

Caracterización química, según granulometría, de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera

Chemical characterization according to grain size of two vermicompost produced from pure and mixed bovine dung with fruit remains of the oil palm industry

J. Hernández¹, L. Mármol², F. Guerrero³, E. Salas⁴,
J. Bárcenas², V. Polo² y C. Colmenares⁵

¹Departamento de Agronomía-Facultad de Agronomía -LUZ. ²Departamento de Ingeniería Suelos y Aguas-Facultad de Agronomía -LUZ. ³Departamento de Edafología-Universidad Politécnica de Madrid. ⁴Estudiante de la Facultad de Agronomía-LUZ. ⁵Departamento de Estadística-Facultad de Agronomía -LUZ.

Resumen

Se evaluó el efecto del alimento proporcionado a la lombriz (*Eisenia* spp), para la elaboración de vermicompost y el efecto de su granulometría sobre las propiedades químicas del mismo. Se caracterizó vermicompost de estiércol de bovino (VE) y de la mezcla del mismo con restos del fruto de la palma aceitera (VEP). Estos vermicompost se cernieron con un tamiz de 5 mm y se obtuvieron tres granulometrías, gruesa (>5<10 mm), fina (≤5 mm) y mixta (vermicompost sin cernir). Se utilizó un arreglo de tratamiento factorial 2x3 bajo el diseño experimental totalmente al azar. Los factores estudiados fueron tipo de alimento a dos niveles (VE, VEP) y granulometría a tres niveles gruesa, fina y sin cernir, teniendo un total de 6 tratamientos con 4 repeticiones. A estos se les evaluaron las variables químicas: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, pH, CE, Cenizas, Relación C/N, Capacidad de Intercambio Catiónico, Magnesio, Calcio, Materia orgánica, Carbono orgánico total, Extractos húmicos totales (CEHT), Carbono de ácidos húmicos, carbono de ácido fúlvicos (CAF), Índice de humificación (IH), Índice de Evolución (IE), Índice de Polimerización. Para todas las variables se observó diferencias significativa (P<0,005), en la interacción entre los factores (alimento x granulometría), para el tipo de alimento hubo

Recibido el 29-9-2008 ● Aceptado el 28-4-2010

Autor de correspondencia e-mail: jacquihernandez@fa.luz.edu.ve

Proyecto financiado por FONACIT, S1-2000000792

diferencias excepto para CAF, IH y IE. La granulometría sólo registró diferencias significativas para las variables CEHT, CAF, IE y IP. Como la fuente de alimentación de la lombriz influye en la mayoría de las características químicas, estos análisis deben repetirse cada vez que se comience un ciclo de producción del biofertilizante.

Palabras clave: Vermicompost, lumbricultura, *Eisenia* spp., Fraccionamiento orgánico

Abstract

With the purpose of evaluating the effect of the food provided to earthworms (*Eisenia* spp), for the elaboration of vermicompost and the effect of grain size on its chemical characteristics. Vermicompost used was produced from either bovine dung (VE) or mixtures of this with fruit remains of the oil palm industry (BDOP). These vermicompost were sieved through a 5 mm sieve to obtain three grain size: fine (≤ 5 mm), thick ($> 5 < 10$ mm), and mixed (vermicompost that was not sieved). A factorial experiment 2x3 was used, under a completely randomized design. The factors evaluated were type of food at two levels (VE, BDOP); and thick, fine and mixed grain size to obtain 6 treatments with 4 replications for a total of 24 observations. The chemical variables evaluated on these treatments were: Nitrogen, Phosphorus, Potassium, pH, CE, Ashes, C/N Ratio, CIC, Magnesium, Calcium, Organic matter, total organic Carbon, total humus extracts, humus acid carbon, fulvic acid carbon (FAC), humification index (HI), Evolution Index (EI), Polymerization Index. For all the variables, significant differences ($P < 0.001$) were observed, in the interaction between the factors (food x grain size), for the type of food were differences except for FAC, HI and EI. The grain size only registered significant differences for CTHE, FAC, IE and IP variables. As the food of the worm influences in most of the chemical characteristics, these analyses must be repeated whenever a cycle of production of *biofertilizing*.

Key words: Vermicompost, vermicomposting, *Eisenia* spp, organic parameters

Introducción

Los desechos orgánicos, sean desechos urbanos, domésticos, animales y/o agroindustriales, son producidos en grandes cantidades en todas partes del planeta, creando serios problemas de contaminación. En su descomposición despiden fetidez y ocupan grandes superficies en donde, por su mal manejo, contaminan fuentes

Introduction

The organic remains, being urban, domestic, animals and/or agro-industrial remains, are produced in high quantities every place around the world, having as a consequence pollution problems. When they get decomposed becomes fetid and occupies big surfaces where because the wrong management contaminates

hídricas por lixiviados y se filtran a mantos acuíferos. El problema es complejo y su manejo, hasta los momentos en Venezuela, ha sido muy deficiente, no existiendo una clasificación de los desechos que facilite su reciclaje; además, se carece de asesoría para un manejo eficiente de los mismos.

El suelo es un organismo vivo en donde se desarrollan fenómenos físicos, químicos y microbiológicos esenciales, no sólo para el crecimiento de los vegetales, sino para la propia vida en el planeta. En biología, se considera ser vivo a aquel que posea metabolismo propio, y el suelo, por poseerlo, debe ser tratado como tal. Sin embargo, se ha desvirtuado con el uso indiscriminado de agroquímicos y maquinaria pesada, pasando a considerarse como un mero soporte físico para el crecimiento vegetal.

La lombricultura es un sistema de transformación de desechos orgánicos, que nos permite, al final del proceso, obtener un abono orgánico (vermicompost), el cual mejora la fertilidad biológica de los suelos. Es evidente, por lo tanto, que los anélidos responsables de tal proceso desempeñan un rol ecológico y económico de primera importancia en el reciclaje de desechos orgánicos (Castillo *et al.*, 2000 y Hervas *et al.*, 1989).

Atiyeh *et al.* (2000a), indican que el principal efecto general de las lombrices sobre los desechos orgánicos es el aceleramiento de la maduración de éstos, los procesos de humificación son mejorados no sólo por la fragmentación y reducción de las partículas de la materia orgánica, sino también por el incremento de la actividad

hydrical sources by lixiviates and they get filtrates toward aquiferous PLAIN. The problem is complex and its management in Venezuela has been nowadays very deficient, because there is no a wastes classification making easier its recycle; also, there is no consultancy for an efficient management.

Soil is a live organism where essential physical, chemical and microbiological phenomenom are developed, not only for vegetable growth, but also for any life in planet. A human being is considered by biology like those having own metabolism, and soil, by having it has to be treated the same way. However, soil has been distorted with the indiscriminate use of chemicals and heavy machinery, being considered just like a physical support for vegetable growth.

Vermicompost is a transformation system of organic remains that permit, at the end of process, to obtain organic manure, which improves soils biological fertility. Therefore, is evident that annelids responsible of this process play an important ecological and economic role on organic remains recycle (Castillo *et al.*, 2000 and Hervas *et al.*, 1989).

Atiyeh *et al.* (2000a), says that the main general effect of earthworms on organic matter is the acceleration of maturing, the humification processes are improved not only by the fragmentation and diminish of organic matter particles, but also for the increase of microbiological activity inside of earthworm intestine and by the aeration cause its movement (Domínguez, 2004).

microbiológica dentro del intestino de las lombrices y por la aireación que ocasiona el movimiento de las mismas (Domínguez, 2004)

Atiyeh *et al.* (2001, 2000b), señalan que el auge de la lumbricultura se debe a las regulaciones de las aplicaciones al campo de restos orgánicos no tratados, de allí el interés de usar las lombrices como un sistema ecológico para la estabilización de estos desechos.

La importancia del vermicompost radica en que actúa como un abono eficaz, pues además de poseer todos los elementos nutritivos esenciales, contiene una flora bacteriana que permite la recuperación de sustancias nutritivas del suelo. Esta riqueza lo convierte en uno de los bio-fertilizantes más completos del mercado, generando la necesidad de conocer en detalle las características químicas del mismo, según sea el manejo que se le dé en el sistema de producción del vermicompost. Ejemplo de factores del manejo son el efecto del sustrato suministrado a la lombriz como alimento, la frecuencia de riego al cantero, la frecuencia de alimentación, el tiempo de recolección del vermicompost, el tiempo de almacenaje, el tamaño del grano con el que se comercializa el mismo, entre otros (Hernández, 2006a).

Castillo *et al.* (2000), y Guerrero *et al.* (2002), indican que la calidad del compost debe ser conocida a fin de que el mismo sea usado en forma adecuada como abono orgánico. Por lo antes expuesto, el presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar las características químicas del vermicompost, utilizando dos tipos de

Atiyeh *et al.* (2001, 2000b), reports that the vermicompost peak is caused by the regulations of applications on untreated organic matter filed, thus, the interest of using earthworms like an ecological system for stabilizing these wastes.

The importance of vermicompost is that function as an efficient dung, because besides if having all the essential nutritive elements, it has a bacterial flora that permit the recovery of nutritive substances from soil. This richness convert dung into one of more complete bio-fertilizers of market, generating the necessity of knowing in detail the chemical characteristics, according the management received in the production system of vermicompost. An example of management factors are the effect of substrate offered to the earthworm like feeding, the flowerbed irrigation frequency, the feeding frequency, the vermicompost collection time, the storage time, the grain size need for commercialization among others (Hernández, 2006a).

Castillo *et al.* (2000) and Guerrero *et al.* (2002), says that the compost quality have to be known in order to use it in adequately way like organic dung. Thus, this research had as objective to determine the chemical characteristics of vermicompost, using two types of substrates for feeding the earthworm (bovine dung and bovine dung with a mixing with remains of oil palm fruit fiber, in a proportion 50:50 v/v), and grain sizes: fine (grain size ≤ 5 mm), medium (grain size $> 5 < 10$ mm), and without be sieved (vermicompost having both grain sizes), that permit the obtaining

sustratos para la alimentación de la lombriz (estiércol bovino y la mezcla de estiércol bovino con restos de la fibra del fruto de la palma aceitera, en una proporción 50:50 v/v), y tres tamaños de grano: fino (tamaño del grano $d \gg 5$ mm), medio (tamaño del grano $> 5 < 10$ mm), y sin cernir (vermicompost que contenía ambos tamaños de granos), que permitan la obtención de un producto caracterizado que mejore su potencialidad de uso por los agricultores en sus particulares condiciones de siembra.

Materiales y métodos

Descripción del vermicompost a evaluar:

Los dos vermicomposts caracterizados (presentados en tres granulometrías), provenían del proyecto de investigación "Crianza de la lombriz roja bajo condiciones de clima cálido para la producción de humus como abono orgánico en la fertilización de la palma aceitera" (S1-2000000792), llevado a cabo en la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia. Los materiales orgánicos de origen fueron: 100% estiércol vacuno (VE) y la mezcla de 50% estiércol vacuno: 50% fibra del fruto de la palma aceitera (VEP).

Estos vermicompost se produjeron bajo condiciones de clima cálido, en un periodo de tres meses, por la acción de una población mezclada de lombrices del género *Eisenia*, de las especies *E. fetida* y *E. andrei*. Para el momento de la evaluación los vermicompost se almacenaron en bolsas plásticas por un período de 12 meses (Hernández 2006a).

of a characterized product that improves its potentiality of use by farmers considering different sowing conditions.

Materials and methods

Description of vermicompost to be evaluated:

Two vermicompost characterized (showed in three granulometry), coming from the Research Project "Breeding of Red Earthworm under warm climate conditions for the production of humus like organic dung in oil palm fertilization" (S1-2000000792), carried out in the Agronomy Faculty of the Universidad del Zulia. The organic materials were: 100% bovine dung (BD) and mixing of 50% bovine dung: 50% oil palm fruit fiber (BDOP).

These vermicompost were produced under warm climate conditions, in a period of three months, by the action of a mixed earthworm population of *Eisenia* genera, of *E. fetida* and *E. Andrei* species. For the evaluation time vermicompost was stored in plastic bags during a period of 12 months (Hernández 2006a).

Once harvested, vermicompost produced were sieved through the 5 and 10 mm sieve, generating three granulometry: fine (those passing through the sieve, ≤ 5 mm), thick (those rested in sieve 5 and passed through sieve of 10 mm, > 5 and ≤ 10) and medium (vermicompost did not sieved). This sieved was carried out for each of earthworms feeding substrates, generating six treatments.

An arrangement of factorial

Una vez cosechados, los vermicomposts producidos fueron cernidos a través de dos tamices de 5 y 10 mm, generando tres granulometrías: fina (la que pasó por el tamiz, ≤ 5 mm), gruesa (la que quedó sobre el tamiz 5 y paso por el tamiz de 10 mm, > 5 y ≤ 10) y media (vermicompost que no fue cernido). Este cernido se llevó a cabo para cada uno de los dos sustratos de alimentación de la lombriz, generándose así seis tratamientos.

Se utilizó un arreglo de tratamiento factorial 2x3 bajo un diseño experimental totalmente al azar. Los factores estudiados fueron tipo de alimento a dos niveles (VE, VEP) y granulometría a tres niveles (gruesa, fina y media), para 6 tratamientos con 4 repeticiones, para un total de 24 observaciones. La unidad experimental estuvo constituida por 500 g de vermicompost.

Los parámetros químicos medidos fueron N (Método de Kjeldahl), Relación C/N, P (Olsen con pH 8,5); K (Fotometría de llama), Na (Fotometría de llama), Ca (volumetría), Mg (volumetría), CIC (Acetato de amonio), pH (extracto de solución 1:5 (V/V)) y CE (extracto de solución 1:5 (V/V)). Todos los protocolos que se usaron para las determinaciones fueron tomados de Bartels (2005).

El contenido de Carbono Total fue estimado por combustión seca a 540°C en una mufla por 24 h., de una muestra de 1g de vermicompost molida a 2mm y secada a estufa a 365°C. El contenido de Carbono Orgánico se calculó dividiendo entre 1,72 el contenido de Carbono Total (Bartels, 2005).

treatment 2x3 under a complete random design was carried out. Factors studied were feeding type at two levels (BD, BDOP) and granulometry at three levels (thick, fine and medium), for 6 treatments with 4 replications, for a total of 24 observations. 500 g of vermicompost formed the experimental unit.

The chemical parameters measured were N (Kjeldahl method), C/N relation, P (Olsen with pH 8.5); K (Flame Photometry), Na (Flame Photometry), Ca (volumetry), Mg (volumetry), CIC (Ammonium acetate), pH (extract solution 1:5 (V/V)) and CE (extract solution 1:5 (V/V)). All the protocols used for determinations were taken from Bartels (2005).

The content of total carbon was estimated by dry combustion to 540°C in an oven during 24 h., from a sample of 1g of grinded vermicompost to 2mm and dried in oven to 365°C. The content of organic carbon was estimated by dividing between 1.72 the content of total carbon (Bartels, 2005).

The fractioning of organic matter was estimated by the Dabin methodology (1971), measuring the total of humic acids through successive extractions with NaP_2O_7 1 M and NaOH 0.1M, centrifuged to 3000 rpm during 20 min. The content of carbon from total humic extracts (THE), humic acids (HA) and fulvic acids (FA) was determined by the Walkley-Black method (Bartels, 2005). The transformation degree of organic matter was measured through the humification evolution and polymerization indexes (table 1).

El fraccionamiento de la materia orgánica fue estimado por la metodología de Dabin (1971), midiendo el total de ácidos húmicos mediante extracciones sucesivas con NaP_2O_7 1 M y NaOH 0,1M, centrifugados a 3000 rpm por 20 min. El contenido de carbono del extractos húmicos totales (EHT), ácidos húmicos (AH) y ácidos fulvicos (AF) se determinó por el método de Walkley-Black (Bartels, 2005). El grado de transformación de la materia orgánica fue medido a través de los índices de humificación, evolución y polimerización (cuadro 1).

Los datos se analizaron estadísticamente a través de un análisis de la varianza paramétrica y no paramétrica (Prueba de Rangos de Kruskal y Wallis), y prueba de media por Tukey ($P < 0,001$), con el programa estadístico Statistix para Windows versión 6.0

Resultados y discusión

pH: Se detectaron diferencias altamente significativas ($P > 0,001$), entre los diferentes tratamientos, variando los rangos desde 6,92 para el

Data were statistically analyzed through a parametric and no parametric analysis of variance (Kruskal and Wallis Rank Test), and Tukey mean test ($P < 0.001$), with the statistical program Statistix for Windows version 6.0

Results and discussion

pH: Highly significant differences were detected ($P > 0.001$), between the different treatments, the ranks vary from 6.92 for vermicompost coming from 100% dung, until 6.49 for vermicompost of thick grain coming from 50:50 dung and oil palm remains. When earthworm feeding sources are compared (table 3), differences between dung were detected (6.85 ± 0.14) and the vermicompost of mixing (6.54 ± 0.16), although these differences, from the practical point of view, are not relevant.

There were no differences in pH between the vermicompost grain size, values vary from 6.75 for the fine grain to 6.62 for the thick grain. For all the treatments, these values are

Cuadro 1. Parámetros de humificación del Vermicompost.

Table 1. Humification parameters with Vermicompost.

Índices	Formulas
Índice de humificación	$IH = EHT / COT$
Índice de Evolución	$IE = CAH / EHT$
Índice de Polimerización	$IP = CAH / CAF$

EHT: Extractos húmicos Totales (CAH + CAF)

COT: Carbono orgánico total

CAH: Contenido de carbono en el extracto de ácidos húmicos.

CAF: Contenido de carbono de ácido fúlvicos

vermicompost provenientes de 100% estiércol, hasta 6,49 para el vermicompost de grano grueso proveniente de 50:50 estiércol y restos de palma aceitera. Cuando se comparan las fuentes de alimentación de las lombrices (cuadro 2), se detectaron diferencias entre el estiércol ($6,85\pm 0,14$) y el vermicompost de la mezcla ($6,54\pm 0,16$), aunque estas diferencias, desde el punto de vista práctico, no son relevantes.

No se observaron en pH entre el tamaño del grano del vermicompost, variando los valores desde 6,75 para el grano fino a 6,62 para el grano grueso. Para todos los tratamientos, estos valores son mayores a los señalados en la literatura, donde se reportan pH's de 5,68 (Atiyeh *et al.*, 2001) ó 5,3 (Atiyeh *et al.*, 2000a) para vermicompost derivado de estiércol de bovino, aunque estos mismos autores señalan valores de 7,3 cuando la fuente de alimentación fue papel. Valenzuela *et al.* (1998), refieren que el pH del vermicompost varió según la fuente de alimentación de la lombriz.

Conductividad Eléctrica (CE): Se detectaron diferencias altamente significativas ($P < 0,001$) entre los tratamientos, apareciendo el VEG (100% estiércol de grano grueso) como el vermicompost con mayor CE, con $5,75\pm 0,87$; y VEPG (50:50, estiércol bovino: restos de palma aceitera, grano grueso), como aquel con el menor valor para este parámetro, con $2,7\pm 0,23$. Es importante señalar que aún este último valor resulta alto para un sustrato de siembra, por lo que debe mezclarse con otro sustrato inerte para que no se vea afectado el desarrollo vegetativo del cultivo propa-

superior to those reported in literature, where pH's of 5.68 (Atiyeh *et al.*, 2001) or 5.3 (Atiyeh *et al.*, 2000a) are reported for vermicompost derived from bovine dung, although these authors report values of 7.3 when feeding source was paper. Valenzuela *et al.* (1998), refer that pH of vermicompost varied according the feeding source of earthworm.

Electrical conductivity (EC): Highly significant differences ($P < 0.001$) were detected between treatments, VEG (100% thick grain dung) appears like the vermicompost with higher CE, with 5.75 ± 0.87 ; and VEPT (50:50, bovine dung: oil palm remain, thick grain), like those with the lower value for this parameter, with 2.7 ± 0.23 . It is important to detach that even though the last value is high for a sowing substrate, therefore, it has to be mixed with other inert substrate looking the no affection of vegetative development of propagated crop in this material. When comparing the two feeding materials used, detach that the dung offer the higher salts quantity, thus significant differences ($P < 0.001$) are observed (table 2). This can be proved when the %Na is observed, which is higher in dung than in mixing with oil palm remains, with values of $2.05\pm 1.3\%$ and $0.48\pm 0.2\%$ respectively. This tendency was the same for the rest of macro nutrients (%P, %K, %Ca and %Mg) (table 2).

Values of macro and micro nutrients are shown in tables 2, 3 and 4. Significant differences were observed for all the evaluations between treatments, however, differences were not found between

Cuadro 2. Características Químicas. Elementos Totales según la fuente de alimentación de la lombriz y la granulometría del vermicompost.

Table 2. Chemical characteristics. Total elements according the feeding source of earth worm and granulometry of vermicompost.

Trat	pH	CEmS/cm	%N	% P total*	%K**	Ca++ (cmol.kg ⁻¹)	Mg* (cmol.kg ⁻¹)	%Na	CIC
VEG	6,75±0,1 ^{abc}	5,75±0,9 ^a	1,55±0,30 ^a	1,59±0,1 ^a	0,60±0,1 ^a	0,16±0,01 ^a	0,12±0,02 ^{ab}	2,05±1,3 ^a	43,19±5,42 ^{ab}
VEF	6,92±0,1 ^a	5,48±0,7 ^a	1,46±0,11 ^a	1,75±0,2 ^a	0,60±0,1 ^a	0,14±0,02 ^a	0,13±0,02 ^a	0,48±0,2 ^b	42,13±1,23 ^b
VE	6,88 ±0,2 ^{ab}	4,93±0,9 ^{ab}	1,82±0,21 ^a	1,47±0,2 ^a	0,57±0,2 ^a	0,14±0,03 ^a	0,10±0,02 ^{ab}	2,27±0,5 ^a	45,83±1,72 ^{ab}
VEPG	6,49±0,2 ^c	2,7±0,2 ^b	1,35±0,10 ^a	0,74±0,2 ^b	0,00±0,0 ^c	0,08±0,01 ^b	0,07±0,04 ^b	1,53±0,3 ^{ab}	46,87±3,87 ^{ab}
VEPF	6,57±0,2 ^{bc}	3,96±0,5 ^{ab}	1,73±0,13 ^a	1,35±0,2 ^a	0,38±0,1 ^{ab}	0,13±0,03 ^{ab}	0,10±0,03 ^{ab}	0,39±0,5 ^b	50,38±4,47 ^a
VEP	6,54±0,1 ^{bc}	3,72±0,6 ^{ab}	1,78±0,33 ^a	1,30±0,1 ^a	0,19±0,2 ^{bc}	0,12±0,01 ^{ab}	0,10±0,03 ^{ab}	2,16±0,1 ^a	44,45±1,54 ^{ab}

Tratamientos:

VEG: Vermicompost Grueso, VEF: Vermicompost Fino, VE: Vermicompost Sin Cernir,

VEPG: Vermicompost de Palma Grueso, VEPF: Vermicompost de Palma Fino, VEP: : Vermicompost de Palma Sin Cernir

*Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Tukey (P<0,001)

**Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Rangos de Kruskal y Wallis

Calculados en Base Seca

%N: Porcentaje de Nitrógeno Kjeldahl, %P Porcentaje de Fósforo total por Olsen. %K: Porcentaje de Potasio.

Ca: cmol*kg⁻¹ Calcio Mg cmol*kg⁻¹ de Magnesio %Na: Porcentaje de Sodio. CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico cmol*kg⁻¹

gado en este material. Al comparar los dos materiales de alimentación utilizados, destaca que es el estiércol que aporta la mayor cantidad de sales, de allí que se registren diferencias significativas ($P < 0,001$) (cuadro 2). Esto puede corroborarse cuando se observa el %Na, el cual es más alto en el estiércol que en la mezcla con restos de palma aceitera, con valores de $2,05 \pm 1,3\%$ y $0,48 \pm 0,2$ respectivamente. Esta tendencia fue igual para el resto de los macronutrientes (%P, %K, %Ca y %Mg) (cuadro 3).

En los cuadros 2, 3 y 4 anexos se observan los valores de los macro y micronutrientes. Para todas las evaluaciones se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, no se observaron diferencias entre las granulometrías evaluadas (cuadro 4), por lo que, para estas variables en particular, el cernir el vermicompost resulta una práctica que podría ser eliminada del sistema de producción, por acarrear un coste elevado en la mano de obra (Hernández, 2006b). Sin embargo, Hernández *et al.* (2008), señalaron que la granulometría del vermicompost afecta las características físicas, encontrando variaciones en el porcentaje de aireación, porcentaje de porosidad, capacidad de retención de humedad y densidad de partícula.

Con respecto a la fuente de alimentación de las lombrices, se detectaron diferencias para todas las variables evaluadas. Edwards (1998), indica que el contenido de nutrientes difiere grandemente dependiendo del material utilizado en el proceso de vermicompostaje.

Nitrógeno: No se registraron

the granulometries evaluated (table 4), therefore, for these, the sieve of vermicompost result a practice that could be eliminated of production system, by being a high cost on labor hand (Hernández, 2006b). However, Hernández *et al.* (2008), observed that granulometry of vermicompost affect the physical characteristics, making possible variations in aeration percentage, porosity percentage, humidity retention capacity and particle density.

Respect to the earthworm feeding source differences were detected for all the variables evaluated. Edwards (1998), says that the content of nutrients gradually differs depending on material used in vermicomposting process.

Nitrogen: Significant differences were not registered between treatments, being observed values between 1.82% for BD (vermicompost without sieved from 100% dung) and 1.35% for VEPT (vermicompost 50:50, thick grain) (table 2). These values are considered as a part of 1 to 4% rank, referred by the quality specifications manual of vermicompost produced by the «Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas and Pecuarios», México (2007).

In relation to the nitrogen content, Pramanik *et al.* (2007), reported N values of 1% in vermicomposting, which represented an increase until four times higher when they are compared with content of this nutriment in materials that of origin, that shows the kindness of this process. This agrees with Garga *et al.* (2006) results, who observed an

Cuadro 3. Características Químicas. Elementos Totales según la fuente de alimentación de *Eisenia* spp.
Table 3. Chemical characteristics. Total elements according to the feeding source of *Eisenia* spp.

Tipo de Vermicompost	pH	CEmS/cm	%N*	% P total*	%K**	Ca++ (cmol*kg ⁻¹)	Mg* (cmol*kg ⁻¹)	%Na	CIC (cmol*kg ⁻¹)
100 % Estiércol	6,85±0,14 ^a	5,38±0,81 ^a	1,62±0,26 ^a	1,60±0,22 ^a	0,59±0,1 ^a	0,15±0,02 ^a	0,12±0,02 ^a	2,05±1,3 ^a	43,72±3,45 ^b
50:50 (E:P)	6,54±0,16 ^b	3,46±0,72 ^b	1,64±0,27 ^a	1,13±0,33 ^b	0,19±0,2 ^b	0,11±0,03 ^b	0,09±0,03 ^b	0,48±0,2 ^b	47,24±4,07 ^a

*Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Tukey (P<0,001)

**Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Rangos de Kruskal y Wallis

Calculados en Base Seca

%N: Porcentaje de Nitrógeno. %P: Porcentaje de Fósforo total por Olsen. %K: Porcentaje de Potasio. Ca: cmol*kg⁻¹ Calcio Mg cmol*kg⁻¹ de Magnesio %Na: Porcentaje de Sodio. CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico cmol*kg⁻¹

Cuadro 4. Características Químicas. Elementos Totales según el tamaño del grano del vermicompost.

Table 4. Chemical characteristics. Total elements according to the vermicompost grain size.

Tamaño del Grano	pH	CEmS/cm	%N*	% P total*	%K**	Ca++ (cmol*kg ⁻¹)	Mg** (cmol*kg ⁻¹)	%Na	CIC (cmol*kg ⁻¹)
Grueso	6,62±0,19 ^a	4,23±0,81 ^a	1,47±0,24 ^b	1,17±0,47 ^a	0,30±0,32 ^a	0,12±0,04 ^a	0,10±0,04 ^a	2,05±1,3 ^a	45,48±4,8 ^a
Fino	6,75±0,25 ^a	4,72±0,72 ^a	1,62±0,18 ^{ab}	1,55±0,29 ^a	0,49±0,15 ^a	0,14±0,02 ^a	0,12±0,03 ^a	0,48±0,2 ^b	46,26±5,3 ^a
Mezclado	6,71±0,23 ^a	4,32±0,72 ^a	1,80±0,26 ^a	1,39±0,19 ^a	0,38±0,28 ^a	0,13±0,03 ^a	0,10±0,02 ^a	0,48±0,2 ^b	45,14±1,7 ^a

*Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Tukey (P<0,001)

**Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Rangos de Kruskal y Wallis Calculados en Base Seca

%N: Porcentaje de Nitrógeno, %P total por Olsen. %K: Porcentaje de Potasio. Ca: cmol*kg⁻¹ Calcio Mg cmol*kg⁻¹ de Magnesio %Na: Porcentaje de Sodio CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico cmol*kg⁻¹

diferencias significativas entre los tratamientos, observándose valores entre 1,82% para VE (vermicompost sin cernir de 100% estiércol) y 1,35% para el VEPG (vermicompost 50:50, grano grueso) (cuadro 2). Estos valores se encuentran dentro del rango de 1 a 4%, referidos por el manual de especificaciones de la calidad del vermicompost producido por el Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas y Pecuarios de México (2007).

En relación al contenido de nitrógeno, Pramanik *et al.* (2007), citan valores de N menores a 1% en el vermicompostaje, lo cual representó un incremento hasta cuatro veces mayor cuando comparados con el contenido de este nutrimento en los materiales que le dieron origen, lo que demuestra las bondades de este proceso. Esto coincide con los resultados de Garga *et al.* (2006), quienes observaron un aumento de 4,4 a 5,4 veces más de nitrógeno en el vermicompostaje con respecto a los materiales empleados como alimento para las lombrices. Castillo *et al.* (2000), reportan valores que van desde 1,25 a 0,53%, con un aumento entre el material parental y el vermicompost de 54,5%, cuando éste provino de estiércol de bovino y restos de cocina, respectivamente.

Atiyeh *et al.* (2000b), encontraron valores de nitrógeno entre 2,36 y 1,80%, para vermicomposts derivados de estiércol porcino y de restos de alimentos de cocina respectivamente. Arancon *et al.* (2003), al comparar vermicompost de diferentes orígenes, obtuvieron que el de mayor contenido de nitrógeno (1,9%) fue aquel que provino de estiér-

increase of 4.4 to 5.4 times high of nitrogen in vermicomposting respect to the materials used like feeding for earthworm. Castillo *et al.* (2000), report values from 1.25 to 0.53%, with an increase between the parent material and vermicompost of 54.5%, when this came from bovine dung and kitchen leftovers, respectively.

Atiyeh *et al.* (2000b), found nitrogen values between 2.36 and 1.80%, for vermicompost from swine dung and from kitchen feeding leftovers, respectively. Arancon *et al.* (2003), when comparing vermicompost from different origins, obtained that dung coming from bovine dung showed the higher nitrogen content (1.9%), and those obtained from paper rests showed the lower (1.0%) value. All these results emphasize the main role of parental parent at the moment of studying the physical, chemical and biological characteristics of organic substrates.

Phosphorous and

Potassium: Significant differences ($P < 0.001$) were observed between treatments for phosphorous. The higher value was showed by the vermicompost coming from bovine dung of fine grain (VEF) with $1.75 \pm 0.2\%$, and the vermicompost of mixing with oil palm rests of thick grain (VEPT) was the lower with $0.74 \pm 0.2\%$; the rest of treatments did no showed differences with VEF (table 2). In relation to potassium, the higher value ($0.60 \pm 0.1\%$) was obtained in VEG and VEF; and the lower (0.00 ± 0.00) in VEPT (table 2).

These values of phosphorous and potassium observed are superior to those registered by Kale (1998),

col bovino, y con el valor más bajo (1,0%) el derivado de restos de papel. Todos estos resultados enfatizan el papel preponderante del material parental al momento de estudiar las características físico químicas y biológicas de los sustratos orgánicos.

Fósforo y Potasio: Se registraron diferencias significativas ($P < 0,001$) entre tratamientos para el fósforo. El mayor valor lo registró el vermicompost proveniente de estiércol de bovino de grano fino (VEF) con $1,75 \pm 0,2\%$, y el menor, el vermicompost de la mezcla con restos de palma aceitera grano grueso (VEPG), con $0,74 \pm 0,2\%$; el resto de los tratamientos no presentaron diferencias con el VEF (cuadro 2). En relación con el potasio, el valor más alto ($0,60 \pm 0,1\%$) se obtuvo en VEG y VEF; y el menor ($0,00 \pm 0,0$) en VEPG (cuadro 2).

Estos valores de fósforo y potasio observados son mayores a los registrados por Kale (1998), Castillo *et al.* (2000) y Edwards (1998), aunque estas comparaciones sólo son referenciales, ya que las características químicas del vermicompost dependen del tipo de alimento ofrecido a las lombrices y el manejo dado en el sistema de producción (Tognetti *et al.*, 2005). Sin embargo, Hernández *et al.* (2006), no observaron diferencias significativas para el fósforo y el potasio en los vermicomposts producidos bajo tres manejos diferentes del riego aplicado en los canteros, con valores promedio de 0,57 y 1,8% para estos macronutrientes respectivamente.

Capacidad de Intercambio

Catiónico: Se registraron dos grupos estadísticamente diferentes

Castillo *et al.* (2000) and Edwards (1998), even though these comparisons are only referential, since chemical characteristics of vermicompost depend in type of feeding offered to earthworms and management received in the production system (Tognetti *et al.*, 2005). However, Hernández *et al.* (2006), did not observed significant differences for phosphorous and potassium in vermicompost produced under three different applied irrigation managements in flowerbeds, with mean values of 0.57 and 1.8% for these macronutrients, respectively.

Cationic exchange capacity:

Two groups statistically different were registered ($P < 0.001$), with the higher CIC obtained in treatment VEPF (50.38 ± 4.44 cmol.kg⁻¹) and the lower in the VEF (42.13 ± 1.26 cmol.kg⁻¹). The rest of treatments did not registered significant differences respect to any of two previous values (table 2). Significant differences were not found in relation to the grain size, but for the feeding type were observed, where mixing of dung and oil palm rests a higher CIC (47.24 ± 4.07 cmol.kg⁻¹) was obtained, in comparison to only manure (43.72 ± 3.45 cmol.kg⁻¹).

Taking into consideration the criterion proponed by Harada and Inoko (1980), who establish that the material in composting is mature when its CIC is above 60 cmol.kg⁻¹, it could be said that these materials are immature, nevertheless, these analysis were carried out on earthworms droppings (vermicomposted material), after a storage year under controlled

($P < 0,001$), con la mayor CIC obtenida en el tratamiento VEPF ($50,38 \pm 4,44 \text{ cmol.kg}^{-1}$) y la menor en el VEF ($42,13 \pm 1,26 \text{ cmol.kg}^{-1}$). Los demás tratamientos no registraron diferencias significativas con respecto a alguno de los dos valores anteriores (cuadro 2). No se observaron diferencias significativas para el tamaño del grano, pero sí para el tipo de alimento, donde la mezcla de estiércol y restos de palma registró mayor CIC ($47,24 \pm 4,07 \text{ cmol.kg}^{-1}$), que el estiércol sólo ($43,72 \pm 3,45 \text{ cmol.kg}^{-1}$).

Si se toma el criterio propuesto por Harada e Inoko (1980), quienes indican que un material en compostaje está maduro cuando su CIC está por encima de 60 cmol.kg^{-1} , podría inferirse que estos materiales están inmaduros, sin embargo, estos análisis se realizaron sobre las deyecciones de las lombrices (material vermicompostado), después de un año de almacenaje bajo condiciones controladas de humedad y temperatura (45% y 25°C respectivamente).

Valores de CIC por debajo de 60 cmol.kg^{-1} también fueron reportados por Contreras *et al.* (2005), quienes reportaron $59,7 \text{ cmol.kg}^{-1}$ y 53 cmol.kg^{-1} para la gallinaza y vermicompost de bovino respectivamente. Por otro lado, Zapata *et al.* (2005), encontraron que para el compost de corteza de pino sólo y mezclado con residuos urbano y lodos residuales los valores fueron $49,46$; $54,32$ y $55,12 \text{ cmol.kg}^{-1}$ respectivamente. En México, cuando se especifican las características de los vermicompost producidos, se indica un $\text{CIC} > 40 \text{ cmol.kg}^{-1}$ (Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas y Pecuarios,

conditions of humidity and temperature (45% and 25°C , respectively).

The CIC values below 60 cmol.kg^{-1} also were reported by Contreras *et al.* (2005), who obtained $59.7 \text{ cmol.kg}^{-1}$ and 53 cmol.kg^{-1} for poultry manure and vermicompost from bovine respectively. On the other hand, Zapata *et al.* (2005), found that for the compost of *Pinus cortex* only and mixed with urban residues and residual mud, the values were 49.46 ; 54.32 and $55.12 \text{ cmol.kg}^{-1}$, respectively. In México, when characteristics of produced vermicompost are specified, a $\text{CIC} > 40 \text{ cmol.kg}^{-1}$ (Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas and Pecuarios, 2007) is indicated, suggesting that the best quality of vermicompost has not to be generalized when comparing to compost, because the quality of final product depend both origin material and of technology used.

The vermicompost with higher quantity of macro and micronutrients, as observed in 3, was those coming from 100% dung (BD), nevertheless, even climatic and management conditions were similar for the production of both vermicompost (BD and BDOP), the bovine dung used came from different farms, thus, the ideas about oil palm fruits rests diminish the content of nutrients of bovine dung cannot be generalized. Mármod (2008), in studies of swine dung mixed with vegetable rests (*Lemna* spp.), observed that nutrient content increased when the dung proportion increased in sample too. Castillo *et al.* (2000), also agree in that

2007), sugiriendo que no debe generalizarse la mejor calidad del vermicompost cuando se compara con el compost, debido a que la calidad del producto final depende tanto del material de origen como de la tecnología empleada.

El vermicompost con mayor cantidad de macro y micronutrientes, tal como se observa en el cuadro 3, fue el que provino de 100% estiércol (VE), sin embargo, aunque las condiciones climáticas y de manejo fueron similares para la producción de ambos vermicompost (VE y VEP), el estiércol bovino utilizado procedió de granjas diferentes, por lo que no se puede generalizar que los restos de frutos de la palma aceitera disminuyen el contenido de nutriente del estiércoles bovino. Mármol (2008), en estudios de mezclas de estiércol ovino con restos vegetales (*Lemna spp.*), observó que los contenidos de nutrientes aumentaban en la medida que aumentaba la proporción de estiércol en la mezcla. Castillo *et al.* (2000), coinciden también que los estiércoles de animales tienen mayores contenidos de nutrientes.

Fraccionamiento de la Materia Orgánica: El hecho que los ácidos húmicos son metodológicamente definidos en términos de su solubilidad en ácido base, tiende a considerarse a las ligninas o los materiales ricos en ligninas degradadas, extraídos desde vermicompost, como ácidos húmicos (Hervas *et al.*, 1989). Las sustancias húmicas son el producto de la transformación de los residuos animales y vegetales y conforman la fuente principal del carbono orgánico del suelo (Gascó, *et al.*, 2005). En los

animal dung has higher nutrient contents.

Organic matter fractioning: The humic acids are methodologically defined in terms of its solubility in base acid, which has a tendency to consider lignin or material rich in degraded lignin, extracted from vermicompost, like humic acids (Hervas *et al.*, 1989). The humic substances are the product of transformation of animal residues and vegetables and satisfy the main source of organic carbon of soil (Gascó, *et al.*, 2005). In tables 5, 6 and 7 the organic matter fractioning is observed for the two vermicompost evaluated in three granulometries. Besides of organic fractioning, the discussion about ash is include, the organic carbon (OC), the total organic matter (TOM) and the Carbon Nitrogen (C/N) relation.

For the moment of vermicompost evaluation it had twelve storage months. Landgraf (1999), establish that a period between three and six months did not improve the quantity of humic acids, unlike other authors, that a vermicompost of three months already has the potential like fertilizer and that also is more cheaper than one of six months.

Ashes: The rank for ash goes from 71.5% for the VEG vermicompost and 71.4% for the VEF, without significant differences among them, until 27.4 for the VEPT, with highly significant differences in relation to the first ones (table 5). Significant differences were registered ($P < 0.001$) between the two types of vermicompost, those coming

Cuadro 5. Características Químicas Fraccionamiento de la Materia Orgánica, según la fuente de alimentación de la lombriz y la granulometría del Vermicompost.

Table 5. Chemical characteristics organic matter fractioning according feeding source of earth worm in granulometry of Vermicompost.

Trat.	%Cenizas**	%MOT**	%COT**	C/N**	%CEHT*	%CAH*	%CAF*	ÍH*	ÍE*	ÍP**
VEG	71,5±2,0 ^a	28,5±2,0 ^b	16,59±1,1 ^b	11,1±2,8 ^{ab}	4,61±1,05 ^a	2,57±0,31 ^a	2,05±1,33 ^a	0,28±0,04 ^a	0,59±0,20 ^{bc}	2,15±2,1 ^b
VEF	71,4±1,4 ^a	28,9±1,4 ^{ab}	16,78±0,8 ^b	11,3±0,9 ^{ab}	2,65±0,05 ^b	2,18±0,20 ^{ab}	0,48±0,16 ^b	0,25±0,00 ^{bc}	0,82±0,07 ^{ab}	4,93±1,6 ^b
VE	68,4±1,2 ^{ab}	31,3±1,2 ^{ab}	18,18±0,7 ^{ab}	10,1±0,9 ^b	4,67±0,67 ^a	2,40±0,34 ^{ab}	2,27±0,53 ^a	0,17±0,01 ^{ab}	0,52±0,07 ^c	1,10±0,3 ^b
VEPG	27,4±7,9 ^b	72,6±7,9 ^a	42,19±4,6 ^a	30,8±4,4 ^a	3,44±0,45 ^{ab}	1,91±0,19 ^b	1,53±0,28 ^{ab}	0,16±0,00 ^c	0,56±0,03 ^c	1,27±0,2 ^b
VEPF	59,2±2,9 ^{ab}	40,8±2,9 ^b	23,72±1,7 ^{ab}	13,8±1,6 ^{ab}	2,65±0,59 ^b	2,26±0,15 ^{ab}	0,39±0,53 ^b	0,06±0,01 ^c	0,87±0,14 ^a	18,03±5,31 ^a
VEP	52,4±1,6 ^{ab}	47,6±1,6 ^{ab}	27,66±0,9 ^{ab}	16,1±3,8 ^{ab}	4,59±0,09 ^a	2,43±0,14 ^a	2,16±0,11 ^a	0,10±0,00 ^{bc}	0,53±0,03 ^c	1,13±0,1 ^b

Tratamientos:

VEG: Vermicompost Grueso, VEF: Vermicompost Fino, VE: Vermicompost Sin Cernir,

VEPG: Vermicompost de Palma Grueso, VEPF: Vermicompost de Palma Fino, VEP: Vermicompost de Palma Sin Cernir

*Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Tukey (p<0,001)

**Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Rangos de Kruskal y Wallis

%MOT: Porcentaje de materia Orgánica, %COT: Porcentaje de Carbono Orgánico, C/N: Relación Carbono Nitrógeno, %CEHT: Porcentaje de Carbono en Extractos Húmicos, %CAH: Porcentaje de Carbono en Ácidos Húmicos, %CAF: Porcentaje de Ácidos Púlvicos, IH: Índice Humificación, IE: Índice Evolución, IP: Índice Polimerización.

Cuadro 6. Características Químicas Fraccionamiento de la Materia Orgánica, según el tamaño del grano del Vermicompost.

Table 6. Chemical characteristics organic matter fractioning according to the Vermicompost grain size.

Tipo de Vermicompost	%Cenizas**	%MOT**	%COT**	C/N**	%CEHT*	%CAH*	%CAF*	ÍH*	ÍE*	Í P**
100 % Estiércol	70,44±1,9 ^a	29,6±1,9 ^b	17,18±1,1 ^b	10,76±1,8 ^a	3,92±1,20 ^a	2,38±0,31 ^a	1,54±1,1 ^a	0,13±0,0 ^a	0,7±0,2 ^a	2,9±2,2 ^a
50:50 (E:P)	46,45±14,9 ^b	53,7±14,9 ^a	31,19±8,7 ^a	19,2± 8, ^b	3,56±0,92 ^a	2,20±0,27 ^a	1,44±0,8 ^b	0,07±0,0 ^b	0,7±0,2 ^a	5,8±8,2 ^a

*Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Tukey (P<0,001)

**Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Rangos de Kruskal y Wallis

%MOT: Porcentaje de materia Orgánica, %COT: Porcentaje de Carbono Orgánico, C/N: Relación Carbono Nitrógeno, %CEHT: Porcentaje de Carbono en Extractos Húmicos, %CAH: Porcentaje de Carbono en Ácidos Húmicos, %CAF: Porcentaje de Ácidos Fúlvicos, IH: Índice Humificación, IE: Índice Evolución, IP: Índice Polimerización

Cuadro 7. Características Químicas Fraccionamiento de la Materia Orgánica, según la fuente de alimentación de la *Eisenia* spp.

Table 7. Chemical characteristics organic matter fractioning according to the feeding source of *Eisenia* spp.

Tamaño del Grano	%Cenizas**	%MOT**	%COT**	C/N**	%CEHT*	%CAH*	%CAF*	ÍH*	ÍE*	ÍP**
Grueso	49,5±24,1 ^a	50,6±24,1 ^a	29,4±14,0 ^a	19,5±11,0 ^a	4,0±0,97 ^a	2,57±0,31 ^a	1,79±0,93 ^a	0,10±0,07 ^a	0,57±0,13 ^b	1,7±1,4 ^b
Fino	65,2±6,7 ^a	34,8±6,7 ^a	20,3±3,9 ^a	13,9±2,1 ^a	2,7±0,38 ^b	2,18±0,20 ^a	0,44±0,36 ^b	0,07±0,02 ^a	0,85±0,11 ^a	10,5±7,7 ^a
Mezclado	60,6±8,8 ^a	39,4±8,8 ^a	22,6±5,1 ^a	15,1±4,6 ^a	4,6±0,39 ^a	2,40±0,34 ^a	2,20±0,32 ^a	0,12±0,03 ^a	0,52±0,04 ^b	1,1±0,2 ^b

*Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Tukey (p<0,001)

**Letras iguales dentro de la columna no presentan diferencias significativas por la Prueba de Rangos de Kruskal y Wallis

%MOT: Porcentaje de materia Orgánica, %COT: Porcentaje de Carbono Orgánico, C/N: Relación Carbono Nitrógeno, %CEHT: Porcentaje de Carbono en Extractos Húmicos, %CAH: Porcentaje de Carbono en Ácidos Húmicos, %CAF: Porcentaje de Ácidos Fúlvicos, IH: Índice Humificación, IE: Índice Evolución, IP: Índice Polimeriz

cuadros 5, 6 y 7 se observa el fraccionamiento de la materia orgánica para los dos vermicompost evaluados en tres granulometrías. Además del fraccionamiento orgánico se incluye la discusión respecto a la ceniza, el Carbono orgánico (CO), la Materia Orgánica Total (MOT) y la Relación Carbono Nitrógeno (C/N).

Para el momento de la evaluación el vermicompost tenía doce meses de almacenamiento. Landgraf (1999), cita que un periodo entre tres y seis meses no mejoró la cantidad de ácidos húmicos, indicando, a diferencia de muchos autores, que un vermicompost de tres meses ya tiene el potencial como fertilizante y que además es más económico que otro de seis meses.

Cenizas: Los rangos para la ceniza van desde 71,5% para el vermicompost VEG y 71,4% para VEF, sin diferencias significativas entre ambos, hasta 27,4 para el VEPG, con diferencias altamente significativas con los dos primeros (cuadro 5). Se registraron diferencias significativa ($p < 0,001$) entre dos tipos de vermicompost, el proveniente de 100% estiércol (70,44%) y el vermicompost de la mezcla con restos de cosecha de la palma aceitera (46,45%) (cuadro 6). Estos valores están dentro del rango citado por autores como Valenzuela *et al.* (1998), quienes indican valores de 61,93; 78,02 y 57,53% para la ceniza de vermicompost de conejeras, estiércol vacuno y residuos respectivamente.

Cegarra (1998) señala valores de cenizas entre 29 y 49% cuando analizó 111 tipos diferentes de compost. No se registraron diferencias significativas ($P < 0,001$) entre la granulometría

from 100% dung (70.44%) and the vermicompost from mixing of oil palm remains (46.45%) (table 6). These values are part of the rank cited by authors like Valenzuela *et al.* (1998), who show values of 61.93; 78.02 and 57.53% for ash of hutch rabbit vermicompost, bovine dung and residues, respectively.

Cegarra (1998) report ashes values between 29 and 49% when analyzed 111 different types of compost. Significant differences were not observed ($P < 0.001$) between the granulometry of vermicompost, which was in the rank of 49.45% for the thick grain and 65.67% for the fine grain.

Total organic matter (TOM): These values have direct correspondence with the ash percentage, the differences found and its significance degree is the same for ash. Thus, the ranks for TOM goes from 72.57% for the vermicompost coming from mixing of oil palm rest of thick grain and 28.54% for the vermicompost of thick grain coming from 100% dung.

Just like for ashes, significant differences ($P < 0.001$) were observed between vermicompost from different feeding sources of earthworms, with the higher value in 100% of bovine dung (53.65%). Valenzuela *et al.* (1998) reported 38.07; 21.99 and 40.79% for hutch rabbit residues, bovine dung and kitchen leftovers, respectively. There were not differences ($P < 0.001$) between the grain size, appearing the higher value in thick grain (50.55%) and the lower one in fine grain with (34.83%); it would be possible to deduce that the fine grain is more mineralized than

del vermicompost, el cual estuvo en el rango de 49,45% para el grano grueso y de 65,67% para el grano fino.

Materia Orgánica Total (MOT): como estos valores tienen correspondencia directa con el porcentaje de ceniza, las diferencias encontradas y su grado de significancia son los mismos que para la ceniza. Así se tiene que los rangos para MOT van desde 72,57% para el vermicompost proveniente de la mezcla de restos de palmas de grano grueso y 28,54% para el vermicompost de grano grueso proveniente de 100% estiércol.

Al igual que para cenizas, se registraron diferencias significativas ($P < 0,001$) entre los vermicompost de diferentes fuentes de alimentación de las lombrices, con el mayor valor en 100 % de estiércol bovino (53,65%). Velenzuela *et al.* (1998) reportaron 38,07; 21,99 y 40,79% para residuos de conejeras, estiércol bovino y residuos de cocina respectivamente. No hubo diferencias ($P < 0,001$) entre el tamaño del grano, apareciendo el mayor valor en el grano grueso (50,55%) y el menor en el grano fino con (34,83%), de donde se podría inferir que el grano fino está más mineralizado que el grano grueso (cuadro 4). Castillo *et al.* (2000) refieren valores de MO en un rango de 23,03 a 29,82% en cinco diferentes vermicompost evaluados.

Porcentaje de Carbono Orgánico Total (COT): Para esta variable ocurrió lo mismo que para Cenizas y Materia Orgánica, siguiendo la misma tendencia, dado que los valores de COT provienen de la fracción del Materia Orgánica dividido por 1,76. En los cuadros 5, 6 y 7 se pue-

thick grain (table 4). Castillo *et al.* (2000) refers MO values in a rank from 23.03 to 29.82% in five different vermicompost evaluated.

Percentage of Total Organic Carbon (TOC): This variable showed just the same for ashes and organic matter, following the same tendency, because the TOC values comes from organic matter fraction divided by 1.76. The values found can be observed in tables 5, 6 and 7 which are superior than those observed by Kale (1998), who reports a rank from 9.15 to 17% TOC.

The TOC offer an idea about the evolution or maturing degree of organic matter and the changes experimented by the different materials, known that when higher the value more instability the organic substrate has. In those vermicompost evaluated the higher TOC content was the VEPT (42.19 ± 4.6), since is formed by the oil palm fruit stone that remained when vermicompost was sieved, and this is a material not digested by the earthworms. The lower TOC was registered by the VEG (16.59 ± 1.1). Significant differences ($P < 0.001$) were registered between the feeding source (table 6), even though not for the grain size (table 7).

Carbon/Nitrogen relation (C/N): The C/N values are inside the rank cited for vermicompost and they are shown in table 5, except for treatment comes for mixing of dung and oil palm remains in relation (50:50), of thick grain, with 30.79%, a very high value derived for a sowing substrate, as a consequence of this vermicompost was formed by a high quantity of oil palm remains without be digested by

den observar los valores encontrados, los cuales son mayores a los referidos por Kale (1998), quien reporta un rango de 9,15 a 17% COT.

El COT da una idea del grado de evolución o maduración de la materia orgánica y de las transformaciones experimentadas por los diferentes materiales, conocido que entre más alto el valor más inestabilidad del sustrato orgánico. En los vermicompost evaluados el contenido de COT más alto fue el del VEPG (42,19±4,6), ya que está formado por el hueso del fruto de la palma aceitera, que quedó al cernir el vermicompost, y este es un material que no fue digerido por las lombrices. El COT más bajo lo registró el VEG (16,59±1,1). Se registraron diferencias significativas ($P < 0,001$) entre las fuentes de alimentación (cuadro 6), aunque no así para el tamaño de grano (cuadro 7).

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N): En el cuadro 5 se observan los valores de C/N, los cuales están dentro del rango señalado para el vermicompost, excepto para el tratamiento que proviene de la mezcla de estiércol y restos de palma en la relación (50:50), de grano grueso, con 30,79%, valor demasiado elevado para un sustrato de siembra. Esto como consecuencia de que este vermicompost estaba conformado por una gran cantidad de restos de palma sin digerir por las lombrices, por su dureza, como lo es el hueso del fruto de la palma aceitera.

Acosta *et al.* (2004), señalan que relaciones de C/N superiores a 30 producen altos niveles de oxidación de carbono, y por lo tanto, pérdida del material; este parámetro se ha empleado para evaluar la estabilidad de la materia orgánica, considerando que su va-

earthworms, by its hardness, like the oil palm fruit stone.

Acosta *et al.* (2004), says that C/N relations superior to 30 produce high carbon oxidizing levels, and therefore, material lost; this parameter has been used to evaluate the stability of organic matter, considering that its value changes according the remain or organic matter time. Atiyeh *et al.* (2000a), establish that C/N relation is one of more widely used parameters to indicate the maturity of organic remains, diminishing progressively this relation, with or without earthworms, from 36 to 21, reporting that the increase of total nitrogen was higher in vermicomposting.

Highly significant differences ($P < 0.001$) were registered between the two vermicompost evaluated, with values of 10.76 and 19.2% for hose derived from 100% bovine dung and those of mixing with oil palm remains, respectively (table 6). In case of grain size, significant differences ($P < 0.001$) were not found between the thick (19.52%) and the fine grain (13.90%) (table 7). Pramanik *et al.* (2007) refers high values of C/N relation in parent materials of aquatic weed, forage, bovine dung and municipal solids (71.46; 67.92, 54.98 and 53.67%, respectively). After vermicomposting these relations came down to 14.25; 13.79; 12.95 and 22.83%, respectively.

In an essay about the management of coffee benefit remains through vermicompost Aranda *et al.* (1999), can stabilize material with an initial C/N relation of 27.66% to finish with 11.88% when *E. fetida* was used and 12.22% with *E. andrei*. The con-

lor cambia conforme lo hace la edad del residuo, desecho o materia orgánica Atiyeh *et al.* (2000a), indican que la relación C/N es uno de los parámetros más ampliamente utilizados para indicar la madurez de los desechos orgánicos, disminuyendo esta relación progresivamente en sus estudios, con o sin lombrices, de 36 a 21, señalando que el incremento del nitrógeno total fue mayor en los vermicompostajes.

Se registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,001$) entre los dos vermicompost evaluados, con valores de 10,76 y 19,2% para aquel derivado de 100% estiércol bovino y el de la mezcla con restos de Palma Aceitera respectivamente (cuadro 6). En el caso del tamaño del grano, no se registraron diferencias significativas ($P < 0,001$) entre el grano grueso (19,52%) y el grano fino (13,90%) (cuadro 7). Pramanik *et al.* (2007) refieren valores altos de la relación C/N en los materiales parentales maleza acuática, pasto, estiércol bovino y sólidos municipales (71,46; 67,92, 54,98 y 53,67% respectivamente). Luego del vermicompostaje estas relaciones bajaron a 14,25; 13,79; 12,95 y 22,83% respectivamente.

Aranda *et al.* (1999), trabajando con el manejo de los restos del beneficio del café a través de la lumbricultura, lograron estabilizar el material con una relación C/N inicial de 27,66% para terminar con 11,88% cuando se utilizó *E. fetida* y 12,22% con *E. andrei*. El material control, que sólo fue compostado, finalizó con una relación C/N de 12,20.

Porcentaje de Carbono en Extractos Húmicos Totales (%CEHT): Se registraron diferencias

control material, only composted finished with a C/N relation of 12.20.

Carbon percentage in Total Humic Extracts (%CTHE): Significant differences ($P < 0.001$) were found for this parameter, with the higher content in vermicompost without be sieved (BD), coming from 100% bovine dung with 4.67%, and the lower in vermicompost VEF and VEPF with 2.65%, both with fine grain. Significant differences ($P < 0.001$) were observed between sizes of thick and fine grain, the vermicompost without be sieved is not different from thick grain (table 7). In table 6 are shown the differences between the two types of vermicompost evaluated with CTHE quantities of 3.92 and 3.56% for vermicompost from 100% of bovine dung and those of mixing with oil palm remains, respectively. Plaza (2002), found values of %CTHE higher when he worked out with swine purines like agricultural amendments, found values of 67.1 to 98.3% in soil.

In the %CTHE it is possible to found both the humic and fulvic acids; Plaza (2002) establish that even transformation of both acids seems to follow little patterns similar in change of chemical properties of its molecular structure, in its study was more evident for humic acid than for fulvic acids.

Carbon percentage of Homic Acids (%CHA): The higher value was obtained by VEG vermicompost with significant differences ($P < 0.001$), thick grain and those coming from 100% bovine dung) with 2.57%, that unlike VEPT (vermicompost from

significativas ($P < 0,001$) para este parámetro, con el mayor contenido en el vermicompost sin cernir (VE), procedente de 100% estiércol bovino con 4,67%, y el menor en los vermicompost VEF y VEPF con 2,65%, ambos con grano fino. Se registraron diferencias significativas ($P < 0,001$) entre los tamaños de grano fino y grueso, el vermicompost sin cernir no se diferencia del grano grueso (cuadro 7). En el cuadro 6 se puede apreciar que no se registraron diferencias entre los dos tipos de vermicompost evaluados con cantidades de CEHT de 3,92 y 3,56% para el vermicompost de 100% de estiércol bovino y el de la mezcla con restos de Palma Aceitera respectivamente. Plaza (2002), igualmente señala valores de %CEHT mucho más altos cuando trabajó con purines de cerdo como enmienda agrícolas, encontrando valores de 67,1 a 98,3% en el suelo.

En el %CEHT se encuentran tanto los Ácidos Húmicos como los Fúlvicos, indicando Plaza (2002) que aunque la transformación de ambos ácidos parecen seguir pequeños patrones similares en el cambio de las propiedades químicas de su estructura molecular, en su estudio fue más evidentes para los ácidos húmicos que para los fúlvicos.

Porcentaje de carbono de los Ácidos Húmicos (%CAH): con diferencias altamente significativas ($P < 0,001$), el mayor valor lo obtuvo el vermicompost VEG (grano grueso y proveniente de 100% estiércol bovino) con 2,57%, el cual sólo se diferenció del VEPG (vermicompost de grano grueso proveniente de la mezcla con restos del fruto de la palma aceitera),

thick grain coming from mixing with oil palm fruit remains), with 1.91% (table 5). These values were below those cited Aranda *et al.* (1999), of 11.00 and 15.11% for a vermicompost of *Eisenia fetida* and *Eisenia Andrei*, respectively. Acosta *et al.* (2004), when evaluating the composting of three organic materials (residual mud, goat dung and Aloe Vera residues), reports values closer to CHA to those observed in this research was 1.44; 1.57 and 0.68%, respectively.

The CHA values were not affected by the parent material or the grain size. The differences were not significant ($P < 0.001$) for vermicompost from 100% of bovine dung and for the mixing with oil palm remains the CHA, with values of 2.38 and 2.20, respectively. For the hick, fine and without be sieved the values were 2.57; 2.18 and 2.40, respectively.

Percentage of fulvic acids carbon (%FAC): Highly significant differences were detected between treatments, with the higher value registered in vermicompost without be sieved coming from 100% of dung (BD) with 2.27%, which only differed from VEF (100% bovine dung, fine grain) and VEPF (50:50 bovine dung:oil palm fruit remains, fine grain), with values of 0.48 and 0.39, respectively. In table 6, when parent material is mentioned, significant differences were observed between vermicompost of 100% bovine dung, which was higher than vermicompost from mixing, with 1.54 ± 1.14 and 1.44 ± 0.82 , respectively.

The grain size of vermicompost affected formation of fulvic acids are

con 1,91% (cuadro 5). Estos valores estuvieron muy por debajo a los señalados por Aranda *et al.* (1999), de 11,00 y 15,11% para un vermicompost de *Eisenia fetida* y *Eisenia andrei* respectivamente. Acosta *et al.* (2004), al evaluar el compostaje de tres materiales orgánicos (lodo residual, estiércol de chivo y residuos de sábila), señalan valores más cercanos de CAH a los observados en este trabajo de 1,44; 1,57 y 0,68% respectivamente.

Los valores de CAH no se vieron afectados por el material parental ni el tamaño de granos. Las diferencias no fueron significativas ($P < 0,001$) para el vermicompost de 100% estiércol bovino y para la mezcla con restos del fruto de la palma aceitera el CAH, con valores de 2,38 y 2,20 respectivamente. Para el grano grueso, fino y sin cernir los valores fueron 2,57; 2,18 y 2,40 correspondientemente.

Porcentaje de carbono de los Ácidos Fúlvicos (%CAF): Se detectaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con el mayor valor registrado en el vermicompost sin cernir proveniente de 100% de estiércol (VE) con 2,27%, el cual sólo se diferenció de VEF (100% estiércol bovino, grano fino) y VEPF (50:50 estiércol bovino:restos de frutos de palma aceitera, grano fino), con valores de 0,48 y 0,39 respectivamente. En el cuadro 6, cuando se hace referencia al material parental, se observaron diferencias significativas entre el vermicompost de 100% estiércol bovino, el cual fue más alto que el vermicompost de la mezcla, con $1,54 \pm 1,14$ y $1,44 \pm 0,82$ respectivamente.

observed in table 7, thus, the fine grain had ($P < 0.001$) lower %FAC than thick grains and without be sieved with 0.44 ± 0.36 ; 1.79 ± 0.93 and 2.20 ± 0.32 , respectively. This suggests that the fine grain is more mineralized than thick grain. These values are below those cited by Aranda *et al.* (6), who reported 4.78 and 10.60% for vermicompost produced by *E. fetida* and *Eisenia andrei*, respectively; thus, it is possible to deduce that from earthworm specie used will also depend on fulvic acid quantities obtained.

Humification index (HI): In table 5 are shown highly significant differences ($P < 0.01$) in the HI, being this higher parameter in vermicompost coming from 100% of bovine dung of thick grain with 0.28 ± 0.04 and lower in vermicompost coming from mixing of bovine dung with oil palm remains with 0.06 ± 0.01 , indicating that the last one was the less humified material and consequently, more instable organically.

The HI is a parameter that estimates the quality of organic materials, indicating the no humified carbon quantity in relation to the humified carbon (Acosta *et al.*, 2004). It can be expressed that in vermicompost analyzed the quantity of organic carbon is higher than those humified. Acosta *et al.* (2004) found high values, when comparing three organic residues: residual muds, goat dung and Aloe Vera rests with 5.90; 5.30 and 1.90 of HI, respectively.

In table 6 it is shown that there are highly significant differences ($P < 0.001$) for vermicompost coming from different parent materials, with

En el cuadro 7 se observa que el tamaño del grano del vermicompost afecto la formación de ácidos fúlvicos, resultando que el grano fino tuvo significativamente ($P<0,001$) menor %CAF que los granos gruesos y sin cernir con $0,44\pm0,36$; $1,79\pm0,93$ y $2,20\pm0,32$ respectivamente. Esto sugiere que el grano fino está más mineralizado que el grano grueso. Estos valores están por debajo a los señalados por Aranda *et al.* (6), quienes señalan 4,78 y 10,60% para vermicompost producido por *E. fetida* y *Eisenia andrei*, respectivamente; de lo cual se puede deducir también que de la especie de la lombriz utilizada dependerán también las cantidades de ácido fúlvicos obtenidos.

Índice de Humificación (IH):

En el cuadro 5 se observan diferencias altamente significativas ($P<0,01$) en el IH, siendo este parámetro más alto en el vermicompost proveniente de 100% de estiércol bovino de grano grueso con $0,28\pm0,04$ y más bajo en el vermicompost proveniente de la mezcla estiércol bovino con los restos de palma aceitera con $0,06\pm0,01$, indicando que este último resultó el material menos humificado y por lo tanto, más inestable orgánicamente.

El IH es un parámetro que estima la calidad de los materiales orgánicos, indicando la cantidad del carbono no humificado en relación al carbono humificado (Acosta *et al.*, 2004). Por lo que puede referirse que en los vermicompost analizados la cantidad de carbono orgánico es mucho más alta que aquel que logró humificarse. Acosta *et al.* (2004) encontraron valores más altos, al comparar tres residuos orgánicos: lodos residuales, es-

0.13 for those coming from 100% of bovine dung and 0.07 for vermicompost of dung mixing with oil palm fruit remains, which shows that stone, when be of more difficult degradation, was more difficult to decompose on time. Acosta *et al.* (2004) says that the increase on HI can shows an increase in structural complexity of molecules, by showing that the humic characteristics more accentuated.

Evolution Index (EI):

Significant differences between treatments ($P<0.001$) were observed, appearing the VEPF like the more evolved vermicompost (0.87 ± 0.14), without differences with VEF (0.82 ± 0.07). The lower EI was observed in BD (0.52 ± 0.07) which not showed difference with BDOP (0.53 ± 0.03), VEPT (0.56 ± 0.03) and VEG (0.59 ± 0.20) (table 5). This index shows the relation between the organic carbon of humic acids and carbon of total extract, showing the higher values of this index the higher material maturity; thus, the maturing relation of vermicompost evaluated was $VEPF>VEF>VEG>VEPT>BDOP>BD$.

Significant differences ($p<0.001$) were not observed between the two types of parent material, both with 0.7. In relation to the grain size, the fine size ($< 0-0.5$ mm) had the higher EI with 0.85 ± 0.11 showing significant differences ($P<0.001$) with the thick size and those without be sieved with 0.57 and 0.52 respectively; this shows that vermicompost of fine grain has higher maturity degree (table 7).

Polymerization Index (PI):

Highly significant differences were

tiércol de chivo y residuos de sábila con 5,90; 5,30 y 1,90 de IH respectivamente.

En el cuadro 6 se observa que hay diferencias altamente significativa ($P < 0,001$) para los vermicompost que provienen de materiales parentales diferentes, con 0,13 para el que procede de 100% de estiércol bovino y 0,07 para el vermicompost de la mezcla de estiércol con los restos del fruto de la palma aceitera, lo que indica que el cuesco, al ser de más difícil degradación, fue de más difícil descomposición en el tiempo. Acosta *et al.* (2004) señalan que el incremento en IH puede indicar un aumento en la complejidad estructural de las moléculas, mostrando por ende características húmicas más acentuadas.

Índice de Evolución (IE): Se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,001$), apareciendo como el vermicompost más evolucionado el VEPF ($0,87 \pm 0,14$), sin diferencias con el VEF ($0,82 \pm 0,07$). El menor IE se observó en VE ($0,52 \pm 0,07$), el cual no mostró diferencia con VEP ($0,53 \pm 0,03$), VEPG ($0,56 \pm 0,03$) y el VEG ($0,59 \pm 0,20$) (cuadro 5). Este índice nos demuestra la relación que existe entre el carbono orgánico de ácidos húmicos y el carbono del extracto total, indicando los valores más altos de este índice la mayor madurez del material; así, la relación de maduración de los vermicompost evaluados fue VEPF > VEF > VEG > VEPG > VEP > VE.

No se detectaron diferencias significativas ($P < 0,001$) entre los dos tipos de material parental, ambos con 0,7. En relación al tamaño de grano, el tamaño fino ($< 0,05$ mm) fue el

observed between the VEPF (18.03 ± 5.31) and the rest of treatments. The BD showed the lower value with 1.10 ± 0.31 (table 5). Acosta *et al.* (2004), establish that this index, with Humification relationship, are the more sensitive index to continue of humification processes. The parent materials, 100% dung and mixing of dung and oil palm fruits rests did not show differences, with values of 2.87 ± 2.21 and 5.79 ± 8.22 .

For the grain size, highly significant differences ($P < 0.001$) were observed, being the fine thick the more polymerized material with 10.54 ± 7.73 . The lower values were for thick and without sieved grain with 1.71 ± 1.44 and 1.11 ± 0.19 respectively. Gascó *et al.* (2005), reports higher values (30.2 and 8.46) and lower (0.26 and 0.86), when studying residual muds, establishing that this parameter is adequate for studying the polymerization degree of organic substrates. Just like in soil, where environmental conditions and nature of vegetation, like sources of organic matter has influence on its mineralization (Guerrero *et al.*, 2002b), in formation of vermicompost affect the quality of organic substrate used and the environmental conditions of process followed for its production.

Conclusions

Significant differences were detected according the feeding type used, therefore, it is possible to conclude that the type of substrate used for earthworm affect chemical characteristics of product obtained.

que tuvo el mayor IE con $0,85 \pm 0,11$ registrando diferencias significativas ($P < 0,001$) con el tamaño grueso y sin cernir con $0,57$ y $0,52$ respectivamente; indicando que el vermicompost de grano fino tiene mayor grado de madurez (cuadro 7).

Índice de Polimerización

(IP): Se detectaron diferencias altamente significativas entre el VEPF ($18,03 \pm 5,31$) y el resto de los tratamientos. El menor valor lo registró el VE con $1,10 \pm 0,31$ (cuadro 5). Acosta *et al.* (2004), indican que este índice, junto con la Relación de Humificación, son los índices más sensibles para el seguimiento de los procesos de humificación. No se detectaron diferencias entre los materiales parentales 100% estiércol y la mezcla de estiércol con restos del fruto de la palma aceitera, con valores de $2,87 \pm 2,21$ y $5,79 \pm 8,22$.

Para el tamaño del grano, se detectaron diferencias altamente significativas ($P < 0,001$), siendo el material más polimerizado el grano fino con $10,54 \pm 7,73$. Los menores valores fueron para grueso y sin cernir con $1,71 \pm 1,44$ y $1,11 \pm 0,19$ respectivamente. Gascó *et al.* (2005), indican valores más altos ($30,2$ y $8,46$) y menores ($0,26$ y $0,86$), al estudiar lodos residuales, señalando que este parámetro es adecuado para estudiar el grado de polimerización de los sustratos orgánicos. Al igual que en el suelo, donde las condiciones ambientales y la naturaleza de la vegetación, como fuentes de la materia orgánica, influyen en su mineralización (Guerrero *et al.*, 2002b), en la formación del vermicompost van a influir la calidad

The grain size of vermicompost does not affect the most of chemical parameters evaluated, because result a practice that can be avoided in the production system of vermicompost since the cost involved.

End of english version

del sustrato orgánico empleado y las condiciones ambientales del proceso seguido para su producción.

Conclusiones

Se detectaron diferencias según el tipo de alimentación utilizada, por lo tanto, se puede concluir que el tipo de sustrato utilizado para la lombriz afecta las características químicas del producto obtenido.

El tamaño de grano del vermicompost no influye para la mayoría de los parámetros químicos evaluados, por lo que resulta una práctica que puede evitarse en el sistema de producción del vermicompost, debido al coste implícito.

Literatura citada

- Acosta, Y., J. Paolini, y E. Benítez. 2004. Índice de humificación y prueba de toxicidad en residuos orgánicos de uso agrícola potencial. *Rev. Fac. Agron.* 21(4): 185-194
- Atiyeh, R.M., C. Edwards, S. Subler, y J. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *BioreFuentes Technology* 78 (11):11-20.

- Atiyeh, R.M., C. Edwards, S. Subler, y J. Metzger. 2000a. Earthworm. Processed organic wastes as components of horticultura potting media for growing Marigol and vegetable seedlings. *Compost Science de utilization* 8 (3):215-223
- Atiyeh, R.M., J. Domínguez, S. Subler, y C. Edwards. 2000b. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia Andrei*, Bouche) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia* 44, 709-724.
- Arancon, N., C. Edwards, P. Bierman, J. Metzger, S. Lee, y C. Welch. 2003. Effects of vermicompost on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiologia* 47:731-735.
- Aranda, E., I. Barois, P. Arellano, S. Irissón, T. Salazar, J. Rodríguez y J. Patrón. 1999. Vermicomposting in the Tropics. En: *Eartworm Mangement in Tropical Agroecosystem* CM. Eds. Lavelle, P., BruScaard, L. and Hendrix, P. CAB Internacional. p.253-287
- Bartels, J. 2005. SSSA Book Series: 5. Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series. Ed. D. L. Sparks. Cuarta impresión.
- Castillo, A., S. Quarín y M. Iglesias. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica (Chile)* 60(1):74-79
- Cegarra, J. 1998. Compostaje y lombricospostaje, características de los compost. In: *Residuos Orgánicos. Aprovechamiento agrícola como abono y sustrato*. Eds. F. Orozco y W. Osorio. 2da. Edición. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Medellín-Colombia. p. 39-52
- Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas y Pecuarios, (CTNNPAP). 2007. Vermicompost (worm casting) - Specifications and Test Methods. NMX-FF-109-SCFI-2007. http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/info/comp/it/normas/noti/PROY_NMX_HUMUS_24072007_DGN.pdf
- Contreras, F. J. Paolini, y C. Rivero. 2005. Efecto de la adición de enmiendas orgánicas sobre la actividad de las enzimas de la fosfomonoesterasa ácida y arilsulfatasa en suelos del municipio Rivas Dávila (estado Mérida). *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 31:53 -66.
- Dabin, B. 1971. Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. *Sci. Du Sol.* 1:47-48
- Domínguez, J. 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. En C.A Edwards (ed) *Earthworm Ecology* (2nd edition). CRC Press LLC. p 401-424.
- Edwards, C.A. 1998. Use of Earthworms in the breakdown and management of organic wastes. En Edwards CA (Ed.) *Earthworm Ecology*. St. Lucie Press. Boca Raton, Florida. p. 327-354
- Garga, G., A. Gupta and S. Satya. 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology* 97(3):391-395
- Gascó, G., C. Blanco, F. Guerrero y A. Méndez. 2005. The influence of organic matter on sewage sludge pyrolysis. *J. Anal. Appl Pyrolysis* 74:413-420 [citado 02 enero 2007]. <http://www.Sciencedirect>.
- Guerrero, F., J.M. Gascó y L. Hernández-Apaolaza. 2002. Use of pine bark and sewage sludge compost as components of substrates for *Pinus pinea* and *Cupressus arizonica* production. *Journal of Plant Nutrition* 25(1):129-141.
- Harada, Y. y A. Inoko. 1980. The measurement of cation exchange capacity of compost for estimation of degree of maturity. *Soil Sci. Plan. Nutri.* 26:127-134.

- Hernández, J.A. 2006a. Uso de la Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) y el Manejo de Canteros en la Producción de Humus de Lombriz (*Eisenia* spp). Trabajo de Ascenso a Profesor Titular. Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela. 108 p.
- Hernández, J.A. 2006b. Cuaderno de Extensión: Lumbricultura en zonas cálidas. 2da. Edición., Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, División de Extensión Agrícola, Maracaibo, Venezuela. # 4. 42 p.
- Hernández, J.A., F. Guerrero, L. Mármol, J. Bárcenas y E. Salas. 2008. Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Interciencia* 33(9):668-671.
- Hernández, J.A., S. Pietrosevoli, A. Faria, R. Canelón, R. Palma y J. Martínez. 2006. Frecuencia de riego en el crecimiento de la lombriz (*Eisenia* spp) y caracterización química del vermicompost. *Revista UDO Agrícola* 6 (1):20-26.
- Hervas, L., C. Mazuelos, N. Seneci, y C. Saiz-Jiménez. 1989. Chemical and physico-chemical characterization of vermicomposts and their humic acid fractions. *The Science of the total Environment*, (81-82):543-550. [citado 20 noviembre 2006]. <http://www.Sciencedirect>
- Kale, R. 1998. Earthworm: Nature's gift for utilization of organic wastes. In: *Earthworm Ecology*. Ed. Clive Edwrds, p. 355-376. CRC PreSC LLC.
- Landgraf, M. 1999. Characterization of humic acids from vermicompost of cattle manure composting by 3 and 6 months. *Quím. Nova.*, São Paulo, 22(4). Disponible em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_rtttext&pid=S0100-40421999000400003&lng=en&nrn=iso>. Acesso em: 06 Feb 2007. *Pré-publicação*. doi: 10.1590/S0100-40421999000400003
- Mármol, L. 2008. Evaluación del compostaje de lenteja de agua (*Lemna* spp), con estiércol ovino. Trabajo de Ascenso a Profesor Asociado. Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, Maracaibo - Venezuela. 61 p.
- Plaza, C. 2002. Aprovechamiento agrícola de purines de cerdo en agroecosistemas semiaridos: Efecto sobre suelos y plantas. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Madrid. 308 p.
- Pramanik, P., G. Ghosh, P. Ghosal, y P. Banik. 2007. Changes in organic - C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Bioresource Technology* 98 (13):2485-2494
- Tognetti, C., F. Laos, M. Mazzarino, y M. Hernández. 2005. Composting vs. Vermicomposting: A comparison of end product quality. *Compost Science & utilization*; Winter 13:6-13. *Pro Quest Biology Journals*
- Valenzuela, O., V. Lallana, y A. Guerrero. 1998. Caracterización física y química de lombricompostos originados a partir de residuos de conejeras, estiércol vacuno y residuos domiciliarios. *Revista Científica* 2:45-48
- Zapata, N., F. Guerrero, y A. Polo. 2005. Evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de sustratos de cultivo. *Agric. Téc.* [online]. dic. 2005, vol.65, no.4 [citado 03 julio 2008], p.378-387. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072005000400004&lng=es&nrn=iso>. ISSN 0365-2807.