

## EFFECTO DE LA ROCA FOSFORICA INCUBADA EN UNA SOLUCION DE MICROORGANISMOS EN EL RENDIMIENTO DEL MANI (*Arachis hipogaea* L.), EN AYACUCHO

Alex Lázaro Tineo Bermúdez, Mario Huamán Palomino y José Narciso Gálvez Chavelón

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCB). Ayacucho, Perú. Correo electrónico: [tineoalex@hotmail.com](mailto:tineoalex@hotmail.com)

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la influencia del tiempo de incubación de la Roca fosfórica (RF), en una solución de Microorganismos en la solubilidad del fósforo, y su influencia en el rendimiento del maní (*Arachis hipogaea* L), se realizó el presente trabajo en la localidad de Agua Dulce, distrito de Anco, provincia de La Mar, Ayacucho, Perú, a 750 msnm. Durante distintos períodos (5, 10, 15, 20 días), se expuso la RF a la acción solubilizante de una solución de microorganismos (SM) con un pH de 3.5. La RF así tratada se aplicó a distintos niveles (50, 300, 550, 800, 1050 Kg.Ha<sup>-1</sup>), en las unidades experimentales (parcelas de 2.4m\*4m), según los tratamientos establecidos de acuerdo al Diseño 03 de Julio (D3J), en las que se cultivó maní. Los resultados encontrados permiten arribar a las conclusiones siguientes: (1) la SM tiene un efecto solubilizante sobre el fósforo de la RF, que se traduce en una mayor concentración de Fósforo disponible en este insumo y por consiguiente un mejor rendimiento de maní; (2) la RF incubada durante 20 días en la SM, contiene hasta 2000 veces más la concentración de fósforo disponible (2.14115 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) con respecto a la RF sin incubar (0.001145 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); (3) el factor tiempo de incubación de la RF en SM (X<sub>1</sub>) es el que tuvo mayor influencia en el rendimiento del maní; (4) la aplicación de la RF incubada en la SM permite mejorar el rendimiento de maní desde 1699 kg.ha<sup>-1</sup> en el T3 (1050 kg.ha<sup>-1</sup> de RF sin incubar) hasta 2763.8 kg.ha<sup>-1</sup> en el T4 (1050 kg.ha<sup>-1</sup> de RF incubado por 20 días), incluso en un suelo con pH casi neutro.

**Palabras clave:** Roca Fosfórica, microorganismos, solubilidad de fosfatos.

### INTRODUCCION

La Roca fosfórica (RF), es una fuente natural de fósforo, posee un 30% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; sin embargo, debido a su largo período de solubilización, ha sido considerado siempre como un fertilizante de segundo orden y recomendable sólo para suelos ácidos y cultivos perennes. El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos produce daños en los ecosistemas del suelo, trayendo como consecuencia graves desequilibrios y pérdidas de fertilidad biológica y física del mismo. Los agricultores del Valle de Río Apurímac (VRA), no practican el uso de abonos sintéticos ni orgánicos, en consecuencia la producción y productividad del maní es cada vez menor. Estos hechos ponen en evidencia la necesidad de proponer tecnologías alternativas, como el de los "Microorganismos Eficientes", para mejorar la solubilidad del fósforo de la RF. Se considera que la solubilización de distintas rocas fosfatadas y de otras fuentes de fósforo inorgánico por los microorganismos del suelo es una alternativa fundamental para incrementar la cantidad de fósforo disponible para las plantas, en armonía con el medio ambiente. Por estas consideraciones se realizó la presente investigación con el objetivo de evaluar el efecto de niveles crecientes de Roca fosfórica, sometida a diferentes tiempos de incubación en una solución de microorganismos (SM), en la solubilización del fosfato de la Roca fosfórica, y en el rendimiento de maní (*Arachis hipogaea* L.).

### MATERIALES Y METODOS

#### Ubicación.

El trabajo de investigación se desarrolló en dos etapas:

Todo el proceso de incubación de la RF en la SM, se realizó en un invernadero ubicado en el Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de

Huamanga (UNSCH), en Ayacucho, Perú, a 2760 m.s.n.m. cuyas coordenadas geográficas son 13°09'56" Latitud Sur y 74°13'40.2" Longitud oeste.

- La instalación, conducción y la evaluación de los tratamientos se realizó en una parcela ubicada en la comunidad de Agua Dulce, distrito de Anco, provincia de La Mar, Ayacucho, a 700 m.s.n.m

### Obtención de la solución de microorganismos.

Se realizó la captura de microorganismos en una compostera, colocando frascos con arroz cocido, cubierto con un pedazo de tela nylon, durante 2 semanas. Luego se extrajo el arroz (impregnado de microorganismos), se licuó y se mezcló con 1 litro de melaza y 3 litros de agua, sometiéndose a una fermentación anaeróbica durante una semana, obteniéndose así la Solución de Microorganismos, con un pH de 3.5

### Incubación de la Roca Fosfórica en la Solución de microorganismos.

Se procedió a incubar la Roca fosfórica (RF) en 5 envases durante 5, 10, 15 y 20 días, incluyendo la RF en su estado original (sin incubación, equivalente a 0 días de incubación).

### Diseño experimental y análisis estadístico.

Se utilizó el Diseño 03 de Julio (D3J), para dos factores; los niveles empleados en cada factor se indican en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Tiempo de Incubación (días) y Nivel de Roca Fosfórica (Kg.Ha<sup>-1</sup>)**

N°	Xi Codificado	Nivel del factor en estudio	
		Tiempo de Inc. (días)	Nivel de RF (kg.ha <sup>-1</sup> )
1	-2	0	50
2	-1	5	300
3	0	10	550
4	1	15	800
5	2	20	1050

La estructura de los tratamientos, de acuerdo al D3J es tal como se indica en el cuadro 2

**Cuadro 2: Estructura de tratamientos en el D3J, para 2 factores.**

Trat. N°	Xi Codificado		Tiempo Incubación. (días)	Nivel de Roca fosfórica (kg.ha <sup>-1</sup> )
	X1	X2		
1	-2	-2	0	50
2	2	-2	20	50
3	-2	2	0	1050
4	2	2	20	1050
5	-2	0	0	550
6	-1	0	5	550
7	1	0	15	550
8	2	0	20	550
9	0	-2	10	50
10	0	-1	10	300
11	0	1	10	800
12	0	2	10	1050
13	0	0	10	550

Los tratamientos se distribuyeron en el campo de acuerdo al diseño de Bloques completos al azar (DBCA). Cada tratamiento se repitió tres veces. Los análisis estadísticos se realizaron de acuerdo a la metodología propuesta por Tineo (2006).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Rendimiento de maní.

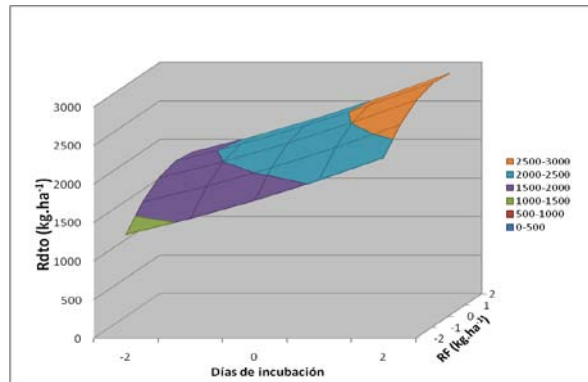
El cuadro 3 presenta los resultados del rendimiento de grano de maní, en el que se observa que los rendimientos más altos corresponden a los tratamientos T4 (1050 kg.ha<sup>-1</sup> de RF incubado por 20 días) con 2763.8 kg.ha<sup>-1</sup>, T8 (550 kg.ha<sup>-1</sup> de RF incubado por 20 días), T7 (550 kg.ha<sup>-1</sup> de RF incubado por 15 días), T2 (50 kg.ha<sup>-1</sup> de RF incubado por 20 días), T11 (800 kg.ha<sup>-1</sup> RF incubada por 10 días) y T12 (1050 kg.ha<sup>-1</sup> de RF incubada por 10 días); éste último con 2411.7 kg.ha<sup>-1</sup>; mientras que los rendimientos más bajos se obtuvieron con el testigo (50 kg.ha<sup>-1</sup> de RF sin incubar) que alcanzó apenas 1481.6 kg.ha<sup>-1</sup>, y con los tratamientos T9 (50 kg.ha<sup>-1</sup> de RF incubada por 10 días), T3 (1050 kg.ha<sup>-1</sup> de RF sin incubar), T10 (300 kg.ha<sup>-1</sup> de RF incubada por 10 días) y T5 (550 kg.ha<sup>-1</sup> de RF sin incubar); el último con 1801.8 kg.ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 3. Prueba de Duncan para el rendimiento de maní en grano kg.ha<sup>-1</sup>**

Tratamiento	Rendimiento promedio de grano maní del maní (kg.ha <sup>-1</sup> )	Grupo Duncan (0.05)
T4 (2,2)	2763.8	a
T8 (2,0)	2684.6	a b
T7 (1,0)	2594.7	a b
T2 (2,-2)	2518.0	a b
T11 (0,0)	2494.0	a b
T12 (0,2)	2411.7	a b
T13 (0,0)	2363.9	b
T6 (-1,0)	1996.3	c
T5 (-2,0)	1801.8	c
T10 (0,-1)	1746.0	c d
T3 (-2,2)	1699.1	c d
T9 (0,-2)	1613.0	d
T1 (-2,-2)	1481.6	d

Los resultados sugieren que la solución madre de microorganismos tuvo un efecto positivo en la solubilización del fosfato de la RF; asimismo una mayor cantidad de RF incubada y aplicada en el cultivo, se traduce en mayores rendimientos. Esta respuesta probablemente se deba a que una mayor cantidad de RF incubada contiene una mayor cantidad de fósforo disponible para la planta, lo que permite que el cultivo aproveche una mayor proporción de este nutriente.

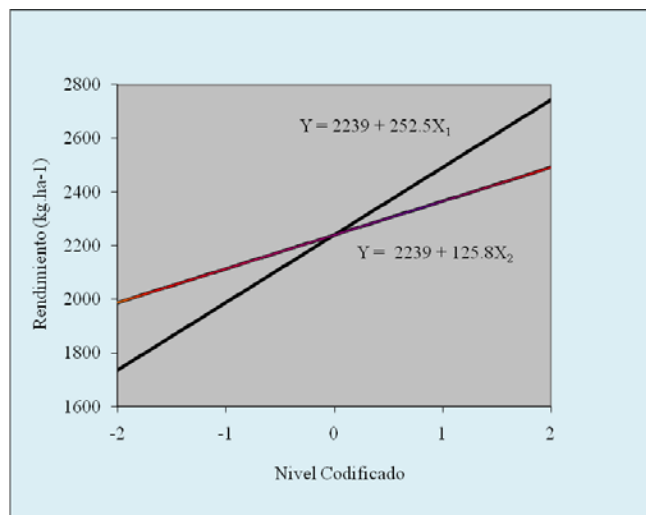
Al comparar los tratamientos con alta dosis de abonamiento (1050 kg.ha<sup>-1</sup> de FS): T4 (incubada por 20 días), T12 (incubada por 10 días) y T3 (sin incubar), se destaca que los rendimientos presentan una amplia variación, correspondiendo el rendimiento más alto (2763.8 kg.ha<sup>-1</sup>) al T4, seguido por el T12 (2411.7 kg.ha<sup>-1</sup>), y apenas 1699.1 kg.ha<sup>-1</sup> para el T3. De la misma forma, al comparar los Tratamientos con niveles bajos de abonamiento (50 kg.ha<sup>-1</sup> de FS): T2 (incubado por 20 días) alcanzó un rendimiento de 2518.0 kg.ha<sup>-1</sup>, mientras que T1 (sin incubar), llegó a 1481.6 Kg.ha<sup>-1</sup>. De estas comparaciones se desprende que todos los tratamientos que alcanzaron mayores rendimientos corresponden a la aplicación de RF tratada con SM; esto evidencia que la SM tiene un efecto solubilizante del fosfato de la RF.



**Gráfico 1. Efecto de la RF incubada en SM en el rendimiento de maní grano**

El análisis de regresión correspondiente indica que el rendimiento de maní es influenciado por los factores en estudio de acuerdo al modelo polinomial:  $Y = 2239.2 + 252.548X_1 + 125.842X_2 + 14.231X_1^2 - 50.414X_2^2 + 1.769 X_1X_2$ , con los que se elaboró el gráfico 1.

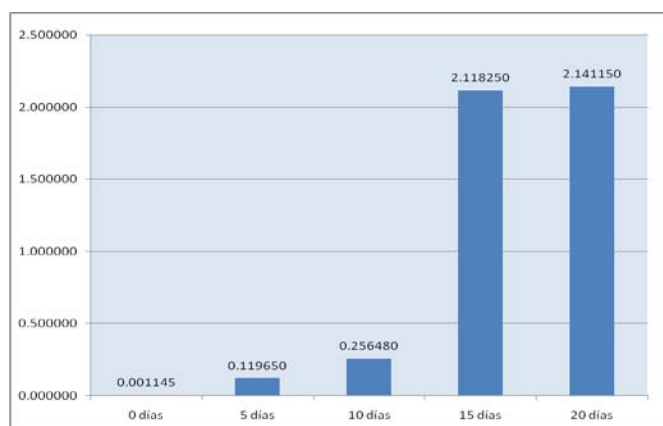
La respuesta del cultivo al efecto individual de cada factor se muestran en el gráfico 2, donde se destaca la pendiente de la curva que corresponde al factor  $X_1$ : tiempo de incubación de la RF en la SM, comparado con la pendiente del factor  $X_2$ : nivel de RF incubada; esto indica que los días de incubación de la RF en la SM es el factor que mayor influencia tiene sobre el rendimiento de maní.



**Gráfico 2. Efecto de la RF incubada en SM en el rendimiento de maní grano.**

**Solubilización de la Roca fosfórica incubada en la SM.**

Se realizó el análisis correspondiente de la RF incubada en la solución de microorganismos durante distintos períodos de tiempo (5, 10, 15 y 20 días); encontrándose que la RF incubada durante 20 días posee 2.14 % de  $P_2O_5$  disponible, en comparación con 0.001145% de  $P_2O_5$  existente en la RF sin tratar (Gráfico 3).



**Gráfico 3. Fósforo disponible (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) liberado a partir de la RF tratada en SM.**

Según Coyne (2000), existen 3 mecanismos básicos para solubilizar el fósforo mineral y hacer que resulte más disponible: la quelación, la reducción del hierro y la acidificación. Todos estos métodos desestabilizan los minerales en los que se encuentra el fósforo. Los compuestos orgánicos fabricados por los microorganismos, como el ácido oxálico, pueden quelar (unir) Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> y Fe<sup>+3</sup>, desestabilizando así el mineral de fosfato y solubilizando el fósforo. La producción de ácido por parte de los microorganismos disuelve los minerales. De esta manera, los ácidos orgánicos, el ácido nítrico (producido por agentes nitrificantes), el ácido sulfúrico (producido por los tiobacilos) y el ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) libera fósforo procedente de formas minerales.

## CONCLUSIONES

- ✓ La solución de microorganismos benéficos tiene un efecto solubilizante sobre la roca fosfórica que se traduce en una mayor concentración de fósforo disponible en este insumo y por consiguiente un mejor rendimiento del maní.
- ✓ La roca fosfórica tratada en la solución de microorganismos benéficos, logró liberar hasta 2000 veces más la concentración de fósforo disponible: desde 0.0011 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la roca fosfórica sin tratar hasta 2.1412 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la roca fosfórica tratada en SM durante 20 días.
- ✓ La producción de grano de maní por efecto del tiempo de incubación de la roca fosfórica en la SM (X<sub>1</sub>) y el nivel de RF aplicada al cultivo (X<sub>2</sub>), obedece al modelo:  $Y = 2239.179 + 252.54X_1 + 125.842X_2 + 14.231X_1^2 - 50.414X_2^2 + 1.769X_1X_2$
- ✓ El factor tiempo de incubación de la RF en SM (X<sub>1</sub>) es el que tuvo mayor influencia en el rendimiento del maní.
- ✓ La aplicación de RF incubada en la SM permite mejorar el rendimiento de maní desde 1699 kg.ha<sup>-1</sup> en el T3 (1050 kg.ha<sup>-1</sup> de RF sin incubar) hasta 2763.8 kg.ha<sup>-1</sup> en el T4 (1050 kg.ha<sup>-1</sup> de RF incubado por 20 días), incluso en un suelo con pH casi neutro.

## BIBLIOGRAFIA

- COYNE M. 2000. Microbiología del Suelo: un enfoque exploratorio. Edit. Paraninfo. Madrid. 524 p.
- TINEO, A. 2006. Superficies de Respuestas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, UNSCH. Ayacucho. 81 p.