

Contribucion de micronutrientes en una composta aeróbica elaborada con estiércol de ganado bovino

Contribution of micronutrients in an aerobic compost made with manure bovine cattle

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos^{1*}, José Alberto Úrrieta Velázquez¹, Julián Cerano Paredes¹, Aldo Rafael Martínez Sifuentes¹, Hilario Macías Rodríguez¹

¹ INIFAP; CENID RASPA, km 6.5 margen derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo. México. 35140

*Autor para correspondencia: villalobos.arcadio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las plantas requieren 16 elementos esenciales para su desarrollo, a los cuales se les divide en elementos mayores y elementos menores. Los elementos menores o micronutrientes, son requeridos por la planta en proporciones muy bajas, sin embargo, algunos de ellos no se encuentran en el suelo o están en cantidades mínimas y muchas veces, son poco disponibles. Por hacer una comparación para poner en contexto porque son micronutrientes, en la materia seca de una planta encontramos que hay 1.5% de nitrógeno, mientras que en la misma muestra se tienen solamente 250 partes por millón (ppm) de hierro, esto demuestra lo evidente de los requerimientos de la planta de cada uno de estos elementos (Mejía P. Jr. 2021). En el proceso de descomposición de los materiales orgánicos usados para producir una composta aeróbica, las bacterias, hongos y otros microorganismos, cumplen con la función de liberar los macro y micro elementos que son parte de la estructura de las células y tejidos de los materiales considerados como enmiendas orgánicas. Los valores de los nutrientes minerales que se obtienen en un abono orgánico dependen en gran medida de los materiales de base que se usan para elaborar la composta, en este caso, la proporción de estiércol y de rastrojo de maíz incluidos en el proceso de compostaje. El objetivo del presente trabajo fue medir el efecto de diferentes mezclas de materiales en la disponibilidad de elementos menores en un proceso de composteo aeróbico. Los cinco tratamientos que se evaluaron se hicieron con las mezclas de estiércol de bovino (E) y rastrojo de maíz (R), y se mezclaron en las siguientes proporciones en base a peso, como sigue: 100% E: 0% R; 80% E: 20% R; 60% E: 40% R; 40% E: 60% R; 20% E: 80% R. El diseño experimental fue un arreglo en bloques al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Estos tratamientos se mantuvieron por 60 días en temperaturas entre los 40° y 60° C. Cuando las compostas estuvieron terminadas se tomaron muestras de cada tratamiento en cinco fechas durante el proceso para analizarlas en el laboratorio y determinar los contenidos de los micro elementos Hierro, Cobre, Zinc y Manganeseo. Los resultados muestran que el tratamiento con la composta desarrollada solo con el 100% de estiércol, reportó la mayor concentración de hierro con un valor de 6,140 ppm. Los valores de hierro (Fe) en las compostas terminadas, mostraron que el valor de este micro elemento mantuvo una relación directa con la cantidad de estiércol en la mezcla de la composta. Lo mismo ocurrió con los otros micro elementos (Cu, Zn y Mn) medidos en las compostas.

Palabras clave: Elementos menores, abono orgánico, materiales orgánicos, microorganismos

ABSTRACT

The plants require 16 essential elements for his development, to which divides them in main elements and minor elements. The minor elements or micronutrients, are required by the plant in proportions very low, however, some of them do not find in the soil or are in minimum quantities and many times, are little available. For doing a comparison to put in context because they are micronutrients, in the dry matter of a plant find that there is 1.5% of nitrogen, whereas in the same sample have only 250 parts by million (ppm) of iron, this shows the evident of the requests of the plant of each one of these elements (Mejía, P. Jr. 2021). In the process of decomposition of the organic materials used to produce a compost aerobic, the bacteria, funguses and other microorganisms, fulfil with the function to release the macro and microelements that are part of the structure of the cells and tissues of the materials considered like organic amendments. The values of the mineral nutrients that obtain in a credit organic depend largely of the materials of base that use to elaborate the compost, in this case, the proportion of muck and of stubble of corn included in the process of composting. The aim of the present work was to measure the effect of different mixes of materials in the availability of minor elements in a process of composted aerobic. The five treatments that evaluated did with the mixes of muck of bovine (And) and stubble of corn (R), and mixed in the following proportions in base to weight, as follows: 100% And: 0% R; 80% And: 20% R; 60% And: 40% R; 40% And: 60% R; 20% And: 80% R. The experimental design was an arrangement in blocks at random with 5 treatments and 4 repetitions. These treatments maintained by 60 days in temperatures among the 40° and 60° C. When the composts were ended up took samples of each treatment in five dates during the process to analyses them in the laboratory and determine the contents of the microelements Iron, Copper, Zinc and Manganese. The results show that the the treatment with the compost developed only with 100% of muck, reported the main concentration of iron with a value of 6,140 ppm. The values of iron (Fe) in the composts ended up, showed that the value of Fe maintained a direct relation with the quantity of manure in the mix of the compost. The same occurred with the others microelements (Cu, Zn y Mn) measured in the composts.

Keywords: microelements, organic amendment, organic materials, microorganisms

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción con mono cultivo, y altas dosis de fertilización, son una receta muy efectiva para promover la degradación del suelo, debido a estos métodos de siembra se obtienen bajos aportes de carbono orgánico y una disminución de los contenidos de materia orgánica, y por consecuencia se provoca un efecto negativo sobre la fertilidad (Duval *et al.*, 2015; Fernández *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2017). La incorporación de composta al suelo tiene efectos sobre algunas características del suelo como el aporte de nutrientes, beneficia el desarrollo de poblaciones microorganismos que participan en la mineralización y la liberación de diferentes nutrientes (García-Fraile *et al.*, 2015)

Actualmente los fertilizantes químicos son muy costosos y poco disponibles, sobre todos los que se consideran como fuente de elementos menores. Actualmente se buscan fuentes alternativas de elementos nutritivos que son necesarios para el desarrollo de las plantas en general y mejorar la

capacidad de respuesta. Entre las alternativas con más potencial para complementar la nutrición de las plantas de cultivo, están las enmiendas orgánicas que se pueden rescatar con el objetivo de hacer un reciclaje sustentable y sostenido, y para obtener productos que ayuden a mantener la productividad agrícola. El uso de enmiendas orgánicas como compostas, estiércoles y todos los materiales orgánicos reciclables que potencialmente se pueden aplicar al suelo, y que son utilizados como fertilizantes en los cultivos o como mejoradores de suelos (Jeavons, 2002; Soto, 2003). En una composta aeróbica, las bacterias, hongos y otros microorganismos que llevan a cabo el proceso de descomposición de los materiales orgánicos, consiguen su energía de fuentes de carbón, tales como residuos de cosecha, rastrojos, aserrín, etc. (Kim *et al.* 2000).

Las deficiencias de los micronutrientes tienen un efecto drástico en el crecimiento y reproductivo de los vegetales. Cuando se presenta una deficiencia de un micro elemento la planta muestra evidencias muy



claras de la necesidad de un micronutriente manifestando síntomas como marchitamiento, clorosis y en algunos casos hasta la muerte de hojas, ramas y en ocasiones la planta completa. Los micro elementos juegan un papel definitivo en el metabolismo de las plantas y una importante participación en la síntesis de algunas moléculas. La proporción aproximada de los micro elementos en la composición de la planta está entre los valores de 100-1000ppm de Fe, de 4-30 ppm de Cu, de 10-20 ppm de Zn y de 50-300 ppm de Mn. Sin embargo, estos valores son requeridos dependiendo de las características de la planta (Ruíz, 2011).

En los establos para la producción de leche, se obtiene una gran cantidad de estiércol el cual se acumula en los corrales donde se tienen encerrados los animales. Las excretas que producen estos animales son una fuente importante de nutrimentos que se pueden reciclar en tierras de cultivo (Gómez *et al.*, 2009). Existen diferentes tecnologías de manejo de residuos orgánicos a través de procedimientos de composteo para acelerar la mineralización de los elementos nutritivos que contienen los vegetales que consumen las vacas como alimentos, además de minimizar el riesgo de contaminación ambiental y que a su vez eliminan las bacterias patógenas que contienen las excretas y que constituyen un riesgo potencial para la salud de los animales y de las personas (Gómez *et al.*, 2011). Con este tipo de acciones se tiene la conciencia de evitar así el uso desmedido de fertilizantes minerales y fomentando al mismo tiempo la producción orgánica de alimentos inocuos. Al fomentar el uso de enmiendas orgánicas, como el estiércol, con un enfoque de usarlas como fuente de micronutrientes para los cultivos, se puede considerar al estiércol como un producto fertilizante (Bernal *et al.*, 2009; Gómez *et al.*, 2011). Uno de los procesos biológicos de conversión de residuos más estudiados es el composteo, donde se realiza una descomposición de los desechos orgánicos y disminución de gases de efecto invernadero (Comisión Europea, 2014) hasta llegar a un producto denominado "compost" o composta. En este proceso, se busca mantener un ambiente aerobio ya que los productos finales de un mecanismo anaerobio no son los buscados para ser aplicados en la agronomía y generan una pérdida de nutrientes (Uicab-Brito y Sandoval-Castro, 2003).

Uno de los objetivos, En el presente trabajo, fué el de conocer la capacidad de estas compostas para proporcionar los micro elementos como el Fierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn). Se tomaron muestras de cada tratamiento (compostas terminadas) para analizarlas en el laboratorio y con el propósito de medir los contenidos de los macro y micro elementos que serán liberados en el suelo para la nutrición de las plantas. Los resultados mostraron que existe una correlación directa entre los valores de los micro elementos y la proporción de estiércol incluida en los tratamientos. Por ejemplo, a los que se agregó un porcentaje de estiércol como el T1: 100% E+ 0% R; el T2: 80% E+20%R y el T3: 60% E+40% R, mostrando relaciones mostraron los valores más altos de micro elementos como en el caso del T1 con 100% de estiércol reportó el valor más alto de fierro con 6,140 ppm, mientras que con el T5 con solo el 20% de estiércol, el contenido de fierro bajo hasta 5,103 ppm en el último muestreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se hicieron mezclas de estiércol de bovino lechero y rastrojo de maíz, para generar los siguientes tratamientos: (T1) 100% Estiércol, 0 % Rastrojo; (T2) 80% Estiércol, 20% Rastrojo; (T3) 60% Estiércol, 40% Rastrojo; (T4) 40% Estiércol, 60% Rastrojo; (T5) 20% Estiércol, 80% Rastrojo. Se evaluó la evolución de la descomposición en cuatro tiempos del proceso de composteo. El composteo de las mezclas se evaluó en pilas de aproximadamente 200 kilogramos (composteo aeróbico).

El procedimiento que se siguió fue el de colocar en capas, primero se puso una capa de rastrojo de maíz, más una capa de estiércol de vaca. Esta mezcla se hizo en una proporción 1:1 en base a peso. La mezcla se humedeció hasta que la humedad alcanzó niveles óptimos entre el 50% al 60%. Cuando esta mezcla tubo una humedad uniforme se observó un color oscuro en toda la pila de material. Esto se comprobó al tomar con la mano un puño del sustrato y apretarlo hasta que el agua comience a escurrir ligeramente entre los dedos de la mano.

Los pasos siguientes, están relacionados con el tiempo de composteo lo cual ocurrió entre los 45 y 60 días (de 1 a 2 meses en el verano), dependiendo del origen de las enmiendas orgánicas y de la

temperatura del ambiente (la riqueza en nitrógeno del estiércol). La composta está madura cuando el sustrato se observe homogéneo, café oscuro y desmenuzado y tiene un olor a tierra húmeda.

Localidad

El trabajo se estableció en terrenos del Centro Nacional de Investigación en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (INIFAP; CENID-RASPA). Se establecieron pilas de las mezclas antes mencionadas para desarrollar el composteo aeróbico al aire libre sobre una superficie de terreno cubierta con una película de plástico. Las pilas se taparon con cubiertas de plástico con el objetivo de proteger las compostas del agua de lluvia y evitar que se alteraran los contenidos de humedad y afectar las temperaturas alcanzadas en su momento.

Se hizo una distribución en el terreno con un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se conformaron 20 pilas de 200 kg aproximadamente, en base seca, con variaciones en la composición de acuerdo con las relaciones de la mezcla de cada uno de los materiales. Se incluyó un testigo (100% E) para comparar el tiempo de respuesta en la descomposición de las enmiendas orgánicas.



Figura 1. Un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones

Los muestreos de las compostas para analizar en el laboratorio se hicieron en cuatro tiempos; y al inicio del composteo o tiempo cero (T0) y al finalizar las compostas (T4). Los valores que se obtuvieron y que se usaron para medir la respuesta de reacción a los tratamientos fueron los registrados en las muestras

colectadas a los 45 días de composteo. Las muestras se mandaron al laboratorio de análisis para determinar las concentraciones de macro y micro nutrientes y así medir las cantidades que puede aportar cada una de las compostas resultantes de las mezclas.

Los muestreos de las compostas para analizar en el laboratorio se hicieron en cuatro tiempos; y al inicio del composteo o tiempo cero (T0) y al finalizar las compostas (T4). Los valores que se obtuvieron y que se usaron para medir la respuesta de reacción a los tratamientos fueron los registrados en las muestras colectadas a los 45 días de composteo. Las muestras se mandaron al laboratorio de análisis para determinar las concentraciones de macro y micro nutrientes y así medir las cantidades que puede aportar cada una de las compostas resultantes de las mezclas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis realizados a las muestras de los cinco tratamientos, se muestran en el cuadro 1. Se hicieron análisis de varianza y una prueba de correlaciones Pearson, con el objetivo de registrar diferencias estadísticas la dependencia entre variables. Se encontraron diferencias significativas, de acuerdo con el ANOVA, estos resultados mostraron que los tratamientos no son estadísticamente iguales. Estos tratamientos de composteo en base a las proporciones de mezclado del estiércol de bovino con rastrojo de maíz, se muestran en las Figuras 2 y 3.

La variabilidad de los datos obtenidos como resultado de los análisis de las compostas, son los resultados esperados por el efecto de las diferencias en las cantidades de cada material de las mezclas. Es importante mencionar que la concentración de estos micro elementos en cada mezcla, depende en gran medida de la cantidad del ingrediente estiércol por ser el mayor aportante de nutrimentos en general, por la riqueza de su composición. En el Cuadro 1, se presentan los valores obtenidos en el análisis de laboratorio para cada uno de estos micro elementos en las compostas finales al finalizar el experimento.

El tratamiento de composteo que se hizo con puro estiércol (100% E) mostró la mayor concentración de



los micro elementos analizados en los tratamientos con valores de 6,140 ppm de Fe, 92 ppm de Cu, 267 ppm de Zn y 388 ppm de Mn. Este tratamiento fue estadísticamente diferente con el tratamiento donde se mezcló el 20% de estiércol y el 80% de rastrojo, el cual presentó la concentración más baja de estos microelementos con valores de 5,103 ppm de Fe, 33 ppm de Cu, 116 ppm de Zn y 262 ppm de Mn. Estos resultados demuestran la gran variabilidad de los datos obtenidos, y se puede ver en la comparación entre estos dos tratamientos, por ejemplo, si se observan los valores obtenidos para el hierro (Fe), existe una diferencia de 1,037 ppm de Fe, en el caso del Cu hay una diferencia de 61 ppm y así podemos ver que el tratamiento de mayor cantidad de estiércol (100% E) superó en dos o tres veces en la cantidad del micro elemento al tratamiento con el menor porcentaje de estiércol en la mezcla (20% E).

Los contenidos de cobre (Cu) debe ser de 100 mg kg⁻¹ de materia seca y de 300 mg kg⁻¹ de zinc (Zn) según la etiqueta ecológica de Europa, como lo menciona Ansorena (2014). Según los resultados de este trabajo, el Cu varió, en los cinco tratamientos de las compostas, desde 33 hasta 92 ppm mientras que el Zn mostró valores entre las 116 a las 267 ppm, lo que significa que en el caso de estos micro elementos estamos dentro de los intervalos establecidos por Europa. Los resultados son similares a los reportados por Rivera *et al.* (2008), quienes encontraron valores bajos de estos micronutrientes en composta de residuos agrícolas, estos autores encontraron que el contenido de micro nutrientes se incrementó cuando se adicionó hidróxido de potasio, por lo que la adición de algún elemento durante el proceso de compostaje será clave para la solubilización de los micro elementos.

Cuadro 1. Concentrado de los datos sobre fierro, cobre, zinc y manganeso de las compostas que se evaluaron como tratamientos con estiércol y rastrojo de maíz.

TRATAMIENTOS	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
100% E-% R	6140a*	92a	267a	388a
80%E-20% R	5173bc	91a	265a	383a
60% E-40% R	5610ab	73b	226ab	386a
40% E-60% R	5605ab	62bc	193b	341ab
20% E-80% R	5103bc	33bc	116c	262b

*Los valores con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes

En un muestreo de estiércoles en Jalisco, México, realizado por Cordero, (2013), encontró que los micronutrientes como el Manganeseo, Zinc, Cobre y Hierro tuvieron valores promedio de 457.70, 155.97, 30.10, y 11,745.70 ppm respectivamente. En ese mismo sentido, Salazar *et al.*, (2009), obtuvieron valores similares en muestras de estiércoles de la Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango, con concentraciones de 592.5 ppm de Mn, 200.5 ppm de Zn, 98.6 ppm de Cu y 11,427.5 ppm de Fe, valores que se consideran superiores a los requeridos por las plantas. Sin embargo, los abonos orgánicos liberan los nutrientes en forma lenta. La liberación de los micro elementos dependerá de la rapidez con que los microorganismos mineralizan cada uno de los nutrientes. Al respecto Singh *et al.* (2012), encontraron en una vermicomposta o lombricomposta, valores de micronutrientes que son mucho menores de los que están reportando otros autores, estas concentraciones son de 6.85, 16.26, 261.19 y 64.28 mg L⁻¹ para el Cu, Mn, Fe y Zn respectivamente.

Estos resultados demuestran que la variación de los datos que se registren en cada abono orgánico, llámese composta, estiércol, lombricomposta, lodos residuales, etc. Siempre va existir una gran variabilidad en los resultados que se obtengan, ya que estos dependerán de las cantidades de residuos orgánicos que contengan los materiales de base que se usen para la elaboración de abonos orgánicos en general.

La figura 2 muestra la dinámica del hierro en los tratamientos de composteo con el comportamiento ya mencionado, donde se resalta que las concentraciones del Fe siguen la tendencia de incremento o disminución del porcentaje de estiércol agregado en la mezcla de la pila de composta. La



cantidad de Hierro disminuye de acuerdo con el porcentaje de estiércol en la composta. Si se presentan los valores como se observa en las barras de la gráfica se observa una línea que desciende del 100 de estiércol hasta el 20% de estiércol, los datos se ven como sigue: el tratamiento con 100% de E tuvo 6,140 ppm, el de 80% de E fue de 5,173 ppm, el de 60% de E con 5,610 ppm, el de 40% de E fue de 5,605 y el de 20% de E se redujo hasta 5,103 ppm de Fe.

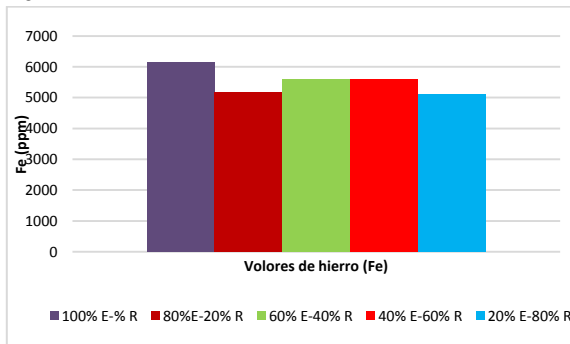


Figura 2. Gráfica del efecto de los tratamientos de composteo con mezclas de estiércol y rastrojo de maíz sobre el contenido de Hierro (Fe) en la etapa final del composteo aeróbico.

Si se analizan los datos que se presentan en la figura 3, en el mismo sentido que se hizo con la figura 2, se observa que los valores más altos de los otros micro elementos fueron los del tratamiento con el 100% de estiércol, mostrando valores de 92 ppm de Cu, 267 ppm de Zn y 388 ppm de Mn. Y en el mismo sentido, y siguiendo la misma tendencia de análisis, el comportamiento que mostro la gráfica anterior para el Fe, los valores más bajos de los otros micro elementos fueron con el tratamiento con el menor porcentaje de estiércol (20% de E), con valores de 33 ppm de Cu, 116 ppm de Zn y 262 ppm de Mn. Estos datos muestran un efecto muy claro, de la influencia que tiene la cantidad de estiércol que se incluya en la mezcla del composteo.

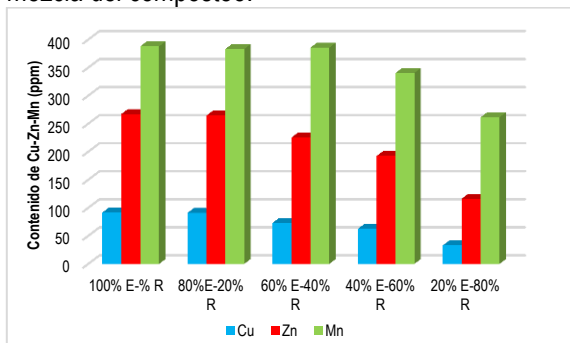


Figura 3. Gráfica del efecto de los tratamientos de composteo con mezclas de estiércol y rastrojo de maíz sobre el contenido de Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganese (Mn) en la etapa final del composteo aeróbico.

El análisis de correlación lineal Pearson, muestra que existe una relación directa entre las variables Cu y Zn y entre Cu, Zn y Mn. Esto significa con una $r = 0.987$, que, si se modifican los valores de Cu, lo esperado es que cambien también los valores del contenido de Zn. Este mismo comportamiento se observa para la correlación positiva entre Cu, Zn y Mn, con una $r = 0.622$ en la asociación entre Cu y Mn, mientras que en la asociación entre Zn y Mn la $r = 0.695$ Cuadro 2.

Estas correlaciones son altas, sin embargo, sería necesario hacer más pruebas estadísticas e de este tipo, en otros trabajos que estén relacionados con el tema.

Cuadro 2. Correlations (Pearson) entre las variables representadas por los datos reportados para los microelementos.

	Fe	Cu	Zn
Fe			
Cu	0.258		
Zn	0.296	0.987	
Mn	0.440	0.622	0.695

CONCLUSIONES

Las mezclas de estiércol y rastrojo de maíz tienen un efecto variable sobre las concentraciones de micro elementos Fe, Cu, Zn y Mn que se midieron en tratamientos de composteo al terminar la descomposición de los materiales orgánicos.

La adición de una fuente de nitrógeno como estiércol en un composteo aeróbico, influye sobre los contenidos de los micro elementos Fe, Cu, Zn y Mn al final del proceso de composteo, encontrando mayores concentraciones en los tratamientos con un mayor porcentaje de estiércol.

Los valores de Fe, Cu, Zn y Mn obtenidos a través del composteo de mezclas de rastrojo de maíz más estiércol de bovino, son aceptables y dentro de la norma con mezclas de estos materiales en porcentajes cercanos al 60% de E mas 40% de R.



LITERATURA CITADA

- Asorena, J., Batalla, E. y Merino, D. 2014. Propiedades fisicoquímicas del compost de residuos de alimentos y su empleo como componente de sustratos. XI Jornada de la SECH. Zuzurkil. 25-27 jun.
- Cordero, J. R. I. 2013. Caracterización química del estiércol y su manejo en explotaciones de lechería familiar de los altos de Jalisco. Tesis de Ingeniero en sistemas pecuarios. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de los Altos División de Ciencias Biomédicas e Ingenierías. Tepatlán de Morelos, Jalisco. Pp 68-75.
- Duval, M.E.; Capurro, J.E.; Galantini, J.A.; Andriani, J.M. 2015. Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance hídrico y orgánico. Ciencia del Suelo 33(2): 247-261.
- Fernández, P.; Acevedo, D.; Morales, A.; Uribe, M. 2016. State of the essential chemical elements in the soils of natural, agroforestry and monoculture systems. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7(35): 65-77.
- García-Fraile, P.; Menéndez, E.; Rivas, R. 2015. Role of Bacterial Biofertilizers in Agriculture and Forestry. Bioengineering 2(3): 183-205.
- Kim T.I., Jeong K.H., Ham J.S., Yang C.B., Chung I.B., Kim M.K., Kim K.N. 2004. Isolation and characterization of cellulase secreting bacterium from cattle manure: Application to Composting. Compost Science & Utilization 12:242-248.
- Mejía P. Jr. 2021. Determinación de la calidad de compost orgánico producido en pilas de compostaje, utilizando residuos orgánicos agropecuarios: bagazo de caña de azúcar (*saccharum* spp), vacaza, gallinaza y cuyaza; en el distrito de pillco marca región Huánuco. Tesis de Maestría. Programa Académico de Ingeniería Ambiental. Universidad de Huanuco Facultad de Ingeniería. Huanuco, Perú-2020- 2021. Pp. 52-69
- Rivera, L., Trejo, I., Gómez, F., Ramírez, M., Méndez, J., Cisneros, J. (2008). Micronutrientes solubles en vermicomposta. Rev. Chapingo Serie Zonas Áridas, 7: 29-35.
- Ruiz Mora Fátima Elizabeth. (2011). "Utilización de los lodos generados en el proceso de potabilización del agua de la planta de tratamiento "Casigana", como aditivo para suelos de cultivo". Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ciencias e Ingeniería en alimentos. Ambato. Ecuador.
- Torres R. D; Mendoza E. B. J; Marco L. M; Gómez, C. E. 2016. Calidad de abonos orgánicos empleados en la depresión de Quibor-Venezuela bajo ambientes protegidos. Universidad Lisandro Alvarado (UCLA), Departamento de química y suelos, Unidad de investigación en suelos y nutrición mineral de plantas (UISNPM). Cienc. Tecn. UTEQ. 9(2). p 1-10.
- Sing, N. I. and J. S. Chauhan. 2009. Response of french vean (*Phaseolus vulgaris* L.) to organic manure and inorganic fertilizer on growth & yield parameters under irrigated condition. Nat. Sci. 7: 52-54.
- Sing, R., S. K. Soni, A. Awasthi, and A. Kalra. 2012. Evaluation of vermicompost doses for management of root-rot disease complex in *Coleus forskohlii* under organic field conditions. Austr. Plant. Pathol. 41: 397-403. Doi://doi.org/10.1007/s13313-012-0134-6.
- Salazar, S., Trejo, E., Vázquez, V., López, M., Fortis, H., Zuñiga, T., Amado, A. (2009). Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero. Terra Latinoamericana 27: 373–382.
- Sequi P. 2004. Los microelementos en la nutrición vegetal. Corso Trento e Trieste, 43-66034, LANCIANO (Ch). Italia
- Soto, M. G. 2003. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. En: Abonos orgánicos: principios,



aplicaciones e impactos en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica, pp. 20-49.

Wang, J.; Ren, C.; Cheng, H.; Zou, Y.; Ahmed, M.; Li, Q. 2017. Conversion of rainforest into

agroforestry and monoculture plantation in China: Consequences for soil phosphorus forms and microbial community. *Science of the Total Environment* 595: 769-778.