

Cuantificación, descomposición y contenido nutrimental de hojarasca en dos sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.)

Quantification, decomposition and mineral content of leaf litter in cocoa (Theobroma cacao L.) agroforestry systems

Marisela Guadalupe Salgado-Mora¹
Saúl Espinosa-Zaragoza¹
José Noé Lerma-Molina¹
Sergio Moreno-Limón²
Jesús Francisco López-Olguín³

RESUMEN

Se realizó una evaluación de la cantidad de residuos vegetales y sus respectivos contenidos de nutrientes, en la hojarasca que se recicla anualmente en una plantación de cacao. Esta evaluación se realizó mediante el pesado y análisis de las hojas caídas en dos sistemas de producción, uno con sombra predominante de frutales y otro con sombra predominante de leguminosas. Los datos obtenidos refieren las observaciones de 24 meses. La cantidad anual de residuos varió entre plantaciones, siendo más elevada en la plantación con sombra predominante de leguminosas (9.45 ton.ha.año), siendo el árbol de cacao quien más biomasa incorpora con 3.41 ton.ha.año, mientras que el contenido nutrimental fue más elevado en la plantación con sombra predominante con leguminosas, expresados por kg.ha.año, se encontraron 481 de N, 49 de P, 271 de K, 492 de Ca y 472 de Mg. La tasa de descomposición fue $r_2 = 0.30$.

Palabras clave: hojarasca, cacao, sistemas agroforestales y nutrimentos.

ABSTRACT

Annual quantification and nutrimental analyzes were performed on plant residual materials conformed by leaf litter from cocoa plantations under two different types of shade tree predominance, one with fruit and the other with leguminosae trees. Leguminosae shade predominance had a higher litter accumulation with a biomass of 9.45 ton/ha/year, with Cocoa trees providing 36.08% of that biomass. Nutrimental assessment of litter from the leguminosae predominance type also resulted in higher contents of the major nutrients, with 481 of N, 49 of P, 271 of K, 492 of Ca and 472 of Mg kg/ha/year. Decomposition rate was of $r_2 = 0.30$.

Key words: litter, cocoa crops, agroforestry systems and nutrients.

INTRODUCCIÓN

El cacao es un cultivo tradicional en el sureste mexicano, donde se cultivan 87,000 ha, principalmente en Tabasco y Chiapas. En Chiapas, 69% son pequeños propietarios y 31% áreas ejidales, con un tamaño medio de 3 ha y un rango de 1 a 50 ha. El manejo que se le da a éste cultivo es mínimo y la fertilización es casi nula; ello, tal vez por la precaria economía de la mayoría de estos productores, o por ser un cultivo secundario, con importancia mayor a otras actividades agropecuarias de más fácil comercialización y mayores ingresos económicos.

Uno de los aspectos que mayor cantidad de insumos demanda en el cultivo del cacao es la fertilización. Gran parte de las aplicaciones no son aprovechadas por el árbol de cacao, perdiéndose por lixiviación o escurrimientos, esto

constituye una pérdida económica importante para el productor, con consecuencias ecológicas negativas.

La hojarasca constituye las partes vegetales (flores, frutos, hojas, ramas) que caen al suelo provenientes de las especies componentes de la vegetación. Éste es uno de los procesos más importantes de la dinámica del sistema, ya que está en función de la productividad del mismo, constituye el aporte principal al ciclo de nutrimentos y está en función directa de la fenología (Barajas-Guzmán, 2003). Además, la hojarasca provee al suelo de protección en contra de erosión, daño por goteo de lluvia y también lo protege del crecimiento de arvenses.

La descomposición de la hojarasca consiste en una serie de procesos físicos y químicos que la reducen a sus constituyentes químicos elementales, este proceso es uno de los deter-

¹ Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Entronque Carretera Costera y Pueblo de Huehuetán, Huehuetán, Chiapas. C.P. 30660. Correo-e: msalgadamora@hotmail.com

² Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. C.P. 664503.

³ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 4a. Sur 104, Centro histórico, Puebla, Pue. C.P. 72000.

árboles de cacao, de tal manera que hubiera un árbol donde poder sujetarlas. De manera mensual se efectuó la colecta de hojarasca, agrupando por sitio las muestras de todos los colectores y posteriormente separándose la colecta total en 3 categorías: uno de hojas de cacao, otro de hojas de la sombra (todas las especies diferentes de cacao), y un tercero formado por todas las ramas y todas las flores sin importar la especie. Los muestreos mensuales se realizaron durante 24 meses, para un total de 50 muestras de hojarasca entre los dos sitios. Ya colectadas las muestras, separadas por categoría y por sitio, fueron secadas a una temperatura de 70 °C durante 48 horas y posteriormente pesadas de manera individual.

Experimento 2. Descomposición de la hojarasca

Para estimar la velocidad de degradación de hojarasca en las unidades experimentales, se colectó hojarasca, es decir todo el material orgánico: hojas, ramas, frutos y flores que estaban sobre la superficie del suelo hasta llegar al mantillo. Esta hojarasca fue pesada y en cantidades de 25 g fueron introducidas, individualmente, en 50 bolsas de degradación por cada sitio. Las bolsas de degradación fueron elaboradas con tela mosquitero de 1 x 1 mm de luz de malla y cosidas con hilo seda. Cada bolsa fue colocada directamente sobre el mantillo, sujeta por una estaca y cubierta con la hojarasca presente, distribuidas sistemáticamente a lo largo de una línea recta cada 10 metros. Cada dos meses, durante dos años, se retiraban del suelo al azar 4 bolsas de cada sitio, cada muestra fue pesada en el laboratorio obteniendo el peso fresco individualmente de cada bolsa.

Se aplicó un modelo de regresión lineal generalizado.

Análisis nutrimental de muestras

Muestras del Experimento 1. Para el análisis nutrimental de la hojarasca caída, se tomaron muestras mensuales por categoría en cada sitio. De esta manera se constituyeron 24 muestras compuestas por cada sitio durante dos años. Un total de 48 muestras en ambos sitios de muestras, fueron analizadas en el laboratorio para determinar su contenido nutrimental, de acuerdo con las técnicas que se describen más adelante.

Muestras del Experimento 2. Para la hojarasca colocada en las bolsas de degradación, se mezclaron muestras de cada tres meses, realizándose un total de 8 análisis por cada sitio en total, durante el período que duró el experimento.

Para las muestras de ambos experimentos se cuantificaron los porcentajes de nutrimentos, tales como nitrógeno, por el método de Khjendhal (1964); fósforo, por el método de Olsen (1988), y potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, zinc, cobre, manganeso y boro por el método de absorción atómica (1998).

RESULTADOS

Descripción florística

En el sitio A, se encontraron 11 árboles frutales de las especies *Mangifera indica*, *Pouteria sapota* y *Persea americana*, todos éstos de tradición regional como sombra para cacao y de fácil comercialización en el mercado local. En el sitio B, se encontraron ocho árboles de leguminosas de las especies *Gliricidia sepium* e *Inga micheliana* (Cuadro 1.). Ambos sitios, con una densidad de 600 árboles de cacao por hectárea.

Experimento 1. Colecta de hojarasca

En el Cuadro 2 se observa que los aportes de hojarasca, tanto en el sitio A como en el sitio B, son continuos a lo largo de los 24 meses de medición, se aprecia que el componente hojas de cacao (H.C.) es el que más aporta, con 3.41 y 4.26 t/ha/año; en los sitios A y B, respectivamente, el componente que menos cantidad aporta es el de ramas y flores (R. y F.), con 1.87

Cuadro 1. Composición florística por hectárea y por categoría de uso de cada sitio de estudio

	Sitio A Frutal	Sitio B Leguminosa
Abundancia de árboles	14	16
Riqueza de árboles	6	5
Cobertura (%)	88	92
DAP* promedio (cm)	50	42
Densidad de frutales (árboles por hectárea)	11	5
Densidad de leguminosas (árboles por hectárea)	2	8
Densidad de maderables (árboles por hectárea)	1	3

*Diámetro a la altura del pecho.

Cuadro 2. Hojarasca total colectada (t/ha/año) en 50 muestras de los sitios A y B. La hojarasca se agrupó por tipo de componente en hojas de cacao (HC), hojas de árboles de sombra (HS) y ramas y flores (RF)

	H. C.	H. S.	R. y F.	Total
Sitio A Frutal	3.41	2.84	1.87	8.12
Sitio B Leguminosa	4.26	3.11	2.08	9.45

y 2.08 t/ha/año, respectivamente. El total acumulado por año es para el sitio A, 8.12 y para el sitio B, 9.45 t/ha/año.

Contenido mineral de la hojarasca

Los aportes de minerales, expresados en kg/ha/año, se muestran en el Cuadro 3 y se separan por componentes. En el sitio A, las hojas de cacao aportan 116 de N, las hojas de la sombra 106 y las ramas y flores, 165. Con relación al fósforo, el aporte fue de 14, 18 y 16 kilogramos, respectivamente.

Degradación de hojarasca en el suelo

En cuanto a la degradación de hojarasca en el suelo, en ambos sistemas hubo una disminución gradual en cuanto al peso inicial, el cual fue de 25 g, teniendo al final del experimento en el sitio A con sombra predominante de frutales 3.3 g y el sitio B con sombra predominante de leguminosas, se contabilizaron 6.3 g.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación pueden compararse con los reportados por Santana et al. (1987) en Brasil, en donde diferentes sistemas de producción de cacao, tuvieron un aporte total de hojarasca por hectárea en un año de 6 a 8.5 toneladas por hectárea, en Costa

Rica (Alpizar et al., 1986; Beer, 1988; Fassbender et al., 1988; Heuveldop, 1988; Imbach et al., 1989), en sistemas de producción de cacao con sombra asociada a *Cordia alliodora* y *Erithryna poeppigiana*. Estos autores además cuantificaron aportes al sistema de 50.3 y 39.2 toneladas de residuos provenientes de las podas; aunque estas cifras no se pueden comparar con lo encontrado en el presente estudio, esto nos brinda información importante acerca del retorno de residuos vegetales al sistema.

Ayanlaja (2000), en estudios realizados en Nigeria en un sistema de cacao con sombra de *Leucaena leucocephala*, cuantificó que tan sólo la sombra puede aportar hasta 15.4 t/ha/año de hojarasca, lo cual representa 246.5 kg de nitrógeno por ha que son incorporados al suelo por año; según este autor, esta cantidad es superior a los 136 kg de N por año que recomienda Omotosho (1970) para la fertilización de cacao.

En Nigeria y Costa de Marfil, en plantaciones con sombra de *Gliricidia sp.* Kang (1981) cuantificó una incorporación de 5.5 ton de hojarasca al año, provenientes de las podas.

En un estudio realizado en Camerún, Sonwa (2004) reporta que en un sistema de producción de cacao se pueden estimar hasta 10.25 t/ha/año de hojarasca.

La cuantificación de hojarasca en este trabajo fue de 8.12 y 9.45 t/ha/año, en los sistemas de producción de cacao con sombras predominantes de frutales y con sombra predominante de leguminosas, respectivamente, esto hace suponer que en ambientes de asocio de cacao con sombra, los aportes de hojarasca al sistema son similares.

En ambos sistemas el componente que más cantidad de materia aporta es el de hojas de cacao, esto puede deberse a que sin duda la densidad poblacional es más alta, si se le compara con los árboles de sombra.

Cuadro 3. Comparación de los aportes minerales (N, P, K, Ca y Mg) por componente de la hojarasca en los sitios A y B. La hojarasca se agrupó por el tipo de componente en hojas de cacao (HC), hojas de árboles de sombra (HS) y ramas y flores (RF). Los aportes minerales se expresan en kg/ha/año. Las comparaciones se realizaron mediante un análisis de varianza, P = 0.005%

Sitios	N	P	K	Ca	Mg
Sitio A (HC)	116 a	14 a	37 a	138 a	37 a
Sitio B (HC)	160 a	20 a	143 b	159 b	159 a
Sitio A (HS)	105 a	18 a	44 a	131 a	131 a
Sitio B (HS)	110 b	12 b	79 b	069 a	69 b
Sitio A (R F)	165 a	18 a	55 a	288 a	288 b
Sitio B (R F)	211 b	17 b	49 a	264 a	264 b

Letras diferentes corresponde a diferencia estadística (p<0.05).

Para el caso del sistema café, estudios realizados en México por Jiménez (1980) y Goldberg (1980), señalan que en una plantación de café con sombra de leguminosas, el aporte de hojarasca es de 9.3 toneladas por hectárea al año; por el contrario, en un cultivo al sol, sin sombra, la hojarasca cuantificada fue de 5.6 toneladas por hectárea al año. Lo anterior resalta la importancia de los árboles de sombra y aunque no es precisamente cacao, la similitud que existe entre el sistema de producción de café y cacao, permite tener idea acerca de los sistemas agroforestales con asociaciones arbóreas.

Según Álvarez (2004), resulta extremadamente complicado comparar los resultados de trabajos que se dedican a la cuantificación de hojarasca, esto debido a que no hay una estandarización en la metodología, así, se tiene que algunos autores consideran los residuos de las podas como parte fundamental de estos aportes, otros tienen métodos que van desde canastas sujetadas en los árboles, artefactos cónicos sujetados al suelo, hasta el uso de especies arbóreas como receptoras (o que interceptan) la hojarasca.

Para la determinación del contenido de nutrientes, se encontró que en el sitio A se tiene un aporte en kilogramos por hectárea por año de 387 de N, 48 de P, 136 de K, 557 de Ca, 120 de Mg, 11.01 de Fe, 9.9 de Zn, 4.4 de Cu y finalmente 19.7 de Mn. Para el sitio B las cantidades son 473 de N, 58 de P, 271 de K, 492 de Ca, 118 de Mg, 13.24 de Fe, 7.4 de Zn, 4.2 de Cu y 46.9 de Mn.

En los sitios estudiados la composición florística está basada principalmente por especies arbóreas, las que además de brindar la sombra requerida, aportan ingresos al productor. Tradicionalmente el cacao del Soconusco se asociaba a sombra de restos de selva, de frutales y sombra específica de leguminosas (López-Báez, 1988); sin embargo, en la actualidad las sombras de selva casi han desaparecido, encontrándose en su mayoría una mezcla de especies, especialmente frutales y leguminosas.

CONCLUSIONES

Los aportes de hojarasca y nutrientes incorporados al suelo son similares en los dos sitios de experimentación, en ambos se observa que el componente hojas de cacao es el que más incorpora al sistema. El agroecosistema cacao presenta un ambiente propicio para la explotación de los nutrientes que ahí se reciclan, los que pudieran

ser útiles para la elaboración de abonos orgánicos; sin embargo, aún falta por hacer estudios que involucren aspectos de la asimilación de estos nutrimentos por las plantas de cacao.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Javier Álvarez-Sánchez del Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias de la UNAM por su ayuda en los comentarios y sugerencias al escrito. Al Sistema Institucional de Investigación de la Universidad Autónoma de Chiapas, por el financiamiento para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- Alpizar, L., Fassbender, H.W., Heuvelop, J., Folster, H. & Enriquez, G. (1986). Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. I. Inventory of organic matter and nutrients. *Agroforestry Systems* 4:175-189.
- Álvarez-Sánchez, J. y Harmon, M. (2003). Descomposición de hojarasca, hojas y madera. En: Álvarez-Sánchez, J., Naranjo-García, E. (ed.) *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*. Instituto de Ecología, A.C., Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, UNAM. Xalapa, México, 316 pp.
- Ayanlaja, S.A. (2000). The development of an alley cropping system: A viable agroforestry technology for sustained cocoa production in Nigeria. *Cocoa Grower's Bulletin*, 35 pp.
- Barajas-Guzman, G. & Alvarez-Sanchez, J. (2003). The relationship between litter fauna and rates of litter decomposition in a tropical rain forest. *Applied Soil Ecology*, 24:91-100 pp.
- Beer, J.W., Muschler, R., Kass, D. & Somarriba, E. (1998). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 4:175-189.
- Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume Ediciones 820 pp. España.
- Bray, J.R. & Gorham, E. (1964). Litter production in forest of the world. *Adv. Ecol. Res* 2: 101-157 pp.
- Byard, R., Lewis, K.C. & Montagnini, F. (1996). Leaf litter decomposition and mulch performance from mixed and monospecific plantations of native tree species in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 58:145-155 pp.
- Comisión Nacional del Agua. (1988). *Datos meteorológicos del Municipio de Tapachula, Chiapas*, 100 p.
- Couteaux, M., Bottner, P. & Berj, B. (1995). Litter decomposition climate and litter quality. *Trop. Ecol. Evol.* 10: 63-66 pp.
- Fassbender, H.W., Alpizar, L., Heuvelop, J., Fölster, H. & Enriquez, G. (1988). Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. III. Cycles of organic matter and nutrients. *Agroforestry Systems*, 6:49-62.
- Fassbender, H.W., Beer, J., Heuvelop, J., Imbach, A., Enriquez G., & Bonnemann, A. (1991). Ten years balances of organic matter and nutrients in agroforestry systems at CATIE, Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 45:173-183 pp.

- García, E. (1973). Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Ed. UNAM. México. 246 p.
- Goldberg, A.D. y Jiménez, A. 1980. Distribución de la biomasa aérea en diferentes estratos del cafetal. En: Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero. Ed. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, 55-63 pp.
- Heuveldop, J., Fassbender, H., Alpizar, L., Enriquez, G. & Folsater, J. (1988). Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. II: Cocoa and wood production, litter production and decomposition. *Agroforestry Systems* 6:37-40
- Imbach, A.C., Fassbender, H., Borel, R., Beer, J. & Bonnemann A. (1989). Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. IV: Water balances, nutrient inputs and leaching. *Agroforestry Systems* 8:276-287 pp.
- López-Báez, O., Sandoval Gallardo, A. y Soto Rosiles, J. (1988). Sistemas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región del Soconusco, Chiapas, México. Folleto de Investigación. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, 73 pp.
- Omotosho, T.I. (1970). Transformation of phosphorus after 5 years of superphosphate fertilizer application to cocoa in Nigeria soils. *Agrochemical* 16:555-561.
- Poeleggan, Z. & Sugiyono, U.A (1994). Soil analysis as basic consideration for liming and manuring recommendation for cocoa. In: Malaysian International Cocoa Conference. Kuala Lumpur, Malaysian Cocoa Board. Extended Abstracts 61-63 pp.
- Santana, M.B., Rosand, P. & Serodio, M.H. (1987). Reciclagem de nutrientes em agrossistemas de cacao. In: 10a International Cocoa research conference, Santo Domingo, República Dominicana. Proceedings 325-332 pp.
- Sonwa, D.J. (2004). Biomasa management and diversification within cocoa agroforest in the humid forest zone of Southern Cameroon. Cuvillier Verlag, Göttingen, 112 pp.
- Stiling, P.D. (1999). Ecology: theories and applications. Ed. NY: Prentice-Hall, 638 pp.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. 4a ed. NJ: Prentice Hall. 660 pp.