



Compostaje del residuo papelerero aplicado al cultivo de maíz

Wastepaper composting applied to corn cultivation

Compostagem de resíduos de papel aplicada ao cultivo de milho

Juan Velásquez-Barbachán

jvelasquezb@unap.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-4914-8407>

Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno-Perú

Artículo recibido 3 de septiembre 2021 / Arbitrado y aceptado 8 de octubre 2021 / Publicado 13 de diciembre 2021

RESUMEN

La industria del papel proveniente de celulosa tiene un crecimiento de 2.5% anual, sin embargo, existe la tendencia creciente del uso de papel reciclado para los procesos de fabricación. Durante este proceso se genera un residuo papelerero que no tiene una disposición final adecuada hecho que contribuye a la contaminación ambiental. El objetivo del trabajo es establecer una formulación de compost de residuo papelerero que pueda aplicarse al cultivo de maíz, evaluando su rendimiento como alternativa para la gestión de residuos de la industria papelerera. El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos T1:15 t ha⁻¹; T2:20 t ha⁻¹; T3:25 t ha⁻¹; T4:30 t ha⁻¹ y cuatro repeticiones. No existió diferencia significativa en la relación raíz/vástago a los 40, 80 y 120 días después de la siembra, así como en el número de mazorcas por planta. Por otro lado, en el peso de mazorcas por planta, el rendimiento de forraje verde y rendimiento de materia seca el T4 presentó diferencia significativa. En conclusión, el compostaje en una relación 3:1 de residuo papelerero y estiércol de vaca puede ser una opción viable en la gestión de residuos provenientes de la industria papelerera ya que tiene efectos sobre el rendimiento de maíz.

Palabras clave: Compost; Estiércol de vaca; Gestión de residuos; Maíz; Residuo papelerero

ABSTRACT

The pulp paper industry has a growth rate of 2.5% per year; however, there is a growing trend towards the use of recycled paper in the manufacturing process. During this process, a paper waste is generated that does not have an adequate final disposal, a fact that contributes to environmental pollution. The objective of this work is to establish a compost formulation of paper residue that can be applied to the corn crop, evaluating its performance as an alternative for the management of paper industry residues. The experimental design used was a completely randomized block design with four treatments T1:15 t ha⁻¹; T2:20 t ha⁻¹; T3:25 t ha⁻¹; T4:30 t ha⁻¹ and four replicates. There was no significant difference in the root/shoot ratio at 40, 80 and 120 days after sowing, as well as in the number of ears per plant. On the other hand, in the weight of ears per plant, green forage yield and dry matter yield, T4 presented a significant difference. In conclusion, composting in a 3:1 ratio of paper residue and cow manure can be a viable option in the management of residues from the paper industry since it influences corn yield.

Key words: Compost; Corn; Cow manure; Paper waste; Waste management

RESUMO

A indústria de papel de celulose está crescendo a 2,5% ao ano, no entanto, há uma tendência crescente para o uso de papel reciclado no processo de fabricação. Durante este processo é gerado um resíduo de papel que não é descartado adequadamente, o que contribui para a poluição ambiental. O objetivo deste trabalho é estabelecer uma formulação compostada de resíduos de papel que possa ser aplicada ao cultivo de milho, avaliando seu desempenho como uma alternativa para o gerenciamento de resíduos na indústria de papel. O projeto experimental utilizado foi um bloco completamente aleatório com quatro tratamentos T1:15 t ha⁻¹; T2:20 t ha⁻¹; T3:25 t ha⁻¹; T4:30 t ha⁻¹ e quatro réplicas. Não houve diferença significativa na relação raiz/roda aos 40, 80 e 120 dias após a semeadura, bem como no número de espigas por planta. Por outro lado, no peso das espigas por planta, no rendimento de forragem verde e no rendimento de matéria seca, o T4 mostrou diferenças significativas. Em conclusão, a compostagem em uma proporção de 3:1 de resíduos de papel para esterco de vaca pode ser uma opção viável no gerenciamento de resíduos da indústria de papel, pois tem um efeito no rendimento do milho.

Palavras-chave: Compostagem; Resíduos de papel; Esterco de vaca; Gestão de resíduos; milho

INTRODUCCIÓN

La industria de papel genera gran cantidad de residuos sólidos que proceden de sus operaciones industriales (1). Entre los residuos sólidos más importantes sobresalen lodos de destintado procedentes del papel reciclado, residuos procedentes de la clasificación del papel, desechos de fibras obtenidos por separación mecánica y lodos del tratamiento in situ de efluentes (2); los cuales generan una gran preocupación para su adecuado tratamiento.

Las tecnologías actuales de tratamiento en países desarrollados se basan principalmente en la producción de energía a través de procesos de incineración, gasificación, pirólisis, digestión anaeróbica y biodiésel (3), no obstante, en países latinoamericanos estos residuos papeleros no tienen un tratamiento claro (4), en algunos casos son colocados en vertederos municipales, mientras que en otros son dispuestos en lugares informales atentando contra el medio ambiente.

Sin embargo, las empresas latinoamericanas de la industria de la del papel ante la presión social por el cuidado y conservación ambiental se están enfocando en prácticas ambientales sostenibles como la reutilización de residuos en sus procesos industriales (5), hecho que ha significado el uso de hasta el 40% del papel reciclado en su proceso productivo (6), permitiendo un ahorro energético y económico (7), enfocado en la gestión adecuada de residuos.

En la actualidad la gestión de residuos se ha convertido en un reto medio ambiental global (8), no solo en países desarrollados sino

en países subdesarrollados, que promueve la conversión de los desechos en productos con valor agregado (9), los cuales aparte de ser económicos, son menos tóxicos (10). Sin embargo, las tecnologías actuales son costosas de implementar por las empresas, debido a ello una opción económica y viable es el compostaje.

El compostaje es una opción que permite la estabilización y biotransformación de diferentes materias primas en productos degradados (11), que además pueden aplicarse a la agricultura (12). Así, el compost convencional utilizado en campos de cultivo es producto de la mezcla de residuos orgánicos con estiércol de animales, mientras que el vermicompostaje es el uso de lombrices californianas (*Eisenia fétida*) que descomponen la materia orgánica en condiciones específicas.

Existen estudios en los cuales se ha utilizado el residuo papelerero en procesos de compostaje. En una relación 1:1 de residuo papelerero con estiércol de cerdo por 56 días es suficiente para lograr un compost maduro (13). De otro lado, la relación de 5:4:1 de residuo papelerero más estiércol de vaca y paja resultó en una formulación eficiente para residuos orgánicos de papelería (14); de igual forma la relación 2:1:1 de lodos de papelería con estiércol de vaca y abono verde mejoró las características físicas del suelo por el contenido de Fosforo y Potasio disponible para las plantas (15); además las mezclas de lodos papeleros con residuos de té y estiércol favorecieron la sostenibilidad en el empleo de estos residuos (16).

Por ello, el objetivo de este estudio es establecer una formulación de compost de residuo papelerero con estiércol de vaca que puedan aplicarse al cultivo de maíz, evaluando su rendimiento como alternativa para la gestión de residuos de la industria papelera.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la localidad de La Joya (con localización geográfica de 16° 30' 50" S y 71° 50' 33" O, a 1531 m.s.n.m.), del distrito de La Joya, provincia y departamento de Arequipa, en la campaña agrícola 2019-2020. Durante el experimento la temperatura media anual fue de 20.1°C, humedad relativa de 40-55% y suelos de textura arena franca. Se utilizó 3 kg de semilla de maíz híbrido PM-212, producido por el Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz de la Universidad Agraria La Molina de Lima, Perú (17).

Para las formulaciones de compost se utilizó un residuo papelerero de la producción de papeles absorbentes reciclados provenientes de la empresa Papelera Panamericana S.A., del departamento de Arequipa – Perú, al que previamente se le realizó una caracterización fisicoquímica para determinar materia orgánica, fósforo, potasio, magnesio y calcio. Se recolectaron dos toneladas de residuo papelerero a los que se les aplicó un preprocesamiento de secado hasta llegar al 55% de humedad, luego se realizaron dos pilas de compostaje que consistían en capas de residuo papelerero con estiércol de vaca en una relación 3:1, dispuestos en un área de 6 m². En el centro de la pila se ubicó dos tubos

centrales perforados, distanciados uno del otro en un metro, los cuales funcionaban como respiraderos. El compostaje se realizó por un periodo de tres meses, en los cuales la frecuencia de riego fue interdiaria, realizando volteos semanales de la pila de compostaje. Al tercer mes se cubrió la pila de compostaje con plástico transparente hasta llegar a una humedad del 30%. Finalmente, el compost luego se trasladó a campo donde se le aplicó a los diferentes tratamientos a fondo de surco.

Se utilizó el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), conformado por 4 tratamientos y con 4 repeticiones. Los tratamientos estuvieron compuestos por 4 niveles de compost del residuo papelerero aplicado al cultivo de maíz T1: 15 t ha⁻¹, T2: 20 t ha⁻¹, T3: 25 t ha⁻¹, T4: 30 t ha⁻¹, constituyendo en total 20 parcelas de 8 surcos con una longitud de 6,4 m de largo y 0.60 m entre ellos, con área por parcela de 31 m² y área total de 824 m².

La siembra del maíz PM-212 se realizó el 5 de octubre del 2019 aplicando el sistema de siembra manual por golpe (con 3 semillas/golpe), a un lado del surco. La fertilización empleada fue de 160-80-0 unidades de NPK, respectivamente. En todas las parcelas se realizó el control eficiente de plagas como el "cogollero" (*Spodoptera frugiperla* Smith) y gusano de tierra (*Feltia experta* Walker). Se realizó un aporque manual a los 40 días después de la siembra. Las variables dependientes del estudio fueron relación raíz/vástago a los 40, 80 y 120 días después de la siembra, cantidad de mazorcas por planta, peso de mazorcas por planta, rendimiento de forraje verde,

rendimiento de materia seca, los cuales se complementaron con un análisis fisicoquímico del suelo. La cosecha se realizó el 17 de febrero del 2020, cuando el cultivo cumplió 135 días de ciclo vegetativo, es decir 4.5 meses. Se utilizó el paquete estadístico SAS con un análisis de varianza en los datos cuantitativos y se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica del residuo de papel reciclado

Los resultados de la materia orgánica (MO), potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca)

conducen con las características de otros residuos papeleros en cuanto a la relación de abundancia y mas no en cantidad (Tabla 1). Así el Ca es el más abundante, seguido del Mg y el K (18), esto se explicaría por la similitud de los procesos industriales en las fábricas de papel. En el caso del fosforo (P) no se han encontrado reportes similares, sin embargo, otro autor refiere que se adicionaría este elemento durante la fabricación para mejorar la biomasa del papel (19).

Tabla 1. Análisis químico del residuo papelerero.

Parámetro	Resultado
Materia orgánica (MO)	28.60 %
Fosforo (P)	234 mg kg ⁻¹
Potasio (K)	458 mg kg ⁻¹
Magnesio (Mg)	1110 mg kg ⁻¹
Calcio (Ca)	2080 mg kg ⁻¹

Relación raíz/vástago a los 40, 80 y 120 días después de la siembra

No existió diferencia significativa entre los tratamientos en la variable relación raíz / vástago a los 40, 80 y 120 días después de la siembra (Tabla 2). A los 40 y 120 días el T4 presenta mayores valores en la dinámica de crecimiento de las plantas, ello puede

explicarse porque a mayor nivel de compost hay mayor enraizamiento, crecimiento radicular y más biomasa en la raíz, sobre todo en el crecimiento de raíces secundarias (20); además la relación raíz/vástago muestra una tendencia inversa a la relación de Ca, Mg y K del suelo (21).

Tabla 2. Relación raíz /vástago a los 40, 80 y 120 días, cantidad y peso de mazorcas, rendimiento de forraje verde y seco.

Tratamiento	RELACIÓN VÁSTAGO/RAÍZ (DÍAS)			MAZORCAS (GR)		FORRAJE (KG)	
	40	80	120	Cantidad	Peso	Verde	Seco
T0	0.27 ^a	0.49 ^a	0.32 ^a	1.29 ^a	414.68 ^b	20.80 ^b	10.88 ^b
T1	0.29 ^a	0.64 ^a	0.38 ^a	1.29 ^a	348.10 ^b	17.13 ^b	9.33 ^b
T2	0.32 ^a	0.56 ^a	0.48 ^a	1.21 ^a	341.95 ^{ab}	15.15 ^{ab}	8.45 ^{ab}
T3	0.31 ^a	0.53 ^a	0.43 ^a	1.11 ^a	299.78 ^{ab}	13.60 ^{ab}	7.48 ^{ab}
T4	0.37 ^a	0.52 ^a	0.49 ^a	1.11 ^a	297.30 ^a	12.93 ^a	7.38 ^a

^{a, b} Superíndices diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

T0: 0 t ha⁻¹; T1: 15 t ha⁻¹; T2: 20 t ha⁻¹; T3: 25 t ha⁻¹; T4: 30 t ha⁻¹

Número y peso de mazorcas por planta

En la cantidad de mazorcas por planta no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 2). Esto se explicaría porque el maíz Híbrido PM-212 puede producir más de una mazorca por planta, pero depende de las condiciones climáticas (18), además el número de mazorcas en maíces híbridos es difícil de alterar (22). En referencia al peso de las mazorcas, el T4 obtuvo diferencia significativa con los demás tratamientos. Esto podría explicarse por la mayor cantidad de compost, que mejora las características físicas del suelo (23), pero que es 50% menos efectivo que una fertilización química debido a la rápida absorción por las raíces (24).

Rendimiento de forraje verde y materia seca

Existió diferencia significativa entre el T4 y los demás tratamientos (Tabla 2). Esto se explicaría por la calidad del compost, el cual tiene la capacidad de almacenamiento de nutrientes y la liberación lenta de los mismos que incide en la capacidad de intercambio catiónico del suelo (25). Así mismo el compost de residuo papelerero se utiliza como enmienda

para los suelos (26), influenciando sobre el rendimiento del cultivo de maíz (25).

Análisis químico del suelo

El contenido de materia orgánica, fósforo (P) y la conductividad eléctrica se incrementó en todos los tratamientos, mientras que el potasio (K) y la capacidad de intercambio catiónico disminuyó y pH se mantuvo estable (Tabla 3). El ligero incremento de la materia orgánica en el suelo se explicaría por la adhesión del residuo papelerero al estiércol de vaca, que facilita la biodisponibilidad de nutrientes para los microorganismos del suelo (24). Además, los cambios térmicos que ocurren durante el proceso de compostaje favorecerían el incremento de fósforo disponible (P) (27). La conductividad eléctrica estaría afectada por sales disueltas del suelo que interactúan de manera directa con el compost pero que indican una salinidad leve (28). De otro lado la CIC estaría afectada por la mínima cantidad de arcilla que presentan los suelos francos arenosos, reportados en forma similar en otros estudios (29), pero que también estaría siendo afectado por el pH del suelo (30).

Tabla 3. Análisis químico del suelo según tratamientos.

Tratamiento	Materia orgánica (%)	P (ppm)	K (ppm)	C.E. (ds/m)	pH	CIC meq/100grs
T0	0.89	4.55	387.47	0.25	7.62	8.50
T1	0.98	21.84	299.98	0.70	7.53	6.26
T2	0.98	23.59	299.98	0.82	7.44	6.26
T3	1.24	19.22	319.98	0.68	7.54	5.92
T4	0.80	21.84	319.98	0.72	7.56	6.56

P: Fosforo, K: Potasio, C. E: conductividad eléctrica, CIC: capacidad de intercambio catiónico.

CONCLUSIONES

La relación 3:1 del residuo papelerero con estiércol de vaca influye sobre el peso de las mazorcas, mayor rendimiento de forraje verde y materia seca; así como en las características químicas del suelo respecto al contenido de materia orgánica, contenido de fosforo, potasio, conductividad eléctrica, pH y capacidad de intercambio catiónico. Se recomienda continuar las investigaciones con varios tipos de estiércoles con desperdicios de papel y el efecto sobre otros cultivos agroindustriales.

Agradecimientos

J.P. Velásquez reconoce el apoyo financiero del Proyecto Concytec-Banco Mundial "Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica" 8682-PE, a través de su unidad ejecutora ProCiencia contrato número 01-2018-FONDECYT/BM-Programas de Doctorados en Áreas Estratégicas y Generales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Monte MC, Fuente E, Blanco A, Negro C. Waste management from pulp and paper production in the European Union. *Waste Manag.* 2009; 29(1):293–308. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.002>
2. Rivera J. Viabilidad del proceso de gasificación de residuos con alto contenido en material plástico. España: Universidad de Valladolid; 2018. 1–260 p. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/33067>
3. Gopal PM, Sivaram NM, Barik D. Paper industry wastes and energy generation from wastes. *Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation.* India. Elsevier Ltd.; 2018; 83–97 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102528-4.00007-9>
4. Kaza S, Bhada-Tata P. Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies. *Decis Maker's Guid Solid Waste Manag Technol.* Estados Unidos. Worldbank. 2018. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31694>
5. Moraes DM, Silva PH, Simon I, Anholon R, Quelhas OLG, Farias JR, et al. Environmentally-responsible corporate: Actions analysis of Latin American pulp and paper industry. *Environ Challenges.* 2021;4(May):100153. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100153>
6. Alshehrei F, Ameen F. Vermicomposting: A management tool to mitigate solid waste.

- Saudi J Biol Sci. 2021;28(6):3284–93. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.072>
7. Devichi Wibowo I, Purwanto P, Suherman S. Solid waste management in the paper industry. E3S Web Conf. 2020;202(November):1-6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020206026>
 8. Guo X, Huang J, Lu Y, Shan G, Li Q. The influence of flue gas desulphurization gypsum additive on characteristics and evolution of humic substance during co-composting of dairy manure and sugarcane pressmud. Bioresour Technol. 2016; 219:169–74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.125>
 9. Esmailian B, Wang B, Lewis K, Duarte F, Ratti C, Behdad S. The future of waste management in smart and sustainable cities: A review and concept paper. Waste Manag. 2018; 81:177–95. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.047>
 10. Vaverková MD, Elbl J, Voběrková S, Koda E, Adamcová D, Mariusz Gusiatin Z, et al. Composting versus mechanical–biological treatment: Does it really make a difference in the final product parameters and maturity. Waste Manag. 2020; 106:173–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.030>
 11. Onwosi CO, Igbokwe VC, Odimba JN, Eke IE, Nwankwoala MO, Iroh IN, et al. Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. J Environ Manage. 2017; 190:140–57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>
 12. Lee LH, Wu TY, Pui K, Shak Y, Lim SL, Ng KY, et al. Sustainable approach to biotransform industrial sludge into organic fertilizer via vermicomposting: A mini-review. J Chem Technol Biotechnol. 2018;(93):925–235. <https://doi.org/10.1002/jctb.5490>
 13. Wong JWC, Karthikeyan OP, Selvam A. Biological nutrient transformation during composting of pig manure and paper waste. Environ Technol (United Kingdom). 2017;38(6):754–61. <http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2016.1211747>
 14. Ganguly RK, Chakraborty SK. Valorisation of toxic paper mill waste through vermicomposting: An insight towards cleaner engineering through alleviation of wastes. Clean Eng Technol. 2021;2(October 2020):100070. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100070>
 15. Karmegam N, Vijayan P, Prakash M, John Paul JA. Vermicomposting of paper industry sludge with cowdung and green manure plants using *Eisenia fetida*: A viable option for cleaner and enriched vermicompost production. J Clean Prod. 2019; 228:718–28. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.313>
 16. Kumar V, Singh S, Singh B. Biotransformation of paper mill sludge and tea waste with cow dung using vermicomposting. Bioresour Technol. 2020; 318(August):124097. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124097>
 17. Lizarja Y. Comportamiento de híbridos triples de maíz amarillo duro (*Zea mays* L) en condiciones edafoclimáticas de costa central. Lima, Peru. Universidad Nacional Hermilio Valdizan Huánc; 2017. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/2864>
 18. Curnoe WE, Irving DC, Dow CB, Velema G, Unc A. Effect of Spring Application of a Paper Mill Soil Conditioner on Corn Yield. Agron J. 2006; 98:423–9. https://www.researchgate.net/publication/250104405_Soil_Properties_and_Crop_Yields_in_Response_to_Mixed_Paper_Mill_Sludges_Dairy_Cattle_Manure_and_Inorganic_Fertilizer_Application
 19. Lillo F. Estimar el balance de fósforo en el proceso de fabricación de celulosa de fibra corta: evaluación de la carga de fósforo aportado al río Biobío. Concepcion, Chile. 2013. <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-felipe-lillo-2013.pdf>
 20. Reyes J, Rueda R, Martinez D, De Limas G. Variación fenotípica de maíz. Rev Iberoam ciencias. Puebla, Mexico. 2017;4(2):1–10. Available from: <http://www.reibci.org/publicados/2017/abr/2200103.pdf>
 21. Rodriguez L, Guevara F, La O M, Romero E, Hernández V, Salas M. Efecto del aluminio en el crecimiento y contenido de clorofila en

plantulas de maíz. *Rev Fitotec Mex. Chiapas. Mexico.* 2021;44(1):25–31. <https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/845/802>

22. Francisco S. Evaluación del rendimiento y valor nutricional de dos variedades y dos híbridos de maíz (*Zea mays*) como forraje en el Valle de Huaral. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Peru. 2019. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/5084>

23. Barrios A. Evaluación del cultivo de maíz (*Zea mayz* L), a la aplicación de dosis de abonos orgánicos, bajo el sistema de labranza mínima, en la zona de Vinces, durante la época seca. Universidad de Guayaquil, Ecuador. 2014. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/10446>

24. Aguilar R, Arévalo CG, Morales A, Galecio M, García PP, Ortiz JQ, et al. Reducción de la fertilización sintética con composta y optimización del riego sobre pudrición del talo (*Fusarium* spp.) del maíz en sinaloa. *Sci Agropecu.* 2020;5(4):121–33. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.03.02>

25. Del Castillo A. Efecto del compost de residuos sólidos biodegradables, obtenidos del comedor universitario de la UNAS en el Rendimiento Del Cultivo De Maíz (*Zea Mays* L.) variedad Marginal 28 – T. Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2019. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1434>

26. Romero A, Suarez E, Macias M, Gomez Y, Lozno L. Diseño experimental para la obtención de compost apto para uso agrícola a partir de lodo papeler Kraft. *Espacios.* 2017; 38:1–14. <http://hdl.handle.net/11323/2235>

27. Tiquia SM, Richard TL, Honeyman MS. Carbon, nutrient, and mass loss during composting. *Nutr Cycl Agroecosystems.* 2002;62(1):15–24. https://www.researchgate.net/publication/242539803_Carbon_nutrient_and_mass_loss_during_composting/citation/download

28. Cremona M, Enriquez A. Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: el pH y la conductividad eléctrica. *Presencia. Argentina* 2020;73:5–8. <https://inta.gob.ar/documentos/revista-presencia-nº-73>

29. López W, Reynoso R, López J, Villar B, Camas R, García JO. Caracterización físico-química de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. *Rev Mex Ciencias Agrícolas.* 2019;10(4):897–910. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1764>

30. Cruz WO, Rodríguez LA, Salas MA, Hernández V, Campos RA, Chávez MH, et al. Effect of organic matter and cation exchange capacity on the acidity of soils cultured with corn in two regions of Chiapas, Mexico. *Terra Latinoam.* 2020;38(3):475–80. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>