

Concentración de nutrientes de dos formulaciones de fertilizantes fermentados (bioles) elaborados con insumos locales Nutrient concentration of two formulations of fermented fertilizers (biols) elaborated with local inputs

Bruno Fabián Rojas-Espinoza¹ , Mario Alejandro Hernández-Chontal¹ ,
Nereida Rodríguez-Orozco¹  y Ariadna Linares-Gabriel¹ 

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas-Xalapa, Universidad Veracruzana. Lomas del Estadio s/n, Col. Zona Universitaria. 91090 Xalapa, Veracruz, México.

† Autor para correspondencia (hernandez.chontal@gmail.com)

Editor de Sección: Dr. Porfirio Juárez López

RESUMEN

En el contexto actual de la transición agroecológica, se ha intensificado el uso de fertilizantes fermentados o bioles. El objetivo del trabajo fue comparar la concentración nutrimental de dos formulaciones de fertilizantes fermentados elaborados con insumos locales. Se diseñaron biodigestores artesanales y se utilizó estiércol de ovino y pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Se generaron dos formulaciones: Biol 1 (20% pasto kikuyo, 30% estiércol ovino y 50% agua) y Biol 2 (50% estiércol ovino y 50% agua), las cuales se fermentaron durante 100 días y se tuvieron tres repeticiones de cada formulación. En los bioles se determinó la materia orgánica y la concentración de los macronutrientes N, P y K, así como la concentración de los micronutrientes Fe, Cu, Mn y Zn. El Biol 1 tuvo mayor concentración de materia orgánica, N y Fe ($P \leq 0.05$), es decir, se concluye que se mejoró la concentración nutrimental del biol cuando se agregó el pasto en el proceso de fermentación. El uso de insumos locales, de bajo costo y de fácil acceso puede ser una alternativa para producir bioles.

Palabras clave: agroecología, bioinsumos, digestión anaeróbica.

SUMMARY

In the current context of agroecological transition, the use of fermented fertilizers or biols has intensified. The objective of this study was to compare the nutrient concentration of two formulations of fermented fertilizers elaborated with local inputs. Handmade biodigesters were designed and sheep manure and Kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*) were used. Two formulations were generated: Biol 1 (20% kikuyo grass, 30% sheep manure and 50% water) and Biol 2 (50% sheep manure and 50% water), which were fermented for 100 days and there were three replicates of each formulation. In the biols the organic matter and the concentration of the macronutrients N, P and K, as well as the concentration of the micronutrients Fe, Cu, Mn and Zn were determined. Biol 1 had a higher concentration of organic matter, N and Fe ($P \leq 0.05$). It is concluded that the nutrient concentration of the biol was improved when the grass was added in the fermentation process. The use of local, low-cost and easily accessible inputs can be an alternative to produce biols.

Index words: agroecology, bioinputs, anaerobic digestion.



Cita recomendada:

Rojas-Espinoza, B. F., Hernández-Chontal, M. A., Rodríguez-Orozco, N., & Linares-Gabriel, A. (2023). Concentración de nutrientes de dos formulaciones de fertilizantes fermentados (bioles) elaborados con insumos locales. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-7. e1658. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1658>

Recibido: 25 de octubre de 2022.

Aceptado: 12 de marzo de 2023.

Nota de Investigación. Volumen 41.

Julio de 2023.

INTRODUCCIÓN

La elaboración y aplicación de fertilizantes fermentados, se ha intensificado como una práctica agroecológica. Contribuyendo a una transición hacia una agricultura sustentable en la que estas prácticas se realizan en territorios cada vez más grandes, es decir una transición agroecológica (Mier y Terán Giménez-Cacho *et al.*, 2018). Lo anterior se refleja en programas gubernamentales en México como “Sembrando vida” (Gobierno de México, 2019) y “Producción para el Bienestar” (Cortez-Bacilio, 2021), los cuales promueven la elaboración de bioinsumos con los beneficiarios.

El proceso de elaboración de fertilizantes líquidos a través de digestión anaeróbica a pequeña escala es un sistema eficaz de gestión de residuos orgánicos que proporciona energía (biogás/gas metano) para las comunidades rurales (Baryga, Połec y Klasa, 2021; Miller, Herman, Philipinanto, y Davis, 2021). Además del biogás, el subproducto de la fermentación del metano es el digestato, conocido también como fertilizante fermentado, biofermentos o bioles; que, si se aplican al suelo, pueden ser una valiosa fuente de nutrientes para las plantas y gradualmente aumentar el nivel de secuestro de carbono en el suelo y apoyar la gestión eficaz de la fertilidad (Niemiec, Sikora, Szeląg-Sikora, Gródek-Szostak y Komorowska, 2022). De forma que, constituyen una alternativa adecuada a la fertilización mineral ya que promueven significativamente la producción de biomasa (Urta, Alkorta, Mijangos y Garbisu, 2020a). Los fertilizantes fermentados mejoran el intercambio de cationes en el suelo (Cano-Hernández *et al.*, 2016) y los valores del pH (Sunaryo, Purnomo, Darini y Cahyani, 2018); lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes. Estos beneficios dependen de la dosis y el tipo de suelo (Urta *et al.*, 2020b). Los fertilizantes fermentados contienen materia orgánica, N (nitrógeno), NH_4^+ (amonio), NO_3^- (nitratos), P (fósforo), K (potasio), Ca (calcio), Mg (magnesio), Fe (hierro), Cu (cobre), Zn (zinc), Mn (manganeso) y B (boro), que al ser aplicados a las plantas incrementan la altura, diámetro del tallo y número de hojas (Hernández-Chontal *et al.*, 2019; Linares-Gabriel, López, Hernández, Velasco y López, 2018; Linares-Gabriel, López, Tinoco, Velasco y López, 2017).

Los fertilizantes fermentados mejoran el rendimiento de los cultivos, debido al concentración de nutrientes disponibles para las plantas (Tampio, Marttinen y Rintala, 2016); asimismo, se encuentran libres de sustancias fitotóxicas que causan problemas para la germinación de las semillas (Phibunwatthanawong y Riddech, 2019). Si bien, el estiércol es la principal fuente para elaborarlos, en la actualidad se realizan con insumos vegetales, lo que genera que su formulación varíe en función de los insumos disponibles (Ebel y Kissmann, 2019; Traub, Welsh, Rogers y Grimberg, 2021). Es por ello que su elaboración debe considerar materiales más baratos y fáciles de encontrar por los agricultores, aprovechando los insumos locales disponibles (Sunaryo *et al.*, 2018). Con base en lo anterior, el objetivo del trabajo fue comparar la concentración nutrimental de dos formulaciones de fertilizantes fermentados elaborados con insumos locales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de Estudio

El trabajo se realizó de octubre a diciembre de 2021 en una granja ubicada en la localidad de Ticuatipan, municipio de Xico, del estado de Veracruz, México. El sitio se ubica en las coordenadas 19° 43" N y 97° 05" O y altitud de 1680 m. En la zona predomina un clima semicálido húmedo con lluvias todo el año y rangos de temperatura de 4 °C - 22 °C y precipitaciones de 1100 mm - 2100 milímetros.

Acondicionamiento y Diseño del Biodigestor

Se acondicionaron seis biodigestores tipo Batch los cuales se diseñaron de manera artesanal y de bajo costo. Se utilizaron baldes con tapa, con una capacidad de 19 L cada uno. Para acondicionar la salida de gas se conectó una manguera a las tapas de los baldes, misma que se condujo hacia una botella de PET de 0.6 L, llena hasta la mitad con agua. Esto sirvió como válvula de escape en la que el gas se liberó de forma segura cuando hubo alta presión dentro del digestor. Una vez realizado lo anterior, y al comienzo del proceso de digestión, se sellaron con cinta aislante los ensambles de las tapas con el balde para evitar fugas y de esta forma se cumplió con el proceso anaeróbico. De igual forma, se vigiló la válvula de escape, cuidando siempre de contener agua. Esto se realizó de acuerdo con lo sugerido por Hernández-Chontal et al. (2019) (Figura 1).

Formulaciones y Proceso de Digestión

Para realizar la fermentación anaeróbica en los biodigestores tipo Batch, se colectó estiércol ovino de la granja y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) el cual se trituró. Posteriormente, se realizaron las formulaciones de acuerdo con el volumen del biodigestor. Biol 1: 20% pasto kikuyo, 30% estiércol ovino y 50% agua; Biol 2: 50% estiércol ovino y 50% agua. Una vez que se incorporaron y mezclaron los materiales en los biodigestores, se sellaron y colocaron bajo techo durante un periodo de 100 días. El periodo se definió de acuerdo con las características climáticas de la zona en el periodo de estudio, las cuales son bajas. Se sugiere que a temperaturas $< 20^{\circ}\text{C}$, es necesario un mayor tiempo de fermentación para que se logre la degradación (Quipuzco-Ushñahua, Baldeón y Tang, 2011). Cada semana durante el tiempo que duró el proceso, se agitó la mezcla para lograr una descomposición uniforme de todos los materiales. Al final del periodo, se obtuvo el efluente y se realizó la filtración del biol (fertilizante fermentado) mediante la separación de fases sólidas y líquidas, con una malla milimétrica plástica. Se tomó una muestra de 500 mL de acuerdo con el tratamiento y repetición para su posterior análisis en laboratorio.

Tratamientos, Diseño Experimental y Variables Evaluadas

El diseño experimental fue completamente al azar, con dos tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron: T1: Biol 1 y T2: Biol 2. Se realizaron determinaciones de macro y nutrimentos de acuerdo con los siguientes métodos: nitrógeno-N, Kjeldahl; materia orgánica-MO, Walkely & Black; potasio-K, fierro-

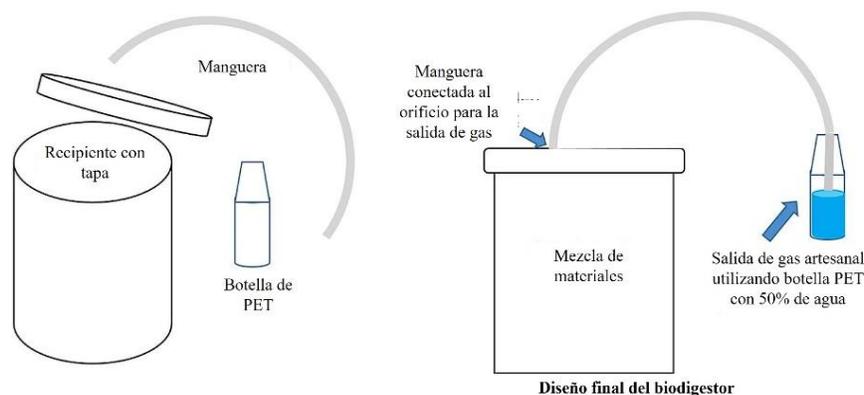


Figura 1. Diseño de los biodigestores utilizados. Fuente: Hernández-Chontal et al. (2019).
Figure 1. Design of the biodigesters used. Source: Hernández-Chontal et al. (2019).

Fe, cobre-Cu, zinc-Zn y manganeso-Mn, con cuantificación por espectroscopia de emisión óptica con plasma y fósforo-P (Olsen) cuantificación por UV-Vis. Para el análisis de varianza se utilizó un diseño completamente al azar y se realizó la prueba de medias con Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS Institute, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, para las variables MO, N y Fe. El resto de las variables no presentaron diferencias estadísticas. Con base a la prueba de medias con Tukey ($P \leq 0.05$) el mejor tratamiento fue la formulación de biol 1 respecto con las variables; MO, N y Fe. Para el resto de las variables fueron iguales en ambas formulaciones de los bioles (Cuadro 1).

Estos resultados muestran que las características de estas formulaciones varían debido a los insumos utilizados, lo cual se ha documentado por diversos autores (Hernández-Chontal *et al.*, 2019; Prasedya *et al.*, 2022; Urra *et al.*, 2020a). Estos autores indican que utilizar un mayor número de insumos no asegura una mayor concentración de nutrientes en el biol. Al respecto, Jung y Choi (2020) elaboraron diferentes bioles: Biol 1 (16.5% de harina de huesos, 16.5% de residuos de pescado, 0.7% de microorganismos eficaces, 0.2% de melaza y 66.1% de agua con un periodo de fermentación de tres meses). Biol 2 (2.0% de extracto de pescado, 2.0% de melaza, 2.0% de ácido fosfórico activo y 94% de agua, con un periodo de fermentación de seis meses), Biol 3 (32.7% de aceite de sésamo, 0.7% de sal marina, 1.3% de humus y 65.3% de agua, durante tres meses y biol 4 (40.3% de estrella de mar, 10.1% de algas, 3.4% de melaza, 0.2% de microorganismos eficientes, 0.8% de humus y 45.2% de agua, con un periodo de fermentación de tres años. Las concentraciones de nutrientes que obtuvieron esos autores fueron bajos en mg L^{-1} : Mn, 10-14.2; Zn, 0.01-0.04; Cu, 0.01-0.07; y B, 0-0.023. Estos resultados son inferiores a los reportados en el presente estudio en Cu y Zn.

Por su parte, Pereira, de Assis, Lana, Silva y Pereira (2019) consideraron la elaboración de biol con estiércol bovino y obtuvo los siguientes resultados: pH 7.4, MO 32.4%, N total 732 mg L^{-1} , P 630 mg L^{-1} , K 362 mg L^{-1} , calcio 230 mg L^{-1} , Mg 103 mg L^{-1} , Mn 5.4 mg L^{-1} , Cu 5.2 mg L^{-1} , Fe 12.4 mg L^{-1} , B 1.24 mg L^{-1} y Na mg L^{-1} . Estos valores también son inferiores a los que se reportan en este trabajo, en los elementos especificados. En este sentido, es importante identificar que insumos tienen potencial para incrementar la concentración de los bioles. En el presente

Cuadro 1. Materia orgánica y concentración de nutrientes de las dos formulaciones de biol.
Table 1. Organic matter and nutrient content of the two formulations of biol.

Tratamiento	MO	N	P	K	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- % -----		----- mg L^{-1} -----					
Biol 1	*33.7 3a	0.51 a	323.3 a	7574.3 a	0.63 a	9.33 a	5.0 a	1.33 a
Biol 2	27.33 b	0.27 b	332.0 a	5885.0 a	0.52 a	4.66 b	3.0 a	1.00 a
MSD	0.49	0.20	1.65	24.45	0.09	0.57	1.12	0.59
CV	2.55	9.27	2.60	8.51	3.42	6.34	16.22	15.81

MO = materia orgánica, N= nitrógeno, P = fósforo, K = potasio, Cu = Cobre, Fe = hierro, Mn = manganeso y Zn = zinc. *Medias originales; datos transformados con \sqrt{X} . †Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). DMS= diferencia mínima significativa. CV= coeficiente de variación.

OM = organic matter, N = nitrogen, P = phosphorus, K = potassium, Cu = copper, Fe = iron, Mn = manganese and Zn = zinc. * Original means; data transformed with \sqrt{X} . †Means with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$). MSD = minimum significant difference. CV= coefficient of variation.

estudio además del estiércol ovino se utilizó el pasto kikuyo. Ndubuaku, Imegwu y Ndubuaku (2013) reportaron que utilizar *Panicum* máximo en la elaboración de biol incrementó la concentración de N, debido al contenido de proteína (Correa, Pabón y Carulla, 2008; Soto, Valencia, Galvis y Correa, 2005). Se deduce que el pasto kikuyo influyó en el incremento de la concentración de Nitrógeno en el biol 1 en comparación con el biol 2 (Cuadro 1).

En otro estudio con insumos locales, Zulkarnaini y Syafrizal (2019) consideraron el uso de estiércol y flor de *Tithonia* sp. y reportaron incrementos en la concentración de N, P y K en el biol, lo que coincide con la tendencia del presente estudio que al suplementar con un insumo vegetal se incrementó la concentración de algunos nutrientes en el fertilizante fermentado.

Finalmente, es importante mencionar que debe asegurarse que el proceso de fermentación de los bioles se realice de forma eficiente (Miller *et al.*, 2021), y que es necesario realizar estudios del efecto de los bioles evaluados en el presente estudio en el crecimiento de cultivos agrícolas.

CONCLUSIONES

La adición de pasto Kikuyo a la mezcla de biol genera un aumento en la materia orgánica, N y Fe, en comparación con la mezcla de agua más estiércol. El uso de pasto y estiércol de ovino como insumos locales puede ser una alternativa para la producción de bioles.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Todos los datos analizados durante el estudio se incluyeron en el artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

FONDOS

El trabajo fue financiado por el proyecto "Estrategias de acompañamiento técnico, diálogo e intercambio de experiencias para la mejora del suelo y reducción del uso de agroquímicos en el contexto de la transición agroecológica". No. de registro DGI: 456832022121, Universidad Veracruzana.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Investigación, metodología, visualización: B.F.R.E. Conceptualización, análisis formal, visualización, escritura-borrador original y redacción, revisión y edición: M.A.H.C. Conceptualización, visualización, escritura-borrador original y redacción, revisión y edición: N.R.O. Conceptualización, análisis formal, escritura-borrador original y redacción, revisión y edición: A.L.G.

AGRADECIMIENTOS

No aplicable.

LITERATURA CITADA

- Baryga, A., Połec, B., & Klasa, A. (2021). The Effects of Soil Application of Digestate Enriched with P, K, Mg and B on Yield and Processing Value of Sugar Beets. *Fermentation*, 7(4), 1-17.
- Cano-Hernández, M., Bennet-Eaton, A., Silva-Guerrero, E., Robles-González, S., Sainos-Aguirre, U., & Castorena-García, H. (2016). Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas. *Agrociencia*, 50, 471-479.
- Correa, H., Pabón, M., & Carulla, J. (2008). Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I-Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development*, 20(4), 59.
- Cortez-Bacilio, M. (18 de septiembre de 2021). Biofábricas como solución para devolver la vida al suelo. *La Jornada del Campo*. <https://www.jornada.com.mx/2021/09/18/delcampo/articulos/biofabricas-devolver-vida.html>
- Ebel, R., & Kissmann, S. (2019). Fermented Leaf Fertilizers-Principles and Preparation. *Organic Farming*, 5(1), 14-22.
- Hernández-Chontal, M. A., López-Collado, C. J., Rodríguez-Orozco, N., Velasco-Velasco, J., Linares-Gabriel, A., & López-Romero, G. (2019). Nutrient content of fermented fertilizers and its efficacy in combination with hydrogel in *Zea mays* L. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 309-315. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0248-8>
- Jung, J. S., & Choi, H.-S. (2020). Eco-physiological properties of open-field cucumbers responded to organic liquid fertilizers. *Sustainability*, 12(23), 1-14. <https://doi.org/10.3390/su12239830>
- Linares-Gabriel, A., López-Collado, C. J., Hernández-Chontal, M. A., Velasco-Velasco, J., & López-Romero, G. (2018). Application of soil amendments and their effect in the growth of heliconia. *Ornamental Horticulture*, 24(3), 248-254. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i3.1252>
- Linares-Gabriel, A., López-Collado, C. J., Tinoco-Alfaro, C. A., Velasco-Velasco, J., & López-Romero, G. (2017). Application of biol, inorganic fertilizer and superabsorbent polymers in the growth of heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 23(1), 35-48. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.02.004>
- Mier y Terán Giménez-Cacho, M., Giraldo, O. F., Aldasoro, M., Morales, H., Ferguson, B. G., Rosset, P., ... Campos, C. (2018). Bringing agroecology to scale: key drivers and emblematic cases. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6), 637-665. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1443313>
- Miller, K. E., Herman, T., Philipinanto, D. A., & Davis, S. C. (2021). Anaerobic Digestion of Food Waste, Brewery Waste, and Agricultural Residues in an Off-Grid Continuous Reactor. *Sustainability*, 13(12), 1-17. <https://doi.org/10.3390/su13126509>
- Ndubuaku, U. M., Imegwu, C. N., & Ndubuaku, N. E. (2013). Nutrient compositions of liquid and solid fractions of organic waste fermentation and the influence on growth and yield of okra. *International Journal of Development Research*, 4(9), 415-424.
- Niemiec, M., Sikora, J., Szeląg-Sikora, A., Gródek-Szostak, Z., & Komorowska, M. (2022). Assessment of the Possibilities for the Use of Selected Waste in Terms of Biogas Yield and Further Use of Its Digestate in Agriculture. *Materials*, 15(3), 1-14. <https://doi.org/10.3390/ma15030988>
- Pereira, V. J., de Assis, D. F., Lana, R. M. Q., Silva, A. A., & Pereira, H. S. (2019). Fertilization with liquid swine manure increases productivity and improves the quality of *Urochloa decumbens*. *Bioscience Journal*, 35(6), 1862-1870.
- Phibunwattananawong, T., & Riddech, N. (2019). Liquid organic fertilizer production for growing vegetables under hydroponic condition. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(4), 369-380. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0257-7>
- Prasedya, E. S., Kurniawan, N. S. H., Kirana, I. A. P., Ardiana, N., Abidin, A. S., Ilhami, B. T. K., ... Nikmatullah, A. (2022). Seaweed Fertilizer Prepared by EM-Fermentation Increases Abundance of Beneficial Soil Microbiome in Paddy (*Oryza sativa* L.) during Vegetative Stage. *Fermentation*, 8(2), 1-15.
- Quipuzco-Ushñahua, L., Baldeón-Quispe, W., & Tang-Cruz, O. (2011). Evaluación de la calidad de biogas y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de PVC. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 14(27). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v14i27.690>
- SAS Institute. (2014). *Statistical Analysis System SAS/STAT User's Guide. version 9.4*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Gobierno de México (2019). Apoyo en especie. Plantas, insumos, herramientas, viveros comunitarios y biofábricas. Consultado el 30 de enero, 2021, desde <https://www.gob.mx/bienestar/sembrandovida/es/articulos/apoyo-en-especie?idiom=es>
- Soto, C., Valencia, A., Galvis, R. D., & Correa, H. J. (2005). Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 17-26.
- Sunaryo, Y., Purnomo, D., Darini, M. T., & Cahyani, V. R. (2018). Nutrients content and quality of liquid fertilizer made from goat manure. In *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1022 (pp. 1-9). Solo Baru, Indonesia: IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1022/1/012053>

- Tampio, E., Marttinen, S., & Rintala, J. (2016). Liquid fertilizer products from anaerobic digestion of food waste: mass, nutrient and energy balance of four digestate liquid treatment systems. *Journal of Cleaner Production*, 125, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.127>
- Traub, A., Welsh, R., Rogers, S., & Grimberg, S. (2021). Small Farms Using Anaerobic Digestion: A Viable Technology Education and Outreach Effort. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 45(5), 718-731. <http://doi.org/10.1080/21683565.2020.1841708>
- Urra, J., Alkorta, I., Mijangos, I., & Garbisu, C. (2020a). Commercial and farm fermented liquid organic amendments to improve soil quality and lettuce yield. *Journal of Environmental Management*, 264, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110422>
- Urra, J., Mijangos, I., Epelde, L., Alkorta, I., & Garbisu, C. (2020b). Impact of the application of commercial and farm-made fermented liquid organic amendments on corn yield and soil quality. *Applied Soil Ecology*, 153, 103643. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103643>
- Zulkarnaini., & Syafrizal. (2019). Influence of addition of chicken manure and tithonia on quality of liquid fertiliser made from organic waste. *Earth and Environmental Science*, 287, 1-5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/287/1/012023>