



Biotempo (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

EXPERIMENTAL PRODUCTION OF ORGANIC FERTILIZER THROUGH SOLID DOMESTIC AND MARKET BIORRESIDUES TO IMPROVE *SOLANUM TUBEROSUM* L. BIOMASS

PRODUCCIÓN EXPERIMENTAL DE ABONO ORGÁNICO MEDIANTE BIORRESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y DE MERCADOS PARA MEJORAR LA BIOMASA DE *SOLANUM TUBEROSUM* L.

Walter Florez Ponce de León¹; Pablo Mamani López¹; Elia Cabrera Navarrete¹ & Magno Robles Tello^{1,2}

¹ Escuela de Química e Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG). Tacna-Perú.

^{1,2} Escuela de Agronomía. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG). Tacna-Perú.

Author for correspondence: wdimasponce@gmail.com

ABSTRACT

The search for natural sources to produce organic fertilizer, even when they are waste products, constitutes a sustainable environmental solution as well as efficient for the organoleptic quality in crops yield. The aim of this study was to experimentally produce organic fertilizer by means of household and market solid biowaste to improve the biomass of *Solanum tuberosum* L. Residues of purple corn, barley, eggshells, bananas, potatoes and avocado seeds were collected from January to December 2017. The residues were dried at room temperature (72-96 h) and then ground for mixing until pulverization of flour was obtained. The characterization was based on 100 g: 25% of purple corn, 25% of barley, 5% of eggshell, 20% of banana peel, 10% of potato skin and 15% of seed of avocado. The multi-component mixture was used as an organic fertilizer applying to *S. tuberosum* cultured soils. When comparing two groups of treatments without organic fertilizer and with organic fertilizer, the results indicated that there were statistically significant differences ($p < 0.05$) in the biomass (g) (269.012 ± 1.70 and 274.88 ± 0.76). It was concluded that, under experimental conditions, a significant biomass of *S. tuberosum* was obtained from the composition and mixture of bio-waste that was used for the preparation and application of organic fertilizer.

Keywords: Organic fertilizer – cultivation – ecotechnology – yield – biological waste

RESUMEN

La búsqueda de fuentes naturales aun cuando sean productos de desechos para producir abono orgánico, constituye una solución ambiental sostenible así como, eficiente sobre la calidad organoléptica en el rendimiento de los cultivos. El objetivo del estudio fue producir experimentalmente abono orgánico mediante biorresiduos sólidos domiciliarios y de mercados para mejorar la biomasa de *Solanum tuberosum* L. Desde enero hasta diciembre del 2017 se recolectó residuos del maíz morado, cebada, cáscaras de huevo, plátano, papa y semillas de palta. Estos residuos fueron secados a temperatura ambiente (72-96 h) y luego, se molieron para su mezclado hasta obtenerse, pulverización de harina. Se procedió a la caracterización en base a 100 g: 25% del maíz morado, 25% de cebada, 5% de cáscara de huevo, 20% de cáscara de plátano, 10% de cáscara de la papa y 15% de semilla de palta. Se utilizó la mezcla multi-componentes como abono orgánico aplicándose a suelos de cultivo de *S. tuberosum*. Los dos grupos de tratamientos fueron comparados: sin abono orgánico y con abono orgánico donde los resultados indicaron que hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la biomasa (g) ($269,012 \pm 1,70$ y $274,88 \pm 0,76$). Se concluyó que, en condiciones experimentales se obtuvo, una biomasa significativa de la *S. tuberosum* a partir, de la composición y mezcla de biorresiduos que se utilizaron para la preparación y aplicación de abono orgánico.

Palabras clave: Abono orgánico – cultivo – ecotecnología – rendimiento – residuo biológico

INTRODUCCIÓN

La producción de fertilizantes derivados de la agricultura comprenden una heterogeneidad de materiales como el estiércol, lodos cloacales urbanos, desechos y residuos verdes, cenizas de las plantas de combustión, compost de residuos orgánicos y residuos agro-alimentarios entre otros (Duffo *et al.*, 2011; Lecuyer *et al.*, 2013; FAO, 2016) con la finalidad de mejorar el rendimiento de la productividad siendo usados por más de 20-40 años en China, Corea y Japón (King, 1991; Parr & Hornick, 1992; Moral *et al.*, 2009) y es de interés reciente (Jensen *et al.*, 2017; Samara *et al.*, 2017). Asimismo, se trata de aplicar una economía circular en la agricultura que sea realmente sostenible (Lacy & Rutqvist, 2015; Stahel, 2016).

Da Silva (2007) y Etrillard *et al.* (2014) indican que existe una discusión entre reconocer un producto realmente de desperdicio y distinguirlo como un producto de desecho que luego se deseará para una finalidad. Cualquier producto de desecho que sea considerado para mejorar la calidad de sustratos y por ende, a los cultivos debe ser caracterizado, ya que su textura, peso, color, tamaño, contenido de nutrientes entre otras propiedades no son similares u homogéneas a un fertilizante (Li *et al.*, 2013; Esbensen & Velis, 2016) de modo que, al ser los residuos una mezcla de componentes (Vallero, 2011) pueden interactuar entre sí y los posibles efectos

sinérgicos, quizás generen preocupaciones (Arnold *et al.*, 2014). Sin embargo, la utilización de biorresiduos, reducen la utilización de fertilizantes químicos y con ello, la contaminación del suelo, además, los biorresiduos representan un recurso renovable (Vilalba *et al.*, 2008). De igual forma, los fertilizantes químicos requieren cantidades significativas de combustibles fósiles (Soliman, 2014), siendo una desventaja adicional.

Igualmente, todos los biorresiduos utilizados como fertilizantes tienen que ser eficientes y mostrar calidad sobre la biodisponibilidad de nutrientes, pues no siempre se comportan igual en diferentes matrices (Kruger, 2016).

El uso de compuestos químicos en la agricultura como modelo para aumentar el rendimiento de los cultivos afecta la cobertura vegetal y por ende; riesgo a la salud, las aguas y el propio suelo (Montoro *et al.*, 2009). La papa, es uno de los cultivos con mayor consumo en el Perú, pudiendo igualmente, ser acelerada su producción mediante la aplicación de agroquímicos de modo que, la búsqueda de alternativas para no afectar la composición de los suelos y la calidad organoléptica del tubérculo, resulta una necesidad.

El objetivo del estudio fue producir experimentalmente un abono orgánico mediante residuos domésticos domiciliarios y de mercado para el mejoramiento de la biomasa de *Solanum tuberosum* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

Desde enero hasta diciembre del 2017 se recolectó residuos del maíz morado, cebada, cáscaras de huevo,

plátano y la papa; además, semillas de palta en domicilios y mercados para obtener abono orgánico y mejorar la biomasa (peso) de *S. tuberosum* (Fig. 1).

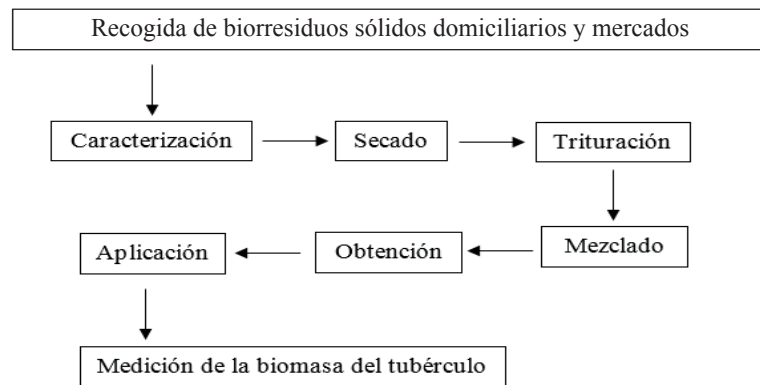


Figura 1. Proceso unitario de medición sobre la biomasa mediante abono orgánico.

Se establecieron dos grupos de parcelas experimentales (50m²) sin variantes y dos réplicas (diseño sencillo: Mitscherlich, 1970) para aplicar en una de ellas, el abono obtenido. Transcurridos 124 días de aplicación del abono se extrajeron, mediante muestreo probabilístico aleatorio, muestras de *S. tuberosum* para la medición de la biomasa.

Los datos de la biomasa fueron analizados según la prueba *t*-Student con tres réplicas para los dos grupos de tratamientos. La prueba de normalidad de los datos se realizó mediante el test de Kolmogorov–Smirnov de bondad de ajuste. Se utilizó el software

profesional Statgraphics Centurion XVI, considerándose significativos los datos con $p < 0,05$.

Aspectos éticos: Los autores indican que se siguieron todos los procedimientos éticos estándares del país.

RESULTADOS

Una vez triturados los residuos sólidos fueron mezclados (Fig. 2) donde se midió el porcentaje y contenido total (Tabla 1).



Figura 2. Trituración de los residuos sólidos orgánicos y su mezclado.

Tabla 1. Porcentaje y contenido total (g) de los residuos sólidos orgánicos.

Residuos	Base 100%	Contenido total 250 g
Maíz morado	25	62,5
Cebada	25	62,5
Cáscara de huevo	5	25,0
Cáscara de plátano	20	50,0
Cáscara de Papa	10	25,0
Semilla de palta	15	25,0

La tabla 2 muestra, el resumen estadístico para la biomasa entre los grupos de tratamientos: sin aplicación de abono orgánico (I) y con abono orgánico (II).

Tabla 2. Resumen estadístico de los grupos de tratamientos / I = sin abono orgánico. II = con abono orgánico

	I	II
Muestra (cantidad seleccionada)	8	8
Promedio (peso de unidades)	269,01	274,89
Desviación Estándar	1,70	0,76
Coefficiente de Variación (%)	0,63	0,28
Mínimo	266,4	273,7
Máximo	271,6	276,2
Rango	5,2	2,5
Sesgo Estandarizado	-0,044	0,18
Curtosis Estandarizada	-0,36	0,33

Los valores del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encontraron dentro del rango esperado de -2 a +2, lo cual invalidaría las pruebas de comparación y por tanto, pertenecieron a distribuciones normales (Tabla 2).

El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias se extendió desde -7,29 hasta -4,46. Existió una diferencia estadísticamente significativa entre las biomásas de los dos grupos de tratamientos con un nivel de confianza del 95,0% ($t = 8,93$; $P = 3,72201E-7$) pudiendo observarse, 45 días después (deshidratada) de la conservación (Fig. 2).

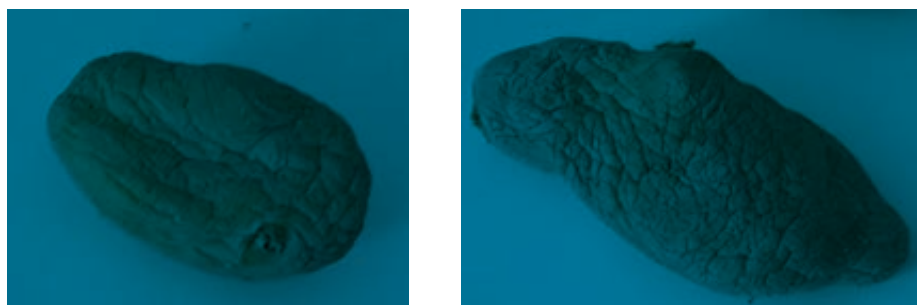


Figura 2. Biomasa sin aplicación del abono (izquierda) y con abono (derecha).

DISCUSIÓN

La producción de alimentos depende de su demanda (Lal, 2006; Childers *et al.*, 2011) donde una de las condiciones indispensables, es la existencia de tierras cultivables dedicadas a la producción de alimentos (Tilman *et al.*, 2011) y en este afán de productividad, los fertilizantes se han utilizado ineficientemente (Raun & Johnson, 1999; Cassman *et al.*, 2002). En este estudio experimental se aplicó como fertilizante, abono orgánico y fue observada una biomasa significativa de la *S. tuberosum* de manera que, el rendimiento fue posible sin la necesidad de utilizar agroquímicos como fertilizantes siendo únicamente aprovechado, algunos biorresiduos sólidos municipales.

Para la reutilización de los biorresiduos, algunas tecnologías (ej.: compost) son aplicadas; y con ello, se pretende aumentar el potencial de aprovechamiento agrícola (Cole *et al.*, 2017; Godlewska *et al.*, 2017), pero en algunas ocasiones los compost pueden contener exceso de sales que inducen algunas deficiencias en oligoelementos o liberar quizás, materia orgánica soluble que luego, es perjudicial al suelo y por ende, el rendimiento de los cultivos.

El rendimiento de los tubérculos está sustentado por el análisis de la composición química de variables como la materia seca, almidón, proteínas, azúcares totales y azúcares reductores (Loyola *et al.*, 2010). Estas variables fueron consideradas como porcentaje y contenido total de aporte para la composición del abono orgánico experimental. Aunque no resultó de interés realizar el estudio durante el periodo de mayor temperatura ambiental se recomienda su experimentación, pues Díaz *et al.* (2013) y Brackmann & Greb (2014) señalan que, estas variables organolépticas y otras de interés, pueden verse afectas por el aumento de la temperatura atmosférica donde se produce, pérdida respiratoria y en el desarrollo del follaje inicial del cultivo.

Asimismo, resultará provechoso realizar una caracterización fisico-química de cada biorresiduo; además, incorporar otras posibles fuentes de aporte nutricional lo que sería beneficioso para la composición del suelo y alcanzar mejores u óptimos rendimientos organolépticos en el cultivo de la *S. tuberosum* (variedad lengua) considerando solamente aplicar, abono orgánico con base en biorresiduos sólidos.

La principal limitación del estudio fue la falta de disponibilidad de parcelas experimentales para probar diferentes concentraciones de abono orgánico pudiendo compararse contra algún control establecido.

Se obtuvo en condiciones experimentales, biomasa significativa de la *S. tuberosum* a partir, de la mezcla de biorresiduos que se utilizaron para la preparación y aplicación del abono orgánico.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG), Región de Tacna-Perú por el financiamiento con recursos del canon minero a la investigación sobre el proyecto: Modelo de industrialización de los residuos sólidos orgánicos para la producción de abono con una nueva tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnold, K.E.; Brown, A.R.; Ankley, G.T. & Sumpter, J.P. 2014. Medicating the environment: assessing risks of pharmaceuticals to wildlife and ecosystems. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, 369: 1–11.
- Brackmann, K. & Greb, T. 2014. Long- and short-distance signaling in the regulation of lateral plant growth. *Physiologia Plantarum*, 151: 134–141.
- Cassman, K.G.; Dobermann, A.R. & Walters, D.T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio*, 31: 132–140.
- Childers, D.L.; Corman, J.; Edwards, M. & Elser, J.J. 2011. Sustainability challenges of phosphorus and food: solutions from closing the human phosphorus cycle. *Bioscience*, 61: 117–124.
- Cole, A.L.; Paul, N.A.; Nys, R. & Roberts, D.A. 2017. Good for sewage treatment and good for agriculture: Algal based compost and biochar. *Journal of Environmental Management*, 200: 105–113.
- Da Silva, C.C. 2007. Waste, product and by-product in EU waste law. *European Law Network International*, 2: 28–43.
- Díaz, L.E.; Loeza, C.J.M.; Campos, P.J.M.; Morales, R.E.J.; Domínguez, L.A. & Franco, M.O. 2013. Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz (*Zea mays L.*). *Agrociencia*, 47: 135–146.

- Dufflo, E.; Kremer, M. & Robinson, J. 2011. Nudging farmers to use fertilizer: theory and experimental evidence from Kenya. *American Economic Review*, 101: 2350–2390.
- Esbensen, K.H. & Velis, C. 2016. Transition to circular economy requires reliable statistical quantification and control of uncertainty and variability in waste. *Waste Management and Research*, 34: 1197–1200.
- Etrillard, C.; Lupton, S.; Pradel, M. & Tibi, A. 2014. *Cadragé de l'ESCo* (Chapter 1). In: Houot, S.; Pons, M.-N. & Pradel, M. (Eds.), *Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier Impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques*. Rapport d'expertise e version finale, pp. 9-114.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. *World Fertilizer Trends and Outlook to 2019*. FAO, Rome.
- Godlewska, P.; Peter, S.H.; Sik, O.Y. & Oleszczuk, P. 2017. Biochar for composting improvement and contaminants reduction. A review. *Bioresource Technology*, 246: 193–202.
- Jensen, M.B.; Møller, J. & Scheutz, C. 2017. Assessment of a combined dry anaerobic digestion and post-composting treatment facility for source-separated organic household waste, using material and substance flow analysis and life cycle inventory. *Waste Management and Research*, 66: 23–35.
- Kruger, O. 2016. Recycled fertilizers: do we need new regulations and analytical methods?. *Waste Management and Research*, 50: 1–2.
- Lacy, P. & Rutqvist, J. 2015. *Waste to Wealth: the Circular Economy Advantage*. Palgrave Macmillan, New York.
- Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation & Development*, 17: 197–209.
- Lecuyer, B.; Chatellier, V. & Daniel, K. 2013. Les engrais minéraux dans les exploitations agricoles françaises et européennes. *Économie Rurale*, 1: 147–157.
- Li, J.; Lin, C. & Huang, S. 2013. Considering variations in waste composition during waste input-output modeling. *Journal of Industrial Ecology*, 17: 892–899.
- Loyola, N.; Oyarce, C.E. & Acuña, C.C. 2010. Evaluación del contenido de almidón en papas (*Solanum tuberosum* SP. *Tuberosum* CV. Desirée), producidas en forma orgánica y convencional en la Provincia de Curicó, Región del Maule. *Idesia*, 28: 41–52.
- Moral, R.; Paredes, C.; Bustamante, M.A.; Marhuenda, E.F. & Bernal, M.P. 2009. Utilisation of manure composts by high-value crops: Safety and environmental challenges. *Bioresource Technology*, 100: 5454–5460.
- Raun, W.R. & Johnson, G.V. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*, 91: 357–363.
- Montoro, Y.; Moreno, R.; Gomero, L. Reyes, M. 2009. Características de uso de plaguicidas químicos y riesgo para la salud en agricultores de la sierra central del Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 26: 466–472.
- Samara, E.; Matsi, T. & Balidakis, A. 2017. Soil application of sewage sludge stabilized with steelmaking slag and its effect on soil properties and wheat growth. *Waste Management and Research*, 68: 378–387.
- Stahel, W.R. 2016. The circular economy. *Nature*, 531: 435.
- Mitscherlich, S.V. 1970. *Fertilidad de Suelos y Fertilizantes para la Investigación de la Agricultura*. 4^{ta} Ed. Ed. Trillas. México.
- Tilman, D.; Balzer, C.; Hill, J. & Befort, B.L. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108: 20260–20264.
- Vallero, D. 2011. *Risk assessment, management and accountability*. In: Letcher, T.M. & Vallero, D. (Eds.), *Waste: a Handbook for Management Chapter 32*. Academic Press, Elsevier, Amsterdam, pp. 503–540.

Received March 4, 2019.

Accepted April 6, 2019.