

POBLACIÓN DE LOMBRICES (*Oligochaeta:Annelida*) EN UNA FINCA CON BOVINOS LECHEROS, EN COSTA RICA¹

Carlos Boschini-Figueroa², Alejandro Chacón-Villalobos², Javier Araya-Rodríguez²

RESUMEN

Población de lombrices (*Oligochaeta:Annelida*) en una finca de bovinos lecheros de la Meseta Central costarricense. Este estudio se efectuó entre setiembre y octubre del 2006 en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM) ubicada en Cartago a 1.542 msnm, con precipitación media anual de 2.050 mm, temperatura media de 19,5 °C y humedad relativa de 84%. Se determinó la distribución de la población y masa de lombrices por unidad de área en una pastura de Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) bajo condiciones de pastoreo rotativo intensivo con vacas lecheras. Las áreas fueron 28 potreros de suelo Andisol (Typic Distrandepts) de los que se obtuvieron cuatro muestras de 0,25 m² de área por 10 cm de profundidad. Se contabilizó el número de lombrices. El material remanente se analizó para materia orgánica por los métodos de desecación y titulación. Se evaluaron las diferencias entre las áreas de pastoreo. Se presentó en promedio 170,7 lombrices/m² y una biomasa de 58,01 g/m² (0,414 g/lombriz). La cantidad de lombrices y de biomasa por unidad de área fue 100<X≤200 lombrices/m² y 25<X≤50 g/m², respectivamente (1 a 2 millones de lombrices/ha y 250 a 500 kg biomasa/ha). La materia orgánica general promedio fue 7,54±0,75% por digestión química y 8,52±0,73% por incineración, dándose una diferencia de 0,98% (P<0,01). La correlación entre el peso vivo de las lombrices por unidad de área fue de 0,27 con la materia orgánica incinerada y de 0,08 con la materia orgánica titulable. Estos valores de correlación entre el contenido de materia orgánica existente en el suelo y la población de lombrices, indican poca relación de causa-efecto entre ambas variables.

Palabras clave: Suelo, materia orgánica, sistemas agrícolas, pasturas, biomasa.

ABSTRACT

Earthworm population (*Oligochaeta: Annelida*) in a dairy farm of the Costa Rican Central Plateau. This study took place between September and October 2006 at the Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM) located in Cartago at 1542 msnm, with annual average precipitation of 2050 mm, average temperature of 19.5 °C and relative humidity of 84%. Both distribution and mass for earthworm population by area were determined in a pasture under intensive rotation and pasturing with milk cows. The studied areas were 28 pastures with Andisol soil (Typic Distrandepts) established with *Cynodon nlemfuensis*, from which four samples of 0.25 m² by 10 cm depth were obtained. The number of earthworms in each sample was counted. The remaining material was analyzed for organic matter by incineration and titration. Significant correlations between the variables and differences between the pasturing areas were evaluated statistically. In average, 170.7 earthworms/m² and a biomass of 58.01 g/m² (0.414 g/worm) were present. The amount of earthworms and biomass by area was 100<X≤200 worms/m² y 25<X≤50 g/m² respectively (1 to 2 million worms/ha and 250 to 500 kg biomass/ha). Average organic matter was 7.54±0.75%, determined by chemical digestion, and 8.52±0.73% by incineration, showing a 0.98% difference (P<0.01). Correlation between earthworm biomass by area was of 0.27 with the incinerated organic matter and of 0.08 with titrable organic matter. The correlation between soil organic matter and earthworm population indicated little cause-effect relation between these variables.

Key words: Soil, organic matter, agricultural systems, pastures, biomass.

¹ Recibido: 21 de octubre, 2008. Aceptado: 20 de marzo, 2009. Proyecto 737-A4-181, Inscrito en Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.

² Estación Experimental "Alfredo Volio Mata". Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. carlos.boschini@ucr.ac.cr; alejandro.chacon@ucr.ac.cr; javier.araya@ucr.ac.cr, respectivamente.

INTRODUCCIÓN

Las fincas lecheras afrontan la permanente crítica de haber desplazado la foresta natural por praderas, sobre las cuales se gesta una industria ganadera intensiva, particularmente en Latinoamérica (García 2006). Si bien este desalojo no está debidamente documentado en la historia de la agricultura, fue claro que éste ocurrió cuando el hombre requirió alimentarse con proteína de origen animal en mayor escala, dando inicio a lo que fue uno de los principales hitos de la evolución humana (Portin 2007). En las tierras de la Meseta Central de Costa Rica, la actividad lechera se ha conservado perennemente por más de una centuria, sin que medie una degradación de los suelos apreciable o evidente (Cortés 1994). Cuando los agricultores de esa zona encuentran que los cultivos vegetales (papa, zanahoria, brócoli, repollo, maíz, etc.) no manifiestan los rendimientos esperados, rompen nuevos terrenos de pasturas y establecen en el terreno anterior un cultivo forrajero de piso para su recuperación durante los siguientes cinco años.

Toda actividad de producción intensiva con ruminantes constituye un sistema mixto de agricultura, tanto vegetal como animal, donde los alimentos fibrosos no digeribles para el hombre son consumidos y transformados en productos de alto valor biológico como la leche y la carne (Cañeque *et al.* 1998). Bajo esta óptica, los sistemas ganaderos intensivos conforman un modelo natural de reciclaje en sí mismos, donde se experimenta un flujo dinámico de material orgánico (Sánchez *et al.* 2005). De lo anterior son ejemplo las gramíneas forrajeras empleadas como pasturas, quienes constituyen la familia vegetal más eficiente en la captación de CO₂ (Gillet 1984). Su biomasa experimenta un ciclo donde es inicialmente cosechada por el animal durante el pastoreo (40% de la pastura), luego es digerida en un 50-60%, dejado finalmente un remanente indigerible de 40 a 50%, el cual es depositado por el animal nuevamente sobre la pastura en forma de excretas sólidas en conjunto con una fracción líquida equivalente al 10-15% de la materia seca ingerida, conteniendo materia orgánica y mineral de retorno al suelo (Aguado *et al.* 2004).

En el suelo se desarrollan fenómenos físicos, químicos y microbiológicos esenciales para el éxito de la producción vegetal y para la propia vida del planeta (Sánchez *et al.* 2005). La materia orgánica existente es de hecho muy diversa en origen y naturaleza, por lo

cual es posible definirla como una mezcla heterogénea de residuos animales y vegetales en diverso estado de putrefacción, así como por muchos compuestos químicos sintetizados por saprófitos, microorganismos y otras criaturas que habitan el suelo beneficiándose de esta cadena de reciclaje natural (Schnitzer 1991). Bajo condiciones de pastoreo intenso, más del 50% de la materia seca producida por las pasturas se pierde por pisoteo y senescencia (Taboada 2007), constituyendo un aporte constante al suelo de alimento para los organismos transformadores de humus (Legall *et al.* 2004), así como una fuente de un material estable y rico en nutrientes (Winblad *et al.* 1999). En sistemas con pasturas, se observa un aumento en la densidad del suelo producto de la compactación a la que están sometidos estos sistemas, aspecto que afecta la actividad de los organismos degradadores microbianos al dificultar su movilidad para actuar sobre el sustrato (Van Veen y Elsas 1986).

Puede entenderse que la recirculación orgánica en el suelo es un proceso elementalmente biológico, donde elementos como el CO₂, las sustancias nitrogenadas y los micro elementos son transformados en material aprovechable por y para la biodiversidad existente en este nicho ecológico (Stevenson 1982). Desde un punto de vista biológico, el suelo es un ser vivo que posee su propio metabolismo: un ser terrestre que aspira oxígeno y libera gas carbónico (CO₂), cuyos órganos están dispersos y libres. Este concepto ancestral de ser vivo se desvirtuó con el uso abusivo de los agroquímicos, pasando el suelo a ser considerado como un mero soporte (Ravera y De Sanzo 1984).

Los sistemas de pastoreo intensivo mantienen una buena cobertura y por ende una humedad estable del suelo (Mazzarino *et al.* 1993), de manera que favorecen la labor de descomposición y construcción de las estructuras del suelo como ha sido documentado en suelos tropicales por Gilot (1997) y Tian *et al.* (1997), siendo la biomasa de lombrices un indicador biológico de la calidad y salud del mismo. La abundancia de lombrices puede estar influenciada por aspectos como la compactación, la temperatura, la cantidad de nutrientes en el suelo y por último factores estacionales (Fragoso 2001, Fragoso y Lavelle 1992).

Este grupo anélido, que involucra a más de 1.000 especies de gusanos que se encuentran principalmente en el área del suelo denominada drilosfera (Lavelle *et al.* 1989), es un extraordinario transformador de materia orgánica en humus, lo que contribuye al mantenimiento de la fertilidad, mientras que también

liberan nutrientes a partir de residuos vegetales y de la materia orgánica del suelo (Pashanasi *et al.* 1994). A la vez contribuyen al reciclaje de bases totales que sustraen de las capas más profundas hacia la superficie así con el aireamiento mismo del suelo (Edwards y Lofty 1972, Fraile 1996). Estos animales son considerados ingenieros del ecosistema (Jones *et al.* 1994), estimándose que su acción puede incrementar hasta en un 300% la producción de hortalizas con abundante disponibilidad de materia orgánica. Pueden consumir diariamente el 100% de su peso vivo, lo que para una lombriz de mediano tamaño es equivalente a 0,5 g/día, con una retención del 0,2 g diarios (40%) y una excreción de 0,3 g diarios (60%) en forma de humos (Ravera y De Sanzo 1984). Debido a la intensa rotación de material orgánico en las pasturas, en Costa Rica se ha observado la mayor población de lombrices por metro cuadrado sobre cualquier otro cultivo (Fraile 1996).

Desde el punto de vista ecológico, existen tres tipos de lombrices: epigeas, las cuales son de excavación superficial, generalmente pigmentadas de colores rojizos y verdosos; las anémicas, las cuales se encuentran más profundas en el suelo, de pigmentación café y gris; y las endógenas, las cuales son muy excavadoras, con fuerte musculatura que por lo general necesitan consumir grandes cantidades de tierra (Lavelle *et al.* 1989).

A pesar de que en los ecosistemas naturales se ha registrado una mayor diversidad de lombrices, la diversidad y número en los agroecosistemas como los pastizales inducidos ha sido por lo general menor (Huerta *et al.* 2005). El objetivo del presente trabajo fue realizar un mapeo de la distribución de la población y masa de lombrices por unidad de área en una pastura de Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) bajo condiciones de pastoreo rotativo intensivo con vacas lecheras.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de distribución se llevó a cabo en la Estación Experimental de Ganado Lechero “Alfredo Volio Mata” de la Universidad de Costa Rica (EEA-VM) durante los meses de setiembre y octubre del 2006. La misma se encuentra ubicada a 1.542 msnm, con una precipitación media anual de 2.050 mm, distribuida durante los meses de mayo a noviembre. La temperatura y humedad relativa medias son de 19,5 °C

y 84% respectivamente. El suelo es de origen volcánico, clasificado como un Andisol (Typic Distrandepts) (Vásquez 1982). Este se caracteriza por una profundidad media, con buen drenaje natural, una fertilidad aceptable (9,3 cmol/l de calcio, 1,23 cmol/l de magnesio, 1,54 cmol/l de potasio, 14,80 mg/l de fósforo, 28,8 mg/l de cobre, 234 mg/l de hierro, 6,3 mg/l de manganeso y 2,6 mg/l de zinc; así como un pH de 5,9 y un contenido de materia orgánica aproximado de 18% (Henríquez *et al.* 1992, Redel *et al.* 2006). Ecológicamente, la zona se tipifica como bosque húmedo montano bajo (Tosi 1970, citado por Vásquez 1982).

La finca está dividida en 28 potreros de pastoreo con vacas Jersey en producción (1 a 28), cuatro potreros de pastoreo de terneras (1C a 4C) y dos potreros de pastoreo de vacas secas prontas a parir (A y B), como se aprecia en la Figura 1. Las pasturas de los potreros fueron establecidas en 1976 con Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*). Para efectos del estudio se excluyeron los potreros 26 y 27, 1C y 3C por estar en proceso de renovación y se unieron los potreros A y B en uno solo por afinidad y para facilitar el manejo.

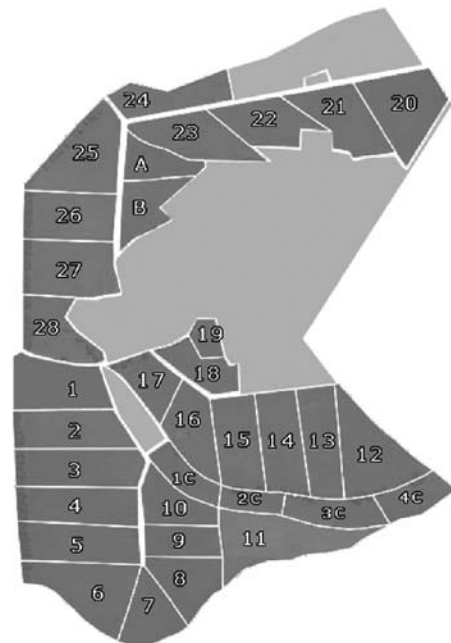


Figura 1. Plano físico de la finca en estudio y ubicación de los potreros. Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata. Cartago, Costa Rica. 2006.

De cada potrero en estudio se extrajeron cuatro muestras de suelo, tomando un bloque prismático de 0,25 m² de superficie con una profundidad de 10 cm, recortando previamente todo el forraje en crecimiento en un radio de 50 cm a su alrededor para evitar la contaminación. Para la toma de las muestras, se ubicó el centro de cada potrero, y se procedió a delinear dos diagonales entre los vértices opuestos del campo. Cada diagonal fue dividida en cuatro segmentos iguales. Los cuatro sitios de muestreo fueron ubicados en la división de los segmentos 1-2 y 3-4 de cada diagonal.

Cada bloque de suelo muestreado fue desmenuzado *in situ* en forma manual inmediatamente después de su obtención según recomienda Satchell (1967), sobre una lámina plástica de 4 m², donde se procedió a extraer las lombrices halladas, las cuales fueron depositadas en un balde para su posterior conteo y pesado. No se realizó una clasificación por género. El suelo ya libre de lombrices fue a continuación mezclado y extendido sobre la lámina plástica formando una capa de 5 cm de espesor. La superficie fue dividida seguidamente por cuarteo en 16 partes proporcionales iguales, se extrajo, para efectos de análisis, una muestra aleatoria compuesta de tres partes.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio donde fueron preliminarmente secadas por aire, tamizadas a través de una malla de 2 mm y envasadas para su posterior análisis de materia orgánica. La obtención de materia orgánica se realizó mediante dos métodos indirectos, el denominado Walkey y Black (1934) que destruye la materia orgánica por digestión química y el método de determinación de cenizas por incineración a 550 °C descrito por la AOAC (1980).

Sobre la base de los conteos de la población de lombrices y su masa viva encontrada en campo, se determinó la concentración de lombrices por unidad de área y el peso promedio por lombriz hallada en cada potrero. Esta información junto con las determinaciones de materia orgánica presente en el suelo de cada potrero, se sometieron al análisis estadístico con el PROC GLM de SAS (1985), para determinar diferencias entre las distintas áreas de pastoreo. Con el propósito de establecer variaciones entre potreros se aplicó la prueba de medias de Duncan en aquellas variables que mostraron diferencias importantes. Así mismo, se determinó el grado de relación y asociación entre los dos métodos escogidos de determinación de materia orgánica en los suelos, así como su relación

con el tamaño de población y peso vivo de las lombrices halladas en cada potrero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La densidad de población media general de lombrices encontrada en la finca de la EEAVM fue de 170,7 lombrices/m² con una desviación estándar de 100,1 lombrices/m² y un peso promedio de 58,01 g/m² con una desviación estándar de 31,03 g/m², para un peso medio general de 0,414 g por lombriz y una desviación estándar de 0,243 g.

Los valores correspondientes a la distribución de la población de lombrices y su masa viva en los potreros estudiados, se presenta en el Cuadro 1. En este se observa un mínimo de 28,8 lombrices/m² y un máximo de 420,8 lombrices/m². Con respecto al peso vivo se experimentó un mínimo de 6,27 g/m² y un máximo de 134,95 g/m², lo cual no es correspondiente a los mismos potreros de mínima o máxima población.

En el Cuadro 2, se describe la distribución de frecuencia de las lombrices en los distintos rangos de concentración y de peso vivo por m². En cantidad de lombrices y peso vivo por unidad de área, las clases modales son de 100 < X ≤ 200 lombrices/m² y de 25 < X ≤ 50 g/m², respectivamente. Esto representa una población y masa viva de uno a dos millones de lombrices por hectárea, con un peso vivo de 250 a 500 kg/ha.

A partir de los valores individuales de peso vivo se determinó que el 55,15% de las lombrices tuvo un peso entre 0,20 y 0,6 g/lombriz, el 20,69% un peso menor a 0,2 g, el 17,24% entre 0,6 y 0,8 g, y el restante 6,90% presentó un peso vivo superior a 0,8 g/lombriz.

Al comparar los resultados de esta investigación con los valores reportados por Fraile (1986a, 1986b, 1989) en pastos de corta y pasturas con y sin ganado, se observa una gran similitud. Los resultados de densidad y de peso vivo obtenidos son coincidentes con los reportados por Huerta *et al.* (2005) para ecosistemas manejados, siendo a la vez los datos obtenidos menores en comparación con los ecosistemas naturales. Una buena cantidad de lombrices en pasturas permanentes es una contribución ecológica importante, especialmente al ser comparada la población y masa por unidad de área contra otros cultivos como las hortalizas, el café y los cítricos, cuya población decrece

Cuadro 1. Cantidad y masa de lombrices halladas en cada potrero de la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata. Cartago, Costa Rica. 2006.

Potrero	Numero de lombrices/m ²	Peso de las lombrices, g/m ²	Peso de cada lombriz, g
1	176,8 defgh	81,02 bcdef	0,458 defg
2	338,4 abc	90,77 abcde	0,268 fgh
3	269,6 bcde	114,34 ab	0,424 defg
4	235,2 bcdef	94,43 abc	0,401 defg
5	228,8 bcdef	35,75 efghi	0,156 fgh
6	276,0 bcde	56,41 cdefghi	0,204 fgh
7	357,6 ab	93,17 abcd	0,261 fgh
8	204,0 cdefg	31,49 fghi	0,154 gh
9	200,8 cdefg	45,52 cdefghi	0,227 fgh
10	420,8 a	92,45 abcd	0,220 fgh
11	140,8 efgh	30,92 fghi	0,220 fgh
12	90,4 fgh	30,70 fghi	0,340 efgh
13	100,0 fgh	6,27 i	0,063 h
14	118,0 fgh	48,45 cdefghi	0,411 defg
15	192,8 defg	38,03 defghi	0,197 fgh
16	155,2 efgh	30,64 fghi	0,197 fgh
17	99,2 fgh	48,93 cdefghi	0,493 def
18	115,2 fgh	74,26 bcdefg	0,645 bcd
19	152,0 efgh	134,95 a	0,888 ab
20	62,4 gh	34,78 fghi	0,557 cde
21	76,0 gh	17,78 hi	0,234 fgh
22	60,0 gh	47,32 cdefghi	0,789 abc
23	73,6 gh	36,51 efghi	0,496 cde
24	28,8 h	24,91 ghi	0,865 a
25	122,4 fgh	90,86 abcde	0,742 abc
28	80,0 gh	62,66 bcdefgh	0,783 abc
2C	306,4 abcd	52,27 cdefghi	0,171 efgh
4C	190,4 defg	79,12 bcdefg	0,416 defg
AB	78,8 gh	57,62 cdefghi	0,731 bc
Promedio	170,7	58,01	0,414
DS	100,1	31,03	0,243
CV	58,7	53,48	58,607

a,b,c,d,e,f,g,h,i marcan diferencias significativas ($P<0,05$) entre potreros.

desde un centenar hasta valores cercanos a cero (Fraile 1996). Es probable que ello se deba a la poca disponibilidad de material orgánico acumulado en el suelo y al intenso uso de herbicidas. Cabe destacar que la población de lombrices en el cultivo de caña es similar a los hallados en este estudio, aún cuando la masa por

Cuadro 2. Distribución por cantidad y masa de lombrices, en los potreros de la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata. Cartago, Costa Rica. 2006.

Potreros	Frecuencia
Rangos por número de lombrices/m²	
$X \leq 100$	12, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 28, AB
$100 < X \leq 200$	1, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 25, 4C
$200 < X \leq 300$	3, 4, 5, 6, 8, 9
$300 < X \leq 400$	2, 7, 2C
$X > 400$	10
Rangos por peso de las lombrices, g/m²	
$X \leq 25$	13, 21, 24
$25 < X \leq 50$	5, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 22, 23
$50 < X \leq 75$	6, 18, 28, 2C, AB
$75 < X \leq 100$	1, 2, 4, 7, 10, 25, 4C
$100 < X \leq 125$	3
$X > 125$	19
Rangos de peso de cada lombriz, g	
$X \leq 0,20$	5, 8, 13, 15, 16, 2C
$0,20 < X \leq 0,40$	2, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 21
$0,40 < X \leq 0,60$	1, 3, 4, 14, 17, 20, 23, 4C
$0,60 < X \leq 0,80$	18, 22, 25, 28, AB
$X > 0,80$	19, 24

unidad de área es cercana al 60% de lo encontrado en la pastura estudiada.

Dada la profundidad de muestreo, es de esperar que la mayor proporción de lombrices encontradas sean epigeas; sin embargo, debido a la cobertura profusa del forraje sobre la pastura, es factible que una buena proporción de ellas sean de los otros dos tipos de lombrices, especialmente tomando en cuenta la gran profundidad natural de estos suelos volcánicos (Righi y Fraile 1987).

En el Cuadro 3 se muestran los valores medios de materia orgánica (MO) encontrados en los potreros de estudio, obtenidos por el método de digestión química y por el de incineración. Ambos procedimientos muestran valores altos de materia orgánica: un valor de promedio general de $7,54 \pm 0,75\%$ por digestión química y un valor de $8,52 \pm 0,73\%$ por incineración, dando una diferencia de $0,98\%$ ($P < 0,01$). El rango de materia orgánica de mayor frecuencia de potreros

Cuadro 3. Valores de materia orgánica por potrero con base en dos métodos en la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata. Cartago, Costa Rica. 2006.

Potrero	Materia orgánica	
	incinerada, %	titulada, %
1	9,11 abc	7,72 def
2	9,01 abcd	8,04 cde
3	8,42 bcdef	6,27 j
4	8,15 defg	7,09 fghi
5	8,61 bcde	6,66 hij
6	7,29 hi	6,95 ghij
7	8,32 cdef	7,51 efg
8	7,35 ghi	6,51 ij
9	8,55 bcde	8,17 bcde
10	6,87 i	6,47 ij
11	9,25 ab	8,61 abc
12	8,51 bcdef	7,41 efgh
13	8,10 efgh	7,51 efg
14	8,72 bcde	7,77 def
15	8,67 bcde	7,59 efg
16	8,51 bcdef	7,59 efg
17	7,67 fghi	6,92 ghij
18	8,08 efgh	7,86 de
19	7,36 ghi	6,75 hij
20	9,74 a	8,98 a
21	8,47 bcdef	6,94 ghij
22	8,88 bcde	7,61 efg
23	8,51 bcdef	7,66 efg
24	9,73 a	7,95 cde
25	9,79 a	8,95 a
28	8,85 bcde	7,05 fghi
2C	9,10 abc	8,80 ab
4C	9,05 abc	8,43 abcd
AB	8,50 bcdef	6,91 ghij
Promedio	8,52	7,54
DS	0,73	0,75
CV	8,55	9,96

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j marcan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre potreros.

es entre 7,5 a 8% empleando la determinación por digestión química (Cuadro 4). Entre ambos métodos se encontró una correlación lineal de 0,76.

La asociación y conversión de materia orgánica entre ambos métodos se estimó por regresión, de

Cuadro 4. Distribución, por contenido de materia orgánica titulada en los potreros de la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata. Cartago, Costa Rica. 2006.

Rango por contenido, %	Potreros	Num
6,0 < X ≤ 6,5	3, 10	2
6,5 < X ≤ 7,0	5, 6, 8, 17, 19, 21, AB	7
7,0 < X ≤ 7,5	4, 28	3
7,5 < X ≤ 8,0	1, 7, 13, 14, 15, 16, 18, 22, 23, 24	10
8,0 < X ≤ 8,5	2, 9, 25, 4C	4
8,5 < X ≤ 9,0	11, 20, 2C	3

esta manera, el porcentaje de MO titulable es igual a $0,88788 + 0,78056 * \%MO$ incinerada y el porcentaje de MO incinerada es igual a $2,98592 + 0,73431 * \%MO$ titulable.

Las correlaciones entre el contenido de materia orgánica presente en el suelo y el número de lombrices, la masa viva de lombrices por unidad de área y el peso individual de cada lombriz fueron siempre bajas, negativas con el número por m^2 y el peso promedio de cada lombriz, en el orden de -0,39 y -0,21 con la materia orgánica incinerada, respectivamente; y de -0,19 y -0,17 con la materia orgánica titulable, en orden consecutivo.

La correlación entre el peso vivo de las lombrices por unidad de área fue de 0,27 con la materia orgánica incinerada y de 0,08 con la materia orgánica titulable. Estos valores de correlación entre el contenido de materia orgánica existente en el suelo y la población de lombrices, indican poca relación de causa-efecto entre ambas variables. Tanto Fragoso y Lavelle (1992) como Esquivel (1999), han reportado que la materia orgánica y la calidad de la hojarasca son elementos importantes para el crecimiento de las lombrices. Pashanasi *et al.* (1994) estudiaron el efecto de la inoculación de lombrices en maíz y arroz, durante seis cosechas consecutivas, y encontraron un incremento de 40% en grano, 35% de rastrojo y 100% de raíces en el maíz y en el arroz un incremento de 104% y 63% en grano y rastrojo, respectivamente, sobre los cultivos que no fueron inoculados con lombrices. Ellos atribuyen esas respuestas a una mejor infiltración del agua, mayor acumulación de materia orgánica y en consecuencia

a una mayor densidad aparente del suelo, pasando de 1,10 g/ml sin lombrices a 1,18 g/ml con lombrices. Similares resultados fueron encontrados por Lal (1974).

En el presente trabajo se encontraron valores relativamente altos de materia orgánica en la capa de suelo estudiada, producto del constante depósito de forraje senescente y de boñiga durante más de 25 años. Ambos métodos de determinación de materia orgánica empleados en este trabajo no permiten diferenciar aquel material que se encuentra en estado “fresco-fermentado” y no procesado, de aquella otra materia orgánica que se encuentra en forma húmica e integrada a la dinámica física y química del suelo. Las lombrices para su alimentación requieren materia orgánica que no haya sido procesada previamente por ellas y su defecación es humus. Así que en los sistemas intensivos de producción de forraje permanentes se debería encontrar poblaciones altas de lombrices por la grande y constante oferta de material orgánico “fresco-fermentado” y a la vez debería existir un buen depósito de materia orgánica húmica. Hasta que no se cuente con un procedimiento analítico de materia orgánica no húmica, será difícil asociar el contenido de ésta existente en el suelo y la población o masa de lombrices halladas. Es probable que se pueda establecer una relación positiva y directa en pasturas nuevas cultivadas en suelos pobres de materia orgánica, haciendo el estudio en forma longitudinal para observar el efecto de acumulación y respuesta. En pasturas viejas y de pastoreo intensivo, con alta acumulación de materia orgánica como es el caso de las pasturas de este estudio, la relación entre su contenido total y la población presente de lombrices se torna baja y probablemente negativa, lo que indicaría un efecto perjudicial para el cultivo natural de las lombrices (Huerta *et al.* 2005).

Los valores de materia orgánica hallados por ambos métodos fueron inferiores a los reportados por Henríquez *et al.* (1992) en Andisoles y superiores a los valores de ésta en los Ultisoles, Inceptisoles y Vertisoles, según la clasificación del Soil Survey Staff (1990). Si bien la técnica Walkey y Black (1934) es el método oficial de análisis de materia orgánica en suelos se comparó con la determinación por incineración (AOAC 1980), empleada en otras áreas agronómicas. En forma evidente se encontró una diferencia consistente ($P < 0,01$), con una cercana al 1% superior en el método de incineración sobre el procedimiento de titulación; esta sobreestimación es particularmente importante y mayor en suelos con pobre contenido de

materia orgánica. Ambos métodos tiene la particularidad de ser métodos indirectos, con algún grado de error. En el caso del procedimiento por titulación se menciona que algunos componentes inorgánicos del suelo pueden consumir dicromato de potasio durante la digestión y que ese error se corrige añadiendo sulfato de plata en la mezcla de digestión (Loring y Rantalla 1976). Por otro lado, la determinación de materia orgánica por incineración del suelo, permite que algunos tipos de arcillas sometidas a elevadas temperaturas liberen agua, la cual al ser incluida en las pérdidas por ignición origina un error en la estimación de ésta.

Diferentes investigadores han propuesto factores de conversión para calcular el material orgánico por ambas técnicas (Palacas *et al.* 1968 y Jackson 1970). Según Páez-Osuna *et al.* (1984), las determinaciones de materia orgánica deben ser consecuentes con los fines de los análisis y las características propias de las muestras, en materiales arcillosos la determinación del contenido orgánico total se debe someter al procedimiento oficial para suelos (Walkey y Black 1934), mientras que en materiales no arcillosos la materia orgánica total se puede estimar mediante las pérdidas por ignición, como es el caso de los materiales orgánicos producidos por fermentación y compost.

Las correlaciones obtenidas en este estudio muestran en conclusión, una poca relación de causa-efecto entre el peso vivo de lombrices por unidad de área y el contenido de material orgánico presente en el suelo. Por este motivo no es posible establecer una relación entre ambas variables en el sistema de pastoreo rotativo intensivo estudiado.

LITERATURA CITADA

- Aguado, GA; Rascón, Q; Pons, JL; Graeda, O. García, E. 2004. Manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras. Revista Técnica Pecuaria en México 42(2): 261-276.
- AOAC. 1980. Methods of analysis. Ed. 13. Washington D.C. EUA. Association of Official Analysis Chemistry.
- Cañeque, V; Manzanares, C; Souza, O; Sancha, JL; Velasco, S. 1998. Efecto de la humedad y de la temperatura sobre la digestibilidad y fraccionamiento nitrogenado de distintos materiales fibrosos tratados con urea. Investigación agraria. Producción y sanidad animales 13 (1-3): 145-164.

- Cortés, G. 1994. Atlas agropecuario de Costa Rica. EUNED. San José. 533 p.
- Edwards, CA; Lofty, JR. 1972. Biology of earthworms. London, Chapman. 283 p.
- Esquivel, J. 1999. Comparación del poró (*Erythrina berteroviana*) y madero negro (*Gliricidia septium*) en un sistema silvopastoril con *Brachiaria brizanta*, con una asociación de *Brachiaria brizanta* y *Arachis pintoi*. II. Actividad microbiana y distribución espacial de lombrices (en línea). Revisado 10 junio 2008. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Esquivel.htm>.
- Fragoso, C. 2001. Las lombrices de tierra de México (*Annelida, Oligochaeta*): Diversidad, ecología y manejo. Acta Zoológica Mexicana. Número especial 1: 131-171.
- Fragoso, C; Lavelle, P. 1992. Earthworm communities of tropical rain forests. Soil Biology and Biochemistry. 21(12): 1397-1408.
- Fraille, J. 1986a. Las lombrices de tierra contribuyen al aprovechamiento de los recursos naturales. Biocénesis 2: 116-119.
- Fraille, J. 1986b. Participación de las lombrices de tierra en el ciclo del nitrógeno, con énfasis en los sistemas agroforestales de Costa Rica. Uniciencia 3: 119-124.
- Fraille, J. 1989. Poblaciones de lombrices de tierra (Oligochaeta: Annelidae) en una pastura de *Cynodon plectostachyus* (pasto estrella) asociada con árboles de *Erythrina poeppigiana* (poró), una pastura asociada con árboles de *Cordia alliodora* (laurel), una pastura sin árboles y vegetación a libre crecimiento, en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE. 236 p.
- Fraille, J. 1996. Las lombrices de tierra en Costa Rica, importancia agroecológica. X Congreso Nacional Agronómico y II Congreso de Suelos. 81-87 p.
- García, AJ. 2006. El modelo de la ganadería extensiva y la destrucción de los bosques en la República de Panamá: 1950-2000. EDUMED. Málaga. 183 p.
- Gillet, M. 1984. Las gramíneas forrajeras: descripción, funcionamiento, aplicaciones al cultivo de la hierba. Aula Magna. Andalucía. 355 p.
- Gilot, C. 1997. Effect of a tropical geophageous earthworm, *M. anomala* (Megascolecidae), on soil characteristics and production of a Yam crop in Ivory Coast. Soil Biology and Biochemistry 29: 353-359.
- Henríquez, C; Briceño, J; Molina, E. 1992. Fraccionamiento de fósforo orgánico en cuatro órdenes de suelo de Costa Rica. Agronomía Costarricense 16: 195-2001.
- Huerta, E; Rodríguez, J; Castillo, E; Montejo, E, Mondragón, M; García, R. 2005. La diversidad de lombrices de tierra (*Annelida, Oligochaeta*) en el estado de Tabasco, México. Universidad y Ciencia 21(42): 73-84.
- Jackson, ML. 1970. Análisis químico de suelos. Editorial Omega. Barcelona. 283 p.
- Jones CG; Lawton, JH; Shachak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. Oikos 69(1): 373-386.
- Lal, R. 1974. No-tillage effects on soil properties and maize production in Western Nigeria. Plant and Soil 40(1):321-331.
- Lavelle, P; Barois, I; Martin, A; Zaidi, Z; Schaefer, R. 1989. Management of earthworm populations in agro-ecosystems: A possible way to maintain soil quality? Developments in Plant and Soil Sciences 39(1): 109-122.
- Legall, JR; Dicoyskiy, LE; Valenzuela, ZI. 2004. Manual básico de lombricultura para condiciones tropicales. Escuela de Agricultura y Ganadería de Estelí "Francisco Luis Espinoza". Nicaragua. 16 p.
- Loring, DHR; Rantalla, TT. 1976. Geochemical analysis of marine sediments and suspended particulate matter. Fisheries and Marine Service. Technical Report 700. 44 p.
- Mazzarino, MJ; Szott, L; Jiménez, M. 1993. Dynamics of soil total C and N, microbial biomass, and water soluble C in tropical agroecosystems. Soil Biology and Biochemistry 25:205-214.

- Páez-Osuna, F; Fong-Lee, M; Fernández-Pérez, H. 1984. Comparación de tres técnicas para analizar materia orgánica en sedimentos (en línea). Consultado: 12 de julio de 2008. Disponible en: <http://biblioweb.agsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1984-1/articulo180.html>. 9 p.
- Palacas, JG; Swanson, VE; Love, AH. 1968. A preliminary report. Organic geochemistry of recent sediments in the Choctawhatchee Bay area. United States Geology 97: 106-600.
- Pashanasi, B; Lavalley, P; Alegre, J. 1994. Efecto de lombrices de tierra (*Pontoscolex corethrurus*) sobre el crecimiento de cultivos anuales y características físicas y químicas en suelos de Yurimaguas. Folia Amazónica 6: 5-46.
- Portin, P. 2007. Evolution of man in the light of molecular genetics: a review. Part I. Our evolutionary history and genomics. Hereditas 144(3): 80-95
- Ravera, AR; De Sanzo, CA. 1984. Libro de lombricultura (en línea). Consultado: 1 de abril de 2008. Disponible en: <http://usuarios.arnet.com.ar/mmorra/LibrodeLombricultura.htm> 21 p.
- Redel, Y; Rubio, R; Borie, F. 2006. Efecto de la adición de residuos de cosecha y de un hongo micorrizógeno sobre el crecimiento trigo y parámetros químicos y biológicos de un andisol. Agricultura Técnica 66 (2): 174-184.
- Righi, G; Fraile, J. 1987. Algunas Oligochaeta de Costa Rica. Revista Brasileira de Biología 47: 535-548.
- Sanchez, B; Ruiz, M; Rios, MM. 2005. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. Agronomía Tropical 55(4): 507-534.
- SAS. 1985. Statistical Analysis System. SAS User's Guide: Statistics (5 ed.) SAS Institute Inc. Cary, NC. 373 p.
- Satchell, JE. 1967. Lumbricidae. In: Burges, A; Raw, F. eds. Soil Biology. Academic Press, New York. 532 p.
- Schnitzer, M. 1991. Soil organic matter the next 75 years. Soil Science 151(1): 41-58.
- Soil Survey Staff. 1990. Key to soil taxonomy. 4 ed SMSS Technical monograph No. 19. Blacksburg, Virginia. USA. 422 p.
- Stevenson, F. J. 1982. Humus chemistry. Genesis, Composition, Reactions. John Wiley and Sons. New York. 443 p.
- Taboada, MA. 2007. Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa (en línea). Consultado: 6 octubre 2008. Disponible: http://www.produccionbovina.com/suelos_ganaderos/49-efectos_pisoteo.pdf
- Tian, G; Kang, BT; Brussaard, L. 1997. Effect of mulch quality on earthworm activity and nutrient supply in the humid tropics. Soil Biology and biochemistry 29:369-373.
- Van Veen, J; Elsas, J. 1986. Impact of soil structure on the activity and dynamics of the soil microbial population. In: Megus'ar ed. Perspectives in Microbial Ecology. Proceedings of the Fourth International Symposium on Microbial Ecology Malinska Knjiga, Ljubljana. p. 481-488.
- Vásquez, A. 1982. Estudio detallado de los suelos de la Estación Experimental de Ganado Lechero El Alto. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 36 p.
- Walkey, AI; Black, A. 1934. An examination of the Degthareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 27: 29-38.
- Winblad, U; Esrey, S; Gough, J; Rapaport, D; Sawyer, R; Simpson, M; Vargas, J. 1999. Saneamiento ecológico. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Fundación Friedrich Ebert, Representación en México. 93 p.

