

EVALUACION DE FUENTES DE FOSFORO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA, CON ENFASIS EN ROCA FOSFATADA Y FUENTES ORGANICAS

Guillermo Aguirre Y.¹

RESUMEN

Para evaluar el efecto de diversas fuentes de P, se condujeron 2 experimentos de fertilización en el cultivo de papa con las variedades CICA y Perricholi, en una zona altoandina (Chincheró 3800 msnm, Cusco), durante la campaña 92/93.

En los tratamientos dispuestos en BCR, se usaron fuentes solubles de amplia difusión comercial: Fosfato diamónico (FDA), Superfosfato Triple (ST), Superfos-24 (S-24), Compuesto 12-12-12, Superfosfato Hiperusa (S-H), comparándolas con fuentes poco solubles: Roca Fosfatada de Bayóvar molida y sin moler (RF), y fuentes orgánicas: Guano de Islas (GI) y «Fosfohumus» (F-h). Todas las fuentes fueron aplicadas a 160 kg P₂O₅/ha. El N y K₂O se aplicaron a 160 y 120 kg/ha respectivamente. En los tratamientos se incluyeron 2 controles: un Testigo sin P y un Testigo absoluto sin NPK.

En ambas variedades de papa se encontró superioridad de las fuentes solubles. En papa Var. CICA con el FDA se logró rendimientos de 42.5 t/ha (132% más que el Testigo sin P = 18.4 t/ha), y en Var. Perricholi con ST se logró 42.8 t/ha (143% más que el Testigo sin P = 17.6 t/ha). En ambas variedades secundó el S-24 (CICA 36.1 t/ha y Perricholi 34.8 t/ha).

Tanto la RF de Bayóvar como las fuentes orgánicas (GI y Fosfohumus), tuvieron similar performance, pero no de la envergadura de las otras fuentes solubles (RF molida = 27.3; Comp.12-12-12 = 28.1; Fosfohumus = 28.7; GI = 30.8 t/ha de papa Var. CICA. RF sin moler = 23.5 ; S-H = 26.0 ; RF molida = 26.3 t/ha de papa Var. Perricholi), representando incrementos en un rango entre 48 hasta 68% con respecto al Testigo sin P. Asimismo se ratificó la conveniencia de la molienda de la RF, cuando ésta se aplica sola.

Estos resultados, confirman la viabilidad del uso directo de RF y/o combinada con fuentes solubles y materia orgánica («Fosfohumus»), así como la necesidad del retorno al uso de Guano de Islas, siendo todas ellas fuentes naturales. Estas alternativas en el uso de

¹ Profesor Asociado del Departamento de Suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina.

fuentes de P, harán de la fertilización una práctica agrónomicamente estable, ecológicamente sostenible y económicamente rentable.

SUMMARY

During the farming period 92/93 has been done two field experiments in the highlands of Cusco located in Chinchero at 3800 m of elevation.

The main purpose of this research work was to evaluate the influence of different sources of phosphorous such as Diamonium Phosphate (FDA), Triple Phosphate (ST), Superphos-24 (S-24), Fertilizer 12-12-12, Hiperusa Superphosphate, ground and unground Rock Phosphate (RF), Coast bird fertilizer (GI) and Phosphohumus (FH) at level of 160 kg/ha of P_2O_5 as well as in all cases were used Nitrogen at level of 160 kg/ha and K_2O at level of 120 kg/ha on two potato varieties (CICA and Perricholi). In addition it was considered two control treatments, one of them without phosphorous and the other without N-P-K.

The results showed that with control treatment (without P) was obtained a yield of 18.4 t/ha and with FDA 42.5 t/ha (increase of 132%) in CICA variety and of 17.6 t/ha and 42.8 t/ha (increase of 143%) in Perricholi variety. With ST was obtained a yield of 36.1 t/ha (CICA) and 34.8 t/ha (Perricholi). After all, with less soluble sources of phosphorous were obtained a yield of 27.3 t/ha with ground RF; 28.1 t/ha with Fertilizer 12-12-12; 28.7 t/ha with "Fosfohumus" and 30.8 t/ha with GI in CICA variety and 23.5 t/ha with unground RF, 26.0 t/ha with S-H; 26.3 t/ha with Ground RF in Perricholi variety. These represent increases on the yield between 48-68%.

These results show that the direct use of RF with soluble sources of phosphorous and of organic matter are excellent alternatives in order to have an ecological and suitable agriculture and improve rentability to the farmers.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores limitantes de la producción agrícola en el Perú lo constituye la escasa fertilidad de los suelos, que en promedio alcanza al 60% de las tierras agrícolas. En lo particular, numerosas investigaciones señalan al fósforo como el elemento más deficiente en la Sierra, llegando hasta un 80% de suelos de contenido medio a bajo de P disponible (Cano, 1968, 1973; Valverde, 1965).

Caracterizados como Andosoles háplicos y vitricos (Zamora y Bao, 1969), los

suelos de la Sierra Sur, exhiben como características esenciales elevada acidez, escasa disponibilidad de P y alta fijación de fosfatos, lenta mineralización de materia orgánica. Estas características se condicen con la utilización de fuentes de P de baja solubilidad y prolongado efecto residual, como es la Roca Fosfatada de Bayóvar.

Son reconocidos los esfuerzos realizados a través de ensayos durante los últimos 20 años por propiciar el uso de Roca Fosfatada en sustitución y/o complementación con fuentes solubles (Superfosfato Simple, Superfosfato Triple, Fosfato

diamónico). Numerosos ensayos han demostrado esta posibilidad (López, 1986); sin embargo, por diversas razones sigue prevaleciendo el uso de fuentes solubles llegando a constituir más del 90% del consumo total de P_2O_5 , de aproximadamente 30,000 t/año.

El Perú cuenta con una de las mayores reservas de fosfatos en el mundo (15% del total de reservas). Ubicado en el desierto de Sechura, las reservas potenciales de Bayóvar se estiman en 10,000 millones de toneladas (Alegre y Chumbimune, 1992); con reservas probadas de 258 millones de toneladas a una concentración de 30.5% de P_2O_5 .

La efectividad agronómica de la RF está relacionada con su solubilidad, y ésta a su vez es dependiente de: a) pH del medio, b) actividad del ion Ca en la solución suelo, c) contenido de materia orgánica, d) grado de sustitución de carbonato en la RF., y e) tamaño de partícula o finura. Reacción o pH, actividad del Ca y materia orgánica, corresponden a características del suelo; y grado de sustitución de $CO_3^{=}$ y finura corresponden a características de la RF. Comparada con otras RF de otros lugares, la de Bayóvar resulta ser la de más alta reactividad (Khasawneh y Doll, 1978).

De acuerdo al estudio de evaluación de la fertilidad de los suelos del Perú realizado por Cano (1973), se estima que la Sierra tendría un consumo potencial de 100,000 t de P_2O_5 /año; sin embargo esta necesidad es cubierta tan solo al 12%, abriéndose un mercado posible para la Roca Fosfatada y otros abonos orgánicos como el Guano de Islas. Estas estimaciones no consideran las extensiones de Pastos Naturales que alcanzan a 15 millones de ha.

El Guano de Islas es otra alternativa que en tiempos pretéritos constituyó una fuente

importante de fósforo. En la actualidad, con una población aproximada de 4 millones de aves guaneras, representan apenas una contribución de 2,000 t de P_2O_5 (20,000 t de guano/año) (Cabrera, 1988).

Por otro lado, de todos los cultivos establecidos en la Sierra, la papa ha merecido la máxima atención de los investigadores, tanto por el área sembrada (aproxim. 200,000 has), como porque es el cultivo que acapara la fertilización, ya que en un sistema de rotación es considerado cultivo de cabecera. Hasta la década del 50 la fertilización de la papa estuvo basada en el Guano de Islas, y el empleo de fertilizantes sintéticos se hacía sólo como complemento (Villagarcía, 1983). Posteriormente frente a la declinación de la población de aves guaneras, por la intensificación de la actividad pesquera en la década del 60, las interferencias climáticas y otros factores, el Guano de Islas fue desplazado por abonos sintéticos, habiéndose realizado numerosos ensayos con éstos, estableciendo recomendaciones que van de 80 a 200 kg. de P_2O_5 /ha (Villagarcía, 1983).

Si bien es cierto, que ensayos de fertilización en papa realizados en diversos lugares de la Sierra del Perú, indican una clara superioridad de las fuentes solubles (SS, ST, FDA), también es verdad, que en algunos casos la Roca Fosfatada de Bayóvar y las fuentes orgánicas han exhibido resultados semejantes a los primeros, representando alternativas de bajo costo, que preservan el ambiente ecológico del suelo y hacen de éste un ambiente edáfico estable.

El propósito de este trabajo, al probar diversas fuentes de fósforo en el cultivo de papa, es poner a prueba la viabilidad del uso de la Roca Fosfatada de Bayóvar y fuentes orgánicas, como alternativas al alcance del agricultor andino.

MATERIALES Y METODOS

Se condujeron 2 experimentos en la localidad de Chinchero a 3800 msnm, (Urubamba-Cusco); durante la campaña Nov.92/May.93, en condiciones de secano.

Se utilizaron las variedades de papa, CICA y Perricholi; variedades

mejoradas de amplia difusión en la Sierra Sur.

Las condiciones climatológicas indicaron una precipitación total para la campaña de 723 mm, temperatura promedio de 11.7 °C, y 62% de humedad relativa (Estación Ancachuro, Anta-Cusco).

Las características de los suelos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Características físico-químicas de los suelos

	Experimento 1 (Papa Var.CICA)	Experimento 2 (Papa Var.Perricholi)
Textura	Franco	Fco-arcilloso
pH	5.6	5.7
CE (dS/m)	0.13	0.28
Mat.Org. (%)	2.62	1.12
P disp-Olsen (ppm)	13.3	8.1
K ₂ O disp (kg/ha)	443	452
CIC (meq/100 g)	16.8	33.6
Ca ⁺⁺ «	14.50	30.56
Mg ⁺⁺ «	0.61	1.94
K ⁺ «	0.37	0.57
Na ⁺ «	0.45	0.23
Al ³⁺ + H ⁺ «	0.87	0.30

Según los valores presentados, se pueden reportar que son suelos que no tienen problemas de salinidad, son de reacción ácida, contenido medio a bajo de materia orgánica, medio en P y K disponibles.

Las fuentes fosfatadas usadas fueron las que se enumeran en la Tabla 2, a un nivel de 160 kg de P_2O_5 /ha, tal como se detalla para cada experimento.

Tabla 2: Tratamientos

Experimento 1 (Papa Var.CICA)	Experimento 2 (Papa Var.Perricholi)
Nro. Fuentes de P_2O_5	Nro. Fuentes de P_2O_5
01 Roca Fosf.Molida (RFM)	01 Roca Fosf.Molida (RFM)
02 Fosfohumus ^a (Fosf.-h)	02 Roca Fosf. Sin moler (RFSM)
03 Guano de Islas ^b (GI)	03 Superfos-24 (S-24)
04 Superfos-24 (S-24)	04 Fosfato diamónico (FDA)
05 Fosfato diamónico (FDA)	05 Superfosf. Hiperusa (S-Hi)
06 Superfosf.Hiperusa ^c (S-Hi)	06 Superfosfato Triple (ST)
07 Compuesto 12-12-12	07 Test.Sin P (N-0-K)
08 Test.sin P (N-0-K)	08 Test.sin NPK (0-0-0)
09 Test.sin NPK (0-0-0)	

- (a) Fosfohumus (20% P_2O_5): Mezcla de Roca Fosfatada Bayóvar + Superfos-24 + Estiércol
- (b) Guano de Islas enriquecido (10%N-10% P_2O_5 -2% K_2O)
- (c) Superfosfato Hiperusa: Fosfato Nacional de 40% de P_2O_5

La fertilización N y K₂O se hicieron a 160 y 120 kg/ha respectivamente, usando Urea y Cloruro de potasio como fuentes.

En parcelas de 4 surcos de 10 m, y 1 m entre surcos, se cosecharon los dos surcos centrales, llevando los resultados a valores de t/ha.

El diseño experimental utilizado fue el Bloque Completamente Randomizado, con 3 repeticiones de cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1

En la Tabla 3 y Fig.1 se muestran los resultados de los diversos tratamien-

tos. El análisis de variancia muestra diferencias altamente significativas entre ellos, indicando una vez más el efecto general de la fertilización fosfatada a pesar del contenido de P disponible que podría calificarse como medio (13.3 ppm-Olsen).

Asimismo, es notoria la superioridad del FDA (42.5 t/ha) que incrementa rendimientos hasta de 232% con respecto al Testigo sin P. Este mayor efecto de debería al efecto estimulador del NH₄⁺ como ión acompañante del fosfato. Se podría establecer un segundo agrupamiento de fuentes que tienen comportamiento similar, conformado por el S-24, ST, GI, Fosfohumus y Comp.12-12-12, por lo que en estos casos la elección estaría en función del costo de la fuente fosfatada.

Tabla 3: Efecto de Fuentes de P₂O₅ en el rendimiento del cultivo de papa Var. CICA (t/ha)

Trat.	Fuente	Rdto.	Signific.	Indice
07	Fosfato Diamónico	42.5	a'	232
06	Superfos-24	36.1	a b	197
08	Superf.Hiperusa	31.2	b c	170
05	Guano de Islas	30.8	b c	168
04	Fosfohumus	29.7	b c	162
09	Comp.12-12-12	28.1	b c	153
03	Roca Fosf.Molida	27.3	c	149
02	Testigo sin P (N0K)	18.4	d	100
01	Testigo sin NPK (000)	15.4	d	84

(*) Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí (P<0.05)

La respuesta de las fuentes orgánicas como el GI y el «Fosfohumus» es explicable por el contenido relativamente bajo de materia orgánica en el suelo (2.6%). Su menor performance con respecto a las fuentes minerales solubles (FDA y S-24), es explicable por el menor ritmo de mineralización de la materia orgánica, para estas condiciones de pH ácido y bajas temperaturas.

Asimismo, de acuerdo a la Prueba DLS, la RF tiene similares efectos que el Superfosfato Hiperusa, el Guano de Islas, Fosfo-humus y 12-12-12. Sólo es superado por S-24 y FDA. Con respecto al Testigo la RF tan sólo logró incrementos del 49%. Este resulta-

do podría interpretarse por el elevado porcentaje de Saturación de Bases en el complejo de cambio del suelo (95%, de los que el Ca, constituye el 86%). Muy a pesar de la acidez del suelo y la finura de la RF, es la actividad del ión Ca en la solución suelo la que reprime una mayor solubilidad de la RF, y por ende un mayor aprovisionamiento del ion fosfato en la nutrición de las plantas. Estos resultados indicarían que sería la mejor opción, si se considera el menor costo, el mayor efecto residual y sobre todo una fuente natural. En iguales términos, el GI y el fosfohumus constituyen una buena alternativa, si se considera más aún, los beneficios en el mejoramiento de las condiciones físicas y biológicas del suelo.

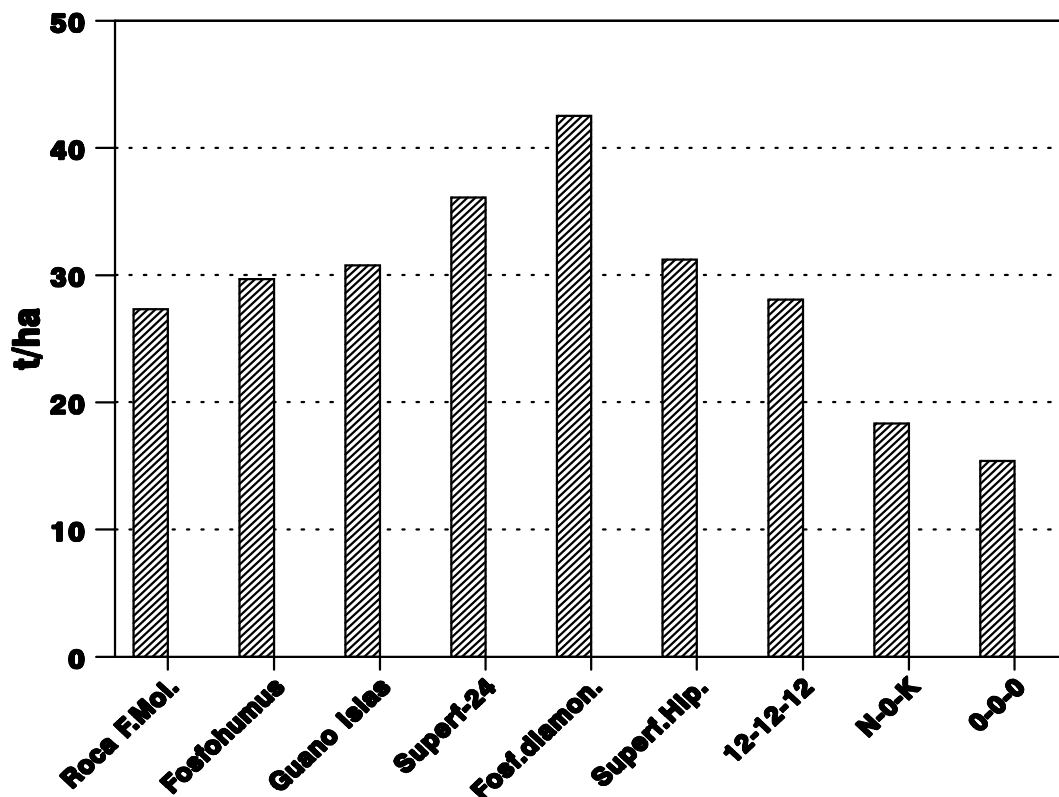


Fig.1: Efecto de fuentes de P₂O₅ en el rendimiento del cultivo de papa Var. CICA, en Chinchero 3800 msnm - Cusco, durante la campaña 92/93.

Experimento 2

Los resultados del segundo experimento con papa Var. Perricholi se observan en la Tabla 4 y Fig.2. El análisis de variancias muestra diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), para cada una de las fuentes de P. El máximo incremento se obtiene

con ST (143%) con respecto al tratamiento Control sin P, y casi quintuplica al rendimiento del tratamiento Testigo absoluto (sin NPK). Respuestas tan contundentes sólo son explicables por el tenor bajo de materia orgánica (1.1%) y contenido relativamente bajo de P disponible (8.1 ppm-Olsen) del suelo.

Tabla 4: Efecto de fuentes de P_2O_5 en el rendimiento del cultivo de papa Var. Perricholi (t/ha)

Trat.	Fuente	Rdto.	Signif.	Indice
08	Superfosfato Triple	42.8	a*	243
05	Superfos-24	34.8	b	198
06	Fosfato diamónico	34.3	b	195
03	Roca Fosf. Molida	26.3	c	149
07	Superf. Hiperusa	26.0	c	148
04	Roca Fosf. Sin moler	23.5	c d	133
02	Testigo sin P (N0K)	17.6	d	100
01	Testigo sin NPK (000)	8.6	e	49

(*) Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P < 0.05$)

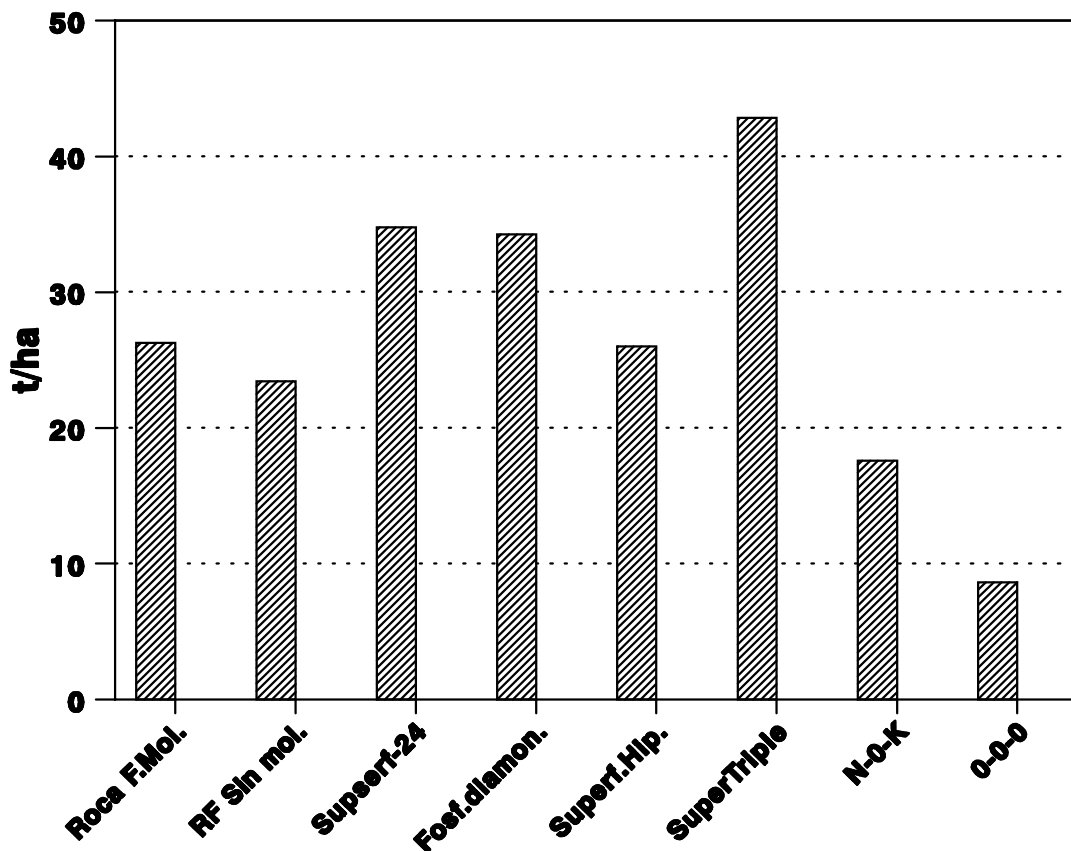


Fig.2: Efecto de fuentes de P₂O₅ en el rendimiento del cultivo de papa Var. Perricholi, en Chinchero 3800 msnm - Cusco, durante la campaña 92/93.

Un segundo grupo de fuentes estaría constituido por el S-24 y el FDA que logran incrementos de 98 y 95% respectivamente. Un tercer grupo de fuentes de efectos similares estaría constituido por la RF molida y sin moler y el Superfosfato Hiperusa (S-Hi). Los incrementos de 49 y 33% por efecto de la RF molida y sin moler respectivamente, con relación al Testigo son explicables por la elevada saturación de bases (99%) y la deducible actividad del Ca resultante del alto porcentaje de Ca intercambiable (90%) y bajo conte-

nido de materia orgánica del suelo (Khasawneh y Doll, 1978). Nótese que siendo el S-Hi (40% P₂O₅) una fuente comercial, tiene igual comportamiento que la RF molida y sin moler.

Si comparamos el efecto de finura, aquí es necesario puntualizar la importancia de la molienda de la RF cuando ésta se aplica sola, ratificando una vez más resultados similares obtenidos por Davelouis, Rajan (citados por López, 1986). y Guerrero (1987).

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en los dos ensayos se tienen las siguientes conclusiones:

- La fertilización fosfatada repercutió significativamente en el rendimiento de tubérculo de papa.
- Se confirmó la superioridad de las fuentes solubles (ST, FDA, S-24) con respecto a las fuentes poco solubles (RF) y las fuentes orgánicas (GI, Fosf.h)
- La RF de Bayóvar y las fuentes orgánicas (Fosfohumus y GI), tuvieron efectos similares a otras fuentes comerciales como el Superfosfato Hiperusa y el Compuesto 12-12-12
- La RF molida tuvo mejor resultado que la RF sin moler.
- Según el presente experimento, el uso de RF y fuentes orgánicas constituyen alternativas de menor costo para el agricultor andino, obteniendo resultados semejantes que a algunas fuentes comerciales.

BIBLIOGRAFIA

Alegre, J. y Chumbimune, R. 1991. Investigaciones y usos de la Roca Fosfórica en el Perú. II Reunión de la Red Latinoamericana de Roca Fosfórica. Táchira, Venezuela. 13 al 16 de Marzo.

Cabrera, D. 1988. Recurso Renovable del Perú: Guano de Islas. In Forum: Fertilizantes. Concytec. 23 al 25 Marzo. Lima-Perú.

Davelouis, J. 1973. Efecto del fósforo y de la finura de la roca fosfatada de Sechura, del encalado y del tiempo de incubación sobre el rendimiento y absorción de P por el sorgo. Tesis Mg.Sci. Lima, Univ. Nac. Agraria La Molina. 147 p.

Guerrero, G. 1987. Evaluación de diferentes tamaños de partículas y niveles de P_2O_5 de la Roca Fosfatada de Bayóvar en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. 63 p.

Khasawneh, F.E. and Doll, E.C. 1978. The use of Phosphate rock for direct application to soils. *Advances in Agronomy*. 30:159-206

López, R. 1986. Investigación Agrícola sobre Roca Fosfórica en el Perú. MNCSU-INIPA. Lima

Valverde, C. 1965. Importancia de la Fertilización Fosfatada en la Agricultura Nacional. In *Anales del Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos*. Lima-Perú.

Villagarcía, S. 1983. La fertilización de la papa en el Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 31 p.

Zamora, C. y Bao, R. 1969. Uso actual y potencial de los suelos derivados de ceniza volcánica del Perú. In *Panel sobre Suelos derivados de ceniza volcánica de América Latina*. Turrialba, Costa Rica. C.5.1-C.5.10