

# Optimización de la calidad de un suelo agrícola por la aplicación de compost y abono sintético. Pampa del Arco, Ayacucho

Optimizing the quality of agricultural soil by an application of compost and synthetic fertilizer. Pampa del Arco, Ayacucho

Tineo, A.<sup>1</sup>, Cabrera, C.<sup>2</sup>

RECIBIDO: 18/06/2015 - APROBADO: 03/07/2015

## RESUMEN

Para determinar la mezcla de abonos, natural y sintético, que optimicen la calidad de un suelo agrícola, se realizó el presente trabajo en Pampa del Arco, Ayacucho, con suelo agrícola en descanso (por cinco años) bajo cobertura de *Pennisetum clandestinum*. La unidad experimental consistió en baldes plásticos para 20 kg de suelo con cultivo de tomate. Se utilizó el diseño 03 de julio para dos factores (a: abono natural, compost; b: fertilizantes sintéticos, NPK). Se evaluaron la calidad del suelo y salud del cultivo. Los resultados encontrados permiten concluir lo siguiente: 1. La calidad del suelo sufre cambios significativos según la mezcla de abonos, siendo más perjudiciales las que llevan altos niveles de abono sintético; contrariamente el compost contribuye a mantener una adecuada tasa de infiltración del agua en el perfil del suelo. La aplicación de abono sintético, sin compost, afecta la actividad microbiana del suelo; 2. El menor impacto negativo sobre la infiltración del agua en el perfil del suelo se consigue aplicando mezclas de un mínimo de 5 t.ha-1 de compost con 80-90-70 kg.ha-1 de NPK, o 7.5 t.ha-1 de compost con 160-180-140 kg.ha-1 de NPK; 3. Los modelos que predicen la influencia del abono orgánico (compost) y del abono sintético en la calidad del suelo y salud del cultivo son:  $Y = 22.74 + 2.0949X_1 - 4.3154X_2 + 0.8430X_1^2 - 0.5648X_2^2 + 0.2771X_1X_2$ , para la infiltración del agua;  $Y = 805.9 + 35.98462X_1 + 52.72179X_2 + 2.20291X_1^2 - 10.23337X_2^2 - 9.05208X_1X_2$ , para el rendimiento de tomate.

**Palabras clave:** calidad, suelo, abonamiento.

## ABSTRACT

To determine the mix of fertilizers: natural and synthetic, that optimize the quality of agricultural soil, this study was conducted, in Pampa del Arco Ayacucho, with agricultural land fallow (for five years) under *Pennisetum clandestinum* coverage. The experimental unit consisted of plastic buckets for 20 kg of soil with tomato crop. Design July 3 was used to two factors (a: natural fertilizer, compost, b: synthetic fertilizers, NPK). The "Soil Quality" and "Growing Health" were evaluated. The results allow us to conclude the following: 1. Soil quality undergoes significant changes as the mixture of fertilizers, being more harmful that carry high levels of synthetic fertilizer; contrary compost helps maintain an adequate rate of water infiltration into the soil profile. The application of synthetic fertilizer, not compost, affects soil microbial activity; 2. The least negative impact on water infiltration into the soil profile, is achieved by applying mixtures of at least 5 t ha-1 of compost with 80-90-70 NPK kg ha-1, or 7.5 t ha-1 of compost 160-180-140 NPK kg ha-1; 3. Models that predict the influence of organic fertilizer (compost) and synthetic fertilizer on soil quality and crop health are:  $Y = 22.74 + 2.0949X_1 - 4.3154X_2 + 0.8430X_1^2 - 0.5648X_2^2 + 0.2771X_1X_2$ , for water infiltration;  $Y = 805.9 + 35.98462X_1 + 52.72179X_2 + 2.20291X_1^2 - 10.23337X_2^2 - 9.05208X_1X_2$ , for tomato yield.

**Keywords:** Quality, soil, composting.

<sup>1</sup> Egresado de la Unidad de Posgrado FIGMMG-UNMSM profesional de la Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.

<sup>2</sup> Docente de la Unidad de Posgrado-Facultad de Ingeniería Geológica, Minería, Metalurgia y Geográfica UNMSM. Email: c.cabrera@unmsm.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

Es necesario controlar la degradación de suelos por el uso excesivo de fertilizantes sintéticos, utilizando mezclas apropiadas de abonos orgánicos (compost) y sintéticos (fuentes de NPK) que hagan sostenible el uso del suelo. En este sentido, se planteó el presente proyecto con la finalidad de conocer en qué medida la aplicación de la metodología de superficies de respuesta, diseño 03 de julio (D3J), permitirá determinar la mezcla de niveles de abono natural orgánico (compost) y abono sintético (urea, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio) para optimizar la calidad de un suelo agrícola, que permita un buen rendimiento de tomate en Pampa del Arco, Ayacucho, al año 2012. El trabajo se realizó con la finalidad de determinar el nivel de mezcla de abono natural orgánico (compost) y sintético (N-P-K) que optimice la calidad de un suelo agrícola de Pampa del Arco, Ayacucho, al año 2012, para un buen crecimiento y desarrollo del cultivo. Se evaluaron algunos indicadores de la calidad del suelo (permeabilidad, estabilidad estructural, pH, actividad microbiana) y salud del cultivo (rendimiento de frutos, materia seca radicular, peso de frutos comerciales, volumen de frutos).

## II. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1 Área geográfica del estudio

El trabajo se realizó en los ambientes del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en Pampa del Arco, Ayacucho, a 2,760 msnm. La zona de vida, estepa espinosa montano bajo subtropical (según la clasificación de Holdridge, 1987), se caracteriza por tener un clima semiárido con una precipitación media de 560 mm por año.

### 2.2 Determinación de la muestra

La evaluación se realizó en una muestra de suelo de un área agrícola representativa de la zona de vida que se mantuvo en descanso durante cinco años cubierta con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En las condiciones indicadas, el suelo reúne las características básicas para considerarlo de buena calidad; luego de separar cuidadosamente la parte vegetal, se recogió la cantidad necesaria de suelo superficial (0-25 cm), en la que se determinó sus características físicas, químicas, y biológicas (calidad del

suelo). Según Ibáñez y Aguirre (1983), las características químicas del suelo (Tabla N° 1) indican que se trata de un suelo ligeramente alcalino, muy rico en materia orgánica, muy alto en fósforo disponible y en potasio disponible.

Tabla N° 1. Características químicas del suelo. Pampa del Arco

Característica	Método	Contenido
Materia orgánica (%)	Walkley y Black	5.67
P disponible (ppm)	Bray y Kurtz II	64.94
K disponible (ppm)	Morgan y Peech	245.00
pH-H <sub>2</sub> O	Potenciómetro	7.60

### 2.3 Factores en estudio y diseño experimental

Los factores considerados en el presente trabajo fueron: abono natural orgánico (compost) y abono sintético (N-P-K). Se empleó el diseño 03 de julio, D3J (Tineo, 2014), un método de superficies de respuesta, cuya estructura de tratamientos se indica en la Tabla N° 2.

Tabla N°2. Estructura de tratamientos en el D3J, para 2 factores

Trat.	Codificado		Niveles reales (kg.ha-1)	
	X1	X2	Compost	Sintético
1	-2	-2	0000	000-000-000
2	2	-2	8000	000-000-000
3	-2	2	0000	320-360-280
4	2	2	8000	320-360-280
5	-2	0	0000	160-180-140
6	-1	0	2000	160-180-140
7	1	0	6000	160-180-140
8	2	0	8000	160-180-140
9	0	-2	4000	000-000-000
10	0	-1	4000	080-090-070
11	0	1	4000	240-270-210
12	0	2	4000	320-360-280
13	0	0	4000	160-180-140

Los tratamientos se distribuyeron en el área experimental utilizando el diseño de bloques completos al azar (tres bloques), haciendo un total de 39 unidades experimentales (u.e.). La u.e. consistió en una maceta de plástico de 20 kg de capacidad, con dos plantas de tomate.

### 2.4 Variables e indicadores

Se evaluaron los cambios producidos en la calidad del suelo y la salud del cultivo por el uso de diferentes mezclas de abono: compost y abono sintético (Tabla N° 3).

Tabla N°3. Especificaciones de las variables e indicadores

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice	Valoración	Instrumento
Independiente	Abono orgánico (compost)	Niveles de compost	t.ha-1	5 niveles	Balanza analítica
Mezclas de abono natural orgánico (compost) y abono sintético (NPK)	Abono sintético (urea, superfos triple de Ca, KCl)	Proporciones de abono sintético (NPK)	kg(N).ha-1 kg(P2O5).ha-1 kg(K2O).ha-1	5 fórmulas	Balanza analítica Balanza analítica Balanza analítica
Dependiente	Caract. físicas	Estab. estruct.	u	0,0 – 100,0	Tamiz
Calidad del suelo	Caract. químicas	Permeabilidad pH	cm.h-1	0,0 – 50,0	Anillo infiltrómetro
Salud del cultivo	Caract. biológ.	Act. microbiana	u	6,0 – 9,0	Potenciómetro
	Rendimiento efecto residual	Rdto. de frutos	u	0,1 – 30,0	Titulación
		Mat. seca radic.	t.ha-1	1,0 – 500	Balanza analítica
		Peso fruto com.	g/maceta	...	Balanza analítica
		Vol. frutos	g/maceta	...	Balanza analítica
		Rdto. cebada	cm3	10,0 – 50,0	Cálculo
			g/maceta		Balanza analítica

**III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

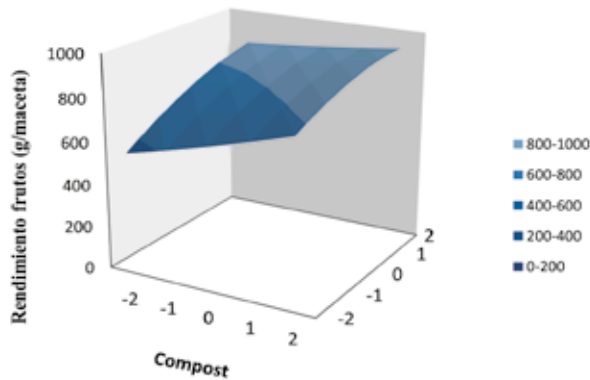
Los parámetros de calidad del suelo y salud del cultivo son varios; los considerados en este estudio permiten cuantificar cambios en la calidad del suelo y salud del cultivo y determinar los niveles de mezcla de abonos sintético y orgánico que optimicen la calidad del suelo.

**3.1 Del rendimiento de frutos**

**Tabla N° 4.** Coeficientes de regresión del modelo de polinomial para rendimiento

Parámetro	Valor estimado	error estándar	T	Pr >  T
Intercepto	805.91220	8.59698	93.74	0.0001**
X <sub>1</sub>	35.98462	3.63737	9.89	0.0001**
X <sub>2</sub>	52.72179	3.63737	14.49	0.0001**
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	2.20291	2.83269	0.78	0.4453ns
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-10.23337	2.83269	-3.61	0.0010**
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-9.05208	2.31838	-3.90	0.0004**

Según la Tabla N° 4, el modelo polinomial codificado, que explica la influencia del abonamiento orgánico (X<sub>1</sub>) y sintético (X<sub>2</sub>) en el rendimiento de frutos de tomate, sería:  $Y = 805.9 + 35.98462X_1 + 52.72179X_2 + 2.20291X_1^2 - 10.23337X_2^2 - 9.05208X_1X_2$ , y su representación gráfica se muestra en la Figura N° 1.



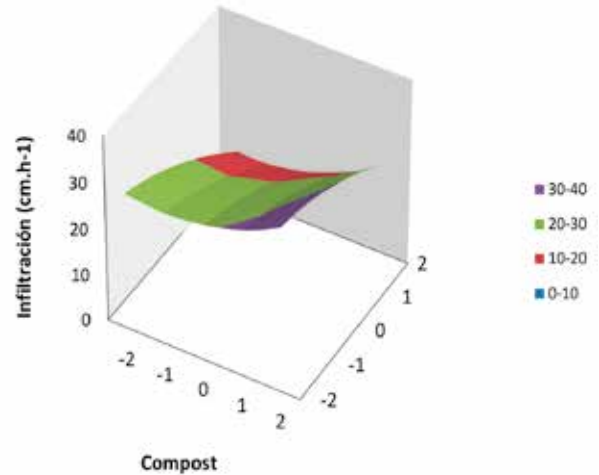
**Figura N° 1.** Superficie de respuesta para el rendimiento de frutos de tomate, por efecto de abonamiento orgánico y sintético. *Elaboración propia*

**3.2 De la Tasa de infiltración**

**Tabla N° 5.** Coeficientes de regresión para el modelo polinomial de la tasa de infiltración

Parámetro	Valor estimado	error estándar	T	Pr >  T
Intercepto	22.74368	0.93535	24.32	0.0001**
X <sub>1</sub>	2.09487	0.39574	5.29	0.0001**
X <sub>2</sub>	-4.31538	0.39574	-10.90	0.0001**
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	0.84300	0.30820	2.74	0.0100**
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.56484	0.30820	-1.83	0.0759ns
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.27708	0.25224	1.10	0.2799ns

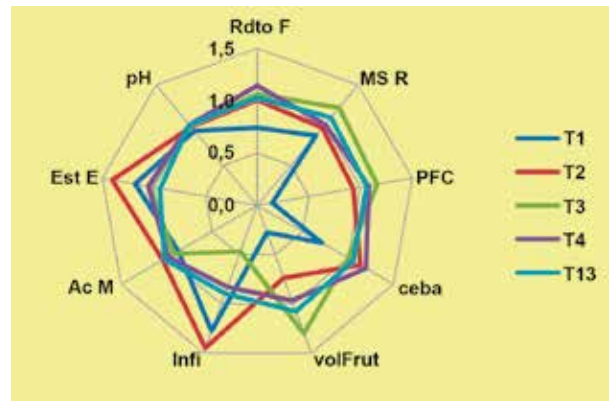
De acuerdo a la Tabla N° 5, el modelo polinomial codificado, que explica la influencia del abonamiento orgánico (X<sub>1</sub>) y sintético (X<sub>2</sub>) en la tasa de infiltración del agua a través del perfil del suelo, sería:  $Y = 22.7 + 2.0949X_1 - 4.3154X_2 + 0.8430X_1^2 - 0.5648X_2^2 + 0.2771X_1X_2$ , y su representación gráfica se muestra en la Figura N° 2.



**Figura N° 2.** Superficie de respuesta para la velocidad de infiltración del agua a través del perfil del suelo, por efecto de abonamiento orgánico y sintético. *Elaboración propia*

**3.3 De la calidad del suelo y salud del cultivo**

Para ilustrar estos indicadores se elaboraron gráficos ameba (Figuras N° 3, 4 y 5). Estas figuras muestran la variación relativa de la calidad del suelo (según cuatro parámetros: velocidad de infiltración del agua, Infi; actividad microbiana, Ac M; pH; y estabilidad estructural, Est E) y salud del cultivo (según cinco parámetros: rendimiento de frutos, Rdto F; rendimiento de materia seca en raíces, MS R; porcentaje de frutos comerciales, PFC; efecto residual en el rendimiento de cebada, ceba; y tamaño de frutos en volumen, vol. Frut), según el tipo de abonamiento y las cantidades empleadas.



**Figura N° 3.** Variación de la calidad del suelo y salud del cultivo (T1-T4).

La Figura N° 3 muestra la importancia de la aplicación de abono orgánico (T2) en el mantenimiento y la mejora de la estructura del suelo, que se refleja en la mejor estabilidad estructural del suelo y la velocidad de infiltración del agua a través del perfil del suelo; contrariamente, la aplicación unilateral de abono sintético (T3) afecta negativamente en la velocidad de infiltración, aunque permite obtener frutos de mayor tamaño, mayor rendimiento de materia seca en raíces y mayor porcentaje de frutos comerciales. El tratamiento que no recibió el aporte de ninguna clase de abono (T1) mantiene una adecuada es-

estructura; sin embargo, se caracteriza por un bajo rendimiento de frutos y de tamaños pequeños o muy pequeños, escaso rendimiento de materia seca en raíces y un mínimo porcentaje de frutos comerciales.

La Figura N° 4 muestra la importancia de la aplicación de las dosis crecientes de abono orgánico (T8) en el mantenimiento y mejora de la estructura del suelo, que se refleja en la mayor velocidad de infiltración del agua a través del perfil del suelo, aunque con menos significación en el rendimiento de frutos de tomate y en el rendimiento de cebada (efecto residual).

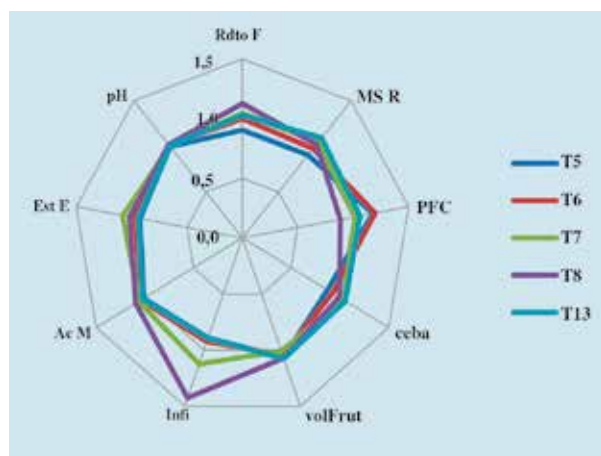


Figura N° 4. Variación de la calidad del suelo y salud del cultivo (T5-T8).

La Figura N°5 destaca la importancia de la aplicación de las dosis crecientes de abono sintético (T12) en el rendimiento de frutos de tomate y la obtención de un mayor porcentaje de frutos comerciales, es decir de mayor tamaño; sin embargo, también se manifiesta su efecto negativo en la estructura del suelo, que se refleja en una baja estabilidad y menor velocidad de infiltración del agua a través del perfil del suelo.

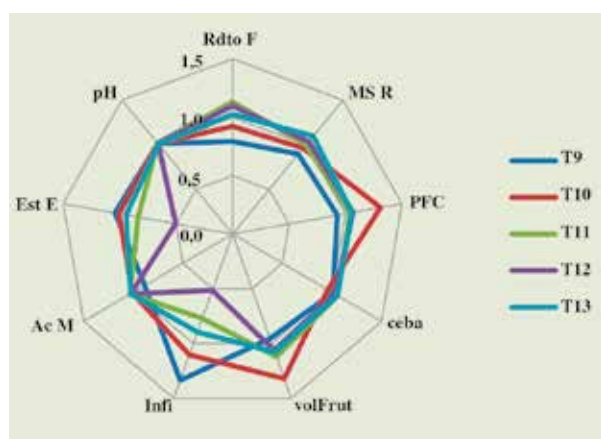


Figura N° 5. Variación de la calidad del suelo y salud del cultivo (T9-T12).

Los resultados encontrados ponen en evidencia los cambios producidos tanto en la calidad del suelo como en la salud del cultivo, como consecuencia del aporte de diferentes mezclas de abono orgánico y abono sintético.

Uno de los indicadores de la salud del cultivo es el rendimiento de frutos y el porcentaje de frutos comerciales, correspondiendo la producción más baja al testigo (que no recibió ningún abono); es conocido el hecho de que cualquier aporte de material fertilizante siempre se traducirá en un incremento de la producción. Los modelos de superficie de respuesta y los gráficos elaborados demuestran que, entre los dos factores empleados, es el abonamiento sintético el que más influye en el rendimiento de frutos de tomate, así como en la obtención de un mayor porcentaje de frutos comerciales.

El abono sintético combinado con una dosis media de abono orgánico es determinante en el tamaño de frutos de tomate, que se traduce en un mayor porcentaje de frutos comerciales (mayores de 4.0 por 4.5 cm). Los tratamientos que no recibieron abono provocaron frutos de menor tamaño, que no son muy apreciados en el mercado.

En cuanto a la calidad del suelo es evidente el efecto negativo de niveles altos de abono sintético, que se expresaron en el deterioro de la estructura cuyos indicadores (estabilidad estructural y velocidad de infiltración del agua) se vieron severamente afectados. En cambio, el abonamiento orgánico coadyuvó en alguna mejora de la calidad del suelo. En cuanto a la actividad microbiana, no se encontraron diferencias sustanciales, probablemente por el hecho de que la evaluación se realizó al final del cultivo.

Se desprende de estos resultados que una aplicación equilibrada de abono sintético y abono orgánico podría contribuir en la producción del cultivo, sin provocar deterioros significativos en la calidad del suelo y permitiendo, a su vez, la obtención de frutos de mejor calidad.

#### IV. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados permiten arribar a las conclusiones siguientes:

1. La calidad del suelo (estabilidad estructural y tasa de infiltración del agua en el perfil del suelo) sufre cambios significativos según el tipo de mezcla de abonos empleados, siendo más perjudiciales las mezclas que llevan altos niveles de abono sintético; por el contrario, el abono orgánico contribuye a mantener una adecuada tasa de infiltración del agua en el perfil del suelo y una buena estabilidad estructural. La aplicación de abono sintético puro, sin acompañar con compost, afecta la actividad microbiana del suelo.

2. El impacto negativo más bajo sobre la infiltración del agua en el perfil del suelo se consigue con aplicaciones de abono que consisten en mezclas de un mínimo de 5 t.ha<sup>-1</sup> de compost con abono sintético, hasta 80-90-70 kg.ha<sup>-1</sup> de NPK, o en mezclas de un mínimo de 7.5 t.ha<sup>-1</sup> de compost con abono sintético, hasta 160-180-140 kg.ha<sup>-1</sup> de NPK.
3. El mejor nivel de calidad del suelo estimada por efecto de la mezcla de compost y abono sintético corresponde a la mezcla de 10 t.ha<sup>-1</sup> de compost y 160-180-140 kg.ha<sup>-1</sup> de NPK.
4. Los modelos que predicen la influencia del abono orgánico (compost) y del abono sintético en la calidad del suelo y salud del cultivo son:  $Y = 22.7 + 2.0949X_1 - 4.3154X_2 + 0.8430X_1^2 - 0.5648X_2^2 + 0.2771X_1X_2$ , para la tasa de infiltración del agua a través del perfil del suelo;  $Y = 805.9 + 35.98462X_1 + 52.72179X_2 + 2.20291X_1^2 - 10.23337X_2^2 - 9.05208X_1X_2$ , para el rendimiento de frutos de tomate;  $Y = 46.265 + 0.37467X_1 + 3.12814X_2 - 1.91000X_1^2 - 0.52082X_2^2$

-  $2.05996X_1X_2$ , para el tamaño (volumen) de frutos de tomate.

## V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo brindado por la comunidad de Pampa del Arco-Ayacucho y a la comunidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica - UNMSM.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Holdridge, L.R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. IICA; San José, Costa Rica. 216 pp.
2. Ibáñez, R.; Aguirre, G. 1983. Fertilidad de suelos: Manual de prácticas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, UNSCH, Ayacucho. 136 p.
3. Tineo, A.L. 2014. Superficies de Respuesta: El Diseño 03 de Julio (Aplicaciones agronómicas). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 145 pp.