

Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia Crassipes*)

Magalys, Rivas-Nichorzon¹; Ramón, Silva-Acuña^{2*}

Resumen

El compostaje es una técnica viable en la degradación de residuos orgánicos que de acuerdo a las materias utilizadas, sus características están relacionadas con el producto final. El objetivo fue evaluar la calidad física y química de tres compost elaborados a partir de residuos de jardinería, pergamino de café y bora. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se determinó: porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA), densidad aparente (Da), densidad de partículas (Dp), pH, materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), nitrógeno total (NT), relación carbono/nitrógeno (C/N); conductividad eléctrica (CE) y los contenidos de macro y micronutrientes. Se les realizó análisis de varianza y los valores promedios comparados por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los compost para todas las variables analizadas, excepto para Dp, pH, C/N y contenido de Aluminio. El compost de pergamino de café presentó los valores más altos de PT, PA. El pH, CE y C/N en todos los compost estuvieron en el rango establecido, mientras que, el %MO, %CO, estaban por debajo de los valores óptimos. El compost de bora presentó los promedios más elevados de nutrientes.

Palabras clave: Abonos orgánicos, porosidad y nutrientes.

Physical and chemical quality of three composts, prepared with garden waste, coffee parchment and common water hyacinth (*Eichhornia Crassipes*)

Abstract

Composting is a viable technique in the degradation of organic waste where the characteristics of the final product are related to the materials used in the feedstock. The objective was to evaluate the physical and chemical quality of three composts made from garden waste, coffee parchment and common water hyacinth. The statistical design was completely randomized, with three treatments and four repetitions. It was determined: total porosity (PT), aeration porosity (PA), water retention capacity (CRA), bulk density (Da), particle density (Dp), pH, organic matter (MO), organic carbon (CO), total nitrogen (NT), carbon / nitrogen ratio (C/N), electrical conductivity (EC) and the contents of macro and micronutrients. They were analyzed for variance and average values compared by the Tukey test at 5% probability. There were significant differences ($P < 0.05$) between the compost for all the analyzed variables, except for Dp, pH, C/N and Aluminum content. The coffee parchment-based compost had the highest values of PT, PA. The pH, CE and C/N in all the composts were in the established range, while, % MO, % CO, were below the optimum values. The common water hyacinth compost presented the highest averages of nutrients.

Keywords: Organic fertilizer, porosity and nutrient.

Recibido: 02 de octubre de 2019
Aceptado: 26 de diciembre de 2019

¹ Ingeniera en producción animal; Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Escuela de Zootecnia, Departamento de Biología y Sanidad Animal Maturín; mrivas@udo.edu.ve; <https://orcid.org/0000-0003-0329-6030>

² Postgrado de Agricultura Tropical, Universidad de Oriente, Campus Juanico, Maturín, Venezuela; rsilva@udo.edu.ve; <https://orcid.org/0000-0003-1235-9283>

*Autor para correspondencia: rsilva@udo.edu.ve

I. INTRODUCCIÓN

Una de las técnicas que permite la biodegradación controlada de la materia orgánica previa incorporación al suelo es el compostaje y su producto final el compost (Sztern, y Pravia, 1999; Campos-Rodríguez *et al.*, 2016). La palabra compost viene del latín *componere* que significa mezclar (Finck, 1988). Es un abono orgánico pre-humificado, que resulta de la descomposición y transformación biológica aeróbica de residuos orgánicos, con una provisión de humedad y volteos adecuados para facilitar el trabajo de los microorganismos (Aubert, 1998, Day y Shaw, 2004; Chilón, 2010). El compost maduro tiene un color marrón oscuro o negruzco, un aroma a bosque o a tierra (Docampo, 2014), el producto final; mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, además permite la reducción de la fertilización tradicional sin afectar significativamente el rendimiento de los cultivos agrícolas (Crespo *et al.*, 2018).

Los sustratos utilizados para la elaboración del compost están relacionados con la actividad de donde se producen y pueden ser clasificados como de origen agrícola, ganadero, forestal, urbano, entre otros. La importancia de su origen está en relación directa con las características físicas y químicas del compost (Labrador, 1996; Insam y De Bertoldi, 2007).

Los materiales utilizados como fuente de carbono, por ejemplo el aserrín y las hojas secas, se mezclan con materiales que proporcionan nitrógeno como el estiércol, el lodo residual o los materiales de las plantas verdes para alcanzar una proporción Carbono-Nitrógeno de 20 ó 30 a 1 (Plaster, 2005). En los beneficios donde se procesan las cerezas de cafetos para la producción de café verde, se acumulan cantidades considerables de pulpa y pergamino. Actualmente, estos subproductos están originando problemas ambientales serios por causar olores desagradables durante su proceso de fermentación; además, sirven para la reproducción de moscas y a menudo contaminan las vías acuáticas (Pierre *et al.*, 2009), otro material utilizado es la *Eichhornia crassipes*, una planta acuática vascular flotante (Velásquez, 1994) con un contenido de promedio de materia seca de 7,58%, es decir, un contenido de humedad de 92,42% (Romero, 2011).

Rodríguez *et al.* (2004), elaboraron un producto denominado NUTRIBORA (NB) el cual es un

compost de bora (*Eichhornia crassipes*), estiércol de ganado vacuno y suelo de morichal. Su uso en la dosis óptima, logró incrementar la producción de tomate en 80 t.ha⁻¹. Cova (2008) determinó que el compost a base de bora puede ser utilizado como sustrato para la producción de plántulas de ají sin restricción y para el compost-bora 100% + N-P-K + elementos menores, resultó ser el mejor en relación a las variables altura, número de hojas y nudos; así como también lo fue el peso fresco y diámetro del tallo; con esto hallazgos se demostró las bondades de la formulación de bora. Por otro lado, los residuos provenientes de las zonas urbanas, que comprende el reciclado de la fracción orgánica de las basuras, obtenidas por recuperación directa in situ de los componentes presentes en la misma y sus posterior compostaje (Labrador, 1996), se agregan los residuos del jardín, con frecuencia son muy utilizados en los compost, entre ellos se incluyen los restos de los cultivos, flores, tallos, hojas, recortes de la poda y estiércol de bovino (Ferreira *et al.*, 2018).

Para referirse a calidad del compost, no se dispone de un único método simple y reproducible, son muchos y diferentes los criterios propuestos. Se pueden agrupar en cinco tipos de evaluaciones referidas a: características físicas, actividad microbiana, fracción húmica del compost, químicos y biológicos o de fitotoxicidad (Peña *et al.*, 2002). Brechelt (2004) señala que existen ciertos criterios que son decisivos para juzgar si el compost está listo o no, entre ellos, la homogeneidad del material final, no debe percibirse residuos del material de origen y debe tener un olor semejante a tierra. Cuando el compost es aplicado al suelo como enmienda orgánica o como mulch, la calidad exigida para este material será menor cuando comparada con un sustrato que es empleado para semilleros. Debe considerarse las variables físicas: olor, color; químicos: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono orgánico total, nitrógeno total, relación C/N, y P total; así como también variables de tipo biológicas (Moreno y Moral, 2008; Espinosa *et al.*, 2017; Medina *et al.*, 2017). Los diferentes materiales utilizados para compostar determinan la calidad de los tipos de compost que pueden obtenerse (Barrena, 2006; Oviedo-Ocaña *et al.*, 2017).

En los países se establecen normas relativas a la calidad del compost como es el caso de España con el Real Decreto 824/2005; Colombia posee las Normas

Técnicas Colombianas (NTC 5167, 2004) y en el caso de Chile la Norma Chilena (2005). Tortosa (2013) indica que países como Estados Unidos, Canadá, Japón, Alemania e Inglaterra poseen legislación al respecto; aunque también indica que legislación de Italia es la más avanzada en este aspecto. Alemania e Inglaterra, desarrollaron sus propias acreditaciones de calidad para los compost.

El Real Decreto 824 (2005) de España establece que los compost deben notificar en su etiqueta aspectos sobre: pH, conductividad eléctrica, relación C/N, humedad, materias primas utilizadas y proceso de elaboración; además, se debe declarar y garantizar el contenido de las siguientes características: materia orgánica total, nitrógeno amoniacal, carbono orgánico, ácidos húmicos y la granulometría; por otro lado, si superan el 1% se deben señalarse el nitrógeno total, el nitrógeno orgánico, así como también el P_2O_5 total y el K_2O .

Para Venezuela, existe la norma COVENIN 113-98, relacionada con "Fertilizantes. Enmiendas y acondicionadores del suelo. Definiciones"; sin embargo, es escasa la información respecto al manejo adecuado que debe darse a los residuos generados en las diferentes actividades agrícolas y así reducir el impacto ambiental; de manera similar, la regulación y comercialización que debe poseer este producto, basados en la calidad final de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas.

Bajo este enfoque, es importante la caracterización de los compost que se producen a nivel comercial, lo cual facilitaría su adecuado uso en los cultivos. A nivel de investigación se ha generado una excelente fuente que puede servir de base para describir este producto con el uso de la mezcla de diferentes fuentes orgánicas como restos de poda, cosechas, estiércoles, leguminosas, gramíneas y compost maduro como elemento promotor del proceso (Salazar, 2014; Figueroa, 2014; Palomo, 2015 y Rivas *et al.*, 2017). Por ello, es que el objetivo de esta investigación consistió en evaluar la calidad física y química de tres compost elaborados a partir de residuos de jardinería, pergamino de café y bora.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de realización del experimento

La investigación se realizó en la Microestación Experimental del Instituto de Investigaciones

Agropecuarias de la Universidad de Oriente (IIAPUDO), Campus Juanico, del Núcleo Monagas, en Maturín, estado Monagas; ubicado geográficamente a 9° 45' LN y 63° 11' de LW, con altitud de 65 m, precipitación total anual de 904 mm y temperatura promedio anual de 28,27°C (INAMEH, 2009).

Recolección del material

Los principales materiales orgánicos a compostar fueron: bora, pulpa y pergamino, estos dos últimos subproductos del beneficiado del grano del café; así como también, residuos de jardinería, complementados con estiércol bovino, mataratón, Taiwán cubano y compost maduro de tres meses. La bora (*Eichhornia crassipes* Mart. Solms) se recolectó en Laguna Grande, ubicada en el sector San Agustín de la Pica, Maturín, estado Monagas. El pergamino y la pulpa de café fueron obtenidos en la Hacienda "Las Acacias" Caripe, estado Monagas. El mataratón (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Walp.), Taiwán cubano (*Pennisetum* spp.) y estiércol bovino se obtuvo de la Unidad Doble Propósito Luis Pérez Guillen de la Escuela de Zootecnia, ubicada en Jusepín estado Monagas. Los residuos de jardinería se recolectaron en las instalaciones de la UDO Campus Juanico y el compost maduro se obtuvo de la Microestación de IIAPUDO. Los sustratos fueron secados al sol y luego triturados en molino industrial con tamiz de 4 mm.

Pesado y preparación de los materiales

Se utilizaron tres composteros de metal, cerrados tanto en la parte lateral como en la posterior y abiertos en la parte superior. En la parte anterior cerrado con cabillas de 1/2 pulgada, separadas de 15 cm, que sirven de soporte a la malla pajarera y evitan la salida del sustrato. Las dimensiones de los composteros correspondieron a 77,5 x 62,5 x 75,0 cm.

Los volúmenes en kg de cada uno de los materiales a compostar (Tabla 1) se determinaron con un peso tipo reloj, marca CAZ de 15 kg de capacidad. Los tres compost contenían *Gliricidia sepium*, estiércol bovino, pulpa de café, compost maduro y *Pennisetum* spp., con la diferencia de la inclusión de un 30% de: bora (*Eichhornia crassipes*) para el tratamiento 1, pergamino de café en el tratamiento 2 y residuos de jardinería para el tratamiento 3. Las fracciones de los materiales en cada uno de los compost fueron calculada con base a la relación carbono/nitrógeno,

referidos a datos teóricos, donde su valor total oscila entre 15-16, respectivamente (Peña *et al.*, 2002). Los

materiales se mezclaron de forma envolvente hasta homogenizarlos completamente con una pala de las usadas en la construcción civil.

Tabla 1. Cantidades de residuos orgánicos a mezclar en los diferentes tratamientos.

Materiales	Tratamientos (Cantidades en Kg)		
	1	2	3
Bora	15		
Pergamino de café		15	
Residuos de jardinería			15
Mataratón	4	5	5
Estiércol bovino	5	5	5
Pulpa de café	7	8	8
Compost maduro	9	10	10
Taiwán cubano	10	7	7
Total kg	50	50	50

Procesamiento del compost final y toma de muestras

Una vez finalizado el compostaje, los compost fueron pesados nuevamente en el peso de reloj marca CAZ. El proceso de secado fue realizado al sol por 5 días consecutivos. Al completarse el secado se realizaron cuatro muestras compuestas por tratamiento, tomándose cada una cinco submuestras en diferentes puntos de la pila, se mezclaron para homogenizarlas y obtener las cuatro muestras finales por compost, las cuales fueron colocadas en bolsas plásticas de 2 kg, se etiquetaron y se llevaron al laboratorio para los respectivos análisis.

Determinación de variables físicas y químicas del compost

La determinación de las variables físicas y químicas objeto de la presente investigación se realizaron en el Laboratorio de Suelo del Postgrado de Agricultura Tropical en el *Campus Juanico*, UDO Monagas.

Variables físicas: Se determinó la porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA), densidad aparente (Da) y densidad de partículas (Dp), siguiendo la metodología de Pire y Pereira (2003).

Variables químicas: Se cuantificó el pH por potenciometría en agua en la relación 1:2, con pHmetro marca Hanna Instruments modelo

pH211 meter; la conductividad eléctrica (CE) por el conductímetro marca Termo Electron modelo Orion 3 Star Conductivity Benchtop, siguiendo la metodología descrita en NTC (2004). El porcentaje de la materia orgánica y carbono orgánico se determinó por el método colorimétrico de Walkley y Black (Walkley, 1947). La relación carbono: nitrógeno, se calculó según lo descrito por NMX AA 67 (1985) Para el nitrógeno total se empleó la metodología de Kjeldahl descrita por Fernández *et al.* (2006) y para el contenido de los macro y micronutrientes, se utilizó los siguientes métodos: potasio, Olsen, extraído con NaHCO₃ 0,5 M pH 4.2 (COVENIN, 1979); fosforo disponible: Bray N°1 en ácido ascórbico (García y Ballesteros, 2006); aluminio intercambiable extraído con KCL 1N (Da Silva, 1999); magnesio; calcio, hierro y zinc por absorción atómica (COVENIN, 1981).

Reducción del volumen de las pilas de compost

El volumen del material, tanto al inicio como al final del experimento, se determinó midiendo la altura, ancho y largo (volumen) que ocupa el mismo dentro de los composteros (Durán y Henríquez, 2007); de esta manera, se pudo comparar los volúmenes iniciales y finales, por compostero, para posteriormente calcular el porcentaje de reducción de los materiales (%RV).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó el diseño completamente al azar

(DCA), tres tratamientos (compost a base de bora, pergamino de café y residuos de jardinería) y cuatro repeticiones. Previo al análisis de varianza (ANAVA) los valores de las variables cuantificadas fueron exploradas por las pruebas de Shapiro Wilk para determinar la normalidad de los errores y de Bartlett para homogeneidad de varianza; aquellas, que no cumplieron con los supuestos para la realización del ANAVA fueron analizadas por la prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis. Las comparaciones de los valores promedios para las variables con efectos significativos se realizó con la prueba de Tukey a 5 % de probabilidad. Tanto las pruebas mencionadas como los respectivos análisis, se realizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2017).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1-VARIABLES FÍSICAS EN LOS COMPOST ELABORADOS

En la Tabla 2 está indicado el análisis de varianza para las variables porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), densidad aparente (Da) y capacidad de retención de agua (CRA) en los compost evaluados. Para las tres primeras variables se constató diferencias significativas para los compost (tratamientos) por la prueba de F a 1 % de probabilidad, mientras que para la CRA lo fue a 5%, respectivamente. La excepción se observó para la variable densidad de partículas (Dp) donde no se detectó diferencias significativas. En relación a las comparaciones de los valores promedios de las variables físicas PT, PA, CRA y Da, determinadas en los distintos tratamientos están indicadas en el Tabla 3.

Tabla 2. Resumen del análisis de varianza de las variables porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA), densidad aparente (Da) y densidad de partículas (Dp) de los diferentes composts evaluados.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios				
		PT	PA	CRA	Da	Dp
Compost	2	83,82**	107,89**	22,68*	0,01**	4,2E-03ns
Residuo	9	2,20	7,36	3,97	6,2E-04	1,5E-03
Total	11					

GL: Grados de libertad. Significativos a 1** y 5* % de probabilidad por la prueba de F; ns: no significativo.

1.1-PORCENTAJE DE POROSIDAD TOTAL (PT)

El tratamiento a base de pergamino de café, obtuvo el mayor porcentaje de PT, siendo similar estadísticamente al de residuos de jardinería y ambos diferentes al compost a base de bora (Tabla 3). Los valores de porosidad total obtenidos en esta investigación son superiores a los señalados por Salazar (2014) que determinó en compost a base de estiércol de bovino más restos vegetales promedios de 33,62%, mientras que Duran y Henríquez, (2007) reportaron valores de 50,2% para un vermicompost de estiércol, mientras que Figueroa (2014) reportó para compost de residuos de jardinería y pergamino 87,93 y 61,66% de porosidad total, respectivamente.

De acuerdo con Jaramillo (2002) la porosidad ideal debe estar comprendida entre 55-70%, en

virtud de ello, solo los tratamientos de pergamino de café y residuos de jardinería cumplen esta condición. Los bajos niveles de porosidad total observados en el compost de bora pueden ser debido a que el material es de fácil degradación, en consecuencia menor tamaño de sus partículas en relación a los otros dos compost evaluados. Fitzpatrick (2001), menciona que en algunos compost la compactación tiende a aumentar con el tiempo, de esta manera, disminuye su porosidad. El espacio poroso total está representado por el porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por material sólido y pondera el espacio ocupado por sus poros. El espacio poroso total es la relación entre el volumen de poros y el volumen aparente del sustrato, expresado como porcentaje del volumen (Domínguez, 2010).

Tabla 3. Características físicas, porcentajes de: porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA); densidad aparente (Da) y densidad de partículas (Dp) expresadas en g/cm³ en los diferentes compost evaluados.

Tratamientos a base de:	Valores promedios para las variables				
	PT	PA	CRA	Da	Dp
Bora	49,60 ^b	8,70 ^b	40,89 ^{ab}	0,37 ^a	0,73 ^a
Pergamino de café	57,62 ^a	19,08 ^a	38,54 ^b	0,29 ^b	0,68 ^a
Residuos de jardinería	57,45 ^a	14,15 ^a	43,30 ^a	0,28 ^b	0,67 ^a
Rango recomendado	55-70	10-30	55-70	0,70	

Valores en las columnas seguidos con la misma letra no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

1.2-Porcentaje de porosidad de aireación (PA)

La porosidad de aireación (PA) fue superior en el tratamiento de pergamino de café con 19,09% y fue estadísticamente similar por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad al compost a base de residuos de jardinería, y ambos diferentes al tratamiento a base de bora que presentó 8,70% de porosidad de aireación (Tabla 3). Figueroa (2014) determinó para compost de pergamino de café 10,96% de PA, valor que está por debajo de los obtenidos en este estudio. Para el compost de bora el porcentaje de porosidad de aireación fue el menor de los valores, debido a que fue uno de los compost que se degradó más rápidamente y en consecuencia el tamaño de las partículas fue menor que el de los otros tratamientos. Puerta et al., (2012) determinaron %PA en sustratos orgánicos está comprendido entre 7,45 a 20,9%, valores considerados como apropiados.

De manera idéntica a la porosidad total obtenida para los compost evaluados, la porosidad de aireación de los compost a base de pergamino de café y residuos de jardinería cumplen con los valores ideales según lo reportado por Ansorena *et al.* (2014), comprendidos entre 10-30%.

1.3-Porcentaje de capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua (CRA) para los tres compost fue superior en el tratamiento de residuos de jardinería con 43,30%, seguido por el de bora 40,89%, ambos similares entre sí pero diferentes estadísticamente al compost de pergamino de café con 38,54% de CRA (Tabla 3); tales valores están por debajo de lo recomendado por Thompson y Troech (1988) y Cabrera (2002) como adecuados que varían entre 55 a 70%. Es de resaltar que el compost

a base de pergamino obtuvo el mayor promedio en %PT y %PA, de donde se deriva que este tratamiento posee mayor cantidad de macroporos que favorecen el drenaje y no la retención de agua. Figueroa (2014) evaluando seis tipos de composts, determinó que el compost a base de pergamino y pulpa de café fue uno de los más bajos en CRA con 31,39%, promedio inferior al reportado en esta investigación. En este sentido Casanova (2005) menciona que la capacidad de retención de agua en un sustrato es dependiente del número de poros, tamaño y distribución.

1.4-Densidad aparente (Da)

La densidad aparente (Da) fue mayor en el tratamiento de bora con 0,37 (g.cm³)⁻¹ diferente estadísticamente a los otros dos compost (Tabla 3), lo cual concuerda con los valores bajos de porosidad total determinado en este compost. Al respecto, Jaramillo (2002) menciona que el comportamiento de la densidad aparente es completamente contrario al de la porosidad, obviamente por la relación inversa que existe entre estas dos propiedades del suelo. Jiménez y Caballero (1990) señalan que la densidad aparente de sustratos orgánicos debe estar entre 0,15 y 0,45 (g.cm³)⁻¹, y la Norma Chilena de Compost (2005) indica que la Da debe ser menor a 0,70 (g.cm³)⁻¹; esto se constata en los tres compost evaluados. Los sustratos suelen tener una densidad aparente baja en comparación con el suelo, los cuales presentan componentes mayormente minerales. La densidad aparente es la relación entre la masa o peso de la materia (seca o húmeda) y el volumen aparente que esta ocupa (Bures, 2002).

1.5-Densidad de partículas (Dp)

Entre los tratamientos no hubo diferencias

estadísticas para la densidad de partículas (Dp) y, sus valores oscilaron entre 0,67 a 0,72 (g.cm³)⁻¹ siendo superior numéricamente el tratamiento a base de bora. Puerta et al. (2012) obtuvieron valores similares entre 0,47 y 0,87 (g.cm³)⁻¹ para sustratos orgánicos.

2-Variables químicas en los compost elaborados

En la Tabla 4 se indica el análisis de varianza para las variables materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), nitrógeno total (NT), que presentaron

efecto significativo a nivel de los tipos de compost por la prueba de F a 5% de probabilidad; además no se detectó diferencias significativas a nivel de tratamientos para la variables pH y relación C/N. La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la variable conductividad eléctrica (CE) en los compost finales mostró diferencias altamente significativas para los tratamientos. En la Tabla 5 se observa los promedios obtenidos de las pruebas físicas aplicadas a los diferentes compost, presentando diferencias estadísticas entre los tratamientos para la CE, %MO, %CO y %NT.

Tabla 4. Resumen del análisis de varianza de las variables pH, materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), nitrógeno total (NT) y la relación carbono/nitrógeno de los diferentes compost.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios				
		pH	MO	CO	NT	C/N
Compost	2	0,04ns	3,26**	0,64**	0,01*	2,7E-03 ^{ns}
Residuo	9	0,03	0,04	0,08	1,1E-03	5,0E-03
Total	11					

GL: Grados de libertad. Significativos a 1** y 5* % de probabilidad por la prueba de F; ns: no significativo

2.1-Potencial hidrogeniónico (pH)

El pH estuvo en los rangos de neutralidad para los tres tratamientos, Jaramillo (2002) establece que estos valores se encuentran entre 6,6 a 7,3; siendo el tratamiento de pergamino de café el que presento los mayores valores de pH (6,88) y el más bajo le correspondió al de residuos de jardinería con 6,67. Figueroa (2014) reporto valores de pH de 4,83 para compost comercial de pergamino y pulpa de café, mientras que para el de residuos de jardinería de 6,89. La Norma Técnica Colombiana para Productos Orgánicos usados como Abonos (2004), hace referencia que el pH debe tener un mínimo de 4 y máximo de 9 en el producto final, mientras que la Norma Chilena de Compost (2005) establece un rango de 5,0-8,5 y Tchobanoglous *et al.* (1994), indican que el valor de pH ideal para el compost se ubica entre 6,5 - 8,0, tales valores están en concordancia con los tres tratamientos evaluados.

2.2-Conductividad eléctrica (CE)

El tratamiento de bora (*Eichhornia crassipes*) obtuvo el máximo valor 11,4 ds.m⁻¹ con diferencias estadísticas con el tratamiento de residuos de jardinería con valores de 2,8 ds.m⁻¹; siendo el compost

de pergamino de café similar a ambos. La Norma Chilena de Compost (2005) respecto a la CE, señala que los compost tipo A deben ser menor a 3 ds.m⁻¹ y los tipo B menor a 8 ds.m⁻¹; por lo tanto el compost de residuos de jardinería estarían clasificados como de tipo A y el de pergamino de café tipo B. Resultados más bajos fueron obtenidos por Pierre et al. (2009) para los compost de pulpa y pergamino de café más estiércol de caprino, que encontraron promedios entre 2,31 a 2,86 ds.m⁻¹. Barbaro *et al.* (2019) evaluaron diferentes compost para ser usados como sustratos, encontrando que la mayoría no tuvieron una CE elevada, hubo algunos que superaron 1 dS m⁻¹, y podrían causar efectos nocivos en las plantas.

La CE es una variable importante, ella determina en el compost las altas concentraciones de sales que pueden inhibir la germinación de las semillas. Algunas materias primas usadas en el compost como los desechos urbanos, generan altos valores en CE en el compost (Rawat *et al.*, 2013). La conductividad eléctrica frecuentemente alta en los abonos; hay que tenerla en cuenta para evitar una posible salinización del suelo o problemas de toxicidad en las plantas debidos a la aplicación de altas cantidades de sales (Jaramillo, 2002).

Tabla 5. Características químicas del pH, conductividad eléctrica en ds.m-1 (CE), porcentajes de materia orgánica (%MO), carbono orgánico (%CO), nitrógeno total (NT) y la relación C/N de los diferentes compost.

Tratamientos a base de:	Variables cuantificadas					
	pH	CE	%MO	%CO	%NT	C/N
Bora	6,78 ^a	11,42 ^a	10,31 ^a	4,54 ^a	0,52 ^a	8,82 ^a
Pergamino de café	6,88 ^a	4,27 ^{ab}	9,97 ^a	4,39 ^a	0,50 ^a	8,80 ^a
Residuos de jardinería	6,67 ^a	2,83 ^b	8,61 ^b	3,79 ^b	0,43 ^b	8,79 ^a
*Rango recomendado	5,0-8,5	<8	≥20	≥15	≥0,50	<20

En las columnas, medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente.

*Norma Chilena de Compost 2880

2.3-Materia orgánica (MO)

Los porcentajes de materia orgánica (%MO) están señalados en el Tabla 5, entre los tratamientos de bora (*Eichhornia crassipes*) y pergamino de café según la prueba de Tukey, fueron similares estadísticamente con 10,31 y 9,37%, respectivamente y distintos de compost de residuos de jardinería; sin embargo, estos valores están por debajo de los rangos de calidad para un compost maduro. La Norma Chilena de Compost (2005) señala que esta variable debe ser superior a 20%. Los resultados obtenidos en esta investigación se ratifican con los obtenidos por Salazar (2014) con 9,66 para compost de estiércol de bovino y los de Figueroa (2014) para compost de pergamino y pulpa de café con 9,89; aunque, otros autores han encontrado valores superiores a 25% (Isaza-Arias *et al.*, 2009; Pierre *et al.*, 2009; Rawat *et al.*, 2013). Los valores de materia orgánica obtenidos en esta investigación fueron muy bajos, tal comportamiento pudo deberse a que los contenidos porcentuales iniciales eran bajos, por lo que durante el proceso se evidencia una pérdida de MO que afecta el producto final.

2.4-Carbono orgánico (CO)

Para el porcentaje de carbono orgánico (CO) se constató que los compost de bora y pergamino de café fueron similares estadísticamente, con 4,54% y 4,39% respectivamente y distintos del compost de residuos de jardinería. Los valores promedios obtenidos en esta investigación están por debajo de los recomendados por la NTC (2005) que señala un mínimo de 15%. De manera similar estos resultados están por debajo a los encontrados por otros autores, que obtuvieron porcentajes de CO superiores a 15% (Vento *et al.*, 2004; Ullé, 2009; Vásquez *et al.*, 2010).

2.5-Nitrógeno total (NT)

En la variable porcentaje de nitrógeno total (NT) se observó que los compost a base de bora y pergamino de café fueron similares estadísticamente con 0,52 y 0,50% respectivamente, siendo diferentes a compost de residuos de jardinería (0,43%). Los valores del compost de residuos de jardinería y pergamino de café están por debajo de lo que establece NTC (2005). Los bajos promedios pudo deberse a la pérdida del nitrógeno que ocurre durante el proceso de compostaje pese a que todos los tratamientos contenían la misma cantidad de estiércol bovino. Madrid *et al.* (2000) señalan que aunque la proporción de excreta animal utilizada como fuente de nitrógeno fue igual en todos los tratamientos, en las mezclas con pasto guinea se observó menor contenido de este elemento, lo cual indicaría mayor pérdida de nitrógeno en forma amoniacal respecto al pergamino de café. Rodríguez *et al.* (2004) realizaron un compost de bora reportando valores de nitrógeno de 1,54.

2.6-Relación C/N

La relación C/N se encuentra entre 8,79 y 8,82, siendo superior en el compost de residuos de jardinería. Comúnmente se recomienda una relación C/N < 20, como índice de madurez (Laos *et al.*, 2000). Para los compost de clase A, la relación C/N debe ser menor a 25, mientras que para los de clase B, la relación C/N menor a 30 (Norma Chilena de Compost, 2005). Pierre *et al.* (2009) constataron promedios superiores a estos, comprendidos entre 18 y 21 para compost de pergamino y pulpa de café. Defrieri *et al.* (2005) señalan que este valor de referencia tiene el gran inconveniente de la variabilidad de los materiales originales que forman los composts; además, su determinación analítica

puede presentar errores debido al proceso de secado y tamizado de las muestras en el laboratorio, que puede conducir a pérdida por volatilización de N, en forma amoniacal en los composts inmaduros. Estas consideraciones hacen que el grado de madurez de estos materiales no se pueda describir con base a una única variable, como la relación C/N, sino que la caracterización final del producto requiere de la combinación de esta variable con otras pruebas

analíticas complementarias.

3-Macro y micronutrientos

El análisis de varianza para los tenores de zinc y aluminio en los compost evaluados (Tabla 6) indica que hubo diferencias significativas por la prueba de F a 1% de probabilidad para los tenores de zinc; de manera similar para los tenores de P, K, Ca, Mg y hierro vía no paramétrica.

Tabla 6. Resumen del análisis de varianza de la variable zinc y aluminio de los diferentes compost.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios	
		Zn	Al
Compost	2	0,04**	0,02 ^{ns}
Residuo	9	0,03	0,04
Total	11		

GL: Grados de libertad. **Significativo a 1% de probabilidad por la prueba de F; ns: no significativo

En la Tabla 7 se muestran los elementos presentes de P, K, Ca, Mg y Hierro, así como también para el Zn y Al en los diferentes tratamientos. Los tenores de P y el K presentaron diferencias estadísticas entre los tratamiento a base de bora (*Eichhornia crassipes*) y residuos de jardinería, siendo superior estos nutrimentos en el compost de bora, los menores valores de ambos elementos se detectaron en el compost a base de residuos de jardinería y difieren estadísticamente de compost a base de bora, mientras que para el pergamino se café fue similar a ambos compost. Los niveles de Ca y Mg el compost de bora y de residuos de jardinería presentaron idéntico comportamiento estadístico. Se constata que los valores de ambos elementos en los residuos de jardinería son los más elevados y distintos de los del compost a base de pergamino de café, mientras que los tenores de ambos elementos

químicos en el compost a base de bora son similares a los de los compost a base de pergamino y residuos de jardinería.

En relación a los micronutrientos, para el hierro se observó que los mayores tenores se presentaron en el compost a base de bora y los menores al de residuos de jardinería, ambos diferentes entre sí estadísticamente, mientras que los tenores de este metal, en el compost de pergamino de café fueron similares estadísticamente a los valores de los otros dos compost. Para el caso del zinc, el compost de bora presentó los valores más elevados, distinto estadísticamente a los obtenidos para los compost a base pergamino y residuos de jardinería, que fueron similares entre sí. No se detectaron diferencias estadísticas por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad para los tenores de aluminio en los tres compost evaluados.

Tabla 7. Tenores de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) y de los micronutrientos hierro (Fe), zinc (Zn) expresados en mg.kg⁻¹ y aluminio (Al) en meq.100g⁻¹ en los diferentes compost elaborados.

Tratamientos a base de:	Tenores promedios en los compost						
	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Al
Bora	28,60 ^a	9375,25 ^a	4596,75 ^{ab}	5668,50 ^{ab}	54,47 ^a	34,37 ^a	0,45 ^a
Pergamino de café	21,50 ^{ab}	7176,00 ^{ab}	2654,25 ^b	3817,50 ^b	33,34 ^{ab}	29,26 ^b	0,57 ^a
Residuos de jardinería	20,10 ^b	3735,25 ^b	6876,75 ^a	6499,75 ^a	7,86 ^b	30,26 ^b	0,58 ^a

Valores promedios en las columnas seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente.

Salazar (2014), reportó valores de K para el tipo de compost con estiércol bovino 9014,7mg. Kg⁻¹ cercanos al compost de bora, para Ca 5954,7 y Zinc 145 mg.kg⁻¹, superiores a este estudio; mientras que Figueroa (2014) en compost de pergamino de café el K fue de 3287 mg.kg⁻¹, este valor estuvo por debajo del compost de pergamino más estiércol bovino de esta investigación. Apaza-Condori et al. (2015), encontraron promedios superiores al de esta investigación evaluando un compost de hojas de coca más estiércol de vaca en Bolivia, y demostraron que los contenidos de nutrimentos se elevan en el compost al añadir a la mezcla algún activador biológico como yogurt, levadura o suero de leche.

Rodríguez *et al.* (2004), elaboraron un compost a base de bora reportando valores para porcentaje de fósforo de 0,55 y para K de 3,33%. En cuanto a los micronutrientes los datos obtenidos fueron para Fe y Zn de 1,20 y 0,018%, respectivamente. La Norma Chilena de Compost (2005) señala que para Zn las concentraciones máximas son de 200 mg/kg en base seca del compost. Las enmiendas orgánicas aportan nutrientes, por lo cual es necesario caracterizar la

riqueza de ellos en los componentes de las mezclas; además, aportan elementos como el fósforo, magnesio y potasio de suma importancia para las distintas funciones de las plantas (Rivero y Ullé, 2009).

4-Reducción en el volumen de las pilas de compost

En la Tabla 8 se muestra la reducción del material compostado a los 60 días del proceso, siendo el tratamiento a base de residuos de jardinería el que obtuvo el mayor porcentaje con 74,07, seguido del compost de bora y con el menor %RV el compost de pergamino de café. Este último material era el más voluminoso al inicio del proceso, por ser menor la densidad los materiales iniciales.

Robles (2015) determino reducción en peso de residuos sólidos del orden de 66,9%. Al respecto Yáñez *et al.* (2007) señalan que la disminución del peso de los residuos está relacionada con la pérdida de humedad y la transformación de la materia por parte de microorganismos. La disminución de volumen depende de la naturaleza del sustrato y de los volteos que se realizan durante el proceso (Pacheco, 2009).

Tabla 8. Volumen inicial y final, reducción del volumen (RV) expresados en cm³ y porcentaje de reducción del volumen del compost en los diferentes tratamientos.

Tratamientos a base de:	Volumen		RV	%RV
	Inicial	Final		
Bora	256.718,75	188.906,25	67.812,50	73,58
Pergamino de café	271.250,00	196.171,88	75.078,12	72,32
Residuos de jardinería	261.562,50	193.750,00	67.812,50	74,07

En atención a lo descrito, se puede puntualizar que existen diversas variables para caracterizar la estabilidad y la madurez de los compost finales: físicos como la densidad aparente, presencia de inertes; la identificación de químicos (pH, relación C/N, demanda química de oxígeno, carácter húmico de su materia orgánica, macro y micronutrientes) y biológicos (Tortosa, 2013).

Por ser un proceso dinámico, es necesario seguir investigando con otras proporciones de materias primas a fin de lograr mejores resultados según los estándares internacionales como las señaladas en la Norma Chilena de Compost (2005); así como otros métodos para la obtención de MO; CO y NT adecuados para este tipo de producto, que pudieron

influir en los valores obtenidos.

IV. CONCLUSIONES

En relación las características físicas y químicas del compost de pergamino de café, por su calidad y de acuerdo con la Norma Chilena 2880, le corresponde la clase A, resultando el más viable para su uso como sustrato o fertilizante.

El compost a base de pergamino de café presentó los valores más altos de porosidad total, porosidad de aireación y menor porcentaje de retención de agua. Todos los compost presentaron valores por debajo del límite máximo para la densidad aparente.

El pH, la conductividad eléctrica y la relación C/N en todos los compost estaban en el rango establecido;

aunque, el porcentaje de materia orgánica y carbono orgánico, estuvieron por debajo de los valores óptimos.

El compost a base de bora presentó los promedios más elevados para macro y micronutrientes; siendo que los niveles de Zn están por debajo del límite máximo para este producto.

El porcentaje de conversión de residuos para los compost elaborados estuvo entre 72-74% del volumen inicial.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aubert, C. (1998). *El huerto biológico*. Edición Integral Barcelona. Recuperado de <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp>
- Apaza-Condori E.E., Mamani-Pati F. y Sainz-Mendoza H. (2015). Sistema de compostaje para el tratamiento de residuos de hoja de coca con la incorporación de tres activadores biológicos, en el centro experimental de Kallutaca. *J. Selva Andina Biosph.* 3(2):75-85.
- Ansorena, J., Batalla, E. y Merino, D. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos. Recuperado de https://www.blueberrieschile.cl/subidas/2015/07/pdf_000304.pdf.
- Barbaro, L., Karlanian, M., Rizzo, P. y Riera, N. (2019). Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia.* 35(2): 126-136.
- Barrena, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso*. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España. Disertación de Doctorado.315p.
- Brechert, A. (2004). *Manejo ecológico del suelo. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL)*. Santiago de Chile, Chile. 28p.
- Burés, S. (2002). Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. Informe sobre la industria Hortícola. Extra: 70-78.
- Cabrera, R. (2002). Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta. 2º Simposio Nacional de Horticultura. Memorias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 9 p. [Documento en línea]. Recuperado de <http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhorto2/Ponencia06.pdf>.
- Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L. y Jiménez-Morales, M. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Tecnología en Marcha*. Encuentro de Investigación y Extensión. pp. 25-32.
- Casanova, E. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo*. 2ª ed. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 393p.
- Chilón, E. (2010). Compostaje Alto Andino, suelo vivo y cambio climático. *J. Ciencia y Tecnología Agraria.* 2 (1): 221-227.
- Cova, H. (2008). Evaluación de siete (7) sustratos con y sin compost-bora (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), para la producción de plántulas de ají (*Capsicum chinense* Jacq), en condiciones de invernadero. Universidad de Oriente. Escuela de Agronomía. Núcleo Monagas. [Disertación de grado]. Monagas, Venezuela. 276p.
- COVENIN. COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. (1979). *Fertilizantes. Métodos de determinación de potasio*. Norma 1141-79. Caracas, Venezuela. 10 p.
- COVENIN. COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. (1981). *Fertilizantes. Método de determinación de zinc, cobre, hierro, manganeso, calcio y magnesio por absorción atómica*.1816-81. Fondo Norma. Caracas, Venezuela. 7 p.
- Crespo, M., González, D., Rodríguez, R., Ruiz, J. y Durán, N. (2018). Caracterización química y física del bagazo de agave tequilero compostado con biosólidos de vinaza como componente de sustratos para cultivos en contenedor. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 34 (3) 373-382.

- Da Silva, F. (1999). *Manejo de análisis químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias. Ministerio de Agricultura e do Abastecimento. Brasilia, Brasil. 230p.
- Day M. y Shaw K. (2004). *Proceso bilógicos, químicos y físicos del compostaje*. En P. Stofella y B. Khan (Eds.). Utilización del compost en sistemas de cultivo hortícola. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 17-25.
- Defrieri, R., Jiménez, M., Effron, D. y Palma, M. (2005). Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. *AGRISCIENTIA*. VOL. XXII (1): 25-31.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F.; Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2017). InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Docampo, R. (2014). Guía de compostaje en pequeña escala. *Rev. INIA Uruguay*. (38): 46-49.
- Domínguez, A. (1997). *Tratado de fertilización*. 3^{ra} ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 613p.
- Durán, L. y Henríquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. 31(001): 41-51.
- Espinosa, Y., Obispo, N., Gil, J. y Malpica, L. (2017). *Abonos orgánicos. Manual para la toma de muestras, procedimientos para el análisis químico, biológico y cálculo para la tasa agronómica de aplicación*. INIA. CENIAP. Maracay, Venezuela. 65p.
- Fernández L, Rojas N, Roldán T, Ramírez M, Zegarra H, Hernández R, Reyes R, Hernández D. y Arce J. (2006). *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México. 20 p.
- Ferreira, D., Dias, N., Ferreira, A., Vasconcelos, C., Sousa Junior, F., Porto, V., Fernandes, C. y Vásquez, M. (2018). Efecto del compost de residuos orgánicos domiciliarios vegetales y estiércol en el crecimiento de lechuga. *Rev. Colom. de Ciencias Hortícolas*. 12 (2): 464-474.
- Figuroa, F. (2014). Caracterización física, química y microbiológica de diferentes composts comercializados en el estado Monagas. Escuela de Zootecnia, Núcleo de Monagas. Universidad de Oriente. [Disertación de grado]. Venezuela. 171p.
- Finck, A. (1988). *Fertilizantes y fertilización*. Reverte. Barcelona, España. 498p.
- Fitzpatrick, G. (2001). Compost utilization in ornamental and nursery crop production systems. In: Compost utilization in horticultural cropping systems. Florida, EE.UU. pp: 145-158.
- Isaza-Arias, G., Pérez-Méndez, M., Laines-Canepa, J. y Castañón-Nájera, G. (2009). Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica. *Universidad y Ciencia*, 25(3):233-243.
- INAMEH. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. 2009. Recuperado de: <http://www.inameh.gob.ve/>.
- Insam, H and De Bertoldi M. (2007). *Microbiology of de composting process*. Chapter 3. En Luis F. Diaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier and E. Stentiford (Eds.). Waste Management Series 8: Compost Science and Technology. Elsevier. Oxford, USA. Pp. 25-48.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia. 619p.
- Jiménez, R. y Caballero, M. (1990). *El cultivo industrial de plantas en maceta*. Ediciones de Horticultura. Provincia de Tarragona. Reus, España. 256p.
- Labrador, J. (1996). *La materia orgánica en los agrosistemas*. Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 173p.

- Laos, F., Mazzarino, M., Satti, P., Roselli, L., Moyano, S., Ruival, M. y Moller, L. (2000). Planta de compostaje de biosólidos: investigación y desarrollo en Bariloche, Argentina. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental.* (50): 86-89.
- Madrid, C., Quevedo, V. y Andrade, E. 2000. Estudio de la biotransformación aeróbica de los desechos lignocelulósicos pergamino de café (*Coffea arabica* L.) y tallos de pasto guinea (*Panicum maximum*). *Rev. Fac. Agron.* 17:505-517.
- Medina, M., Quintero, R., Espinosa, D., Alarcón, A., Etchervers, J., Trinidad, A. y Conde, F. (2017). Generación de un inoculante acelerador del compostaje. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.010>.
- Moreno, J. y Moral, J. (2008). *Factores a considerar en la calidad del compost.* En Joaquín Moreno y Raúl Moral H. (Eds.). Compostaje. Mundi-Prensa. España. 570p.
- NMX-AA-67. Norma Mexicana. (1985). Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales. Determinación de la relación carbono/nitrógeno. Centro de Calidad. UNINET. México. 2p.
- NTC. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. (2004). Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas del suelo. NDC 5167. Colombia. 32p.
- NORMA CHILENA. (2005). Compost - clasificación y requisitos. División de Normas del Instituto Nacional de Normalización. INN. NCh2880. Santiago, Chile. 27 p.
- Oviedo-Ocaña, E., Marmolejo-Rebellon, L. y Torres-Lozada, P. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia. *Ingeniería Investigación y Tecnología.* 18 (1): 31-42.
- Pacheco, F. (2009). Evaluación de la eficacia de la aplicación de inóculos microbiales y de *Eisenia foetida* en el proceso de compostaje domestico de desechos urbanos. Universidad Pública de Navarra. [Disertación de Maestría]. España. 89p.
- Palomo, S. (2015). Proceso de compostaje utilizando una mezcla de ovicaprinaza, codornaza y material celulolítico. Escuela de Zootecnia, Universidad de Oriente. [Disertación de grado]. Venezuela.134p.
- Plaster, E. (2005). *La ciencia del suelo y su manejo.* Thomson. Madrid, España. 417p.
- Peña, E., Carrión, M., Martínez, F., Rodríguez, A. y Companioni, N. (2002). *Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana.* INIFAT. Ciudad de la Habana, Cuba. 65p.
- Pierre, F., Rosell, R., Quiroz, A. y Granda, Y. (2009). Evaluación química y biológica de compost de pulpa del café en Caspito, municipio Andrés Bello, Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. *Bioagro.* 21(2):105-110.
- Pire, R. y Pereira A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta Metodológica. *Bioagro,* 15 (1). Recuperado de <http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev15%281%29/7.%20Propiedades%20of%C3%ADsicas.pdf> Consultado: 04-10-19.
- Rawat, M., Ramanathan, Al. and Kuriakose, L. (2013). Characterization of Municipal Solid Waste Compost (MSWC) from Selected Indian Cities—A Case Study for Its Sustainable Utilization. *J. of Environmental Protection.* 4: 163-171. doi: /10.4236/jep.2013.42019.
- REAL DECRETO 824. (2005). *Productos fertilizantes.* BOE número 171. España.
- Rivas-Nichorzon, M., González, M., Belloso, G. y Silva-Acuña, R. (2017). Poblaciones de hongos y actinomicetos presentes en el proceso de compostaje con base en bora (*Eichhornia crassipes*), residuos de café y de jardinería. *SABER.* 29: 358-366.
- Rivero, M. y Ullé, J. (2009). *Caracterización química del proceso de compostaje de estiércoles y residuos vegetales.* En: Ullé, J. (Eds). Informe Técnico 2009

- del Centro Regional Buenos Aires Norte. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Buenos Aires, Argentina. Pp. 52-56.
- Robles, M. (2015). Evaluación de parámetros de temperatura, pH y humedad para el proceso de compostaje en la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos de la municipalidad provincial de Leoncio Prado. Universidad Nacional Agraria de la Selva. [Disertación de grado]. Tingo-María, Perú. 59p.
- Rodríguez, J., Marcano A. y Montañón, N. (2004). Caracterización química del composte NUTRIBORA y su uso combinado con un fertilizante comercial en el cultivo de tomate. *INTERCIENCIA*. 29(5): 267-273.
- Salazar, M. (2014). Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el proceso de compostaje y composts finales, elaborados con diferentes estiércoles. Escuela de Zootecnia, Núcleo de Monagas. Universidad de Oriente. [Disertación de grado]. Venezuela. 171p.
- Sztern, L y Pravia, M. (1999). *Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos*. Organización Panamericana de Salud (OPS). Uruguay. 69p.
- Thompson, L. y Troech, F. (1988). Los suelos y su fertilidad. 4^{ta} ed. Reverté, S. A. Madrid, España. pp: 89-112.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. y Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de residuos sólidos*. McGraw-Hill. Madrid, España. 521p.
- Tortosa, G. (2013). Calidad del compost. Recuperado de <http://www.compostandociencia.com/2013/05/criterio-calidad-composts-como-abonos-html/>. Consultado: 04-10-19.
- Ullé, J. (2009). Determinación de temperaturas máximas, en pilas de compost de aireación estática a partir de estiércoles en mezclas con residuos vegetales. Pp.64-66. En: Ullé, J. (Ed). Informe técnico 2009 del Centro Regional de Buenos Aires. Proyecto regional. Desarrollo y difusión de tecnología para la producción ecológica. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias. Buenos Aires. 263p.
- Velásquez, J. (1994). Plantas acuáticas vasculares de Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela. 992p.
- Vento, M. (2000). Estudio sobre la preparación del compost estático y su calidad. Universidad de Camagüey. Instituto de Suelo, Cuba. Master en Fertilidad de Suelos. Camaguey. 55p.
- Walkley, A. (1947). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil. Effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63:251-263.