa	50
Figura 8.	Valor adicional de la papa por unidad de fertilizante aplicado (200 Kg/Ha.) ($\Delta x = 1$). Escorias Thomas	51
Figura 9.	Valor adicional de la papa por unidad de fertilizante aplicado (200 Kg/Ha.) ($\Delta x = 1$). Superfosfato simple	52

Figura 10.	Valor adicional de la papa por unidad de fertilizante aplicado (200 Kg/Ha.)	Pag.
TABLA I.	($\Delta x = 1$). Superfosfato triple del suelo	53
Figura 11.	Valor adicional de la papa por unidad de fertilizante aplicado (200 Kg/Ha.) ($\Delta x = 1$). Roca fosfórica	54
Figura 12.	Desarrollo de las plantas cuando se aplicó escorias Thomas en dosis de 400 Kg/Ha.	55
TABLA IV.	de P_2O_5 de Turkey para raciones de P_2O_5	55
Figura 13.	Desarrollo de las plantas cuando se aplicó superfosfato simple en dosis de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 en diferentes dosis	56
Figura 14.	Desarrollo de las plantas cuando se aplicó superfosfato triple en dosis de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 en dosis adicionales como regulador	57
Figura 15.	Desarrollo de las plantas cuando se aplicó roca fosfórica en dosis de 400 Kg/Ha. de P_2O_5	58
Figura 16.	Desarrollo de las plantas con el tratamiento testigo: 0 Kg/Ha. de P_2O_5	59

APENDICE
TABLAS

Pag.

TABLA I. I.	Características físico-químicas del suelo experimental	24
TABLA II.	Rendimiento de papa en Kg/parcela (9 m ²) con diferentes fuentes y dosis de fósforo	31
TABLA III.	Análisis de variancia del experimento para fuentes, dosis e interacción	32
TABLA IV.	Prueba de Tukey para fuentes de P ₂ O ₅	33
TABLA V.	Prueba de Tukey para dosis de P ₂ O ₅	36
TABLA VI.	Efectos de la aplicación de incrementos de 200 Kg/Ha. de P ₂ O ₅ , en diferentes fuentes, sobre las producciones totales y adicionales de papa	43
TABLA VII.	Costos e ingresos adicionales como resultado de la aplicación de 200 Kg/Ha. de P ₂ O ₅	44

RESPUESTA DE LA PAPA (GILBERTO LORRABER 1-1 A FORTIN Y DE-
SIS DE FORTIN EN UN ANEXO DEL ALTERNADO DE FORTIN (19).

APENDICE

Pag.

TABLA I. Algunas características del perfil del
suelo experimental. Tabla I.

1

La papa, *Solanum tuberosum* L., es la más importante
cultura de la zona de la sierra de la cordillera de la
sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra

Colombia, en 1971, y a la vez la más importante de la zona
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra

La sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra

La sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra
de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra de la sierra

RESPUESTA DE LA PAPA (Solanum tuberosum, L.) A FUENTES Y DOSIS DE FOSFORO EN UN ANDOSOL DEL ALTIPLANO DE PASTO (+).

según datos del Banco de la República, el área cultivada era de 12.000 hectáreas con producción de 120.000 toneladas y en 1966, según datos suministrados por el IBERNA., el área cultivada fue de 23.000 hectáreas (27).

Rodrigo H. Timarán T.

I. INTRODUCCION

Los datos obtenidos por el Programa de Suelos del Insti-

La papa, originaria de Suramérica, es en la actualidad ampliamente cultivada en los cinco continentes. En Colombia es un producto básico para la alimentación de las poblaciones de clima frío (10, 14, 23).

Colombia, en 1966, tenía una área aproximada de 171.000 hectáreas de papa con producción de 1.225.000 toneladas, ocupando el séptimo puesto por su valor de \$1.077.611.000,00, con rendimiento promedio de 7.180 kilos por hectárea y con costo de producción de \$7.200,00 por hectárea (52).

En el departamento de Nariño, el cultivo de la papa, es el más importante por el valor en dinero que representa. Según datos publicados en "Carta Agraria", órgano de la Caja de Crédito Agrario, para el promedio de seis años, 1958 a 1964, el departamento tenía 20.400 hectáreas cultivadas de

(+) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Ricardo Guerrero Riascos, I.A., M.S.

17. REVISION DE LITERATURA

papa, constituyendo el 12% del área total nacional. En 1968, según datos del Banco de la República, el área cultivada era de 12.900 hectáreas con producción de 129.000 toneladas y para 1969, según datos suministrados por el IDEMA., el área cultivada fue de 23.000 hectáreas (37).

Los datos obtenidos por el Programa de Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario, indican que las respuestas al fósforo han estado principalmente localizadas en las regiones altas e intermedias. En las partes más frías del país, el fósforo es el primer elemento claramente limitante. En la mayoría de los casos, la producción de cereales y papa, sin aplicaciones altas de fósforo, es extremadamente baja, y no es posible lograr algún beneficio apreciable con el uso de nuevas variedades sin fertilización adecuada (20, 25, 30, 34, 38, 44, 57).

Con base en lo anterior y considerando el aumento de la población, el mayor consumo del tubérculo y la baja producción promedio, la papa es uno de los cultivos que requiere más atención y prelación.

La finalidad de este trabajo es la de conocer la fuente más apropiada de fósforo y las dosis requeridas para obtener los mejores rendimientos de papa, desde el punto de vista práctico y económico, en un andosol del municipio de Pasto, localizado en una de las zonas productoras de papa de mayor importancia en el departamento de Nariño y de reconocida deficiencia en este elemento.

de total de nitrógeno. II. REVISION DE LITERATURA. Nitrógeno intercambiable (70 ppm.) y el potencial de mineralización, son deficientes. No hay ninguna correlación entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable.

2.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA.

2.1.1 Geología. Grosse (13) manifiesta que los terrenos bajos, al pie de las cordilleras Occidental y Centro-Oriental, están formados por una cubierta gruesa del pleistoceno volcánico. La mayor parte del perfil está ocupado por tobas aglomeráticas en su mayor parte andesíticas y, en menor importancia, por tobas comunes, areniscas túficas y cascadas bastante consolidados.

2.1.2 Clima. El clima de la zona en estudio es el correspondiente al piso térmico frío del país; la temperatura máxima es de 20°C., la mínima de 6°C. y la media de 13°C. El promedio de lluvia anual es de 750 mm., y una altitud de 3.000 m.s.n.m. (18,35).

2.1.3 Suelos. Los suelos de esta área presentan un perfil del tipo A(B)C, con un horizonte A oscuro, friable y profundo, y pueden clasificarse como Andosoles, que en la Séptima Aproximación corresponden al orden Inceptisoles, suborden Andepts. De acuerdo a Blasco (5) son suelos ácidos (pH 5,5), con buen contenido de materia orgánica (8%), con baja cantidad de bases totales (4,92 me/100 gr.). La capacidad catiónica de cambio (con acetato de amonio) es de 23 me/100 gr. promedio, la relación C/N se acerca a 11/1. Si bien el contenido de materia orgánica es bajo (8%), estos suelos tienen

De acuerdo a Blasco (5) son suelos ácidos (pH 5,5), con buen contenido de materia orgánica (8%), con baja cantidad de bases totales (4,92 me/100 gr.). La capacidad catiónica de cambio (con acetato de amonio) es de 23 me/100 gr. promedio, la relación C/N se acerca a 11/1. Si bien el contenido de materia orgánica es bajo (8%), estos suelos tienen

De acuerdo a Blasco (5) son suelos ácidos (pH 5,5), con buen contenido de materia orgánica (8%), con baja cantidad de bases totales (4,92 me/100 gr.). La capacidad catiónica de cambio (con acetato de amonio) es de 23 me/100 gr. promedio, la relación C/N se acerca a 11/1. Si bien el contenido de materia orgánica es bajo (8%), estos suelos tienen

do total de nitrógeno es alto (0,45%), el nitrógeno intercambiable (70 ppm.) y el potencial de mineralización, son deficientes. No hay ninguna correlación entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable. El fósforo total es alto (2.213,4 ppm.), en su mayor parte orgánico. El contenido de potasio en todas sus fracciones es alto (intercambiable: 750 ppm.).

2.1.4 Ecología. De acuerdo a la clasificación de Holdrige (17), la zona estudiada corresponde al bosque húmedo montano (bh-M). Esta formación tiene una precipitación promedio anual entre 450 y 1.000 milímetros, la temperatura oscila entre 6 y 12°C. El bh-M corresponde al Sub-páramo descrito por Cuatrecasas, que empieza a 3.000 metros de altitud. Los terrenos de esta formación han sido muy cultivados y por esta razón la vegetación primaria no es abundante (35).

2.2 SUELOS ANDOSOLES.

Los suelos derivados de cenizas volcánicas han recibido muchos nombres según el país o el sistema de clasificación utilizado. El más comunmente utilizado es el de andosol, nombre escogido también durante la reunión sobre "Clasificación y Correlación de Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas", auspiciada por FAO-UNESCO en Tokio, Japón, 1964 (29).

Según Martini (29), los andosoles han sido definidos como suelos minerales en los que la fracción activa es dominada por materiales amorfos (mínimo, 50%). Estos suelos tienen

una alta capacidad de retención, un horizonte A oscuro, friable, relativamente grueso; poseen un contenido alto de materia orgánica, una densidad aparente baja y poca pegajosidad. Pueden tener un horizonte B sin mostrar cantidades significativas de arcilla iluvial. Ocurren bajo condiciones climáticas húmedas y subhúmedas.

Los andosoles son suelos volcánicos maduros. Aun cuando ocurren bajo condiciones climáticas variables, poseen una morfología relativamente uniforme, que refleja en gran parte la influencia de materiales amorfos derivados de vidrios volcánicos presentes en el material parental. La textura es media y puede variar de franco arenosa a franca, francolimsa, franco-arcillo-arenosa, franco-arcillosa o franco-arcillo-limsa; la estructura es granular o bloque subangular, moderada y fina o muy fina; la consistencia ligeramente plástica y ligeramente pegajosa en mojado y friable o muy friable en húmedo; sin motes, concreciones, revestimiento o piedras y con abundantes raíces. La alta actividad biológica se nota en el grado de descomposición de la materia orgánica y la presencia de crotoninas, que resultan en una mezcla considerable del subsuelo con el suelo (1,29).

2.3 EL FOSFORO EN EL SUELO.

2.3.1 Generalidades. Justus Von Liebig, y más tarde Lawes y Gilbert, citados por Ortega (39), fueron los primeros en establecer la necesidad de fósforo para las plantas.

Las respuestas al fósforo en Colombia, han estado principalmente localizadas en las regiones altas e intermedias, sin embargo, en los Llanos Orientales, que ocupan una área extremadamente grande, muchos de sus suelos son deficientes en fósforo. En las parte más frías del país, el fósforo es el primer elemento claramente limitante; al revisar las respuestas a fertilizantes de los cultivos, parece que el suministro de fósforo a los cultivos de clima frío produce las respuestas más sobresalientes (25,26).

Blasco (5) anota que en regiones húmedas, el porcentaje de fósforo es siempre menor que en regiones secas y que en los trópicos la cantidad es menor que en las zonas templadas.

Si a esta elevada deficiencia de fósforo en los suelos agrícolas de la zona tropical, se suma la escasez de yacimientos fosfóricos y el alto precio de los fertilizantes importados, se comprende en forma más clara la necesidad que existe de dosificar con alguna precisión las cantidades adecuadas de fertilizantes fosfatados, para los distintos cultivos del trópico (22).

De acuerdo a estudios efectuados por Blasco, et al y Kosaka y Abe, citados por Mora y Legarda (35), parece que en suelos volcánicos es predominante la inmovilización del fósforo sobre su mineralización, fenómeno que también va a influir negativamente en su asequibilidad.

Marín y León(26), en su informe preliminar sobre la fertilidad general de los suelos colombianos, afirman que los suelos de los Llanos Orientales, de la Costa del Pacífico y de las cordilleras andinas, presentan requerimientos altos de fertilizantes fosfatados, de acuerdo al nivel de fósforo aprovechable encontrado en los análisis de las muestras tomadas en esas regiones.

En los suelos del altiplano nariñense, el fósforo total es alto (2.213,4 ppm.), en su mayor parte orgánico. Sin embargo, su fracción asimilable es muy baja debido, por una parte, a la deficiente mineralización de la fracción orgánica y por otra, a la fijación, por acción de la alófana sobre la fracción mineralizada. Estos suelos responden muy bien a aplicaciones fosforadas del orden de 200 a 600 kilos de P_2O_5 por hectárea (5).

Silva (50), señala que el fósforo es el elemento indispensable para todos los seres organizados. Recomienda el método de Bray II para su determinación. Por otra parte, indica que el nivel óptimo de fósforo aprovechable es de 285 Kg/Ha. de P_2O_5 , ya que valores superiores no afectan la fertilidad y en cambio, valores inferiores reducen notablemente la producción agrícola.

2.4 EL FOSFORO EN LA PLANTA.

El fósforo es necesario a las plantas para que ocurra: a) división celular, b) formación de proteínas, almidono-

nes y grasas en la planta, c) formación de semillas, d) formación de flores y frutos, e) formación de raíces, f) mayor resistencia a plagas y enfermedades, g) la maduración de las cosechas (4, 8, 9, 15).

Es uno de los constituyentes esenciales de reserva de las semillas, principalmente como fitina. Está presente en los cloroplastos como integrante de la lecitina, es importante como formador de ácidos nucleicos esenciales para el citoplasma y el núcleo; dá lugar a la formación de grasas, albúminas y fosfo-proteínas, y es requerido para transformar los almidones en azúcares (4).

De acuerdo a Alexander, Hossner y Richards, citados por Ortega (39), los fosfatos actúan como amortiguadores para mantener satisfactoriamente las condiciones de acidez y alcalinidad de las células de las plantas, y juegan un papel fundamental en la utilización del nitrógeno, potasio y otros elementos.

En la planta de papa, el fósforo colabora en el crecimiento de las raíces, tallos y hojas; ayuda en la maduración y conservación de los tubérculos. La carencia de este elemento produce plantas pequeñas al principio del crecimiento, que recuperan su tamaño hacia el final del período vegetativo, reduce la producción y, cuando la deficiencia es aguda, se producen manchas herrumbrosas en los tubérculos (42).

El ácido fosfórico no sólo es parte integrante de

numerosos componentes de la papa, sino que también participa decididamente en los fenómenos metabólicos y energéticos. El metabolismo de los hidratos de carbono es regulado en la planta por los fosfatos ricos en energías. El ácido fosfórico tiene una importante participación en la formación de azúcares y almidón, determinando sensiblemente la calidad de este último. Los fosfatos suministrados en cantidades suficientes, aseguran el crecimiento sano de las plantas jóvenes y favorecen la maduración de los tubérculos (14).

La influencia ejercida por el ácido fosfórico sobre el rendimiento en papa depende ampliamente del grado de apropiamiento del suelo con fósforo. Además del suelo, la variedad cultivada y las condiciones climáticas también influyen en cierto modo sobre el efecto producido por el fósforo. Los valores de producción, por kilo de ácido fosfórico, fluctúan extraordinariamente, por los motivos que se acaban de mencionar. En Alemania se producen, en promedio, 31-46 Kg. de papa por cada kilogramo de P_2O_5 , en Irlanda 52,7 Kg. y en Gran Bretaña 10,7 Kg. De allí que la cantidad óptima y a la vez económica de las dosis sea también bastante dispareja. Para las papas de almidón y para las variedades tempranas se deberán emplear dosis mayores que las usualmente aplicadas para las papas semitardías de consumo (14).

2.5 SISTEMA FOSFORO-SUELO-PLANTA.

De acuerdo a Starostka y otros investigadores, citados por Ortega (39), se acepta que la forma de fósforo usada

por las plantas es H_2PO_4^- , sin embargo, esto no quiere decir que no pueda usar otros compuestos o especies iónicas. Se ha observado en varias ocasiones que las plantas responden al fósforo en función de su solubilidad y que cualquier factor que altere dicha solubilidad, alterará las respuestas de la planta.

FERTILIZACIÓN FOSFORICA.

Puri, Asghar y otros citados por Ortega (39), anotan que la más probable conjetura del mecanismo, por medio del cual las plantas extraen el fósforo del suelo, es que el CO_2 desprendido por las raíces ayuda a disolver los fosfatos del suelo, insolubles por otros medios. Una vez que el fósforo se encuentra en solución es absorbido fácilmente por las plantas, cuando las condiciones son favorables.

Para muchos investigadores, la aprovechabilidad del fósforo depende de varios factores: a) clase y cantidad de fosfatos presentes, b) pH, c) contenido de materia orgánica, d) relación sílice/sesquióxidos, e) capacidad de intercambio catiónico, f) concentración iónica de la solución del suelo (4, 8, 12, 22, 27).

El fósforo es absorbido por la planta en forma de H_2PO_4^- o HPO_4^{2-} , está presente en forma orgánica y mineral y se hace soluble y aprovechable a la planta por descomposición de la materia orgánica y por meteorización de los minerales. Muchas reacciones se llevan a cabo entre el fósforo aplicado en los fertilizantes y los constituyentes del sue-

lo, lo cual afecta la aprovechabilidad de este nutrimento. En suelos ácidos, pueden formarse fosfatos de hierro y aluminio. En suelos neutros o alcalinos el fósforo puede fijarse por la formación de fosfatos tricálcicos relativamente insolubles (24, 28).

2.6 FERTILIZACION FOSFORICA.

Jacob y Von, H. U., citados por Ortega (39), dividen los fertilizantes fosfóricos en tres grupos, según sea la forma de combinación y grado de aprovechamiento que presenta su ácido fosfórico:

A. Fertilizantes fosfóricos solubles en agua: superfosfatos (16-20% de P_2O_5), superfosfatos dobles y triples (43-50% de P_2O_5), fosfato mono-amónico (11% de N, 48% de P_2O_5), fosfato biamónico (21% de N, 53% de P_2O_5). Una gran ventaja de este tipo de fertilizantes solubles en agua radica en el hecho de su rápida absorción. Sin embargo, tienen el inconveniente de ser muy susceptibles a la fijación por el suelo.

B. Fertilizantes fosfóricos solubles en ácido cítrico: escorias básicas Thomas (14-18% de P_2O_5), fosfato de Rhenania (26-28% de P_2O_5) y fosfato bicálcico 39% de P_2O_5 . Este tipo de fertilizantes son propicios para la fertilización de suelos ácidos, ya que en ellos el peligro de una fijación irreversible es esencialmente menor que en los fertilizantes fosfóricos solubles en agua. Además, como consecuencia de su

reacción básica y su contenido de cal activa, se producen efectos favorables en suelos ácidos, sobre todo en suelos la ter fé ti cos.

C. Fosfatos con ácido fosfórico insoluble en los solventes antes citados: roca fosfórica. Su contenido de ácido fosfórico puede fluctuar ampliamente. Son menos susceptibles de fijación que los solubles en agua, pero más que los fertilizantes fosfatados solubles en ácido cítrico. Frecuentemente, el efecto de la roca fosfórica molida no resulta de t e c t a b l e sino después de transcurridos varios años (39).

El método de aplicar los fertilizantes fosfóricos puede influir en su aprovechabilidad. Los experimentos efectuados por el Instituto Colombiano Agropecuario han mostrado que los rendimientos de las cosechas se aumentan cuando se aplica el fertilizante fosfórico en bandas al lado de la s e m i l l a, que cuando se aplica uniformemente en la capa arable sobre todo en suelos bajos en fósforo aprovechable (28).

Sin embargo, Guerrero (16), en un estudio de fertilización en pasto elefante, encontró que la forma de aplicación del fósforo (banda, voleo), no mostró ningún efecto d i f e r e n c i a l.

Rodríguez y Lotero (46) afirman que en los Estados Unidos de América, en estudios sobre fertilización fosfatada, se ha dado mayor importancia al superfosfato (común y

concentrado), por ser el más usado en ese país, más económico y aparentemente el de mejor resultado para diferentes cultivos en diferentes suelos y que, por el contrario en Europa la fuente más utilizada son las escorias Thomas.

Collings, Rogers y otros, citados por Rodríguez y Lotero (46), afirman que el superfosfato es mejor que la roca fosfórica cuando se usa en cantidades equivalentes de P_2O_5 . Debido a su rápida solubilidad y alta aprovechabilidad, el superfosfato es aconsejable para la mayoría de los suelos, especialmente para cultivos de crecimiento rápido y corto período de desarrollo, y la roca fosfórica por su insolubilidad y lenta liberación de fósforo, para suelos ácidos y cultivos de largo período de crecimiento. Según estos autores, aunque el fósforo contenido en las escorias Thomas se considera de lenta solubilidad, en muchos casos este compuesto ha sido superior a la roca fosfórica, especialmente en suelos ácidos.

En una serie de ensayos Rogers y otros, citados por Rodríguez y Lotero (46), demuestran que en suelos ácidos y neutros las escorias Thomas son de 85 a 95% tan efectivas como el superfosfato para cultivos como maíz, trigo y pastos. En suelos muy encalados o alcalinos, el superfosfato ha dado mejores resultados que las escorias Thomas. Este último compuesto lo recomiendan especialmente para suelos ácidos pobres en calcio, y para cultivos de larga duración debido a la lenta solubilidad del fósforo y a su poder neutralizante, ya que posee alrededor del 40% de CaO .

Rodríguez y Lotero (46) estudiaron, con un suelo representativo de las regiones de clima frío de Antioquia, la respuesta de la lechuga "Romana" y de la alfalfa a diferentes fuentes y dosis de fósforo y cal agrícola. Encontraron que para la lechuga y la alfalfa las mejores fuentes de fósforo fueron el bifós y las escorias Thomas, y la peor, la roca fosfórica.

McCormick y Galeano (32) estudiaron, en el invernadero, el valor fertilizante de las escorias Thomas, en dos suelos ácidos de la región montañosa de Colombia. En cada suelo se aplicaron uniformemente tres toneladas de cal, 100 Kg. de carbonato de magnesio, 300 Kg. de nitrógeno y 100 Kg. de potasio. La cebada se usó como planta indicadora y se cosechó a los 40 días. Las escorias Thomas se compararon con superfosfato triple, fosfato bicálcico (bifós) y fosfato de amonio, en dosis de 150 y 300 Kg/Ha. de P_2O_5 . En estos experimentos, el superfosfato fue superior a las escorias Thomas, pero no al fosfato de amonio ni al fosfato bicálcico. Prácticamente no se presentaron diferencias significativas entre el fosfato de amonio, las escorias Thomas y el fosfato bicálcico.

En experimentos realizados en la Sabana de Bogotá, con escorias Thomas, en cebada, McCormick y Galeano (31,33), demostraron que esta fuente de fósforo, a pesar de su lenta solubilidad, da mejores resultados cuando se aplica con 15

o 30 días de anticipación a la siembra.

En Colombia, en un suelo arcilloso, ácido y rico en materia orgánica de la serie Sabana de Bogotá, Vega y otros (55), compararon el fosfato de amonio y el superfosfato triple en el cultivo de la cebada y no encontraron diferencias significativas, entre estas dos fuentes de fósforo, en el rendimiento de cebada.

2.7 EL CULTIVO DE LA PAPA.

2.7.1 Origen. La papa o patata (Solanum tuberosum, L.), es originaria de la región andina de Suramérica, de donde fue llevada por los conquistadores españoles en el siglo XVI a Europa, Africa y Asia (10, 14, 23, 42).

2.7.2 Distribución geográfica e importancia económica y nutricional. La papa se cultiva en todas las zonas templadas del mundo y su importancia económica se incrementa continuamente en proporción al aumento de la población humana. Este tubérculo ocupa una posición única entre los cultivos alimenticios básicos del mundo tales como el trigo, el arroz, maíz, cebada, mijo, avena y centeno, porque en una extensión más reducida se produce en mayor cantidad que cualquiera de las gramíneas cultivadas. La papa produce por hectárea significativamente más del doble de proteína que el maíz, el trigo o el arroz, y además de contener los aminoácidos necesarios para una buena nutrición humana, suministra abundante cantidad de algunos aminoácidos que exis-

ten en proporciones muy limitadas en los cereales (14, 23).

En el departamento de Nariño, el cultivo de la papa es el más importante, por el valor en dinero que representa. Las principales áreas de producción en este departamento se encuentran en la zona fría de la región andina situada entre el suroeste de Pasto hasta los límites con la república del Ecuador (58).

2.7.3 Condiciones para el cultivo. Clima. Suelo.

Los rendimientos elevados y ricos en almidón requieren un clima templado con tiempo caluroso entre la siembra y el brotamiento; un aprovisionamiento constante de agua, sobre todo durante el tiempo de máxima necesidad después de la floración y, durante la maduración, un tiempo caluroso y en lo posible con mucho sol. Sobre todo, la cantidad y la repartición de las precipitaciones habidas a partir de la floración, determinan el número y el peso de los tubérculos desarrollados. En general, las lluvias bien repartidas de unos 600-800 mm. anuales redundan en los mejores rendimientos de papa. Si la cantidad de precipitaciones es menor, se hace notar fácilmente la gran sensibilidad de la papa frente a las sequías (14).

El cultivo de la papa requiere suelos profundos, de textura liviana y con buen drenaje. Debido a las fluctuaciones del suministro de agua y a las necesidades de aire y espacio de los órganos subterráneos de la papa, se prestan para su cultivo los suelos francos, franco-limosos, areno-limo.

sos y humíferos, así como los suelos de turba bien cultivados y, contrariamente, los arenosos secos, así como los suelos pesados arcillosos y limosos, son menos rendidores (14).

Según Rangel (42,43), el grado de acidez adecuada del suelo para la papa puede oscilar entre 4,5 y 6,0, límites entre los cuales se encuentran la generalidad de los suelos del departamento de Nariño. Agrega que no es necesario el empleo de cal.

La papa puede soportar un margen de reacción relativamente amplio. Sin embargo, debe considerarse que una reacción favorable del suelo corresponde a un pH 6,0 a 6,5 para los suelos areno-limosos y a un pH 5,5 a 6,0 para los suelos ricos en humus y pobres en arcilla y manganeso. Un encalado de suelos fuertemente acidificados eleva los rendimientos en aproximadamente un 10% (14).

Gruner (14) afirma que queda fuera de toda duda que el contenido de nutrimentos del suelo es de importancia decisiva para los rendimientos y agrega, que existe una estrecha correlación entre el contenido de P_2O_5 , el de CaO y el rendimiento.

Exceptuando la alfalfa, la papa es una de las plantas que absorbe del suelo más elementos nutritivos por unidad de superficie, para satisfacer sus necesidades durante el período vegetativo. Debido a este hecho es necesario aplicar

dosis altas de fertilizantes a este cultivo (54).
 datos de fertilizantes:

Así Romaine (47) publica los siguientes datos de utilización de nutrimentos por la papa:

(Kg/Ha.)	Fertilizante	N	P ₂ O ₅ (Kg/Ha.)	K ₂ O
89 toneladas de tubérculos	123	39	224	
tallos	101	22	123	
Total	224	61	347	

Un rendimiento de 20.000 Kg. de papa por hectárea extrae del suelo 140 Kg/Ha. de nitrógeno, 39 Kg/Ha. de P₂O₅, 190 Kg/Ha. de K₂O, 3 Kg/Ha. de CaO, 7 Kg/Ha. de MgO y 6 Kg/Ha. de azufre (2).

Según León (21), una cosecha de 26 toneladas por hectárea extrae del suelo 103, 47 y 211 Kg/Ha. de nitrógeno, P₂O₅ y K₂O respectivamente.

2.7.4 Fertilización. En experimentos efectuados por Vega y otros (54), en la Sabana de Bogotá, se encontró un efecto depresivo de la producción cuando se aplicó nitrógeno y potasio en ausencia de fósforo. Las mejores relaciones entre N-P-K fueron: 1-2-1, 1-3-2 y 1-3-1, siendo las dos primeras más recomendadas para terrenos previamente cultivados y fertilizados.

Marín (25) recomienda para el cultivo de la papa y yuca cuando el suelo es bajo en fósforo y medio o alto en pota

sio, con base en el análisis de suelos, las siguientes cantidades de fertilizantes:

N	P ₂ O ₅ (Kg/Ha.)	K ₂ O	Grado del fertilizante	Kg/Ha. apli cables	Tiempo de aplicación
100	225	75	10-30-10	750	En la siembra
23	0	0	Urea	50	En la siembra

En base a las investigaciones sobre fertilización de los suelos del país, y en las respuestas de los principales cultivos a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos, el Programa de Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario recomienda a la industria de fertilizantes, la relación 1-4-0,5 o grado 9-36-4 para papa y para el departamento de Nariño (34).

En ensayos con fertilizantes en algunas de las regiones productoras de papa en Antioquia, Rodríguez, Baird y Correa (47) obtuvieron las mayores respuestas bajo condiciones de invernadero y de campo con el fósforo. La producción de papa aumentó al aumentar el nivel de fósforo. El nivel más alto de fósforo aplicado fue de 400 Kg/Ha. de P₂O₅.

En 19 ensayos realizados durante 1955-1957, en la región papera de Nariño, la respuesta de la papa a los fertilizantes químicos se debió principalmente al fósforo, y en segundo lugar al nitrógeno. Hubo poca evidencia de respuesta al potasio (58).

En Nariño, en suelos altos en materia orgánica, po -

bres en fósforo "aprovechable" y altos en potasio "intercambiable", Muñoz (37) encontró que estos suelos responden satisfactoriamente a la aplicación de 50 a 100 Kg/Ha. de nitrógeno, en presencia de dosis adecuadas de fósforo y potasio; que el fósforo es el elemento más limitante para alcanzar buenas cosechas y que son necesarios entre 200 y 600 Kg/Ha. de P_2O_5 , en combinación con dosis adecuadas de nitrógeno y potasio. Anota que el potasio no parece un elemento necesario, porque la adición de niveles bajos produjo reducción de los rendimientos. Indica que 30 Kg/Ha. de potasio, parecen ser suficientes para no crear desbalanceamientos y evitar el agotamiento de este nutrimento.

En el Altiplano nariñense, el contenido de potasio en todas sus fracciones es alto (intercambiable: 750 ppm.). Se ha demostrado que adiciones de potasio por encima de 50 kilos de K_2O /Ha., son siempre depresivas en los cultivos. En algunos cultivos como la papa, cualquier adición de potasio es depresiva (5).

2.7.5 Variedad ICA-Puracé. Esta variedad fue el resultado de un cruzamiento entre un clon de Solanum tuberosum CCC 746 de Escocia y la variedad Solanum andigena, de nombre Curipamba. Observaciones sobre las enfermedades indican que es resistente a la "gota" (Phytophthora infestans, Mont. de Bary). Los tubérculos son redondo-aplanados, con ojos superficiales. El color de la carne es crema claro, la cáscara o piel es púrpura. Las flores son numerosas, de color rosado violáceo. Ge-

neralmente no produce frutos o bayas. Las hojas son numerosas, de tamaño grande, anchas y de color verde oscuro. Los tallos son abundantes, medianamente altos y gruesos, de color púrpura en la base y verde en la parte superior. La madurez es mediana y ocurre a los cinco meses. El rendimiento es muy alto, por lo menos duplica los rendimientos de las variedades comunes como Tocana Blanca, Tuquerreña, Parda Pastusa, Ojona y otras. La calidad es buena en cuanto a sabor y contenido de materia seca. Los datos obtenidos hasta ahora, indican que se adapta muy bien en las regiones paperas de Colombia (40,41). Utilizó la variedad ICA-Puracé, mejorada por el Instituto Colombiano Agropecuario y distribuida por la Caja de Crédito Agrario.

Clase : Dicotiledóneas
Orden : Tubiflorales
Familia : Solanaceae
Género : Solanum
Especie : *Solanum tuberosum* L.

3.2 CONDICIONES GENERALES DEL LUGAR.

3.2.1 Localización: El experimento se localizó en un lote de la finca "La Esperanza", perteneciente al Cantón de Pasto, departamento de Huila, 3.0 km. de Caribbia, a 2.000 m.s.n.m., durante el período comprendido entre diciembre de 1970 y junio de 1971.

3.2.2 Clima: El clima es el correspondiente al altiplano frío del país; la temperatura máxima es de 20°C, la mínima de 8°C, y la media de 13°C. El promedio de lluvia anual es de 100 a 200 mm. Los meses más lluviosos son: marzo, abril, mayo, octubre y noviembre; los más secos: junio, julio, agosto, septiembre y enero; los meses de transición

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 LA PLANTA.

La papa (Solanum tuberosum, L.), se clasifica (3):

Clase	:	Dicotiledóneas
Orden	:	Tubiflorales
Familia	:	Solanaceae
Género	:	Solanum
Especie	:	<u>Solanum tuberosum</u> , L.

Se utilizó la variedad ICA-Puracé, mejorada por el Instituto Colombiano Agropecuario y distribuida por la Caja de Crédito Agrario.

3.2 CONDICIONES GENERALES DEL LUGAR.

3.2.1 Localización. El experimento se localizó en un lote de la finca "La Esperanza", corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto, departamento de Nariño, S. O. de Colombia, a 3.000 m.s.n.m., durante el período comprendido entre diciembre de 1970 y junio de 1971.

3.2.2 Clima. El clima es el correspondiente al piso térmico frío del país; la temperatura máxima es de 20°C., la mínima de 6°C. y la media de 13°C. El promedio de lluvia anual es de 700 a 800 mm. Los meses más lluviosos son: marzo, abril, mayo, octubre y noviembre; los mas secos: junio, julio, agosto, septiembre y enero; los meses de transición

son febrero y diciembre (18).

3.3 SUELO EXPERIMENTAL.

3.3.1 Condiciones generales. El experimento se llevó a cabo en un andosol del Altiplano de Pasto. El suelo había estado tradicionalmente bajo pradera natural. La descripción del perfil aparece en el apéndice. Las condiciones físico-químicas de este suelo se presentan en la tabla I.

3.3.2 Métodos utilizados en su caracterización. El suelo experimental se analizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño. Los métodos utilizados para su caracterización fueron los siguientes:

a) Humedad. Por diferencia de peso después de someter las muestras de suelo a la estufa a 105°C. durante 24 horas (53).

b) Determinación del color en seco y en húmedo, mediante la escala de colores Munsell (36).

c) Textura. Método de Bouyoucos (6).

d) pH. Por el método del potenciómetro Beckman, empleando una relación suelo:agua 1:1 (19).

e) Capacidad catiónica de cambio. Según el método Schollenberger y Simon, empleando acetato de amonio normal y neutro(49).

TABLA I

Características físico-químicas del suelo experimental (+).

Arenas, %	40,32
Limos, %	58,40
Arcillas, %	1,28
Textura	Franco-limoso
Humedad, %	20,17
Índice de higroscopicidad, %	3,93
pH electrométrico	5,30
Nitrógeno total, %	0,88
Carbono orgánico, %	8,72
Materia orgánica, %	15,03
Relación carbono-nitrógeno	9,91
Fósforo aprovechable, ppm.	4,21
NH ₄ adsorbido, capacidad de cambio me/100 gr.	46,21
Calcio de cambio, me/100 gr.	21,95
Magnesio de cambio, me/100 gr.	4,20
Potasio de cambio, me/100 gr.	0,53
Sodio de cambio, me/100 gr.	0,25
Bases totales, me/100 gr.	26,93
Hidrógeno de cambio, me/100 gr.	19,28

(+): profundidad, 0-20 cm. distribuidos al azar en subunidades o subparcelas de 10 m. de largo por 3 m. de ancho. Se

f) Cationes cambiabiles. En el extracto obtenido anteriormente, se determinaron los cationes por medio de un espectrofotómetro de llama Coleman (19).

g) Carbono orgánico. Por el método de Walkley-Black (56). La materia orgánica se calculó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por 1,724 (53)

h) Nitrógeno total. Por el método de Kjeldhal modificado (7).

i) Fósforo aprovechable. Por el método de Bray II, mediante extracción con ácido clorhídrico 0,025N y fluoruro de amonio 0,03N, leyéndose el extracto en un fotocolorímetro a una longitud de onda de 660 milimicrones, llevando una serie de patrones para la curva de calibración (53).

j) Bases totales. Se obtuvo sumando los cationes metálicos intercambiabiles, expresados en miliequivalentes por 100 gramos de suelo.

3.4 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

3.4.1 Diseño experimental. Se utilizó el diseño de parcelas divididas con cuatro tratamientos (fuentes de P_2O_5) distribuidos al azar en unidades experimentales o parcelas principales de 40 m. de largo por 3 m. de ancho. Cuatro subtratamientos (dosis de P_2O_5) distribuidos al azar en subunidades o subparcelas de 10 m. de largo por 3 m. de ancho. Se

usaron cuatro replicaciones.

Las fuentes de P_2O_5 empleadas fueron:

Escorias Thomas del 14%

Superfosfato Simple del 14%

Superfosfato Triple del 46%

Roca Fosfórica-22 del 22%

Los niveles de P_2O_5 fueron:

P_0 : testigo

P_2 : 200 Kg/Ha.

P_4 : 400 Kg/Ha.

P_6 : 600 Kg/Ha.

3.4.2 Fertilización. El experimento comenzó el 19 de diciembre de 1970. Ese día se sembró la papa en surcos espaciados 1 m. entre sí (4 surcos por parcela) y 30 cm. entre plantas, de acuerdo a las recomendaciones del Instituto Colombiano Agropecuario (11). Se utilizaron tubérculos de tamaño mediano, o de "segunda", a razón de un tubérculo por sitio. El mismo día, se aplicaron las diferentes fuentes y dosis de P_2O_5 , en corona alrededor del tubérculo. La totalidad de las dosis de P_2O_5 se aplicaron al comenzar el experimento. Además, se agregó una fertilización básica que constó de 80 Kg/Ha. de nitrógeno en forma de Urea del 46% y 20 Kg/Ha. de K_2O , en forma de Cloruro de Potasio del 60%. El potasio se aplicó en su totalidad al inicio del experimento junto con la mitad de la dosis de nitrógeno y la otra mitad se aplicó después de 60

días de la siembra.

Se siguieron las recomendaciones generales del Instituto Colombiano Agropecuario sobre el cultivo de la papa a fin de mantenerlo en buen estado (11).

3.4.3 Cosecha. La cosecha se efectuó el 27 de junio de 1971, e inmediatamente se obtuvo el peso total de la producción de cada parcela útil de 9 m. de largo por 1 m. de ancho (9 m² centrales). Se desecharon los dos surcos de las orillas de cada parcela.

3.5 ANALISIS ESTADISTICO (+).

Para el análisis estadístico se tomó en cuenta la variable de rendimiento en peso de los tubérculos.

Se realizó el análisis de variancia, el análisis de tendencia para niveles mediante el método de partición ortogonal, y la prueba de Tukey para la comparación de promedios (51).

El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \xi_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Donde :

Y_{ijk} = variable de respuesta (rendimiento)

(+) Información personal, Dr. Ricardo Guerrero R., I.A., M.S.

$\bar{\mu}$ = media general
 α_i = efecto diferencial del tratamiento "i" (fuentes)

β_j = efecto diferencial de repeticiones "j"

ξ_{ij} = interacción repeticiones tratamientos "ij"
(error a)

γ_k = efecto diferencial de subtratamiento "k" (niveles)

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = interacción fuente por nivel "ik"

δ_{ijk} = interacción fuente por nivel y repetición "ijk"
(error b).

3.6 ANALISIS ECONOMICO PRELIMINAR.

3.6.1 Nomenclatura. Se emplearon las siguientes letras y símbolos para la ilustración de la aplicación de principios económicos: "X", insumo productivo (fertilizante); "Y", producción de papa en el experimento; "P", precio; "Px", precio del fertilizante bajo estudio; "Py", precio del producto en discusión; el símbolo Δ se entenderá como cambio en niveles de fertilización y de producciones de papa por efecto del fertilizante en cuestión.

Por lo anterior, Δy .Py representará el valor de la producción adicional de papa obtenida mediante la adición de Δx fertilizante. Δx .Px será, así mismo, el costo adicional de Δx fertilizante.

Con base en estos criterios se planteó el análisis

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

económico del uso de fertilizantes fosfatados, bajo las condiciones del experimento.

En este capítulo se presentan y discuten los resultados obtenidos en el experimento. En la tabla II se observan los resultados generales del rendimiento de papa obtenidos en los diferentes tratamientos y sustratamientos. La tabla III muestra el análisis de variancia y de tendencia, obtenido por la variable rendimiento.

4.1 EFECTO DE LA FUENTE.

La fuente de fósforo utilizada tuvo un efecto estadísticamente detectable ($P < 0,01$) sobre el rendimiento. En la tabla II se puede apreciar que el superfosfato simple dio el mayor rendimiento promedio ($35,1 \text{ Kg/parsela}$), mientras que el rendimiento obtenido cuando se utilizó fósforo orgánico fue el menor (figura 1).

Al comparar la prueba de Tukey (tabla IV), la comparación de los promedios de rendimiento para los cuatro fuentes de fósforo, el rendimiento obtenido, cuando se utilizó superfosfato simple, fue significativamente inferior ($P < 0,01$) a los rendimientos obtenidos con superfosfato triple, superfosfato orgánico y fosfato orgánico. Para los otros tres tipos de fósforo, no se observaron diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos con los diferentes tipos de fósforo.

Los resultados anteriores indican que mientras el superfosfato simple, superfosfato triple y fosfato orgánico

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presentan y discuten los resultados obtenidos en el experimento. En la tabla II se observan los resultados generales del rendimiento de papa obtenidos en los diferentes tratamientos y subtratamientos. La tabla III muestra el análisis de variancia y de tendencia, obtenido para la variable rendimiento.

4.1 EFECTO DE LA FUENTE.

La fuente de fósforo utilizada tuvo un efecto estadísticamente detectable ($P < 0,01$) sobre el rendimiento. En la tabla II se puede apreciar que el superfosfato simple llevó al mayor rendimiento promedio (35,1 Kg/parcela), mientras que el rendimiento obtenido cuando se utilizó roca fosfórica fue el menor (figura 1).

Al efectuar la prueba de Tukey (tabla IV), la comparación de los promedios de rendimiento para las cuatro fuentes, indicó que el rendimiento obtenido, cuando se utilizó roca fosfórica, fue significativamente inferior ($P < 0,01$) a los rendimientos obtenidos con superfosfato triple, superfosfato simple, o escorias Thomas, pero no hubo diferencia estadística ($P > 0,05$) entre los rendimientos obtenidos con las tres últimas fuentes.

Los resultados anteriores indican que mientras el superfosfato triple, escorias Thomas y superfosfato simple

TABLA II

Rendimiento de papa en Kg/parcela (9 m²) con diferentes fuentes (+) y dosis de fósforo.

Fuente	Bloque N°	D O S I S				Total	Promedio Fuentes
		0	200	400	600		
E	1	16,4	49,5	39,9	49,5	155,3	34,4
	2	10,2	43,1	35,0	54,7	143,0	
	3	20,2	41,2	36,9	46,9	145,2	
	4	4,1	32,4	35,5	34,9	106,9	
	Total	50,9	166,2	147,3	186,0		
S	Prom.	12,7	41,5	36,8	46,5	137,5	35,1
	1	20,8	43,8	44,4	39,8	148,8	
	2	21,4	24,9	54,1	55,2	155,6	
	3	14,8	32,8	35,3	46,6	129,5	
	4	16,1	33,3	36,1	43,4	128,9	
T	Total	73,1	134,8	169,9	185,0		32,5
	Prom.	18,2	33,7	42,4	46,2	140,5	
	1	11,5	27,0	55,4	36,2	130,1	
	2	6,8	40,5	47,2	39,7	134,2	
	3	18,5	29,6	49,3	36,3	133,7	
R	4	14,3	35,1	38,2	35,0	122,6	16,7
	Total	51,1	132,2	190,1	147,2		
	Prom.	12,7	33,0	47,5	36,8	130,0	
	1	26,2	18,8	27,0	20,2	92,2	
	2	19,4	17,4	26,5	9,5	72,8	
Prom. Gral. dosis	3	6,3	19,5	18,0	20,3	64,1	
	4	10,4	8,5	8,0	12,7	39,6	
	Total	62,3	64,2	79,5	62,7		
	Prom.	15,5	16,0	19,8	15,6	66,9	
	Total	237,4	497,4	586,8	580,9	1.902,5	

(+) E: escorias Thomas; S: superfosfato simple; T: superfosfato triple; R: roca fosfórica.

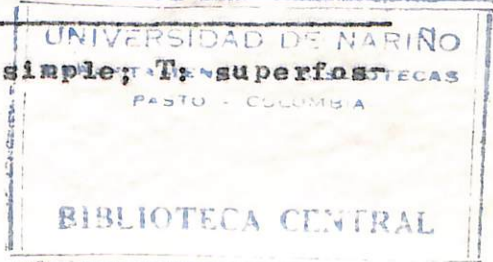


TABLA III

Análisis de variancia del experimento para fuentes, dosis e interacción.

F. de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0,05	Ft 0,01
Fuente	3	3.626,97	1.208,99	42,22 ⁺⁺	3,86	6,99
Bloque	3	594,5				
Error (a)	9	257,68	28,63			
Subtotal	15	4.479,15				
Dosis	3	5.041,75	1.680,58	48,83 ⁺⁺	2,92	4,51
P1	1	3.919,3	3.919,3	113,9 ⁺	4,17	7,56
Pq	1	1.104,73	1.104,73	32,1 ⁺		
Pc	1	17,72	17,72	0,5		
Dosis x Fuente	9	2.091,64	232,40	6,75 ⁺	2,21	3,07
Error (b)	36	1.238,99	34,41			
Total	63	12.851,53				

+ significativo al 95 % de probabilidad

++ significativo al 99% de probabilidad.

P1: tendencia lineal

Pq: tendencia cuadrática

Pc: tendencia cúbica

fueron fuentes fosfatadas igualmente eficientes para obtener buenos rendimientos de papa, la roca fosfórica fue notablemente inferior a las anteriores. A similares conclusiones llegó Ortega (39), en lo que atañe a roca fosfórica, escorias Thomas y superfosfato triple, cuando investigó el efecto de fuentes sobre producción de materia seca, utilizando avena como planta indicadora.

TABLA IV

Prueba de Tukey para fuentes de P_2O_5

Hay que resaltar el hecho de que las escorias Thomas resultaron ser una fuente que, con una concentración muy in-

Fuentes P_2O_5 : Roca = 16,79 S. Triple = 32,5 Escor. = 34,4

S. Simple=35,17 18,38⁺⁺ 2,67 0,7

Escorias= 34,4 17,61⁺⁺ 1,90

S. Triple=32,5 15,71⁺⁺

$\Delta 5\% = 5,87$

$\Delta 1\% = 7,92$

+ : significativo al 95 % de probabilidad

++ : significativo al 99 % de probabilidad.

Por otra parte, resulta claro que, a pesar de la escasez de establecimientos del fosforo de las escorias Thomas no tiene vigencia en el tipo de suelo del estudio. Se hacen notar las limitaciones de este tipo de estudio, que se atribuye a este fosforo, es consecuencia por una menor intensidad en el fenómeno de fije-

fueron fuentes fosfatadas igualmente eficientes para obtener buenos rendimientos de papa, la roca fosfórica fue notablemente inferior a las anteriores. A similares conclusiones llegó Ortega (39), en lo que atañe a roca fosfórica, escorias Thomas y superfosfato triple, cuando investigó el efecto de fuentes sobre producción de materia seca, utilizando avena como planta indicadora.

Hay que resaltar el hecho de que las escorias Thomas resultaron ser una fuente que, con una concentración muy inferior de P_2O_5 , es tan eficiente como el superfosfato triple para suministrar fósforo a la planta. Además, teniendo en cuenta los resultados de Ortega (39), ésta situación parece ser válida tanto en suelos latosólicos como en andosoles. Por otra parte, las escorias Thomas son una fuente mucho más barata que los superfosfatos triple y simple. Sin embargo, este aspecto se lo considerará más adelante.

La eficiencia de las escorias Thomas, como fuente fosfatada, en comparación al superfosfato triple, en cultivos como maíz, trigo, pastos, cebada y alfalfa, ha sido reportada por otros autores (31,32,33,46).

Por otra parte, resulta claro que, o bien la escasa solubilidad del fósforo de las escorias Thomas no tiene vigencia en el tipo de suelo del estudio, o la escasa solubilidad del fósforo, que se le atribuye a esta fuente, es compensada por una menor intensidad en el fenómeno de "fija

ción ".

4.2 EFECTO DE LAS DOSIS.

De acuerdo al análisis de variancia (tabla III) el efecto de las dosis fue altamente significativo ($P < 0,01$). El análisis de tendencia (tabla VI) indica que la respuesta obtenida fue cuadrática ($P < 0,05$). En efecto, como se ve en la figura 2, el rendimiento obtenido se incrementó consistentemente desde el nivel 0 (16,5 Ton/Ha.) hasta el nivel 400 Kg/Ha. (40,7 Tn/Ha.), mientras que para el nivel 600 Kg/Ha, el rendimiento bajó levemente (40,2 Ton/Ha.).

Por lo anterior, es obvio que la respuesta es sostenida hasta obtener el máximo de rendimiento en el nivel 400 Kg/Ha., nivel que sería el óptimo. De acuerdo a la prueba de Tukey (tabla V), entre el rendimiento obtenido con el nivel 600 Kg/Ha. de P_2O_5 y el obtenido con 400 Kg/Ha. de P_2O_5 , no hubo diferencia detectable estadísticamente. No obstante hay que tener en cuenta que los resultados de la prueba de Tukey se han obtenido para los promedios de cada nivel en las cuatro fuentes estudiadas. El efecto de niveles en cada fuente, lo estudiamos a continuación.

4.3 EFECTO DE LA INTERACCION DOSIS POR FUENTE.

La interacción dosis por fuente causó diferencias estadísticamente detectables ($P < 0,05$) en los rendimientos. En efecto, en la tabla III y en la figura 3 se pueden obser-

var las siguientes situaciones:

Mientras la respuesta a los niveles de P_2O_5 fue muy acentuada para superfosfato triple, superfosfato simple y escoria Thomas, para el caso de la roca fosfórica la respuesta fue prácticamente nula, pues el rendimiento obtenido

TABLA V

a cualquier nivel, en este fuente, fue igual o muy similar al testigo. Prueba de Tukey para dosis de P_2O_5 natural en la roca fosfórica, pues en ocasiones el hecho de que el

Dosis	0 = 14,83	200 = 31,08	600 = 36,30
400 = 36,37	21,84 ⁺⁺	5,59 ⁺	0,37
600 = 36,30	21,47 ⁺⁺	5,22	
200 = 31,08	16,25 ⁺⁺		

$$\Delta 5\% = 5,52$$

$$\Delta 1\% = 6,80$$

+ : significativo al 95% de probabilidad

++ : significativo al 99% de probabilidad

var las siguientes situaciones:

Mientras la respuesta a los niveles de P_2O_5 fue muy acentuada para superfosfato triple, superfosfato simple y escorias Thomas, para el caso de la roca fosfórica la respuesta fue prácticamente nula, pues el rendimiento obtenido a cualquier nivel, en esta fuente, fue igual o muy similar al testigo. Este hecho se explica a causa de la naturaleza de la roca fosfórica, pues es conocido el hecho de que el fósforo presente en esta fuente es de muy lenta solubilidad y, por tanto, de muy escasa aprovechabilidad en un lapso de tiempo corto. Vease desarrollo del follaje en Figs. 12 a 16.

La escasa o nula eficiencia de la roca fosfórica, como fuente fosfatada, también fue comprobada por Ortega (39) en un suelo latosólico de la Costa del Pacífico.

Otro aspecto importante que resulta de la interacción es que, en el caso de los superfosfatos y de las escorias Thomas, el efecto de la fuente depende del nivel. En efecto, al nivel de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 , las escorias Thomas condujeron a mayor rendimiento que los superfosfatos y, entre estos últimos, no hubo diferencia. Por el contrario, al nivel de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 , los superfosfatos superaron a las escorias. Al nivel de 600 Kg/Ha. de P_2O_5 las escorias y el superfosfato simple superaron al superfosfato triple.

Este efecto de interacción es muy importante, des-

- 1- Roca Fosfórica
- 2- Superfosfato Triple
- 3- Escorias Thomas
- 4- Superfosfato Simple

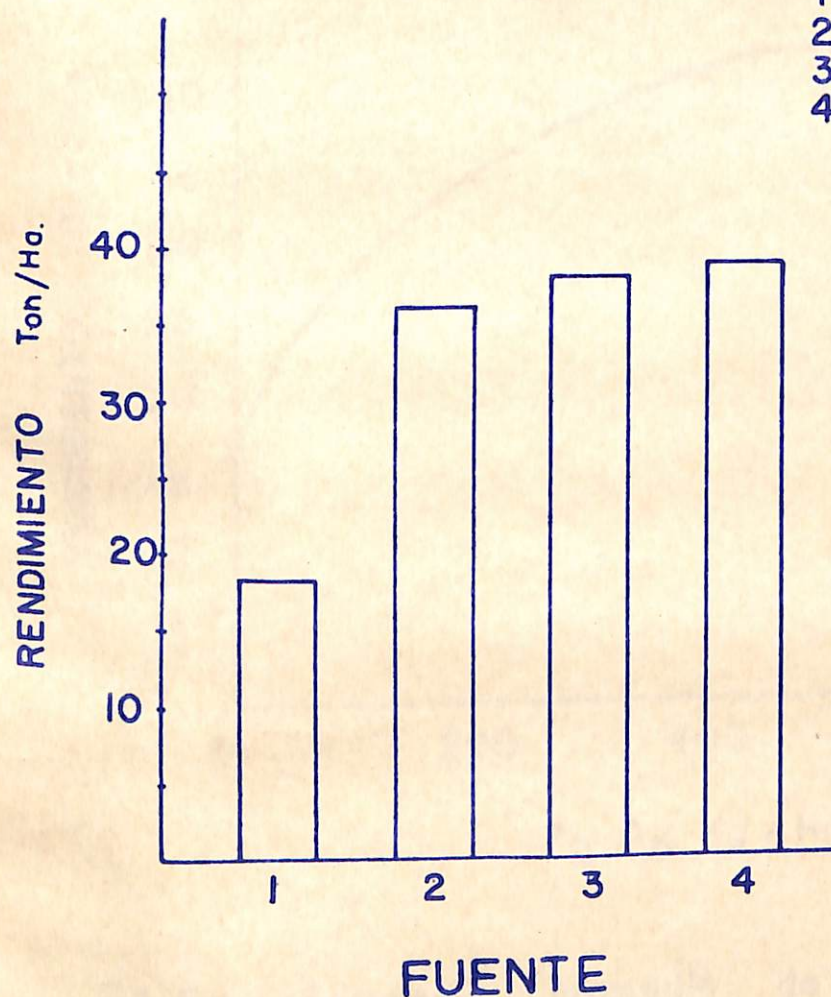


Fig. 1 = Efecto de la fuente fosfatada sobre el rendimiento de papa.

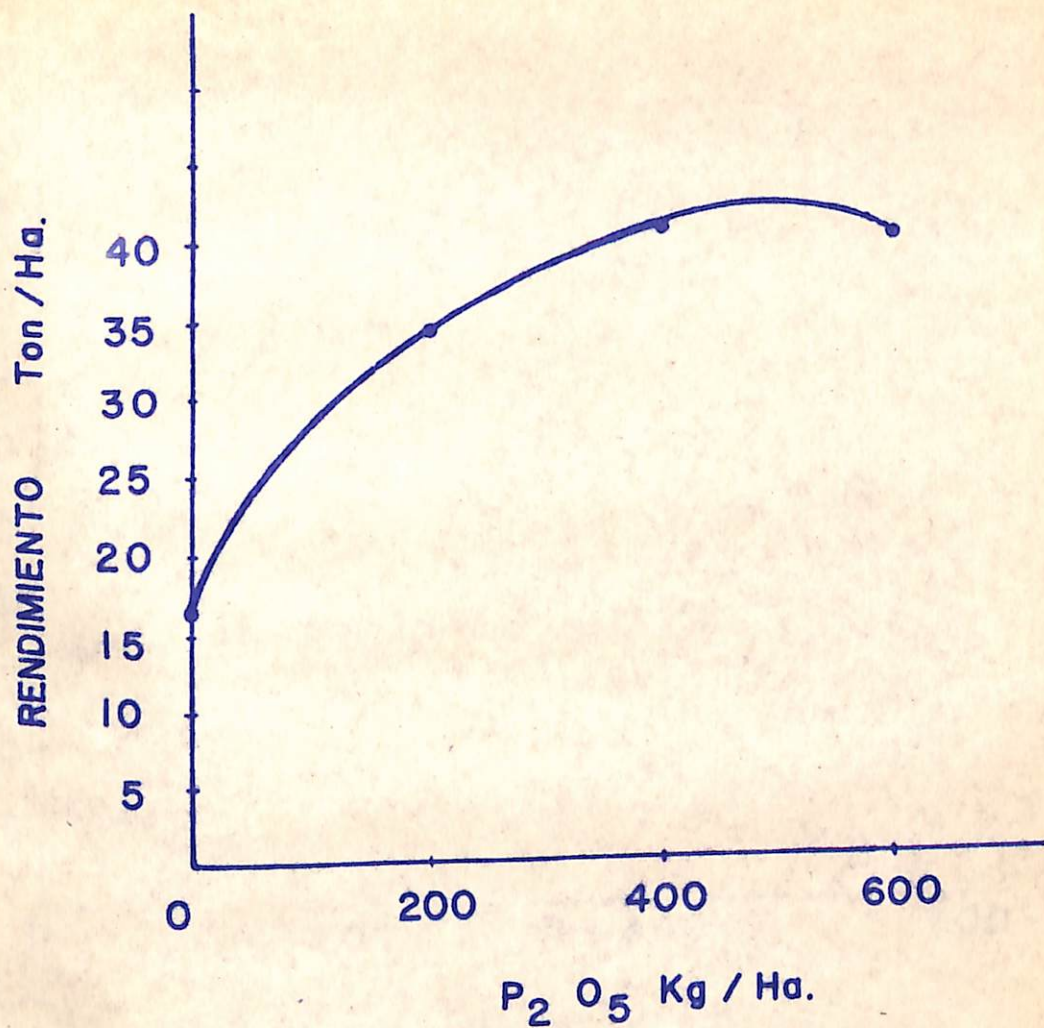


Fig. 2 = Respuesta promedio de la papa a la aplicación de dosis de $P_2 O_5$

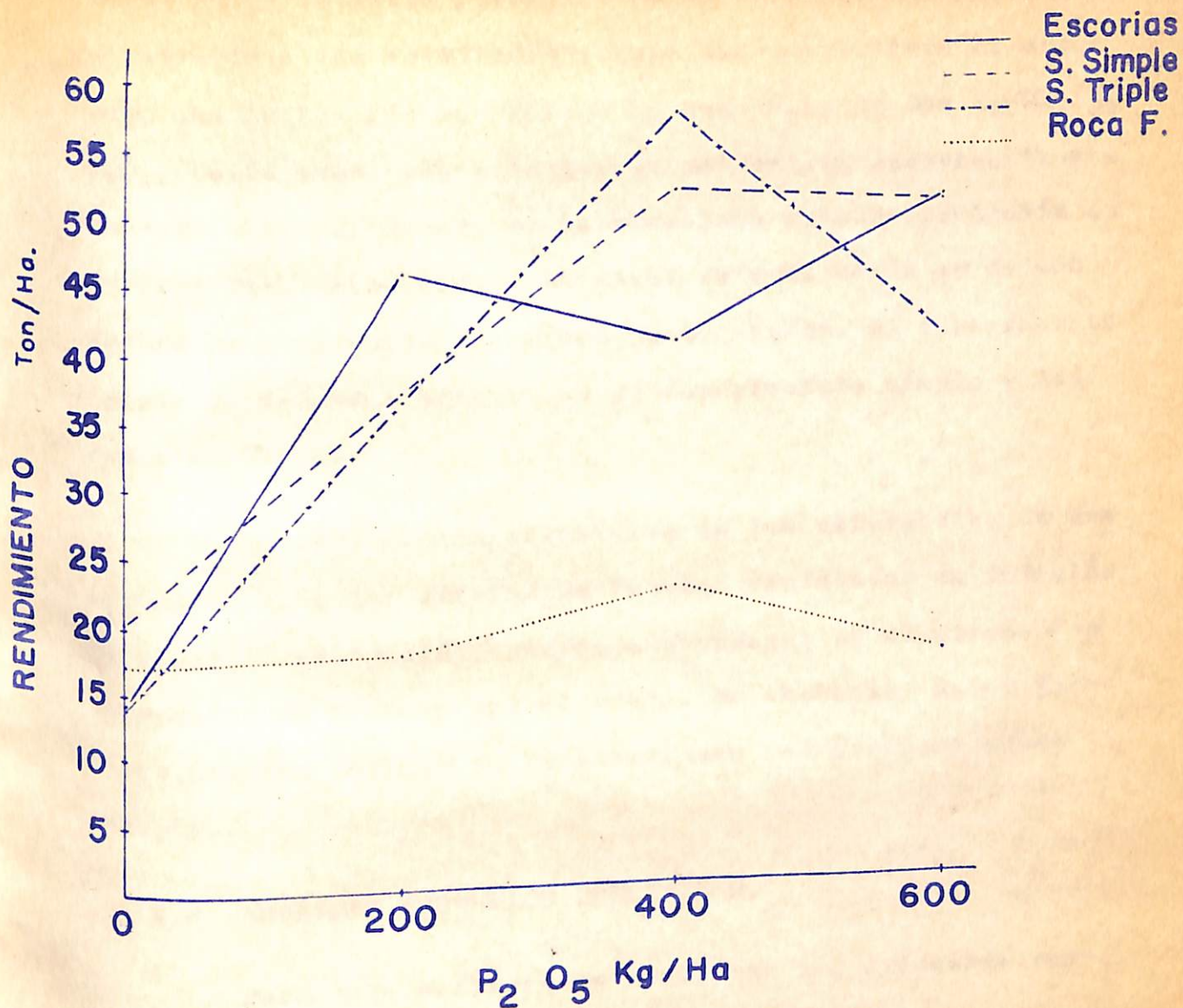


Fig. 3 = Efecto de la interacción dosis por fuente sobre el rendimiento de papa.

de el punto de vista práctico. En efecto, resulta obvio que de acuerdo a los resultados y bajo las condiciones de estudio, una aplicación de fósforo en una dosis de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 , sería mucho más efectiva si se utiliza escorias Thomas como fuente. Así mismo, el superfosfato triple resultaría en mejores resultados cuando el nivel de aplicación es de 400 Kg/Ha. De otra parte, el nivel de 600 Kg/Ha. el superfosfato triple sería menos eficaz que el superfosfato simple y las escorias Thomas.

La explicación científica de las diferencias de comportamiento de las diferentes fuentes fosfatadas en relación al nivel de aplicación, podría encontrarse en el proceso de "fijación" de fósforo por el suelo. No obstante, otros factores podrían incidir en la ocurrencia del fenómeno antes descrito.

4.4 ANALISIS ECONOMICO PRELIMINAR.

Para este análisis se siguieron los criterios económicos utilizados por Salomón y Awan (48).

En las tablas VI y VII se presentan las relaciones entre las cantidades de fertilizante aplicado (insumo) y las producciones de papa obtenidas en el experimento. Las figuras 4 a 11 muestran la representación gráfica de las mismas relaciones.

Hay que advertir que el análisis solamente toma en

cuenta el valor del fertilizante, pero no los costos adicionales por concepto de mano de obra en su aplicación, transporte de la cosecha adicional, interés del capital adicional invertido y transporte del fertilizante. Por otra parte, en el análisis se utilizó un precio que se considera promedio, para la papa en Pasto (+). Por ello, el análisis económico que se presenta debe considerarse como preliminar.

En las tablas VI y VII y en las figuras 8 a 11, se puede apreciar que al nivel de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 el valor de la producción obtenido con escorias Thomas supera ampliamente al valor obtenido con las demás fuentes. Al nivel óptimo (400 Kg/Ha. de P_2O_5), el valor de la producción obtenido con superfosfato triple supera acentuadamente, al obtenido con el superfosfato simple y las escorias Thomas. Por el contrario, al nivel de 600 Kg/Ha. de P_2O_5 el superfosfato triple es superado por el superfosfato simple y las escorias Thomas, en lo que respecta al valor de la producción obtenida.

En la tabla VII se obtuvo el ingreso añadido por efecto de los últimos 200 Kg. de fertilizante aplicado $P_y \frac{\Delta y}{\Delta x}$. De acuerdo a los resultados obtenidos, los primeros 200 Kg/Ha. de P_2O_5 añadidos llevaron a un ingreso adicional de \$25,680,00, en el caso de las escorias Thomas. Las otras tres fuentes condujeron a ingresos adicionales sensiblemente inferiores a

(+) Información personal, I.A. Ovidio Zuñiga R.

TABLA VI

Efectos de la aplicación de incrementos de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 , en diferentes fuentes, sobre las producciones totales y adicionales de papa.

Nivel P_2O_5 Insumo X Kg/Ha.	Producción total				Producción adicional				Valor producción (+)			
	Y				Y				\$			
	E	S	T	R	E	S	T	R	E	S	T	R
	Ton/Ha.				Ton/Ha.							
000	14,1	20,3	14,2	17,3					11.280,00	16.240,00	11.360,00	13.840,00
200	46,2	37,4	36,7	17,8	32,1	17,1	22,5	0,5	36.960,00	29.920,00	28.760,00	14.240,00
400	40,9	47,2	52,8	22,1	-5,3	8,8	16,1	4,3	32.720,00	37.760,00	42.240,00	17.680,00
600	51,7	51,4	40,9	17,4	10,8	4,2	-11,9	-4,7	41.360,00	41.120,00	32.720,00	13.920,00

(+): \$ 800,00 por tonelada

E: Escorias Thomas; S: Superfosfato Simple; T: Superfosfato Triple; R: Roca Fosfórica.

TABLA VII

Costos e ingresos adicionales como resultado de la aplicación de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 .

Nivel Costo añadido por					Ingreso añadido ⁺⁺ por efecto de los 200			
P_2O_5 u. de insumo ⁺ Px					Kg. de P_2O_5 /Ha. últimos PY = $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$			
Insu- (\$)					(\$)			
mo X	E	S	T	R	E	S	T	R
000								
200	120	260	440	120	25.680,00	13.680,00	18.000,00	400,00
400	120	260	440	120	-4.240,00	7.840,00	12.880,00	3.440,00
600	120	260	440	120	8.640,00	3.360,00	-9.520,00	-3.760,00

⁺ : \$0,60 por Kg. de escorias Thomas y Roca fosfórica; \$1,30 por Kg. de superfosfato simple; \$ 2,20 por Kg. de superfosfato triple.

⁺⁺ : \$800,00 por tonelada de papa.

E : escorias Thomas; S: superfosfato simple; T: superfosfato triple; R: roca fosfórica.

los obtenidos con esta fuente. de suelos usado en el ensayo.

La aplicación de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 produjo ingresos adicionales en el caso de los superfosfatos y la roca fosfórica, no así en el caso de las escorias Thomas, en donde este nivel condujo a una disminución en los ingresos, en comparación a los 200 Kg/Ha. de P_2O_5 iniciales.

Al adicionar 600 Kg/Ha. de P_2O_5 , el superfosfato simple y las escorias Thomas, llevaron a ingresos adicionales positivos. Por el contrario, cuando se utilizó superfosfato triple y roca fosfórica, el ingreso adicional fue negativo en comparación al obtenido con 400 Kg/Ha. de P_2O_5 .

El nivel óptimo económico, para escorias Thomas y superfosfato simple, sería el de 600 Kg/Ha., ya que conduce al mayor ingreso adicional (escorias: \$30.080,00; superfosfato simple: \$24.880,00). Para superfosfato triple y roca fosfórica el nivel óptimo sería el de 400 Kg/Ha. (superfosfato triple \$31.880,00; roca fosfórica: \$3.840,00).

Resulta claro que el superfosfato triple y las escorias Thomas condujeron a la obtención de ingresos adicionales superiores a las otras dos fuentes. Es muy importante, además tener en cuenta que las escorias Thomas es una fuente aproximadamente cuatro veces inferior, en costo, al superfosfato triple. Lo anterior, lleva a la conclusión de que las escorias Thomas, resultaron ser una fuente fosfatada muy recomendable

para ser utilizada en el tipo de suelos usado en el ensayo.

Del estudio preliminar que se ha efectuado se puede concluir que, con los rendimientos alcanzados bajo condiciones experimentales, y con el precio promedio asumido, el cultivo de la papa resultaría ampliamente rentable. No obstante, aún en el caso que el precio sea 50% inferior al de \$100,00 por carga de 125 Kg. (\$800,00 la tonelada), este cultivo seguirá proporcionando márgenes de ganancia significativos, siempre y cuando los rendimientos se mantengan altos.

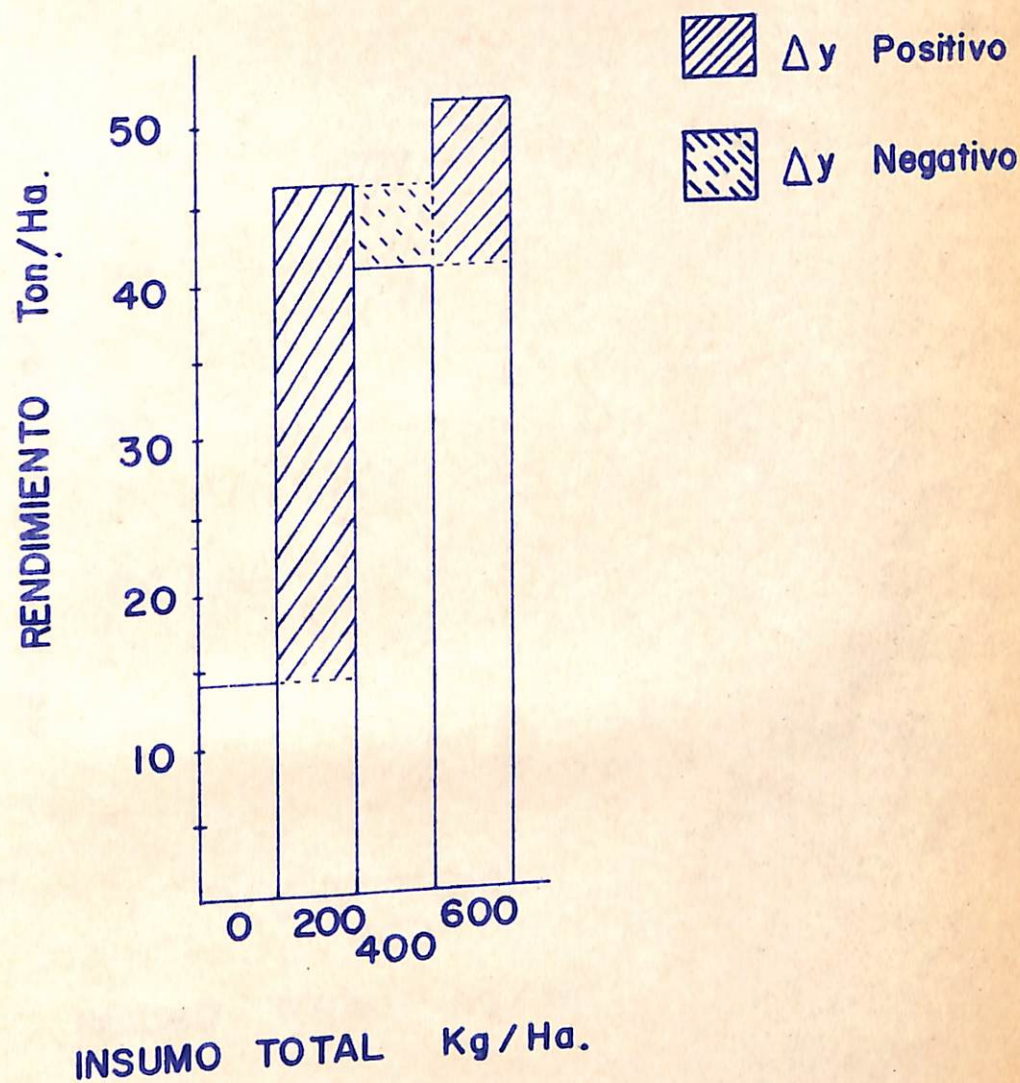


Fig. 4 = Efecto de la aplicación de incrementos de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 (Escorias Thomas) sobre el rendimiento de papa.

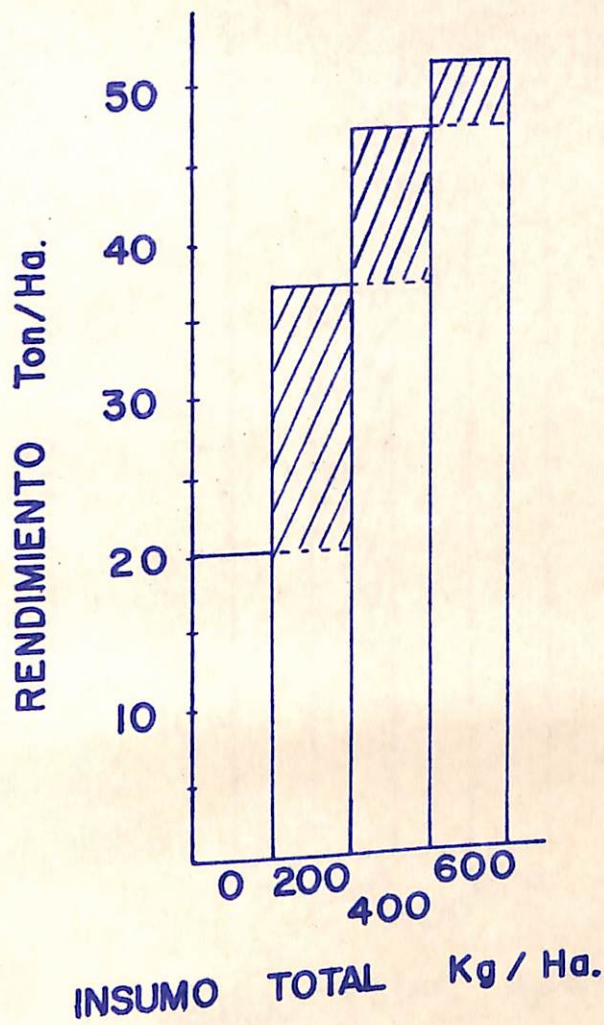


Fig. 5 = Efecto de la aplicación de incrementos de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 (Superfosfato Simple) sobre el rendimiento de papa.

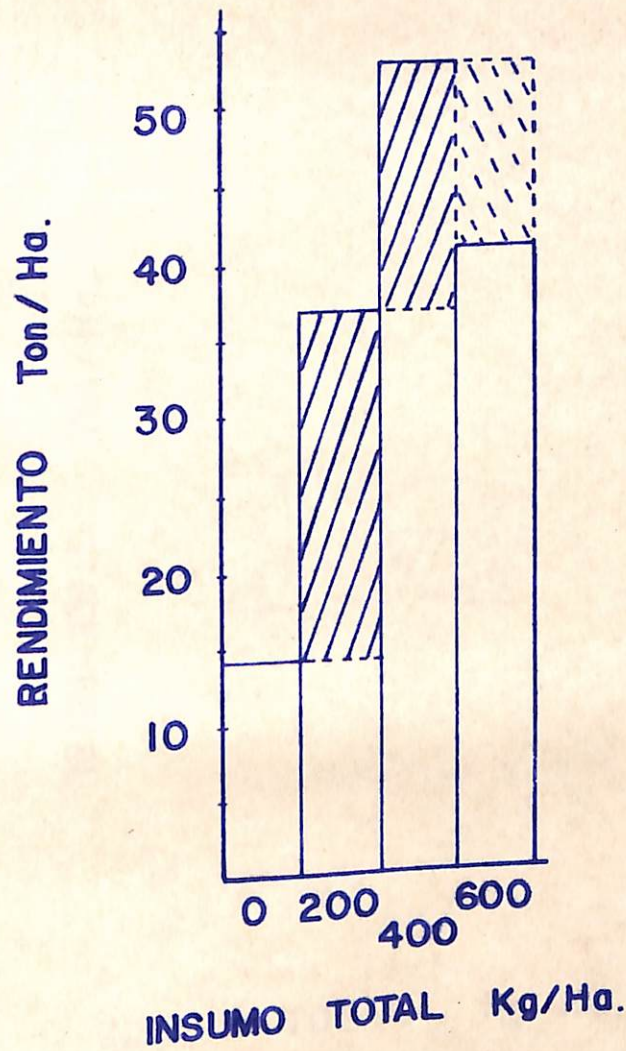


Fig. 6 = Efecto de la aplicación de incrementos de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 (Superfosfato Triple) sobre el rendimiento de papa.

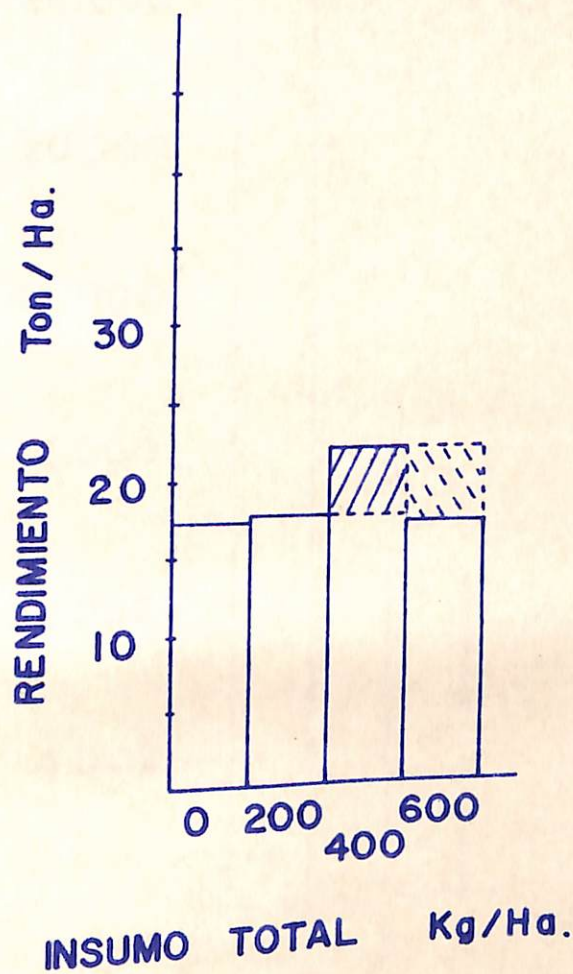


Fig. 7= Efecto de la aplicación de incrementos de 200 Kg/Ha. de P_2O_5 (Roca Fosfórica) sobre el rendimiento de papa.

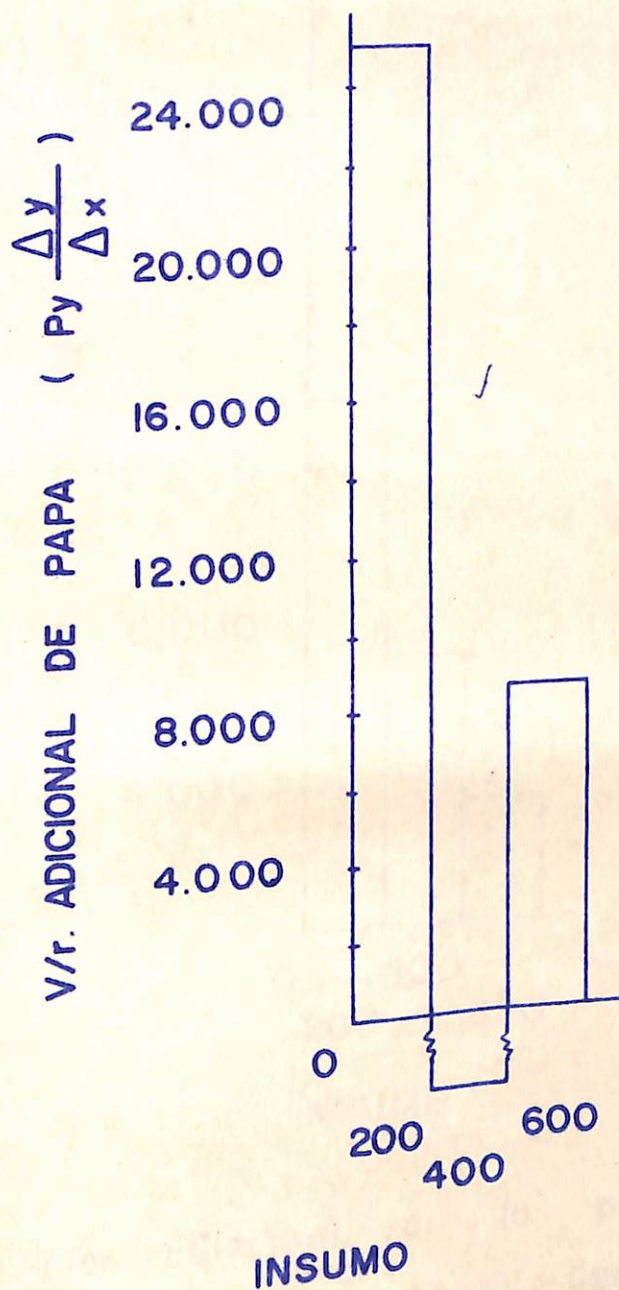


Fig. 8 = Valor adicional de la papa por unidad de fertilizante aplicado. (200 Kg/Ha.)
($\Delta x = 1$). Escorias Thomas.



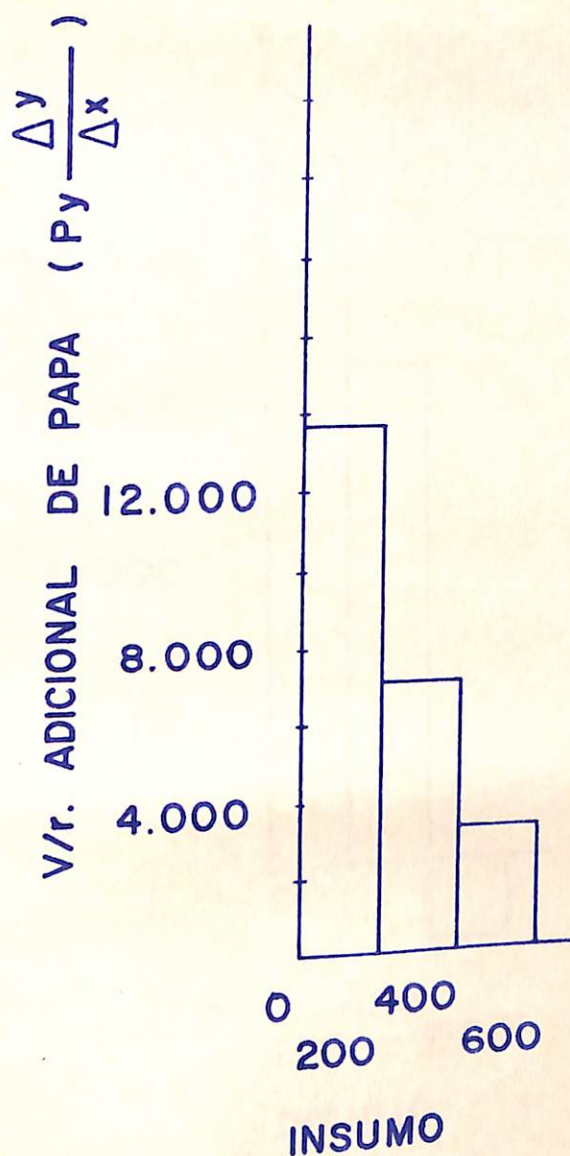


Fig. 9 = Valor adicional de la papa por unidad de fertilizante aplicado (200 Kg/Ha.). ($\Delta x = 1$). Superfosfato Simple.

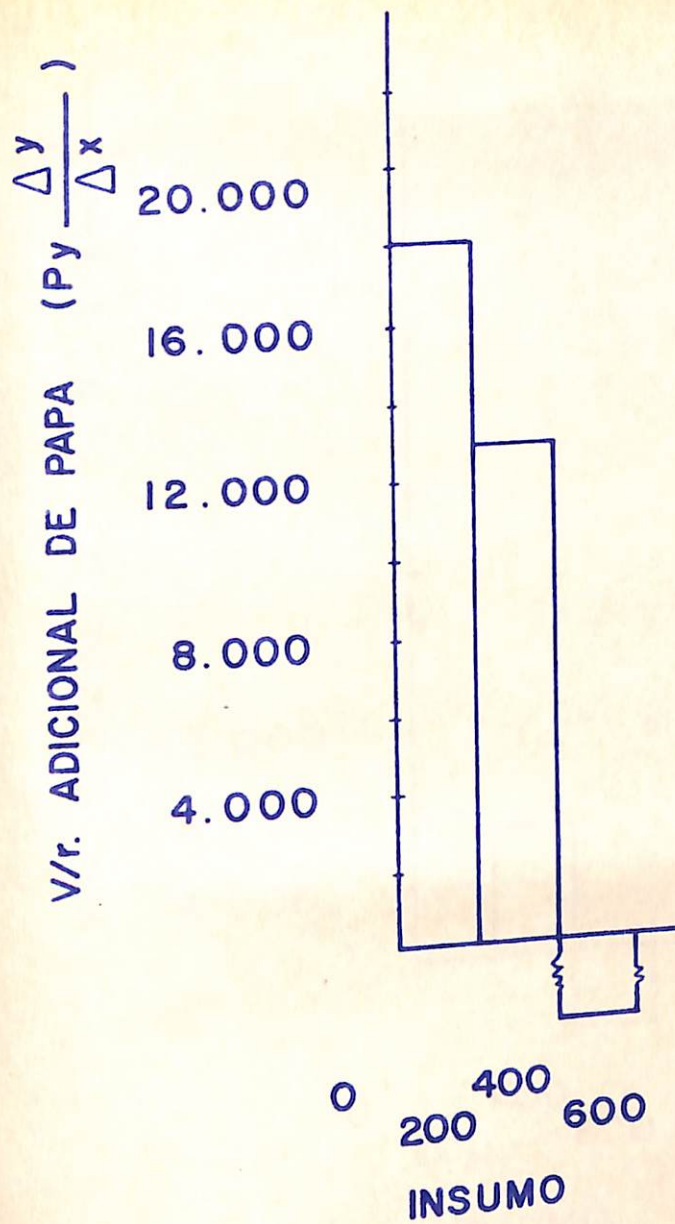


Fig. 10 = Valor adicional de la papa por unidad de fertilizante aplicado (200 Kg/Ha.). ($\Delta x=1$). Superfosfato Triple.



Figura N° 12

Desarrollo de las plantas cuando se aplicó escorias
Thomas en dosis de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 .

Foto: I. Santacruz



Figura N° 13

Desarrollo de las plantas cuando se aplicó Superfosfato simple en dosis de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 .

Foto: I. Santacruz



Figura N° 14

Desarrollo de las plantas cuando se aplicó superfosfato triple en dosis de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 .

Foto: I. Santacruz



Figura N° 15

Desarrollo de las plantas cuando se aplicó roca fosfórica en dosis de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 .

Foto: I. Santacruz



Figura N° 16

Desarrollo de las plantas con el tratamiento testigo:

0 Kg/Ha. de P_2O_5 .

Foto: I. Santaeruz

V. CONCLUSIONES

1. La roca fosfórica produjo rendimientos significativamente inferiores ($P < 0,01$) a los obtenidos con las escorias Thomas, el superfosfato triple y el superfosfato simple, pero entre estas tres fuentes no se observaron diferencias estadísticamente detectables ($P > 0,05$).

2. Pese a ser una fuente de menor concentración y solubilidad en su P_2O_5 , las escorias Thomas mostraron ser tan eficientes como el superfosfato triple.

3. La respuesta promedio de la papa a la aplicación de niveles de P_2O_5 fue significativa ($P < 0,01$) y de tendencia cuadrática ($P < 0,05$). El rendimiento máximo se alcanzó con el nivel de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 .

4. La respuesta a los niveles de aplicación de P_2O_5 dependió de la fuente utilizada ($P < 0,05$), pues fue muy acentuada para las escorias Thomas, superfosfato triple y superfosfato simple, pero prácticamente nula para la roca fosfórica.

5. Así mismo, el efecto de la fuente, salvo el caso de la roca fosfórica, dependió del nivel de aplicación ($P < 0,05$). La explicación de este efecto de interacción podría encontrarse, parcialmente, en el fenómeno de "fijación" de fósforo por el suelo.

6. Los niveles de aplicación, que produjeron ganancias

óptimas, para las condiciones del estudio, fueron el de 600 Kg/Ha. de P_2O_5 , para superfosfato simple y escorias Thomas, y el de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 para el superfosfato triple y la roca fosfórica.

7. El uso de superfosfato triple y de escorias Thomas condujo a la obtención de ingresos adicionales superiores a los que se obtuvieron mediante el uso de superfosfato simple y roca fosfórica.

8. De acuerdo a los resultados, y por ser las escorias Thomas una fuente de fósforo cuatro veces más barata que el superfosfato triple, se la recomienda como fuente fosfatada para los suelos similares al del estudio.

9. Para las condiciones del experimento y los resultados obtenidos, el cultivo de la papa resultaría ampliamente rentable y lo seguiría siendo, aunque con márgenes de ganancias inferiores, aún en el caso de que el precio de la papa sea 50% inferior al asumido en este estudio.

La respuesta promedio de la papa a la aplicación de niveles de P_2O_5 fue altamente significativa y se representó cuadráticamente ($r^2 = 0,95$). El rendimiento máximo se obtuvo con el nivel de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 .

Los niveles de aplicación de P_2O_5 provocaron respuestas significativas cuando la fuente utilizada fue escorias Thomas, en superfosfato simple o superfosfato triple, pero fue nula cuando se utilizó roca fosfórica. El efecto de la fuente fosfatada

VI. RESUMEN

En un "andosol" del Altiplano de Pasto, Colombia, se llevó a cabo un experimento, durante 1970-1971, para evaluar la respuesta de la papa (Solanum tuberosum, L.) variedad ICA-Puracé, a la aplicación de niveles: 0, 200, 400 y 600 Kg/Ha. de P_2O_5 y fuentes fosfatadas: superfosfato triple, superfosfato simple, escorias Thomas y roca fosfórica. El experimento estuvo localizado, en el corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto, a una altitud de 3.000 m.s.n.m., con una temperatura promedio anual de $13^{\circ}C$. y una precipitación de 700 a 800 mm/año.

Los resultados obtenidos indicaron que:

La roca fosfórica produjo rendimientos muy inferiores a los obtenidos con superfosfato triple, superfosfato simple y escorias Thomas, pero entre las tres últimas fuentes no hubo diferencia estadísticamente detectable ($P > 0,05$).

La respuesta promedio de la papa a la aplicación de niveles de P_2O_5 fue altamente significativa y de tendencia cuadrática ($P < 0,05$). El rendimiento máximo se obtuvo con el nivel de 400 Kg/Ha. de P_2O_5 .

Los niveles de aplicación de P_2O_5 provocaron respuestas acentuadas cuando la fuente utilizada fue escorias Thomas, superfosfato simple o superfosfato triple, pero fue nula cuando se utilizó roca fosfórica. El efecto de la fuente dependió,

así mismo, de la dosis.

El análisis económico preliminar indica que el uso de superfosfato triple y de escorias Thomas, condujo a la obtención de ingresos adicionales superiores a los que se obtuvieron mediante el uso, de superfosfato simple y roca fosfórica. Las escorias Thomas, siendo una fuente cuatro veces más barata que el superfosfato triple, y habiendo competido ventajosamente con esta última fuente se insinúan como la fuente de fósforo más recomendable para las condiciones del estudio.

The results indicated that:

The potato yields were very low yields compared with those obtained with triple superphosphate, ordinary superphosphate and escorias Thomas. However, there was no significant difference among the last three sources (P > 0.05).

The mean value of potato response to the application of different levels of P_2O_5 was highly significant and had a quadratic tendency (P < 0.05). The maximum yield was obtained when 100 kg of P_2O_5 /hectare were applied.

The different levels of P_2O_5 showed a remarkable response in potato yields. Triple superphosphate, ordinary superphosphate and escorias Thomas, showed no significant difference among them. There was no response from the plants to the application of 0 kg of P_2O_5 /hectare.

SUMMARY

This study was carried out in a Pasto, Colombia High-Land "andosol" during 1970 and 1971, to evaluate the response of a potato (Solanum tuberosum, L.) variety ICA-Puracé, to the application of these levels and phosphate sources 0, 200, 400 and 600 Kg/ hectare of P_2O_5 and triple superphosphate, ordinary superphosphate, escorias Thomas and phosphoric rock. This experiment was conducted at Catambuco, in Pasto County, situated at 3.000 meters above sea level with a annual mean temperature of $13^{\circ}C$ and a mean annual rainfall of 700 - 800 mm. of water.

The results indicated that:

The Phosphoric rock gave very low yields compared with those obtained with triple superphosphate, ordinary superphosphate and escorias Thomas. However, there was no significant difference among the last three sources ($P > 0,05$)

The mean value of potato response to the application of different levels of P_2O_5 was highly significant and had a quadratic tendency ($P < 0,05$). The maximum yield was obtained when 400 Kg. of P_2O_5 /hectare were applied.

The different levels of P_2O_5 caused a remarkable response when escorias Thomas, triple or ordinary superphosphate were applied. There was no response from the plant to the a-

application of phosphoric rock. The same effect was observed, according to the rate used.

A previous economical analysis indicated that the application of triple superphosphate and escorias Thomas gave a better, income than that obtained when ordinary or phosphoric rock were used.

It is recommended, here, the use of escorias Thomas because of its price, being four times as cheaper, and because the results showed significant advantages over triple superphosphate.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Anézquita, E. y C. A. Figueroa. 1970. Estudios de sesquióxidos y sus relaciones moleculares en suelos de Nariño. Tesis. Pasto, Colombia, ITA., Univ. de Nariño. 66p.
2. Anónimo. 1968. Nutrientes indispensables para producir buenas cosechas. Agricultura de las Américas. (8):37-38.
3. _____. 1966. Producción comercial de papa. Parte II, Morfología y Anatomía. Agricultura de las Américas. (2):30-32.
4. Blasco, M. L. 1963. Conferencias de suelos. Facultad de Agronomía, Univ. Nacional, Palmira, Valle, Colombia. 428p. (en mimeógrafo).
5. _____. 1969. Fertilidad de los suelos de Nariño. En Memorias II Reunión Nacional de Suelos ITA-ICA., Univ. de Nariño, Pasto, Colombia. (25):31-32.
6. Bouyoucos, G. A. 1934. A comparison between the pipette method for making mechanical analysis of soil. Soil Sc. 38:335-343.
7. Bremner, J. M. 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldhal method. Jour. Agric. Sci. 55:11-13.

8. Buckman, H. O. y N. Brady. 1965. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. S. Barceló. México, UTHEA. 590p.
9. Chávez, R. 1963. Conferencias de agricultura. ITA., Univ. de Nariño, Pasto, Colombia. (notas manuscritas).
10. Estrada, N. 1965. Papa, un producto alimenticio básico para el mundo. Agricultura Tropical. 21(11): 707-712.
11. _____ et al. 1968. El cultivo de la papa. Plegable de Divulg. N° 10. Ins. Col. Agrop. Bogotá.
12. Fassbender, H. W. 1969. Deficiencia y fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas en América Central. En: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA., Turrialba, Costa Rica, 1969. p. irr.
13. Grosse, E. 1935. Compilación de los estudios geológicos oficiales en Colombia. Min. de Industrias. Biblioteca de Minas y Petróleos. Tomo III. Imprenta Nal. Bogotá. 554p.
14. Gruner, G. 1963. La fertilización de la papa. Boletín Verde. Verlagsgesellschaft für Ackerbau mbH, Hannover, Germany. (17):5-22.

15. Guerrero, R. R. 1965. Conferencias de suelos. ITA., Univ. de Nariño, Pasto, Colombia. (notas manuscritas).
16. _____ 1969. Estudio del efecto de dosis ascendentes de P_2O_5 con dos formas de aplicación y de cuatro combinaciones N-P sobre la producción y composición del pasto elefante (Pennisetum purpureum, Schum). Tesis M.S. Turrialba, Costa Rica, Ins. Inter. Cien. Agric. de la OEA. 76p.
17. Holdridge, L. R. 1958. Curso de ecología vegetal. Turrialba, Costa Rica. IICA. 45p. (en mimeógrafo).
18. ICA-informa. 1966. Estación Agropecuaria Experimental Obonuco. Bol. de Divulg. N° 6.
19. Jackson, M. L. 1964. Análisis químico de suelos. Trad. J. B. Martínez. Barcelona, Omega. 662p.
20. León, A. 1964. Estudios químicos y mineralógicos de los suelos de Colombia. Agricultura Tropical. 20 (80):442-451.
21. _____ 1969. Concepto sobre dosis de mantenimiento para fertilización. En Memorias II Reunión Nacional de Suelos ITA-ICA., Univ. de Nariño, Pasto, Colombia. (25):43-46.
22. López, M. A. 1958. Determinación del fósforo aprove-

chable en los suelos tropicales. Chinchiná, Colombia. Cenicafe. 9(5-6):109-120.

23. Luján, L. 1970. Evolución del cultivo de la papa en Colombia. Agricultura Tropical. 26(6):457-464.
24. Marín, G. 1967. Algunas sugerencias sobre el uso de fertilizantes y cal. Agricultura Tropical. 28(6):61-65.
25. _____. 1968. Recomendaciones tentativas de fertilizantes y cal para diversos cultivos de acuerdo con los resultados de los análisis de suelos. Primera aproximación. Rev. ICA. Ins. Col. Agrop. 3(2):91-101.
26. _____. y A. León. 1969. Informe preliminar sobre la fertilidad general de los suelos colombianos (resumen). En Memorias II Reunión Nacional de Suelos ITA-ICA., Univ. de Nariño, Pasto, Colombia, 1969. (25):19.
27. _____. y J. Gómez. 1966. Algunos aspectos del análisis de suelos. IV. La interpretación del análisis. Agricultura Tropical. 22(7):368-379.
28. _____. 1966. Algunos aspectos del análisis de suelos. V. Factores que deben tenerse en cuenta al hacer recomendaciones de fertilizantes y cal. Agricultura Tropical. 22(8):426-432.

29. Martini, J. A. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas en Centroamérica. En Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas en América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA., 1969. p. irr. en
30. McClung, A. C. 1964. Comentarios sobre el trabajo del Programa de Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario. 30p. (en mimeógrafo).
31. McCormick, A y F. Galeano. 1959. Estudio del valor fertilizante del fosfato Thomas. Agricultura Tropical. 15(7):450-459.
32. _____ 1963. Valor fertilizante del fosfato Thomas. Influencia de la época de aplicación en suelos orgánicos ácidos. I. Ensayos de invernadero. Agricultura Tropical. 7(19):406-411.
33. _____ 1963. Valor fertilizante del fosfato Thomas. Influencia de la época de aplicación en suelos orgánicos ácidos. II. Ensayo de campo. Agricultura Tropical. 7(19):590-593.
34. Memorias II Reunión Nacional de Suelos ITA-ICA., Univ. de Nariño, Pasto, Colombia, 1969. Publ. N° 25 73p.
35. Mora, E. y L. Legarda. 1969. Estudio de ciertas características de algunos suelos de Nariño relacionadas con las formaciones ecológicas. Tesis. Pasto,

- Colombia, ITA., Univ. de Nariño. 166p.
36. Munsell. 1954. Soil color chart. Baltimore, Munsell color. sin numeración.
37. Muñoz, R. 1969. Resultados de pruebas regionales en cebada, trigo y papa en el departamento de Nariño. En Memorias II Reunión Nacional de Suelos ITA-ICA., Univ. de Nariño, Pasto, Colombia, 1969. (25):33-34.
38. Navas, J., H. Manzano y A. C. McClung. 1966. Algunos aspectos del análisis de suelos. III. Calibración del análisis. Agricultura Tropical. 22:285-294.
39. Ortega, J. 1970. Estudio comparativo de tres fuentes de fósforo a diferentes niveles de aplicación en relación a su "absorción y fijación" en un suelo rojo de Nariño. Tesis. Pasto, Colombia, ITA., Univ. de Nariño. 122p.
40. Pérez, E. 1968. Ensayo de rendimiento de híbridos promisorios de papa en la Sabana de Bogotá y zonas circunvecinas. En Memorias IV Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos, Barranquilla, Colombia, 1967. Agricultura Tropical. pp.60-61.
41. _____. et al. 1966. ICA-Puracé, una nueva variedad de papa con altos rendimientos. Agricultura Tropical. 22(9):485-491.

42. Rangel, C. E. 1966. Conferencias sobre cultivo de la papa. ITA., Univ. de Nariño, Pasto, Colombia. (notas manuscritas).
43. _____ et al. 1966. Recomendaciones generales sobre el cultivo de la papa en el departamento de Nariño. Agricultura Tropical. 22(5):231-239.
44. Rodríguez, M. 1969. Futuro de la investigación de suelos en la regional N° 4. En Memorias II Reunión Nacional de Suelos ITA-ICA., Univ. de Nariño, Pasto, Colombia, 1969. (25):20-22.
45. _____. G. B. Baird y J. Correa. 1960. Fertilización de la papa en Antioquia. Bogotá, Colombia, Min. de Agric., DIA. Bol. Tec. N° 5. 21p.
46. _____. y J. Lotero. 1967. Respuesta de la lechuga "Romana" y alfalfa a fuentes y dosis de fósforo y cal en un suelo orgánico de Antioquia. Rev. ICA. Ins. Col. Agrop. 2(2):135-153.
47. Romaine, J. 1967. Alimento bien a sus plantas. Agricultura de las Américas. (1):8-10.
48. Salomón, G. y A. Awan. 1966. Análisis económicos fundamentales en fertilizaciones de papa, algodón y maíz. Ceiba. 12(1):27-43.
49. Schollenberger, C. J. and M. Simon. 1945. Determination of cation exchange properties of soil by ammo-

- nium acetate method. Soil Sci. 59:14.
50. Silva, F. 1968. Constantes físico-químicas importantes en fertilidad de suelos. En Memorias IV Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos, Barranquilla, Colombia, 1967. Agricultura Tropical. pp.195-201.
51. Sola, E. 1966. Guía práctica para la planificación, análisis e interpretación de los diseños experimentales mas comunes. INTA. Entreríos, Argentina, Secretaría de Estado de Agricul. y Ganad. Serie didáctica N° 1.
52. Ulloa, J. 1968. Campaña de multiplicación y distribución de semilla de papa de la Caja Agraria. En Memorias IV Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos, Barranquilla, Colombia, 1967. Agricultura Tropical. p64.
53. Vega, V. M. et al. 1963. Métodos analíticos de Laboratorio de Suelos. 2a. ed. Bogotá, Ins. Geográfico Agustín Codazzi. Publ. IT-6. 138p.
54. _____, G. Diaz y G. B. Baird. 1960. Fertilización de la papa en la Sabana de Bogotá y alrededores. Bogotá, Colombia, Min. de Agríc., DIA. Bol. Tec. N° 6 31p.
55. _____, J. Sanín y A. C. McClung. 1963. Influencia de la colocación de dos fertilizantes fosfata-

dos en el cultivo de la cebada, usando el radioisótopo P 32. Agricultura Tropical. 19:541-550.

56. Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjarev method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.
57. Wiecksorek, A. 1969. Respuesta de la papa a fertilización, en zonas frías de Cundinamarca, Boyacá y Caldas. En Memorias II Reunión Nacional de Suelos ITA-ICA., Univ. de Nariño, Pasto, Colombia, 1969. (25): 23-25.
58. _____ y G. B. Baird. 1959. Fertilización de la papa en Nariño. Bogotá, Colombia, Min. de Agric., DIA. Bol. Tec. N° 7. 20p.

TABLA I

Algunas características del perfil del suelo experimental

Municipio:	Pasto	Vegetación: Natural, pastos
Nombre del lugar:	Catambuco	Formación ecológica: Bosque hú-
Altitud (mts.)	3.000	medo montano (bh-M)
Relieve:	Ondulado,	Temperatura: 13°C. (prom. anual)
	Pend. 5-7%	Precipitación: 700-800 mm/año
Drenaje externo:	Rápido	Estación climática: Período hú-
Drenaje interno:	Rápido	medo
Presencia:	No	Presencia de piedras: no
	VIII. APENDICE	Diciembre de 1970

Profundidad en cm.	0-100	100-150	150-X
Color en húmedo	10YR2/1 negro	10YR2/1 negro	10YR3/2 café grisáceo muy oscuro
Textura	Fco. limosa	Fco. Arc. Lim.	Fco. Lim.
Estructura	Granular	Bloque peq.	Prismática
Consistencia	Muy friable	Friable	Friable

TABLA I

Algunas características del perfil del suelo experimental

Municipio:	Pasto	Vegetación: Natural, pastos
Nombre del lugar:	Catambuco	Formación ecológica: Bosque hú-
Altitud (mts.)	3.000	medo montano (bh-M)
Relieve:	Ondulado,	Temperatura: 13°C. (prom. anual)
	Pend. 5-7%	Precipitación: 700-800 mm/año
Drenaje externo:	Rápido	Estación climática: Período hú-
Drenaje interno:	Rápido	medo
Erosión:	No aparente	Presencia de piedras: no
		Fecha: Diciembre de 1970

Profundidad en cm.	0-100	100-150	150-X
Color en húmedo	10YR2/1 negro	10YR2/1 negro	10YR3/2café grisáceo muy oscuro
Textura	Fco. limoso	Fco. Arc. Lim.	Fco. Lim.
Estructura	Granular	Bloque peq.	Prismática
Consistencia	Muy friable	Friable	Friable

AN
T

633.491 15150

T582

Ej. 1 Timarán T. Rodrigo H.

Respuesta de la papa a fuente
dosis de fósforo en un ando sol

NOMBRE

Nº del Carnet *Rodrigo Timarán*

NOMBRE *Oscar calva de.*

Nº del Carnet

NOMBRE *Edward Otero*

Nº del Carnet *illegible*

NOMBRE *Helder Adarme*

Nº del Carnet *Felix Alcaaga B*

NOMBRE *John Daybi Bravo*

VENDE

400

003

203

A.N.

T.

633.491

T582

Ej.1

15150