

Fuentes orgánicas y producción de papa en la región andina

Yordi Lennin Trujillo-Meza¹
Eroncio Mendoza-Nieto¹
Edison Goethe Palomares-Anselmo¹
Dionicio Belisario Luis-Olivas^{1§}
Elaine Cristina Gomes da Silva²
Bruno Fardim-Christo³

¹Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho, Lima, Perú. (yorditrujillo1993@gmail.com; emendozan@unjfsc.edu.pe; epalomares@unjfsc.edu.pe; dluis@unjfsc.edu.pe). ²Universidad Federal de Espírito Santo. Alto universitário s/n, *Campus Alegre*, Espírito Santo, Brasil. (ecristinags@gmail.com). ³Universidad Federal de Santa Catarina. Roberto Sampaio 274, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. (brunochristo@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: dluis@unjfsc.edu.pe.

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de tres fuentes orgánicas con tres niveles de aplicación en la producción de papa Yungay (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de agricultura familiar en la región andina del Perú. Se utilizó el diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial de 3 x 3 más un (1) tratamiento adicional (testigo). Se evaluaron número de tallos y tubérculos por planta, rendimiento y categoría extra. El experimento se condujo a 3 425 msnm, en Huari, Ancash, Perú, durante los meses de octubre 2019 a marzo 2020, bajo condiciones de secano. Se observó la superioridad de la media de la factorial sobre el testigo y la interacción entre fuentes orgánicas y niveles de aplicación, sobresaliendo el guano de islas con 5 t ha⁻¹.

Palabras clave: *Solanum tuberosum* L., guano de islas, rendimiento.

Recibido: abril de 2022

Aceptado: mayo de 2022

En la región andina del Perú, la papa (*Solanum tuberosum* L.) es la principal fuente de alimento y de ingresos económicos y su cultivo es conducida principalmente por agricultores familiares localizados entre los 3 500 y 4 200 msnm, quienes aún conservan la tecnología ancestral, basada en una reducida mecanización del suelo y restricción en el uso agroquímicos (Caycho *et al.*, 2009). En esas condiciones de manejo obtienen rendimientos de 5 t ha⁻¹, valor inferior a la media nacional de 16.1 t ha⁻¹ (FAO, 2020), por lo que urge desarrollar tecnologías acordes a su realidad que promuevan competitividad y sostenibilidad en el uso de los recursos.

En ese sentido, entre las diferentes alternativas existentes, la incorporación de diferentes fuentes orgánicas se constituye en una opción interesante para favorecer el incremento del rendimiento y conservar su tecnología ancestral, además de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Alaluna y Villagarcía, 2000; Bolo *et al.*, 2020). Así, diversas investigaciones muestran resultados positivos en el cultivo de la papa, tales como las que fueron evidenciadas por Ríos *et al.* (2015) con la incorporación del guano de islas (1 y 2 t ha⁻¹) al obtener rendimientos (46.7 y 55.9 t ha⁻¹, respectivamente) superiores al testigo (24.9 t ha⁻¹), Peñaloza *et al.* (2019) con la gallinaza (2, 3 y 4 t ha⁻¹), al observar rendimientos crecientes y no encontrar diferencias significativas para número de tubérculos y tallos por planta, Villagaray *et al.* (2021) con el guano de ovino (0; 0.25; 0.50; 1 y 1.5 kg planta⁻¹), al alcanzar el mayor rendimiento (20.31 t ha⁻¹) con la dosis alta (1.5 kg planta⁻¹), superando significativamente al testigo (11.89 t ha⁻¹). En ese contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres fuentes orgánicas con tres niveles de aplicación en la producción de papa en la región andina del Perú.

La investigación se desarrolló en una propiedad familiar, ubicado a 3 425 msnm, en la provincia de Huari, región Ancash-Perú, ubicado en las coordenadas 9° 22' 10" LS y 77° 01' 04" LO, durante los meses de octubre de 2019 a marzo de 2020. El clima de la región es clasificado como Dwb conforme a la clasificación de Köppen, caracterizado por presentar inviernos fríos o templados y secos con veranos frescos y lluviosos. El suelo de textura franco presenta pH de 6.64, materia orgánica de 1.248%, nitrógeno de 0.062%, fósforo de 13 mg kg⁻¹ y potasio de 78 mg kg⁻¹. Previo a la instalación del experimento, se realizaron los análisis de las fuentes orgánicas y los resultados se muestran en el (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características químicas de las fuentes orgánicas.

Fuente	pH	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CE (dS m ⁻¹)
Guano de ovino	9.16	1.35	2.07	1.39	1.78
Gallinaza	8.62	8.15	7.4	3.08	10.22
Guano de islas	8.16	11.05	10.68	2.75	26.4

Laboratorio de análisis de suelos y aguas-UNASAM.

Se implementó el diseño estadístico de bloques completos al azar con arreglo factorial de 3x3 más un tratamiento adicional (testigo) y en cuatro bloques. Se estudiaron dos factores: fuentes orgánicas (guano de ovino, gallinaza y guano de islas) y tres niveles de aplicación (5, 10 y 15 t ha⁻¹). El tratamiento adicional (testigo) no recibió ningún tipo de fertilización. El área de la unidad experimental fue de 10.94 m². La preparación del terreno se efectuó con yunta, los deshierbos fueron manuales y la presencia de plagas y enfermedades no fue notoria. La conducción del experimento fue bajo condiciones de secano.

En cinco plantas del surco central por cada unidad experimental se evaluaron número de tallos y tubérculos por planta, rendimiento total y categoría extra (tubérculos con pesos entre 321 y 710 g. Los datos obtenidos para las variables evaluadas fueron sometidos al análisis de varianza por la prueba F ($p < 0.05$) y las medias, comparadas con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los datos fueron analizados con el software estadístico R.

Según el análisis de varianza (Cuadro 2), existe interacción entre fuentes orgánicas y niveles de aplicación para número de tallos por planta, rendimiento y categoría extra. Para número de tubérculos por planta solo se ha mostrado diferencias significativas entre las fuentes orgánicas, más no entre los niveles de aplicación. Así también, para el conjunto de variables evaluadas se ha presentado diferencias significativas entre el tratamiento testigo y la media de la factorial.

Cuadro 2. Resumen de análisis de varianza para número de tallos por planta (NTaP), número de tubérculos por planta (NTuP), rendimiento (Rdto) y categoría extra.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		NTaP	NtuP	Rdto (t ha ⁻¹)	Extra (t ha ⁻¹)
Bloque	3	0.043 ns	49.666 ns	2.485 ns	4.511 ns
Fuente orgánica (F)	2	4.828 **	358.083 **	2576.306 **	985.754 **
Niveles (N)	2	1.693 **	57.583 ns	39.562 ns	60.207 **
FxN	4	0.456 *	41.291 ns	465.761 **	175.149 **
Factorial vs testigo	1	4.533 **	115.6 *	885.788 **	416.995 **
Error	27	0.1486	25.129	12.286	4.064
Total	39				
Coeficiente de variación (%)		11.74	26.24	18.8	13.13

Ns= no significativo; * = significativo a 0.05; ** = significativo a 0.01.

Comparando el tratamiento testigo y el factorial (Cuadro 3), la aplicación de fuentes orgánicas promovió mayor número de tallos, de tubérculos por planta y de rendimiento.

Cuadro 3. Comparación de medias entre el testigo y la media del factorial para número de tallos por planta (NTaP), número de tubérculos por planta (NTuP), rendimiento (Rdto) y categoría extra.

Tratamiento	NTaP	NTuP	Rdto (t ha ⁻¹)	Extra (t ha ⁻¹)
Testigo	2.28 b	14 b	13.26 b	5.77 b
Factorial	3.40 a	19.67 a	28.95 a	16.44 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

Con respecto a la interacción entre las fuentes orgánicas y los niveles de aplicación para número de tallos por planta, en el Cuadro 4 se observa que en los tres niveles de aplicación, el guano de islas y la gallinaza fueron superiores significativamente al guano de ovino; en tanto que dentro de cada fuente, la aplicación de 10 y 15 t ha⁻¹ de gallinaza y guano de ovino promovieron mayor formación de tallos, respuesta que no fue observada en el guano de islas. El incremento en el número de tallos por planta puede explicarse por el aumento en la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Ghemam, *et al.*, 2016), favoreciendo de esta forma el crecimiento de nuevos brotes latentes en el tubérculo semilla.

Cuadro 4. Interacción entre las fuentes orgánicas y los niveles de aplicación para número de tallos por planta.

Fuente orgánica	Niveles de aplicación (t ha ⁻¹)		
	5	10	15
	Núm. de tallos por planta		
Guano de islas	3.73 Aa	3.73 Aa	3.7 ABa
Gallinaza	3.13 Ab	4.13 Aa	4.18 Aa
Guano de ovino	2.05 Bb	2.85 Ba	3.1 Ba

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y minúsculas en la fila, no difieren entre sí, según la prueba de Tukey al nivel de 5% de probabilidad.

Para número de tubérculos por planta (Cuadro 5), con la aplicación del guano de islas se obtuvieron los mayores valores, las que fueron superiores significativamente a las otras fuentes orgánicas.

Cuadro 5. Análisis de efectos principales para fuentes orgánicas.

Fuente orgánica	Núm. de tubérculos por planta
Guano de islas	25.25 a
Gallinaza	19.42 b
Guano de ovino	14.33 c

Medias con una letra común no difieren entre sí, según la prueba de Tukey al nivel de 5% de probabilidad.

Evaluando la interacción entre fuentes orgánicas y niveles de aplicación para rendimiento y categoría extra, en los Cuadros 6 y 7 se observó que en los niveles de 5 y 10 t ha⁻¹ el guano de islas superó a las otras fuentes orgánicas; en tanto que, dentro de las fuentes orgánicas, en el guano de islas el mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de 5 t ha⁻¹, mientras que, en la gallinaza y el guano de ovino, los rendimientos se incrementaron conforme aumentó la cantidad aplicada.

Cuadro 6. Interacción entre fuentes orgánicas y niveles de aplicación para rendimiento (t ha⁻¹).

Fuente orgánica	Niveles de aplicación (t ha ⁻¹)		
	5	10	15
	Rendimiento (t ha ⁻¹)		
Guano de islas	56.84 Aa	45.5 Ab	32.75 Ac
Gallinaza	22.46 Bb	18.09 Bb	35.78 Aa
Guano de ovino	12.42 Cc	17.38 Bb	19.28 Ba

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y minúsculas en la fila, no difieren entre sí, según la prueba de Tukey al nivel de 5% de probabilidad.

Cuadro 7. Interacción entre fuentes orgánicas y niveles de aplicación para categoría extra (t ha⁻¹).

Fuente orgánica	Niveles de aplicación (t ha ⁻¹)		
	5	10	15
	Categoría extra (t ha ⁻¹)		
Guano de islas	27.88 Aa	29.34 Aa	21.96 Ab
Gallinaza	12.47 Bb	6.18 Bc	24.08 Aa
Guano de ovino	6.48 Cb	8.65 Bab	10.87 Ba

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y minúsculas en la fila, no difieren entre si, según la prueba de Tukey al nivel de 5% de probabilidad.

En general, se puede apreciar que la aplicación de 5 t ha⁻¹ del guano de islas ha promovido mejores resultados para las variables en estudio. Este resultado es explicable porque esta fuente presenta alta concentración de nutrientes en comparación a las otras fuentes; sin embargo, muestra como desventaja el alto contenido de sales (Cuadro 1) que elevan la conductividad eléctrica del suelo y terminan afectando negativamente los rendimientos, tal como fueron observados en los niveles de aplicación de 10 y 15 t ha⁻¹. El hecho de que el guano de islas haya destacado por encima de las otras fuentes orgánicas, es debido a la disponibilidad inmediata de los nutrientes para el cultivo (Minagri, 2018).

Es posible que el alto contenido de nutrientes, principalmente de nitrógeno, haya favorecido a mantener por un mayor tiempo el área foliar funcional, incidiendo directamente en una mayor actividad fotosintética y como consecuencia de ello, en un mayor traslado de fotosintatos hacia los órganos de almacenamiento, situación que no se ha observado con la aplicación del estiércol de ovino, que debido a su bajo coeficiente de mineralización (Gaham *et al.*, 2016) obtuvo el menor rendimiento. Destacó en segundo lugar la gallinaza, obteniendo mejores características de rendimiento con la aplicación de 15 t ha⁻¹, siendo este resultado explicable por el menor contenido de nutrientes en comparación al guano de islas (Cuadro 1).

En el caso del guano de ovino, los menores valores obtenidos para el conjunto de características evaluadas pueden ser explicados por su bajo contenido de nutrientes en su composición (Cuadro 2) y la resistencia que presentan a la descomposición por la presencia de una membrana que las recubre (Célio *et al.*, 2012).

Conclusiones

La aplicación de 5 t ha⁻¹ de guano de islas, en las condiciones del experimento, ha incidido directamente en las características productivas del cultivo, al favorecer una mayor formación de tallos y tubérculos por planta, características que finalmente influyeron en los mayores rendimientos, tanto en el total como en la categoría extra. Con respecto a la gallinaza y al guano de ovino, las dosis más altas favorecieron a obtener mejores características productivas y de rendimiento.

Literatura citada

- Alaluna, E. y Villagarcía, S. 2000. Evaluación del efecto de fertilización, aplicación de estiércol y absorción de elementos en el rendimiento de la secuencia papa-kiwicha, evaluado mediante la técnica del elemento faltante. *Rev. Peruana de Biología*. 7(2):115-123. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/8423>.
- Bolo, J. D.; Reynoso, A.; Cosme, R. C.; Arone, G. y Calderón, C. 2020. La aplicación combinada de abonos orgánicos mejora las propiedades físicas del suelo asociado al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Sci. Agropec*. 11(3):401-408. <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172020000300401&script=sci-arttext>.
- Caycho, J.; Arias, A.; Oswald, A.; Esprella, R.; Rivera, A.; Yumisaca, F. y Andrade, J. 2009. Tecnologías sostenibles y su uso en la producción de papa en la región altoandina. *Rev. Latinoam. Papa*. 15(1):20-37. <http://papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/149/152>.
- Célio, C.; Ramos, M.; McManus, A. y Menezes, A. 2012. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. *Hortic. Bras*. 30(1):175-179. <https://www.scielo.br/j/hb/a/Z6wZShspDSsQtPV3hYfRNzb/?format=pdf&lang=pt>.
- FAO. 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Base de datos estadísticas a nivel mundial. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Ghemam, D.; Zeid, A.; Khaled, K.; Chemsá, A.; Bachir, K. and Mohammed, S. 2016. Effects the application of some organic manures with nitrogen levels on the growth and productivity of potato in the Algeria South. *Inter. J. Agric. Environ. Res*. 2(4):982-991. <https://www.researchgate.net/publication/308605569-Effects.the.application.of.some.organic.manures.with-nitrogen.levels.on.the.growth.and.productivity.of.potato.in.the.Algeria.south>.
- Peñaloza, J.; Reyes, A.; Gonzáles, A.; Pérez, D. y Sangerman, J. D. M 2019. Fertilización orgánica con tres niveles de gallinaza en cuatro cultivares de papa. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*. 10(5):1139-1149. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n5/2007-0934-remexca-10-05-1139.pdf>.
- Ríos, N.; Luján, A.; Benites, C. y Ríos, C. 2015. Efecto de tres niveles de guano de las islas en el rendimiento de *Solanum tuberosum* L. var. Huevo de indio. *Rev. Sciendo*. 18(1):52-61. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/sciendo/article/view/1329/1296>.
- Villagaray, Y. M.; Jorge, J. J.; Avila, J. J.; Condori, S. D. y Yzarra, A. 2021. Estiércol ovino en el rendimiento de *Solanum tuberosum*. *Sci. Res, J*. 2(1):196-202. <https://doi.org/10.53942/srjci.v1i2.60>.