

PRODUCCIÓN DE PAPA CON ABONOS SÓLIDOS FERMENTADOS “COMPOST” EN LA SIERRA CENTRAL

Quispe, G.; La Torre M., B.*; Aguirre, G.

Departamento Académico de Suelos, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú

Autor de contacto: braulio@lamolina.edu.pe

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) ocupa el primer lugar en la producción hortícola de Perú y su cultivo requiere de un alto uso de insumos de agroquímicos, por lo que es conveniente buscar alternativas ecológica y económicamente sustentable que disminuyan esos consumos. En Huancayo (3300 msnm) se estableció un experimento a nivel de campo con papa, en donde se evaluó cinco tratamientos de compost a dos dosis (5 y 10 TM ha⁻¹), comparados con tres tratamientos testigos: Fertilización química 120-120-120 NPK + 10 TM ha⁻¹ de estiércol, 10 TM ha⁻¹ de estiércol y un control absoluto. Se realizaron análisis físicos y químicos de los compost preparados. Se midió el rendimiento de papa en las variables peso fresco de tubérculos totales, comerciales, no comerciales y dañados. El análisis económico de los tratamientos instalados fue realizado por el método del presupuesto parcial. Los resultados indican que la cantidad de nutrientes en los compost se encuentra influenciada por el insumo que se utiliza. Los mejores rendimientos en las variables peso fresco de tubérculos totales y comerciales se obtuvieron con los compost 1, 2, 5 y el tratamiento testigo con fertilización química ($P < 0.05$). La mejor dosis de compost se consiguió con la aplicación de 10 TM ha⁻¹ en las variables de pesos fresco de tubérculos totales comerciales y no comerciales. Los mayores beneficios económicos a una dosis de 10 TM ha⁻¹ se consiguieron con los compost 1 y 5, mientras a una dosis de 5 TM ha⁻¹ todos los compost son económicamente más rentables comparados con el fertilizante químico. Por lo tanto, los compost son una alternativa ecológica y económicamente sustentable, para disminuir el uso de fertilizantes químicos en el cultivo de papa.

PALABRAS CLAVE

Compost, Solanum tuberosum L., *Evaluación económica*

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el cultivo más importante, después de los cereales, en la alimentación humana (Romero et al., 2000). En el Perú, la papa ocupa

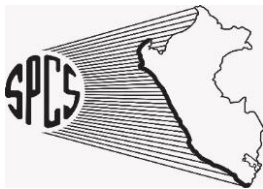


el primer lugar en el volumen de producción hortícola con aproximadamente 4 millones de toneladas anuales en una superficie de 296463 ha. Este cultivo representa el 9.60% de la superficie agrícola cosechada del país, consume casi el 21% del total de fertilizantes agrícolas importados, por lo que ocupa el primer lugar en el uso de estos insumos (INEI, 2012). El alto uso de los fertilizantes químicos en la agricultura ocasiona que los agro ecosistema se estén degradando. Ese uso excesivo de agroquímicos, se traduce en alteraciones del medio ambiente, en fragilidad de los agro-ecosistemas, e inseguridad alimentaría; provocando insostenibilidad de los sistemas de producción principalmente en la región andina, relacionadas con pequeños agricultores y productores de subsistencia. (Crisman et al., 1998).

Para revertir esta situación, se debe buscar la sustitución de las fuentes inorgánicas por fertilizantes orgánicos, como el compost, estiércol o biofertilizantes que conlleven a un incremento de la fertilidad del suelo a través de la mineralización de la materia orgánica (Benedetti et al., 1998), lo cual además se traduce en una mayor actividad biológicas y mejoras en las propiedades físicas (Altierrri & Nicholls, 2006; Matheus et al 2007; Bulluck et al., 2002; Stamatiadis et al., 1999; Pickering et al., 1998; Graetz, 1997; Cepeda, 2002) y químicas del suelo (Clark et al., 1998; Douds et al., 1997). De esta manera restaurar los agro-ecosistemas con alternativas tecnológicas basadas en el uso de los recursos locales, que permitan producir sus insumos y generar sistemas sostenibles.

En sus investigaciones Vereijken y Van Loon (1991) señalan que la producción comercial del cultivo de papa ha estado asociada al uso de agroquímicos que ocasionan problemas ambientales. En consecuencia se han realizado estudios sobre el efecto de compost, estiércol de vacuno y humus de lombriz en este cultivo (Gonzales et al., 1998). Ceylan et al. (2006) estudiaron el efecto del estiércol de vacuno y del guano de pollo evaluados a diferentes dosis (0, 2, 3, 4 y 6 TM ha⁻¹), en donde los mejores resultados se obtuvieron con el estiércol de vacuno (6 TM ha⁻¹) y el guano de pollo (2 TM ha⁻¹) comparado con el tratamiento control. Najm et al. (2010), estudiaron el efecto de la utilización de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, en donde encontraron que la mejor respuesta en el rendimiento fue con la aplicación de 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno y 20 TM ha⁻¹ de estiércol

Esta investigación se efectuó para evaluar el efecto de cinco fuentes orgánicas sobre el rendimiento y el análisis económico del cultivo de papa versus el fertilizante químico.



MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de los compost

Se instalaron 5 diferentes tipos de compost en Huancayo, Junín. Localizada a 3300 m de altitud, y entre las coordenadas 12° 4' latitud sur y 75° 13' longitud oeste. La temperatura promedio anual fue de 11.72 °C, la humedad relativa promedio anual fue de 67.02 % y la precipitación anual fue de 366 mm. Los tratamientos de los compost fueron seleccionados tras un año de investigación a nivel de invernadero, campo y los análisis fisicoquímicos de los abonos preparados. En la Tabla 1, se observa los diferentes compost instalados a base de: estiércoles de llama y vacuno, resto de paja seca de cebada, ceniza, urea y agua. El compost 1, es propio de los agricultores de la Sierra quienes mezclan los estiércoles de diferentes especies de animales, residuos de cosecha, ceniza y resto de cocina (Quispe, 2007), se diferencia del preparado por el agricultor en el manejo de las pilas (frecuencia de volteos y cantidad de agua). El compost 2, fue a base de estiércol de llama y paja de cebada en una proporción 2:1 en peso seco. Se agregó urea para bajar la relación carbono /nitrógeno (C/N) a 16. El compost 3, se diferencia del compost 2 por la urea y relación C/N de 36. El compost 4, tuvo estiércol de vacuno y paja de cebada en proporción 2:1 en peso seco, al cual se inoculó 6 diferentes cepas de bacterias celulolíticas para ver la capacidad degradativa en estas condiciones y disminuir el tiempo de elaboración del abono orgánico, la relación C/N fue de 34 (Tabla 2). Estas cepas fueron proporcionadas por el Centro Internacional de la Papa (CIP). El compost 5, se diferencia del compost 4 porque no se inoculó las bacterias. Todas las pilas tuvieron 250 kg de peso seco.

Los insumos para la producción de los compost fueron obtenidos de la zona en la Tabla 3 se aprecia los resultados de los análisis fisicoquímicos.

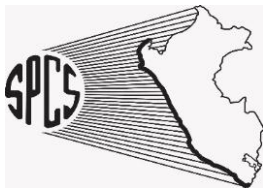


Tabla 1: Diferentes tratamientos de compost preparados

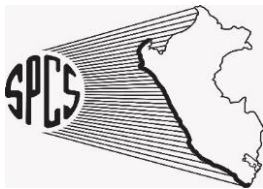
Tratamientos	Compost	Estiércol seco	Paja cebada	Ceniza	Urea	C/N
		kg				
Compost1	agricultor	250.0	-	12.5	-	20
Compost2	llama	166.6	83	12.5	7.100	16
Compost3	llama	166.6	83	12.5	-	36
Compost4*	vacuno	166.6	83	12.5	-	34
Compost 5	vacuno	166.6	83	12.5	-	34

- * tratamiento con microorganismos.

Tabla 2: Aplicación de bacterias lignocelulolíticas a los tratamientos de compost

Código CIP	Identificación	Propiedades
A1-19/08	<i>Actinomycetes</i>	Degradación de lignina, celulosa y almidón.
A1-31/08	<i>Actinomycetes</i>	Degradación de lignina, celulosa y almidón.
A1-37/08	<i>Actinomycetes</i>	Degradación de lignina, celulosa y almidón.
B1-21/06	<i>Bacillus subtilis</i>	Degradación de celulosa
B1-22/06	<i>Bacillus subtilis</i>	Degradación de celulosa

Las pilas de compost fueron instaladas, siguiendo la metodología de Avendaño (2003), estas pilas tuvieron una dimensión de 3 m de largo, 2.0 m de ancho y 1.50 m de alto, conformadas por tres capas de paja seca de cebada de 40 cm de espesor, alternadas con dos capas de estiércol de 15 cm de altura. La urea y la ceniza fueron esparcidas sobre la capa de estiércol. La cantidad de agua requerida en las pilas se determinó mediante el método del puño y la aireación fue manejada mediante volteos realizados



cada 30 días. El tratamiento 4 se inocula con microorganismos celulolíticos al inicio y sesenta días después de la instalación.

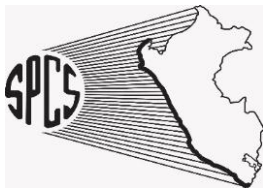
Tabla 3: Propiedades fisicoquímicas de los insumos utilizados en la elaboración de los tratamientos de compost

Características Fisicoquímicas	Insumos para la preparación de compost				
	Paja de cebada	Ceniza	Estiércol mixto	Estiércol de vacuno	Estiércol de llama
Humedad (%)	10.00	-	-	68.59	18.99
pH: 1:1v/v	-	10.74	8.60	8.91	8.40
CE. dS/m	-	36.50	-	8.86	2.18
M.O (%)	85.00	-	77.44	77.24	71.71
N (%)	0.25	-	2.26	1.90	1.72
P ₂ O ₅ (%)	0.38	2.51	1.21	1.42	0.99
K ₂ O (%)	1.40	6.10	2.40	4.90	1.13
CaO (%)	0.80	4.43	1.69	2.74	1.28
MgO (%)	0.20	1.20	0.66	0.80	0.50
Na (%)	0.30	0.50	0.20	0.50	0.15
S (%)	-	0.41	0.27	0.25	0.36
Fe (ppm)	465.00	2045.00	3050.00	2635.00	6140.00
Cu (ppm)	20.00	88.00	21.50	26.00	18.00
Zn (ppm)	95.00	215.00	100.00	130.00	82.00
Mn (ppm)	385.00	585.00	1235.00	245.00	1265.00

Fuente: LASPAF y elaboración propia

Evaluación biológica

Para la evaluación de la efectividad de los compost se estableció un ensayo a nivel de campo en el cultivo de papa cultivar Yungay. El suelo en donde se realizó el



experimento presento las siguientes características en una capa de 0 a 25 cm de espesor, el pH 7.00, N: 0.17%, P (Olsen):11.70 ppm, K: 120 ppm, CaCO₃:2.20% y 2.0% de materia orgánica. Los compost evaluados fueron los producidos en la Tabla 1, probados a dos dosis (5 y 10 TM ha⁻¹), comparados con tres tratamiento testigo: fertilización química 120-120-120 N, P₂O₅, K₂O + 10 TM ha⁻¹ de estiércol de ovino, 10 TM ha⁻¹ de estiércol de ovino y el control absoluto. La aplicación edáfica de los compost se realizó al momento de la siembra (noviembre 2010), sobre el tubérculo-semilla de categoría certificada. El experimento se estableció en condiciones de secano y de riego por gravedad. El diseño fue de bloques completos al azar con trece tratamientos y tres repeticiones por tratamiento con arreglo factorial (en los factores tipos de compost y dosis de aplicación). La parcela elemental consistió de 21 m² y el área por tratamiento fue de 63.3 m². El distanciamiento de siembra fue de 100 cm entre surco y 35 cm entre planta. Cada parcela elemental consistió de seis surcos y diez golpes por surco. De los cuales se cosecharon los cuatro surcos y los ocho golpes centrales.

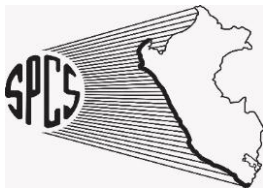
En el suelo no se aplicó ningún tipo de plaguicidas al momento de la siembra para no influir en el efecto de los abonos. Los fertilizantes químicos utilizados fueron el nitrato de amonio (33% de N) que fue aplicado 50% en la siembra y 50% en el aporque, el súper triple (46 % P₂O₅) y el cloruro de potasio (60 % de K₂O), aplicados al 100 % en la siembra

Las variables biométricas de rendimiento fueron procesados sin transformar mediante el análisis de variancia (ANVA) y la prueba de comparaciones de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$). En todos los casos haciendo uso del software SAS 9.1 (*StatisticalAnalysisSystem*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Preparación de los compost

El patrón de variación de la temperatura durante el proceso de composteo (Tomada entre 14:00 y 15:00 h) es ilustrado en la Figura 1. La temperatura fluctuó entre los 25 y 58°C, teniendo un comportamiento irregular; los tratamientos de compost 2 y 3 a base de estiércol de llama alcanzaron temperatura entre (45 y 55°C) en las once primeras



semanas. Luego los tratamientos de los compost 4 y 5 de estiércol de vacuno pasaron a tener la temperatura más elevada entre (50 y 58°C) hasta la cosecha de las pilas de compost. Este resultado es superior a Chilon (2010) quien produjo compost en la zona del Altiplano. El tratamiento de compost 1 registro la temperatura más baja (36°C). La temperatura entre los 55 y 75 °C garantiza la descomposición de la materia orgánica (Rynk, 1992; Miller, 1993; Szterm & Pravia, 1999). Según este indicador el compost 1 fue el único que no alcanzo dicho parámetro.

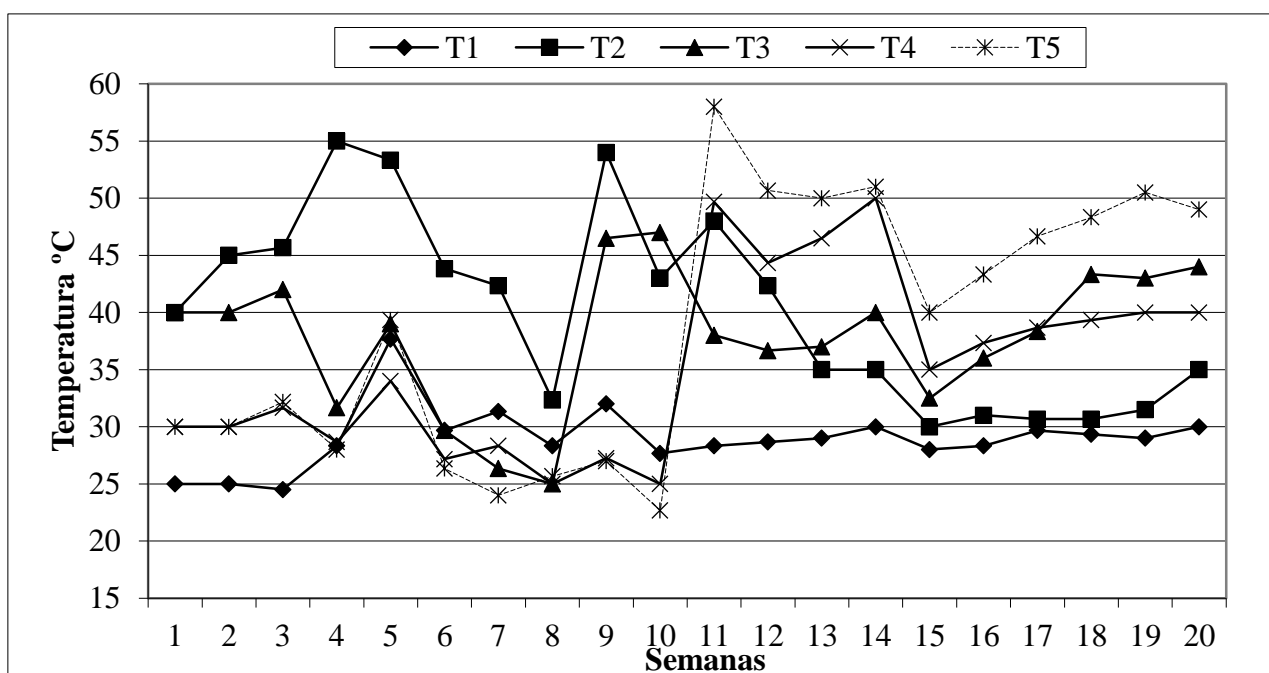


Figura1: Temperatura en diferentes tiempos de fermentación de los compost instalados del 6 junio al 6 de noviembre del 2010

En la Tabla 4 se observa los resultados de los análisis fisicoquímicos de los compost. Los pH promedios (8.44) más altos se registraron en los compost 5, 4 y 1. Este resultado coincide con Pierre *et al.* (2009) y Gonzales *et al.* (1998); pero menores a los de Henao (2002) y Hachicha *et al.* (2006). Estos valores de pH se encuentran dentro del rango del proceso de compostaje (Rynk, 1992; Tchobanoglous, 1993; Castrillon, 2006). La CE promedio más alta se observó en los compost 4 y 5 de 6.10 a 6.98 dS m⁻¹, debido a la CE del estiércol de vacuno (Tabla 3). La relación C/N promedio más baja



se registró en el compost 2 con 13.5, ya que tenía la relación C/N más baja al inicio del proceso de compostaje (Tabla 1). El nitrógeno promedio más alto se observó en el compost 2 con 2.40%, similar a Cerrato *et al.* (2007); y superior a los de Gonzales *et al.* (1998) y Pierre *et al.* (2009). Las cantidades promedios más elevadas de fósforo (1.76 a 1.87%), potasio (2.33 a 2.96%), calcio (4.53 a 5.22%) y magnesio (1.53 a 1.54%), se registraron en los compost 1, 4 y 5; debido a la cantidad de estos nutrientes en el estiércol de vacuno (Tabla 3). Estos resultados coinciden con Romero *et al.* (2000); Henao (2002) y Fening *et al.* (2010). El contenido de azufre en los cinco tratamientos de compost muestran resultados entre 0.25 a 0.37%, similares a Fonstad *et al.* (2003); pero menor a Marcano *et al.* (2003).

Los micro elementos promedios más altos de cobre (67 a 79 ppm), zinc (167 a 203 ppm) y hierro (11616 a 11633 ppm), se obtuvieron en los compost 4 y 5. Coincidiendo con Gonzales *et al.* (1998) y Ravindran *et al.* (2007). El manganeso promedio (1338 a 1353 ppm) más elevado se observó en los compost 2 y 3, a consecuencia del contenido de este nutriente en el estiércol de llama (Tabla 3).

Tabla 4: pH, CE, C/N y contenido totales de macro y micronutrientes en diferentes momentos de muestreos de los compost producidos.

Tipos de compost	Muestreos (días)	pH 1:1	CE 1:1	C/N	%						Cu	ppm		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S		Zn	Mn	Fe
Compost 1	55	7.96	5.05	16.7	1.74	1.92	2.61	4.42	1.41	0.30	47.00	150.5	960	8000
	113	8.73	4.10	14.7	1.93	1.74	2.20	4.96	1.52	0.32	55.50	125.0	1050	7420
	155	8.64	4.17	14.1	1.82	1.92	2.18	4.21	1.66	0.30	41.00	138.0	1200	8350
Promedio		8.44	4.44	15.1	1.83	1.86	2.33	4.53	1.53	0.31	47.80	137.8	1070	7923
Compost 2	55	6.92	4.63	17.4	1.96	1.16	1.79	2.68	0.83	0.26	75.00	150.0	1260	10450
	113	7.19	4.15	12.4	2.63	1.29	1.87	2.68	0.68	0.27	61.50	151.0	1465	11705
	155	8.13	4.07	12.1	2.62	1.21	1.08	2.10	0.54	0.23	65.00	138.5	1335	10000
Promedio		7.41	4.28	13.7	2.40	1.22	1.58	2.49	0.68	0.25	67.20	146.5	1353	10718



XVI Congreso Nacional y VII Internacional de la Ciencia del Suelo

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017

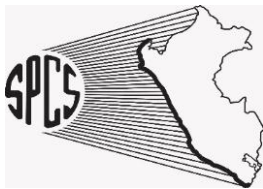
		7.74	3.62	25.3	1.56	0.93	1.64	2.43	0.74	0.33	64.50	139.5	1315	9300
Compost 3	55													
	113	8.04	3.35	18.6	1.88	0.97	1.71	2.85	0.95	0.32	78.00	110.0	1375	11300
	155	8.38	3.02	16.3	2.09	1.02	1.55	2.81	0.83	0.29	62.50	98.5	1325	10250
Promedio		8.05	3.33	19.6	1.84	0.97	1.63	2.69	0.84	0.31	68.30	116.0	1338	10283
Compost 4	55	8.02	7.47	30.2	0.91	1.85	2.89	4.87	1.55	0.37	57.00	210.0	520	10650
	113	8.46	6.69	18.6	1.23	1.86	2.85	5.59	1.59	0.36	75.00	133.5	760	11500
	155	8.81	6.77	17.2	1.23	1.57	2.66	4.98	1.44	0.36	69.50	157.5	790	12700
Promedio		8.43	6.10	21.2	1.12	1.76	2.80	5.14	1.53	0.37	67.17	167.0	690	11616
Compost 5	55	7.75	6.18	29.8	1.11	1.93	3.14	4.89	1.53	0.36	77.00	205.0	360	10850
	113	8.95	6.08	18.7	1.68	1.88	2.80	5.63	1.55	0.36	86.00	215.0	445	12050
	155	8.62	6.12	15.7	1.53	1.79	2.93	5.14	1.53	0.37	76.00	191.5	435	12000
Promedio		8.44	6.98	20.5	1.44	1.87	2.96	5.22	1.54	0.36	79.67	203.8	413	11633

Fuente: LASPAF y elaboración propia

Evaluación biológica

En la Tabla 5, se observa el efecto de los diferentes tratamientos de compost y los testigos sobre el rendimiento de papa cv Yungay en las variables de peso fresco de tubérculos totales, comerciales, no comerciales y dañados. Con un valor de significancia de $P < 0.05$.

En el peso fresco de tubérculos totales los rendimientos más alto resultaron los tratamientos de compost T5 (46.63 TM ha^{-1}), T6 (51.01 TM ha^{-1}), T9 (46.00 TM ha^{-1}), T10 (49.75 TM ha^{-1}), testigo con fertilización química + estiércol de ovino T12 (48.91 TM ha^{-1}) y testigo con estiércol de ovino T11 (44.79 TM ha^{-1}), en donde los resultados son estadísticamente iguales; pero superiores al control T13 (24.65 TM ha^{-1}). En el peso fresco de tubérculos comerciales los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos de compost T6 (40.81 TM ha^{-1}), T7 (38.86 TM ha^{-1}), T10 (37.86 TM ha^{-1}) y el testigo con fertilización química + estiércol de ovino T12 (36.48 TM ha^{-1}), que logran rendimiento estadísticamente iguales; pero superior al testigo con estiércol de ovino



T11 (32.98 TM ha⁻¹) y al control T13 (15.19 TM ha⁻¹). Estos resultados coinciden con Kleinhenz y Cardina (2003); pero Romero *et al.* (2000); Ceylan *et al.* (2006), Zamora *et al.* (2008) y Arias *et al.* (2010) encontraron mejor respuesta con tratamientos de abonos orgánicos (de gallinaza, estiércol de chivo y vacuno), comparados con tratamientos de compost y fertilización química. En el peso fresco de tubérculos no comerciales no se encontró evidencia estadística para afirmar que al menos un tratamiento fue superior a los demás.

En el peso fresco de tubérculos dañados los tratamientos con compost, el control y el testigo con estiércol de ovino, obtuvieron resultados estadísticamente similares; mientras el tratamiento con fertilización química + estiércol de ovino fue superior (1.89 TM ha⁻¹). Este resultado evidencia la característica supresora de los abonos orgánicos frente a las enfermedades fúngicas de origen edáfico en las plantas (Schuller *et al.*, 1989; Tuirtert *et al.* 1998; Eehart *et al.* 1999; Aviles & Tello, 2001; Lievens *et al.* 2001; Zavaleta, 2002; Veeken *et al.* 2005; Olanya *et al.* 2006).

En la Tabla 6 se aprecia los resultados en los factores tipos y dosis de compost en las variables de peso fresco de tubérculos totales, comerciales, no comerciales y dañadas, con un valor de significancia $P < 0.05$. En el peso fresco de tubérculos totales y comerciales los mejores resultados se obtuvieron con los compost 5, 2, y 1 seguido por el compost 4; más atrás el compost 3. En el peso fresco de tubérculos no comerciales y dañados, no se encontró evidencia estadística para afirmar que al menos un tipo de compost fue superior a los demás. El compost 2 a base de estiércol de llama, obtuvo el mayor contenido de nitrógeno (ver preparación de compost), esta alta cantidad de nitrógeno estimuló la microbiota y promovió la actividad radical favoreciendo la absorción de nutrimentos, que repercutió en una mejor fertilidad del suelo (Galland *et al.* 1998; Porter *et al.* 1999; Curlless *et al.* 2004; Hepperly, 2009).

Los compost 5 y 1 registraron los valores más altos de fósforo, potasio, calcio y magnesio. Estos nutrientes fueron el doble a los registrados en los compost a base de estiércol de llama (ver preparación de compost). El fósforo y potasio son los elementos que tal vez condicionaron los rendimientos obtenidos, porque el contenido de estos elementos en el suelo en donde se realizó el experimento es medio, por lo cual fue necesario un suministro de estos nutrientes a través de estos tipos de compost, de



esta manera estos nutrientes influyeron en el rendimiento. Coincidiendo con Sharma *et al.* (1980), Curlless *et al.* (2004), y Davenport *et al.* (2005), para el fósforo y AbdelGadir *et al.* (2003), y Davenport *et al.* (2005), para el potasio. Además Rios *et al.* (2010), encontraron un efecto directo con la aplicación de NPK y el rendimiento en el cultivo de la papa; mientras con la aplicación de Ca, Mg, B y S no encontró un efecto apreciable con el rendimiento.

La cantidad de nutrientes en los compost 4 y 5 son similares, pero la temperatura alcanzada en el proceso de compostaje por el compost 5 (ver preparación de compost) fue mayor.

Tabla 5 Rendimiento promedio del cultivo de papa cv Yungay evaluados en las variables: Peso fresco de tubérculos totales, comerciales, no comerciales y dañados.

Tratamientos	Descripción de los tratamientos	Peso fresco de tubérculos de papa (TM ha ⁻¹)			
		Totales	Comerciales	No comerciales	Dañadas
T1	Compost 1 5 TM ha ⁻¹	35.65d	26.79fg	8.73b	0.12b
T2	Compost 2 5 TM ha ⁻¹	39.41cd	30.88cdef	8.36b	0.17b
T3	Compost 3 5 TM ha ⁻¹	35.11d	25.78g	9.10b	0.23b
T4	Compost 4 5 TM ha ⁻¹	39.55bc	29.81efg	9.23b	0.50b
T5	Compost 5 5 TM ha ⁻¹	46.63ab	36.12bcde	10.15ab	0.35b
T6	Compost 1 10 TM ha ⁻¹	51.01a	40.81a	9.90ab	0.29b
T7	Compost 2 10 TM ha ⁻¹	49.81ab	38.86ab	10.67ab	0.26b
T8	Compost 3 10 TM ha ⁻¹	43.85bc	32.24cde	11.51ab	0.08b
T9	Compost 4 10 TM ha ⁻¹	46.00ab	32.56cdef	12.99a	0.44b
T10	Compost 5 10 TM ha ⁻¹	49.75ab	37.86abc	11.51ab	0.38b
T11	Estiércol 10 TM ha ⁻¹	44.79bc	32.98cdef	11.38ab	0.42b
T12	120-120-120 N, P ₂ O ₅ , K ₂ O kg ha ⁻¹ +Estiércol 10 TM ha ⁻¹	48.91ab	36.48abc	10.53ab	1.89a
T13	Control	24.65e	15.19h	9.39ab	0.07b

Letras iguales entre columnas no son estadísticamente significativas a P< 0.05 según la prueba de Waller.

Esta diferencia de temperatura pudo haber influido en la descomposición de la materia orgánica (Rynk, 1992; Miller, 1993; Paul & Clark, 1996; Szterm & Pravia, 1999) y en la



disponibilidad de los nutrientes para el cultivo. La evaluación de las dosis de 10 TM ha⁻¹ superó estadísticamente a la de 5 TM ha⁻¹ en el peso fresco de tubérculos totales, comerciales y no comerciales. En el peso fresco de tubérculos dañados no se encontró evidencias estadísticas para afirmar que una dosis fue superior al otro.

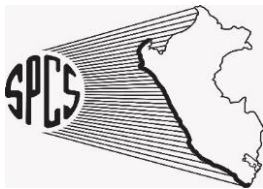
Los mejores tipos de compost a una dosis de 10 TM ha⁻¹ y el testigo con fertilización química + estiércol de vacuno obtuvieron rendimientos estadísticamente similares, a pesar que los compost tienen menor contenido de nutrientes. Esto se puede deber a que los tratamientos con compost favorecieron una mejor estructura y mayor capacidad de retención de agua en el suelo y como consecuencia de esto un mejor ambiente para el desarrollo de los tubérculos de papa.

Tabla 6: Rendimiento promedio del cultivo de papa cv Yungay evaluados en las variables: peso fresco de tubérculos totales, comerciales, no comerciales y dañados; en los factores tipos y dosis de compost preparados del 6 junio al 6 de noviembre 2010.

Tratamientos	Peso fresco de tubérculos de papa (TM ha ⁻¹)			
	Totales	Comerciales	No comerciales	Dañadas
Tipos de compost (A)				
Compost 1	43.34bc	33.80ab	9.31a	0.21a
Compost 2	44.62ab	34.87ab	9.52a	0.22a
Compost 3	39.49c	29.01c	10.31a	0.16a
Compost 4	42.78bc	31.19bc	11.11a	0.47a
Compost 5	48.20a	36.99a	10.83a	0.36a
Dosis (B)				
5 TM ha ⁻¹	39.27b	29.88b	9.11b	0.27a
10 TM ha ⁻¹	48.08a	36.47a	11.32a	0.29a
Bloque	n.s	n.s	n.s	n.s
A	**	**	n.s	n.s
B	**	**	**	n.s
A x B	n.s	n.s	n.s	n.s
CV (%)	7.34	10.05	19.45	125.44

Letras iguales entre columnas no son estadísticamente significativas a P < 0.05 según la prueba de Waller.

Además el compost puede hacer que el cambio de temperatura no sea brusco, por la capacidad de regulación térmica que tiene el agua (Meza, 2002; Uribe *et al.* 2001),



estimulando una mejor acumulación de reservas y crecimiento de los tubérculos, lo que no pudo haber sucedido con el tratamiento de fertilización química, ya que durante el proceso del compostaje se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles que al ser incorporado al suelo mejoran las características físicas y microbiológicas. (Christensen & Johnston, 1997; Porter *et al.*, 1999; Carter, 2003; Gallaher & McSorle, 1994; Kostewicz, 1993). Por lo tanto, los compost es una alternativa ecológicamente sostenible para disminuir el uso de fertilizantes químicos.

CONCLUSIÓN

De acuerdo al objetivo planteado y los resultados obtenidos en el estudio se lograron las siguientes conclusiones.

La cantidad de CE, N, P, K, Ca, Mg, Na, S, Cu, Zn, Mn Fe, se encuentra influenciada por los tipos de insumos que se utilizan.

La relación C/N en los compost se encuentra determinada por los diferentes insumos que se emplean.

Los mejores rendimientos en las variables peso fresco de tubérculos totales y comerciales se obtuvieron con los compost 5, 2, 1 y el tratamiento testigo con fertilización química + estiércol de vacuno.

La mejor dosis de compost se consiguió con la aplicación de 10 TM ha⁻¹ en las variables de pesos fresco de tubérculos totales comerciales y no comerciales.

AGRADECIMIENTOS (Opcional)

Agradecemos al Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) y al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF), facultad de Agronomía, de la Universidad Nacional Agraria La Molina por el financiamiento y el apoyo proporcionado durante la ejecución del presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

AbdelGadir, A., M. Errebhi, H. Al-Sarhan, M. Ibrahim. 2003. The effect of different levels of additional potassium on yield and industrial qualities of potato (*Solanum tuberosum* L.) in irrigated arid region. *Amer. J Potato Res.* 80, 219-222.



XVI Congreso Nacional y VII Internacional de la Ciencia del Suelo

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017

- Altieri, M., C. Nicholls. 2006. Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*. 1: 29-30.
- Arias, K., O. Arnaude. 2010. Effect of the fertilization chemical, organic and combined on the yields of variety granola. *AgronomicTrop*. 60 (1): 75-84.
- Benedeti, A, S. Canali, F. Lianello. 1998. La fertilizzazione organica dei suoli. In: *I Fertilizzanti organici*. Paolo Sequi (Ed). Italia. Edizioni L'Informatore Agrario. 1-12.
- Carter, M., J. Sanderson, y J. MacLeod. 2003. Influence of compost on the physical properties and organic matter fractions of a fine Sandy loam throughout the cycle of a potato rotation. *Soil Sci*.84:211-218.
- Castrillon, O., O. Bedoya, y D. Montoya. 2006. Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost. *Producción + Limpia*. 1, 87-98.
- Cepeda, J. 2002. *Química del suelo*. Ediciones Trillas México DF-México 167 pp.
- Ceylan, S., N. Mordogan, H. Akdemir, H. Cakici. 2006. Effect of organic fertilizers on some agronomic and chemical properties of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Asian Journal of Chemistry* 18 (2):1223-1230.
- Chapman, H., y P. Pratt. 1997. *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Editorial Trillas. México DF-México. 195 pp.
- Chilon, E. 2010. Compostaje altoandino, suelo vivo y cambio climático. *Ciencia Agro* 2, 221-227.
- Christensen, B., y A. Johnston. 1997. Soil organic matter and soil quality-Lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. Pag. 399-430.
- Clark, M., W. Horwath, C. Shennan, K. Scow, 1998. Change in soil chemical properties resulting from organic and low input farming practices. *Agronomy Journal* 90:662-671.
- Curless, M., K. Kelling, P. Speth. 2004. Nitrogen and phosphorus availability from liquid dairy manure to potatoes. *Amer. J of Potato Res*. 82, 287-297.
- Davenport, A., P. Milburn, C. Rosen, R. Thornton. 2005. Environmental impacts of potato nutrient management. *Amer. J Potato Res* 82, 321-328.
- Fening, J., Ewusi-Mensah, y Y. Safo. 2010. Improving the fertilizer value of cattle manure for sustaining small holder crop production in Ghana. *Journal of Agronomy* 9, 92-101.
- Gallager, R., y R. McSorley. 1994. Soil water conservation management of yard waste compost in a farmer's corn field. *Agronomy Research Report AY-94-02*. Agronomy Department, University of Florida, Gainesville, FL.
- Gonzales, C., C. Álvarez, F. Pomares, M. Benítez. 1998. Efectos de fertilización en papas con compost, gallinaza y combinaciones de ambos. *Valencia-España. Una alternativa para el mundo rural del tercer milenio* 285-291.



- Hachicha, S., M. Chtourou, K. Medhioub, y E. Ammar. 2006. Compost of poultry manure and mill wastes as an alternative fertilizer. *Agron. Sustain. Dev.* 26: 135-142.
- Henao, A., M. Leon, y J. Ospina. 2002. Evaluación de los microorganismos aceleradores del proceso de descomposición en banano de rechazo. Asociación de bananeros de Colombia AUGURA. Cartagena de Indias-Colombia.
- Hepperly, P., D. Lotter, C. Ziegler, R. Seidel, C. Reider. 2009. Compost, manure and synthetic fertilizer influence crop yields, soil properties, nitrate leaching and crop nutrient content. *Compost Science & Utilization* 17, 117-126.
- Kostewicz, R. 1993. Pole bean yield as influenced by composted yard waste soil amendments. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 106:206-208.
- Lievens, B., K. Vaes, J. Coosemans, J. Ryckeboer. 2001. Systemic resistance induced in cucumber against *Phythium* root rot by source separated household waste and yard trimmings composts. *Compost Science and Utilization* 9, 221-229.
- Main, G., y J. Franco. 2011. Efecto de la bacteria *Bacillus subtilis* y el hongo Micorrizico Arbuscular *Glomus fasciculatum* en la fertilización fosfórica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*). *Revista Latinoamericana de la Papa*. 16(2):250-269
- Matheus, J., G. Graterol, D. Simancas, O. Fernandez. 2007. Effect of different organic fertilizers and their correlation with bioassays to estimate nutrient availability. *Agricultura Andina*. 13: 19-26.
- Meza, L. A. 2002. Procedencia y tamaño de semilla, distanciamiento de siembra, fertilización orgánica y mineral en el cultivo de papa cv. Yungay en Sierra Central. Tesis Magister Scientiae. Especialidad de Suelos UNALM. Lima, Perú 73 pp.
- Olanya, O., D. Lambert, G. Porter. 2006. Effects of pest and soil management systems on potato diseases. *Amer J of Potato Res* 83, 397-408.
- Paul, E., F. Clark. 1996. *Soil microbiology and biochemistry*. 2 Ed. Academic Press. 340 pp.
- Pickering, J., A. Kendle, P. Hadley. 1998. The suitability of composted green waste as an organic mulch: effects on soil moisture retention and surface temperature. *Acta Horticulture* 469, 319-324.
- Porter, G., G. Opeña, W. Bradbury, J. McBurnie, J. Sisson. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: I. Soil properties, tuber yield, and quality. *Agron J.*, 91: 416-425
- Porter, G., G. Opeña, W. Bradbury, J. McBurnie, y J. Sisson. 1999. Soil management and supplemental irrigation effect on potato. *Agron. J.* 91:416-425.
- Quispe, G. 2007. Evaluación del sistema del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L) en la comunidad campesina de Aramachay (Sincos, Jauja, Junín) Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima, Perú. 95 pp.



- Rios, J., S. Jaramillo, L. Gonzales, J. Cotes. 2010. Determinación del efecto de diferentes niveles de fertilización en papa (*Solanum tuberosum* spp Andigena) DIACOL Capiro en un suelo con propiedades Andicas de Santa Rosa de Osos, Colombia. Rev. Fac. Nal. Medellin 63, 5225-5237.
- Romero, M., A. Trinidad, R. Garcia, R. Ferrera. 2000. Yield of potato and soil microbial biomass with organic and mineral fertilizers. *Agrociencia*. 34:261-269.
- Stamatiadis, S., M. Werner, M. Buchanan. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in broccoli field (San Benito Country, California) *Applied Soil Ecology* 12: 217-225.
- Sztern, D., y M. Pravia. 1999. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos OPS/OMS Montevideo-Uruguay. 69pp.
- Tuitert, G., M. Szczech, G. Bollen. 1998. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potting mixtures amended with compost made from organic household waste. *Journal of Phytopathology* 88, 764-773.
- Uribe, J., M. Estrada, S. Cordoba, L. Hernandez, y D. Bedoya. 2001. Evaluación de los microorganismos eficaces (E.M) en la producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. *Rev. Col. Cienc. Pec. Colombia*. Vol. 14: (2): 164 – 172.
- Veeken, A., W. Blok, F. Curci, G. Coenen, A. Termorshuizen, H. Hamelers. 2005. Improving quality of composted biowaste to enhance disease suppressiveness of compost-amended, peat-based potting mixes. *Soil Biology & Biochemistry* 37, 2131-2140.