

Composición química de ensilados de lombrices terrestres (*Eisenia fetida* y *Lumbricus rubellus*)

Ma. Esther Ortega Cerrilla¹, Amada Laura Reyes Ortigoza² y Germán Mendoza Martínez¹

RESUMEN. El objetivo de este trabajo fue evaluar la posibilidad de conservar lombrices terrestres (*Eisenia fetida* y *Lumbricus rubellus*) mediante el ensilaje bajo diferentes condiciones y determinar la composición de los productos obtenidos. Las lombrices fueron ensiladas con dos fuentes de carbohidratos (sorgo molido y melaza), teniendo los siguientes tratamientos: 1) 60% lombriz, 40% sorgo; 2) 60% lombriz, 40% sorgo ajustando el pH a 4.0 con HCl; 3) 60% lombriz, 20% sorgo, 20% melaza; 4) 60% lombriz, 20% sorgo, 20% melaza, ajustando el pH a 4.0 con HCl, manteniéndolos a 18 °C por 15 días. En los ensilados se determinó: pH, análisis químico proximal, proteína digestible en pepsina, proteína verdadera, nitrógeno amoniacal, ácidos acético, propiónico, butírico, ácido láctico y energía bruta. Los resultados se analizaron por análisis de varianza y las medias por contrastes ortogonales: 1) tratamientos con sorgo vs. tratamientos con sorgo y melaza; 2) tratamiento con sorgo vs. tratamiento con sorgo y HCl; 3) tratamiento con sorgo y melaza vs. tratamiento de sorgo y HCl; 3) tratamiento con sorgo y melaza vs. tratamiento con sorgo, melaza y HCl. No se observaron diferencias ($P > 0,0001$) en el porcentaje de humedad, extracto etéreo, fibra bruta y proteína bruta (52,22, 2,96, 1,115, 22,00, 51,76, 3,48, 1,28, 20,17; 53,89, 3,23, 0,95, 20,63; 54,87, 2,99, 1,03, 21,14, para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente), tampoco ($P < 0,0001$) en proteína verdadera y energía bruta (7,57, 4,37; 6,92, 4,41; 5,45, 4,37; 6,38, 4,30, para 1, 2, 3 y 4, respectivamente). Los tratamientos con sorgo fueron diferentes a los que contenían sorgo y melaza en el contenido de cenizas ($P < 0,0001$) y de extracto libre de nitrógeno ($P < 0,02$) (3,80, 70,09; 3,60, 71,47; 6,08, 69,11; 6,63, 68,21, para 1, 2, 3 y 4, respectivamente). El porcentaje de proteína digestible fue diferente ($P < 0,01$) entre el tratamiento 1 (96,78) y 2 (94,34). El pH fue menor en los tratamientos 2 (3,80) y 4 (3,76), que en los que no se adicionó 1 (4,06) y 3 (4,16). El nitrógeno amoniacal fue muy bajo en todos los tratamientos (0,29, 0,30, 0,26, 0,16 g/Kg^{-1} MS, para 1, 2, 3 y 4, respectivamente). Se observó una amplia relación ácido láctico: acético en los tratamientos 1 (7,55), 2 (14,83), 3 (8,30) y 4 (7,63). Se concluye que es posible obtener ensilados de buena calidad utilizando las lombrices *E. fetida* y *L. rubellus*, agregando sorgo o melaza como fuentes de carbohidratos, sin que se requiera agregar ácidos para lograr una fermentación adecuada. Por las características de estos ensilados, es posible usarlos para la alimentación animal, especialmente de no rumiantes. Palabras claves: Ensilaje, lombrices terrestres, *Eisenia fetida*, *Lumbricus rubellus*, composición química

SUMMARY. Chemical composition of earthworm (*Eisenia fetida* and *Lumbricus rubellus*) silages. Earthworms (*Eisenia fetida* and *Lumbricus rubellus*) were ensiled with ground sorghum and molasses in the following proportions: 1) 60% earthworms, 40% sorghum; 2) 60% earthworms, 40% sorghum, adjusting pH to 4.0 with HCl; 3) 60% earthworms, 20% sorghum, 20% molasses; 4) 60% earthworms, 20% sorghum, 20% molasses, adjusting pH to 4.0 with HCl. These mixtures were allowed to ferment for 15 days at 18 °C. pH, proximate chemical analyses, digestible protein, true protein, ammonia nitrogen, acetic, propionic and butyric acid, lactic acid and gross energy were analyzed in the ensiled mixtures. Data were analyzed by ANOVA and orthogonal contrasts. No differences ($P > 0,0001$) were found in the percentage of moisture, ether extract, crude fiber and crude protein (52,22, 2,96, 1,15, 22,00, 51,76, 3,48, 1,28, 20,17; 53,89, 3,23, 0,95, 20,63; 54,87, 2,99, 1,03, 21,14, for treatments 1, 2, 3 and 4, respectively). Neither there was any difference ($P > 0,0001$) for true protein and gross energy (7,57, 4,37; 6,92, 4,41; 5,45, 4,37; 6,38, 4,30, for treatments 1, 2, 3 and 4, respectively). Ash content ($P < 0,0001$) and nitrogen free extract ($p < 0,02$) were different between treatments with sorghum and treatments with sorghum and molasses (3,80, 70,09; 3,60, 71,47; 6,08, 69,11; 6,63, 68,21, for treatments 1, 2, 3 and 4, respectively). Digestible protein was also different ($P < 0,01$) for treatment 1 (96,78) than 2 (94,34). pH values were lower ($P < 0,03$) for treatment 2 (3,80) and 4 (3,76), where HCl was added than for 1 (4,06) and 3 (4,16). Ammonia nitrogen values were very low for all treatments. Lactic:acetic acid ratio was large for all treatments (7,55, 14,83, 8,30, 7,63 for treatments 1, 2, 3 and 4, respectively). It is concluded that it is possible to preserve the earthworms *E. fetida* and *L. rubellus* by ensiling, adding a source of carbohydrates, such as sorghum or molasses. Not being necessary the addition of acids to have an adequate fermentation.

Key Words: Silage, earthworms, *Eisenia fetida*, *Lumbricus rubellus*, chemical composition.

INTRODUCCION

Debido a la creciente demanda de alimentos y a que cada vez es más difícil satisfacerla empleando métodos tradicionales, es necesario buscar nuevas fuentes, que sean de bajo costo y que a la vez tengan un alto valor nutritivo.

Existen algunas lombrices terrestres, como son *Eisenia fetida* y

Lumbricus rubellus, capaces de convertir desechos orgánicos en biomasa con un alto contenido proteínico, sin que presenten problemas de toxicidad (1,2).

Aunque el consumo de lombrices como tales no sería aceptado por la población, es posible emplear éstas en dietas para animales no rumiantes, con lo que se podrían reducir los costos de alimentación de estos animales y a la vez la contaminación que producen los desechos orgánicos.

La harina de lombrices, de los géneros *Eisenia fetida* y *Lumbricus rubellus*, se ha empleado en dietas para pollos, cerdos, conejos, ratas y ratones, permitiendo obtener conversiones alimenticias similares a las observadas con alimentos comerciales (3,4,5,6,7).

1 Colegio de Postgraduados, Programa de Ganadería, Montecillo, Edo. de México, México

2 Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, México

La calidad proteínica de la harina de lombriz es comparable a la de la harina de pescado y carne deshidratada (8). Sin embargo, el principal inconveniente del empleo de la harina de lombriz en alimentación animal es el bajo contenido de materia seca, debido al elevado contenido de agua que contienen estos organismos (5). Una alternativa para su empleo en la alimentación animal puede ser el ensilaje, que ha probado ser un proceso adecuado para la conservación de productos con un alto contenido proteínico, como el pescado (9).

Hasta ahora no existe información publicada en relación al ensilaje de lombrices, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la factibilidad de ensilar las lombrices *Eisenia fetida* y *Lumbricus rubellus*, con la finalidad de obtener un producto de calidad adecuada para ser utilizado en la alimentación animal, así como también evaluar la adición de diferentes fuentes de carbohidratos, requeridos para obtener una fermentación adecuada de productos con un alto contenido proteínico, como las lombrices (10).

MATERIAL Y METODOS

Las lombrices *Eisenia fetida* y *Lumbricus rubellus* se obtuvieron de una granja comercial productora de conejos, siendo identificadas y determinada la proporción en que se encontraba cada una de ellas en el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México, para lo cual se tomaron al azar 20 de 10 lombrices cada uno.

Las lombrices fueron separadas del material de la cama de cultivo y estiércol de conejo, para lo cual se colocaron en una superficie expuesta al sol (11). Posteriormente se lavaron con una solución salina al .05% durante 6 h, para remover el contenido del tracto digestivo y una parte de las lombrices se secaron a 60 °C por 24 h, y molieron para realizar el análisis químico proximal (humedad, proteína bruta, cenizas, extracto etéreo, fibra bruta y extracto libre de nitrógeno) (12).

El resto de las lombrices ya lavadas, se utilizó para la preparación de microsilos, con los siguientes tratamientos (p/p):

1. 60% lombriz 40% sorgo molido (60L + 40S)
2. 60% lombriz, 40% sorgo molido, ajustando el pH a 4 con HCl (60L + 40S + HCl)
3. 60% lombriz, 20% sorgo molido, 20% melaza (60L+20S+20M)
4. 60% lombriz, 20% sorgo molido, 20% melaza, ajustando el pH a 4 con HCl (60L + 20S + 20M + HCl)

Se utilizaron sorgo y melaza como fuentes de carbohidratos, por ser de bajo costo y fácil adquisición y ácido clorhídrico (HCl), por su menor costo en relación con otros ácidos, además de que ha demostrado ser adecuado para la conservación de pescado mediante el ensilaje (13).

Los diferentes tratamientos se ensilaron en frascos de vidrio color ámbar con capacidad de 960 ml, ensilándose 300 g de lombrices (60%) y el resto con sorgo o sorgo y melaza, para tener 500 g en cada frasco; asignándose por cada tratamiento tres repeticiones.

Las mezclas se prepararon manualmente, comprimiendo el contenido de cada uno de los frascos. Para lograr un ambiente de anaerobiosis se introdujo en cada frasco una vela encendida. Los frascos se taparon y sellaron, quedando herméticamente cerrados, manteniéndose a una temperatura ambiente promedio de 18 °C por 15 días.

Transcurrido este tiempo, los frascos se abrieron y se realizaron las siguientes determinaciones: pH, análisis químico proximal (12); proteína digestible en pepsina, nitrógeno amoniacal, ácidos grasos volátiles (acético, propiónico, butírico) y ácido láctico por

cromatografía de gases, según las técnicas propuestas por Tejada (14); proteína verdadera (15) y energía bruta (15).

Los resultados se analizaron por análisis de varianza para un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 6 repeticiones, las medias por contrastes ortogonales (16), con los siguientes contrastes: 1. tratamientos con sorgo molido vs. tratamientos con melaza; 2. tratamiento con sorgo molido vs. tratamiento con sorgo y HCl; 3. tratamiento con sorgo molido y melaza vs. tratamiento con sorgo, melaza y HCl.

RESULTADOS Y DISCUSION

La proporción de *Eisenia fetida* y *Lumbricus rubellus*, fue de 70 y 30% respectivamente. La composición química de la mezcla de lombrices se muestra en la Tabla 1, el porcentaje de proteína cruda, grasa y fibra cruda puede compararse al de la harina de carne (57,1, 10,6 y 2,5% respectivamente). Sin embargo, el de cenizas fue menor y mayor el extracto libre de nitrógeno en la harina de lombriz que en la de carne (27,0 y 2,8%) (17).

TABLA 1
Composición química de las lombrices (*Eisenia fetida* y *Lumbricus rubellus*), sorgo y melaza

Componente	Lombrices	Sorgo	Melaza
Humedad (%)	79,81	12,42	18,82
Proteína bruta (%)* (N x 6,25)	50,32	7,72	1,52
Cenizas (%)*	13,76	1,45	7,71
Extracto etéreo (%)*	9,69	2,72	—
Fibra bruta (%)*	2,67	3,28	—
Extracto libre de nitrógeno (%)*	23,56	84,83	90,77

* Datos expresados en base seca

El contenido de humedad, extracto etéreo, fibra cruda, proteína cruda, proteína verdadera, proteína digestible en pepsina y energía bruta fue similar en todos los ensilados (Tabla 2). El de cenizas fue menor ($P < 0,0001$) para los ensilados con sorgo y con sorgo y melaza, debido a que la melaza contiene un mayor porcentaje de estas que el sorgo (17). También se observaron diferencias ($P < 0,02$) entre estos mismos tratamientos en el porcentaje de extracto libre de nitrógeno, siendo mayor en los que sólo contenían sorgo que en los que contenían sorgo y melaza, ya que la melaza es una fuente de carbohidratos fácilmente solubles, que las bacterias pueden utilizar rápidamente (18,19).

Los porcentajes de proteína cruda y verdadera fueron similares a los observados en trabajos realizados con pescado ensilado con carbohidratos, como la yuca (20). Se encontraron diferencias ($P < 0,01$) entre el tratamiento con sorgo y con sorgo y HCl, en el porcentaje de proteína digestible en pepsina, siendo mayor en el tratamiento sin HCl. Sin embargo, en todos los tratamientos fue mayor al 90%, similar al porcentaje de proteína digestible en pepsina, observada en el calostro bovino fermentado (21), lo cual indica que es proteína altamente digestible.

El contenido de nitrógeno amoniacal en todos los tratamientos se encontró por debajo del 2% con respecto al nitrógeno total (Tabla 3), lo que indica una buena calidad de la fermentación y mínima utilización de las proteínas (22).

TABLE 2
Análisis químico proximal, proteína verdadera, proteína digestible y energía bruta en los ensilados de lombrices

Componentes	ENSILADOS ¹				ESM*
	60L+40S	60L+40S+HCl	60L+20S+20M	60L+20S+20M+HCl	
			%		
Humedad	52,22	51,76	53,89	54,97	3,50
Cenizas ^a	3,80	3,60	6,08	6,63	0,38
Extracto etéreo	2,96	3,48	3,23	2,99	0,42
Fibra bruta	1,15	1,28	0,95	1,03	0,10
Proteína bruta (N x 6,25)	22,00	20,17	20,63	21,14	0,87
Extracto libre de nitrógeno ^b	70,09	71,47	69,11	68,21	0,79
Proteína verdadera	7,57	6,92	5,45	6,38	0,65
Proteína digestible en pepsina ^c	96,78	94,34	96,04	95,54	0,59
Energía bruta (Kcal/g)	4,37	4,41	4,37	4,30	0,09

* Error estandar de la media

a Contraste tratamientos con sorgo vs. tratamientos con sorgo y melaza (P<0,0001)

b Contraste tratamientos con sorgo vs. tratamientos con sorgo y melaza (P<0,02)

c Contraste tratamiento con sorgo vs. tratamiento con sorgo y HCl(P<0,01)

1 L: lombrices; S: sorgo molido; M: melaza de caña

TABLE 3
Valores de pH, N-Amoniacal y ácidos láctico, acético, propiónico y butírico en los ensilados de lombrices

Componentes	ENSILADOS ¹				ESM*
	60L+40S	60L+40S+HCl	60L+20S+20M	60L+20S+20M+HCl	
pH ^a	4,06	3,80	4,16	3,76	0,11
	g Kg-1, base seca				
N-amoniaco	0,29	0,30	0,26	0,16	0,04
Acido láctico	0,68	0,89	0,83	0,84	0,09
Acido acético ^b	0,09	0,06	0,10	0,11	0,01
Acido propiónico	0,006	0,006	0,01	0,01	0,003
Acido butírico	0,001	0,003	0,005	**	0,001

* Error estandar de la media

** No se encontró

a Contraste tratamientos con sorgo y melaza vs. tratamientos con sorgo, melaza y HCl (P<0,03)

b Contraste tratamientos con sorgo vs. tratamientos con sorgo y melaza (P<0,04)

c Contraste tratamiento con sorgo vs. tratamiento con sorgo, melaza y HCl(P<0,04)

1 L: lombrices; S: sorgo molido; M: melaza de caña

Los valores de pH en todos los tratamientos se encontraron dentro del rango que se considera óptimo para un ensilado, de 3,8 a 4,3, coincidiendo con los valores observados en trabajos realizados con ensilados de pescado (19).

Los niveles de ácido láctico fueron menores a los observados en otros trabajos en que se han ensilado productos con un contenido elevado de proteína, sin embargo la proporción en relación con la producción de ácido acético, propiónico y butírico fue mayor, por lo que puede considerarse que hubo una fermentación adecuada en todos los tratamientos (23,24,25,26). La relación ácido láctico:acético fue de 7,55. 14,83. 8,3 y 7,63 para 60L + 40S; 60L + 40S + HCl; 60L + 20S + 20M y 60L + 20S + 20M + HCl, respectivamente; por lo que en este caso, el tratamiento 60L + 40S + HCl, fue el que tuvo una fermentación más eficiente. Sin embargo, en todos los casos, se tuvo una amplia relación ácido láctico:acético.

El contenido de energía bruta en los ensilados es comparable con el de la alfalfa, maíz y trigo (17), por lo cual además de proporcionar proteína, pueden suministrar energía a los animales que se proporcionen.

Los resultados obtenidos, indican que es posible conservar las lombrices *Eisenia fetida* y *Lumbricus rubellus* mediante el ensilaje, utilizando sorgo o melaza como fuente de carbohidratos, sin que se requiera agregar ácidos para obtener un ensilaje de buena calidad.

REFERENCIAS

- Neuhauser E.F., Kaplan D.L., Malecki M.R. and Hartenstein R. Materials supporting weight gain by the earthworm *Eisenia fetida* in waste conversion systems. *Agric. Wastes* 2:43-60, 1980.
- Ibañez I.A., Herrera A.C., Velásquez L.A. and Hebel P. Nutritional and toxicological evaluation on rats of earthworm (*Eisenia fetida*) meal as protein source for animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 42:165-172, 1993.
- Harwood M. Recovery of protein from poultry waste by earthworms. *Proc. 1st. Austr. Poultry Stockfeed. Conv. Melbourne, Australia* p.138-143. 1976.
- Harwood M. and Sabine J.R. The nutritive value of worm meal. *Proc. 3rd Austr. Poultry Stockfeed. Conv. Sydney, Australia.* p.164-171, 1978.
- Orozco A.S., Ortega M.E. y Pérez Gil F. Uso de la lombriz de tierra como suplemento proteínico en dietas para conejos. *Arch. Latinoamer Nutr.* 38:946-955, 1988.
- Tanaka K., Youn B.S., Ohtani S. and Sakaida M. Effects of fermented products from the chub mackerel on growth and lipogenesis and contents of various lipids in the liver of growing chicks. *Jap. J Zootech Sci.* 61:1102-1106, 1990.
- Sabine J.R. Earthworms as source of food and drugs. In: *Earthworm Ecology.* Satchell, I. ed. Chapman and Hall, London. p.285-296, 1983.
- Sabine J.R. The nutritive value of earthworm meal. In: *Utilization of soil organisms in sludge management.* Hartenstein R. ed. Syracuse State University, Syracuse, N.Y. p.112-130. 1978.
- Van Wyk H. and Heydenrych C.M.S. The production of naturally fermented fish silage using various lactobacilli and different carbohydrate sources. *J. Sci. Food Agric.* 36:1093-1103, 1985.
- Reyes G., Martínez R., Rodríguez L.M., Bello R.A. y Cruz Pascual M. Efecto de la adición de desechos de frutas tropicales sobre la velocidad de producción de ensilado microbiano de pescado. *Alimentaria* 28:99-108, 1991.
- Edwards C.A. y Lofty J.R. *Biology of earthworms.* 2nd ed. Chapman and Hall, London. 335 pp. 1977.
- Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC.* 14th ed. Washington, DC. The Association 1141 pp. 1984.
- Aguilera B.A. y Pérez Gil F. Parámetros de fermentación y conservación del ensilaje de desechos de pescado. *Tecnol. Alimen. (México)*, 18:22-26, 1983.
- Tejada I. *Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal.* INIP-SARH, México, 386 pp. 1983.
- Bateman J.J. *Manual de Métodos Analíticos.* Herrero Hnos. México, DF. 468 pp. 1979.
- Steel R.C.D. and S.H. Torrie. *Bioestadística. Principios y procedimientos.* 2a ed. McGraw-Hill/ Interamericana de México, S.A. de C.V., México. 622 pp. 1988.
- Ensminger M.E. and Olentine C.G. *Feeds and Nutrition Complete.* The Ensminger Publishing Co., USA 1419pp. 1980.
- Twiddy D.R., Cross S.J. and Cooke R.D. Parameters involved in the production of lactic acid preserved fish-starchy substrate combinations. *Int. J. Food Sci. Technol.* 22:115-121, 1987.
- Fagbenro O.A. and Jauncey K. Chemical and nutritional quality of dried fermented fish silages and their nutritive value for tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Anim. Feed Sci. Technol.* 45:167-176, 1994.
- Disney J.G., Hoffman A., Olley J., Clucas I.J., Barranco A. and Francis B.J. Development of a fish silage carbohydrate animal feed for use in the tropics. *Trop. Sci.* 20:129-144, 1978.
- Díaz C.A. y Ortega M.E. Cambios químicos en el calostro fermentado con sorgo. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 44:270-273, 1994.
- Woolford M.K. *The silage fermentation.* Marcel Dekker, Inc. New York p.190-211. 1984.
- McCullough M.E. Silage and silage fermentation. *Feedstuffs*, March 28, 49-52, 1977.
- Hinds M.A., Bolsen K.K., Ilg H.J., Milliken G.A. and Brethou J. Effects of silo types and NPN and inoculant additives on quality of sorghum silages. *J Anim Sci* 57 (Suppl. 1): 286(Abstrc), 1983.
- Umaña R., Staples C.R., Bates D.B., Wilcox C.J. and Mahanna W.C. Effects of microbial inoculation and (or) sugarcane molasses on the fermentation aerobic stability and digestibility of bermudagrass ensiled at two moisture contents. *J. Anim Sic* 69:4588-4601, 1991.
- McDonald P., Henderson N. and Heron S. *The biochemistry of silage.* 2nd ed. Chalcome Publications. Marlow, UK. p.250-303. 1991.

Recibido: 13-05-1996

Aceptado: 12-11-1996