



NOTA DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH NOTE

DEGRADACIÓN DE LA HOJARASCA EN SITIOS CON VEGETACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO

LITTER DEGRADATION IN PLACES WITH PRIMARY AND SECONDARY VEGETATION OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB

José G. Marmolejo Moncivais¹, César M. Cantú Ayala¹ y Michelle A. Gutiérrez Suárez¹

RESUMEN

La degradación de la hojarasca es un proceso crítico para el mantenimiento de la fertilidad y productividad de los ecosistemas terrestres. La mayoría de las investigaciones sobre el particular corresponden a ecosistemas de bosques templados, por tal motivo se realizó un estudio para conocer el grado de degradación de la hojarasca en vegetación primaria y secundaria del Matorral Espinoso Tamaulipeco en Nuevo León. Se colocaron 60 bolsas con hojarasca en cada uno de sitios de muestreo seleccionados, dos por tipo de vegetación. Una vez al mes se recolectaron cinco bolsas por sitio, y su contenido se secó y pesó. Se estimó la pérdida de peso anual, el porcentaje de degradación diaria y la tasa de descomposición (k). Se efectuaron comparaciones entre sitios mediante un análisis de varianza (ANOVA). Los porcentajes máximos de degradación fueron 25.92% para el sitio uno, 24.58% para el dos, 26.16% para el tres y 26.51% para el cuatro. El peso promedio al final fue de 148 g (NS) para el sitio uno, 16.1 g (NS) para el dos, 147 (NS) para el tres y 146 (NS) para el cuatro. Los valores de k fueron de -0.42 (NS) para el sitio uno, -0.43 (NS) para el dos, -0.47 (NS) para el tres y -0.50 (NS) para el cuatro. No se registraron diferencias significativas entre sitios con vegetación primaria y secundaria, aunque en los primeros, la tasa de degradación fue ligeramente mayor. Los valores de k fueron equivalentes a los registrados para tipos de vegetación similares.

Palabras clave: Degradación de hojarasca, Matorral Espinoso Tamaulipeco, Método de bolsa de hojarasca, tasa de degradación (k), vegetación primaria, vegetación secundaria.

ABSTRACT

Litter decomposition is a critical process for the maintenance of the fertility and productivity of terrestrial ecosystems. Most studies about litter decomposition were made in temperate forests ecosystems. For this reason a study was made with the aim to determine the decomposition rate of litter from sites of primary and secondary vegetation in the Tamaulipean Thornscrub in Nuevo Leon, Mexico, in which the litter bags method was used. Sixty nylon bags were filled with fresh fallen litter from this type of vegetation and were located in four study sites, two with primary vegetation and two with secondary vegetation. Every month five bags were collected from the sites, which were dried and then weighted. The experiment lasted 300 days. For each site annual weight loss, percentage of daily degradation and litter decomposition rate (k) were estimated. Comparisons between sites by mean variance analysis (ANOVA) were made. The maximal percentage of decomposition for the study sites were: 25.92% for site one; 24.58% for site two; 26.16% for site three, and 26.51% for site four. The mean weight after 300 days were: 148 g (NS) for site one; 16.1 g (NS) for site two; 147 (NS) for site three, and 146 (NS) for site four. The litter decomposition rates (k) were: -0.42 (NS) for site one; -0.43 (NS) for site two; -0.47 (NS) for site three, and -0.50 (NS) for site four. No significant differences between the study sites of primary vegetation and the study sites of secondary vegetation were found, even though the sites with primary vegetation showed a slightly higher litter decomposition rate. The k values estimated in this study were similar to those registered for similar vegetation types.

Key words: Litter decomposition, litter bags, litter decomposition rate, primary vegetation, secondary vegetation

Fecha de recepción: / date of receipt: 7 de marzo de 2013. Fecha de aceptación / date of acceptance: 29 de abril de 2013.

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Correo-e: jmarmole@gmail.com

El reciclaje de nutrientes en los ecosistemas se refiere a procesos físicos y químicos importantes, ya que a través de la descomposición de materiales en el suelo, hojas, ramas e incluso raíces, se transforman en sus constituyentes más simples, y quedan nuevamente disponibles para la vegetación (Andersson, 2005; Xu *et al.*, 2004). Por lo tanto, la degradación de la hojarasca es un proceso crítico para el mantenimiento de la fertilidad y productividad de los ecosistemas terrestres (Prescott, 2005). En muchos de ellos, la productividad de las plantas depende, en gran medida, del reciclaje de nutrientes (Gartner y Cardon, 2004). Las fluctuaciones estacionales en la producción de hojarasca están reguladas, básicamente, por procesos y factores biológicos y climáticos, aunque también la topografía, las condiciones edáficas, la especie vegetal, la edad y densidad del bosque son relevantes (Hernández *et al.*, 1992). El ambiente físico-químico, las características de la hojarasca y la composición de la comunidad de descomponedores son los principales elementos que controlan su degradación (Hättenschwiler *et al.*, 2005). Hoorens *et al.* (2003) y Zhang *et al.* (2008) consignan que la calidad de la hojarasca es determinante para el grado de descomposición, ya que la mayoría de los ecosistemas terrestres están integrados por una variedad de especies vegetales, cada una de las cuales contribuye al aporte anual del proceso, lo que significa que su composición ejerce un fuerte impacto en este sentido (Hättenschwiler, 2005). Por otro lado, Tuomi *et al.* (2009) indican que la temperatura y la precipitación son los factores primordiales que afectan la degradación. La descomposición de la hojarasca es un proceso fundamental en todos los ecosistemas, por lo que cualquier disturbio que lo altere puede intervenir en su funcionamiento (Vasconcelos y Laurance, 2005).

El método de la bolsa de hojarasca (*litter bag*) es muy empleado en el estudio de la descomposición a nivel del suelo. Para ello, la hojarasca recién caída se dispone en bolsas de tela mosquitera y se recupera a intervalos preestablecidos, a fin de medir el peso remanente (Karberg *et al.*, 2008).

Numerosos estudios sobre la descomposición de la hojarasca se han realizado en distintos tipos de ecosistemas en todo el mundo, desde la tundra ártica hasta la selva tropical. Sin embargo, existen más ejemplos de análisis en bosques templados (60% de los trabajos disponibles), puesto que las investigaciones en ambientes altamente diversos, como los bosques tropicales, están subrepresentados (Hättenschwiler *et al.*, 2005).

Asimismo, los estudios comparativos sobre la degradación de la hojarasca en bosques primarios y secundarios son escasos, de ellos se pueden citar los de Xuluc-Tolosa *et al.* (2003), Mo *et al.* (2006) y Barlow *et al.* (2007). Además del análisis de Martínez-Yrizar *et al.* (2007) respecto a la degradación de la hojarasca en el desierto Sonorense, se carece de trabajos que la consideren en el Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET). En consecuencia, la presente investigación se llevó a cabo para determinar la velocidad de descomposición del mantillo en ese tipo de vegetación bajo condiciones primaria y secundaria.

Nutrient recycling in ecosystems refers to important physical and chemical processes, since through the decomposition of soil materials such as leaves, branches and even roots, they are transformed into their most simple elements, and once again, they become available to vegetation (Andersson, 2005; Xu *et al.*, 2004). Therefore, litter degradation is a crucial process for keeping fertility and productivity of terrestrial ecosystems (Prescott, 2005). In many of them, plant productivity depends, greatly on nutrient recycling (Gartner and Cardon, 2004). The seasonal fluctuations in litter production are regulated, basically, by biological and climatic processes and factors, although topography and the edaphic conditions, the vegetal species, age and forest density are relevant (Hernández *et al.*, 1992). The physical and chemical environment, the litter characteristics and the makeup of the decomposition community are the major elements that control their rottenness (Hättenschwiler *et al.*, 2005). Hoorens *et al.* (2003) and Zhang *et al.* (2008) reported that the quality of litter is mandatory for the degree of rottenness, since most terrestrial ecosystems are conformed by a variety of vegetal species, each one of which makes a contribution to the annual income of the process, which means that its makeup has a strong impact on it (Hättenschwiler, 2005). On the other hand, Tuomi *et al.* (2009) highlight that temperature and precipitation are major factors that affect decomposition. Litter decay is a fundamental process in all ecosystems, and so, any disturb might alters it (Vasconcelos and Laurance, 2005).

The *litter bag* method is very commonly used in the study of decomposition at the soils level. In this context, the litter recently fallen is arranged into net mesh bags and is collected at pre-established periods, in order to measure the remaining weight (Karberg *et al.*, 2008).

Many studies about litter decomposition have been carried out in different ecosystems around the world, from the arctic tundra to the tropical forest. However, there are more examples of temperate forests (60% of available reports), as research upon highly diverse environments, such as tropical forests, are under-represented (Hättenschwiler *et al.*, 2005).

Also, comparative studies on the degradation of litter in primary and secondary forests are scarce, among them, those of Xuluc-Tolosa *et al.* (2003), Mo *et al.* (2006) and Barlow *et al.* (2007) may be mentioned. In addition to the analysis of Martínez-Yrizar *et al.* (2007) regarding the degradation of litter in the Sonoran desert, there are no works that refer to it in the Tamaulipan Thornscrub (MET, for its acronym in Spanish). Consequently, the present investigation was conducted to determine the rate of decomposition of mulch under primary and secondary conditions.

The study was carried out in four places of the MET located in lands of the Facultad de Ciencias Forestales and of the Centro de Producción Agropecuaria; both belong to the Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) at Linares, Nuevo León state (Table 1).

El estudio se efectuó en cuatro sitios del MET localizados en terrenos de la Facultad de Ciencias Forestales y del Centro de Producción Agropecuaria, ambos de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) en Linares, Nuevo León (Cuadro 1).

Climate, according to Köppen's classification adjusted by García (1981) is of the (A) C_xa (e) type, which is semi-warm, subhumid with rains mainly in summer and inter-summer drought; annual average precipitation of 805 mm with a standard deviation of 260 mm and an annual average temperature of 22.3 °C, with higher temperatures of 40 °C during the December - March period (González, 1996).

Cuadro 1. Características de los sitios de estudio.
Table 1. The study sites.

Sitio	Tipo de Vegetación	Localidad	Coordenadas	Altitud
1	Matorral con degradación incipiente	Matorral adjunto a la Facultad de Ciencias Forestales, Linares, N.L.	24°47'49.5" N 99°32'27.6" O	389 m
2	Matorral muy degradado Plantación de <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp. Abandonada con vegetación secundaria de <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.,	Facultad de Ciencias Forestales. Linares, NL	24°57'56.2" N 99°32'26.9" O	386 m
3	Matorral conservado	Reserva del Matorral Espinoso Tamaulipeco. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, NL	24°46'28.5" N 99°31'15.5" O	380 m
4	Matorral conservado	Matorral conservado Nuevo corral de los venados, Centro de Producción Agropecuaria, Linares, N. L.	24°47'45.4" N 99°31'32.0" O	376 m

El clima, según la clasificación de Köppen modificada por García (1981) es tipo (A) C_xa (e), que corresponde a un semi-cálido, sub-húmedo con lluvias principalmente en verano y presencia de sequía interestival; la precipitación promedio anual es de 805 mm con una desviación estándar de 260 mm y una temperatura media anual de 22.3 °C; con temperaturas superiores a 40°C en verano y heladas durante el período de diciembre a marzo (González, 1996).

Se utilizó el método de la bolsa de hojarasca (*litter bag*) (Bocock y Gilbert, 1957); que consistió en recolectar 20 g de hojarasca recién caída en bolsas de 20 x 15 cm de tela mosquitera de nylon de 1 mm de luz. Se colocaron al azar un total de 60 bolsas por sitio de estudio: dos localizados en áreas con matorral conservado y dos en zonas con matorral degradado (Cuadro 1). El experimento duró diez meses (300 días), y mensualmente se recogieron cinco bolsas de cada sitio, las cuales se llevaron al laboratorio de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, donde se secaron a 60 °C, hasta llegar a un peso constante. Cinco bolsas se dejaron en el laboratorio a una temperatura promedio de 26 °C durante todo el experimento, al final del mismo se secaron y pesaron, con esos datos se calculó el porcentaje de pérdida de peso.

La tasa de descomposición se estableció mediante la ecuación de Olsen (1963):

The litter bag method (Bocock and Gilbert, 1960) was used, which consisted in collecting 20 g of fresh fallen litter into 20 x 15 cm light nylon mesh (1 mm) bags. 60 bags were placed at random in each sampling site: two were located in preserved scrub areas and the other two in degraded scrub (Table 1). The experiment lasted for ten months (300 days) and every month five bags were removed from each site; this material was taken to the laboratory of the Facultad de Ciencias Forestales of UANL, where it was dried at 60 °C, until a permanent weight was accomplished. Five bags were left in the laboratory at an average temperature of 26 °C as long as the experiment lasted, at the end of which they were dried and weighed. With these data the percentage of weight loss was determined.

The decomposition rate was calculated by Olsen's (1963) equation:

$$k = (-\ln X/X_0)/t$$

Where:

- k = Constant for decomposition
- X = Litter mass in a given time
- X₀ = Initial litter mass in the time 0
- t = Time expressed in years
(time in years = days/365)

$$k = (-\ln X/X_0)/t$$

Donde:

- k = Constante de descomposición
- X = Masa de hojarasca en un tiempo dado
- X_0 = Masa inicial de hojarasca en el tiempo 0
- t = Tiempo expresado en años
(tiempo en años = días /365)

Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias significativas en la descomposición de la hojarasca entre sitios.

Los porcentajes máximos de degradación por sitio fueron de 25.92% para el sitio uno, 24.58% para el dos, 26.16% para el tres y 26.51% para el cuatro. El peso promedio después de 300 días fue de 14.8 g (NS) para el sitio uno, 16.1 g (NS) para el dos, 14.7 (NS) para el tres y 14.6 (NS) para el cuatro. Aunque estos resultados muestran que en los sitios más conservados la pérdida de peso fue ligeramente mayor, los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas entre sitios. En la Figura 1 se aprecia que la pérdida de peso promedio por intervalos de tiempo en los cuatro sitios fue similar. Asimismo, no se registraron diferencias significativas al comparar el sitio dos (matorral degradado) con el sitio tres (matorral conservado).

The data were analyzed by an ANOVA test to determine the existence of significant differences in the decomposition of litter among sites.

The maximal percentages of degradation per site were 25.92% for site 1, 24.58% for site 2, 26.16% for site 3 and 26.51% for site 4. After 300 days, the average weight was 14.8 g (NS) for site 1, 16.1 g (NS) for site 2, 14.7 (NS) for site 3 and 14.6 (NS) for site 4. Although these results show that in the better preserved places weight loss was slightly higher, statistical analysis did not find significant differences among them. In Figure 1 can be observed that the average weight loss per time intervals in the four sites was similar. To the same extent, there were no significant differences were found when comparing site 2 (degraded site) with site 3 (preserved scrub).

The average values of the daily degradation percentages were the following: 0.107% (NS) for site 1; 0.110% (NS) for site 2; 0.118% (NS) for site 3 and 0.126% (NS) for site four. The daily degradation percentage in each site per time periods is shown in Figure 2, in which it can be observed a similar behavior for the four sites.

In regard to the decomposition rates, the k values were -0.42 (NS) for site 1, -0.43 (NS) for site 2, -0.47 (NS) for site 3 and -0.50 (NS) for site 4.

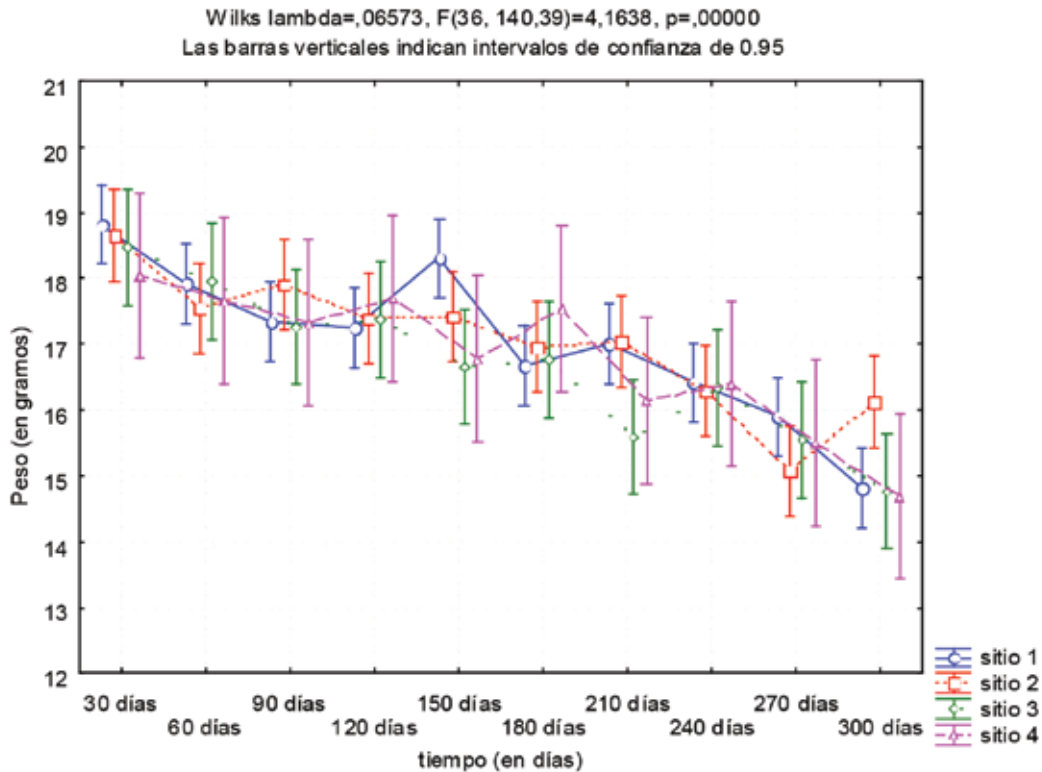


Figura 1. Pérdida de peso anual por periodos para los sitios estudiados.
Figure 1. Annual weight loss by time periods for the studied sites.

Los valores promedio de los porcentajes de degradación diaria fueron los siguientes: 0.107% (NS) para el sitio uno; 0.110% (NS) para el dos; 0.118% (NS) para el tres y 0.126% (NS) para el cuatro. El porcentaje diario de degradación en cada sitio por intervalos de tiempo se presenta en la Figura 2, en la que se observa un comportamiento similar para los cuatro sitios.

site 4. The decomposition rate for each site per time periods is illustrated in Figure 3, in which it is evident a similar behavior in all sites. With these k values, the time to achieve a litter degradation of 99% ($t_{0.99} = \ln(1-0.99)/k$) varied between 10.9 and 9.1 years.

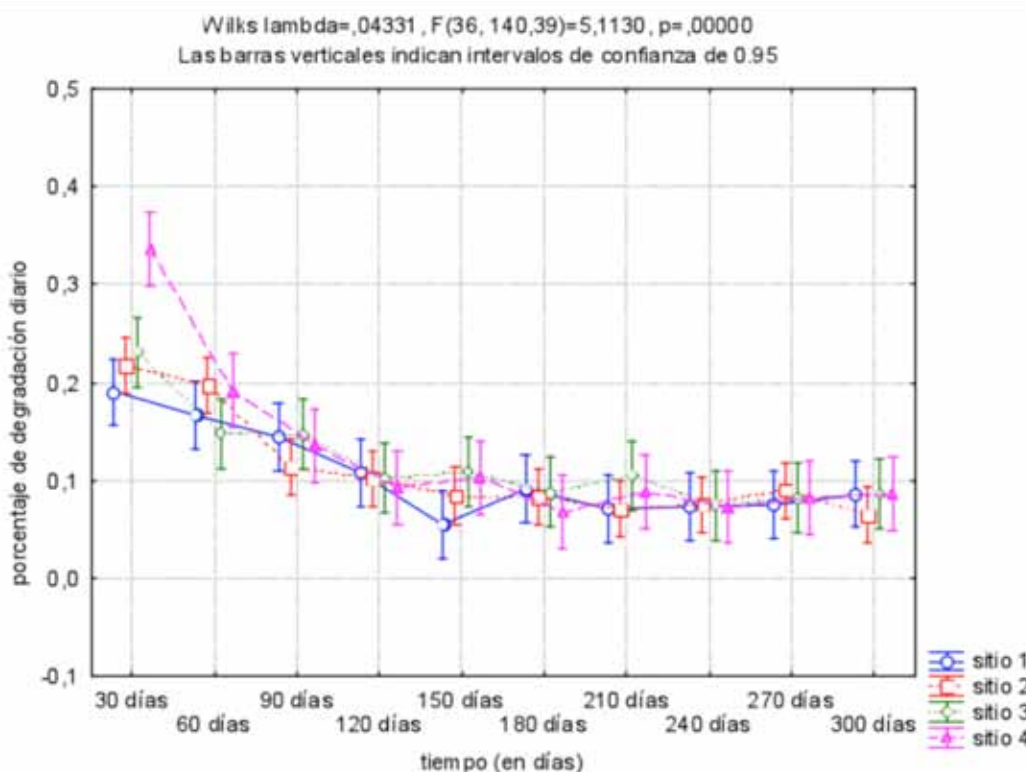


Figura 2. Porcentaje de degradación diaria por periodo de tiempo para los sitios estudiados.
 Figure 2. Daily degradation percentage by time periods for the studied sites.

En cuanto a las tasas de descomposición, los valores de k fueron de -0.42 (NS) para el sitio uno, -0.43 (NS) para el dos, -0.47 (NS) para el tres y -0.50 (NS) para el cuatro. La tasa de descomposición en cada caso por intervalos de tiempo se consigna en la Figura 3, en la que se evidencia un comportamiento similar en todos los sitios. Con estos valores de k el tiempo para alcanzar una degradación de 99% de la hojarasca ($t_{0.99} = \ln(1-0.99)/k$) varió entre 10.9 y 9.1 años.

The recorded degrees of decomposition for the four sites did not show significant differences, even though it was observed that the better preserved places showed decomposition degrees slightly higher. Barlow *et al.* (2007) as well, did not record significant differences in the litter decomposition rates in the case of primary and secondary tropical forests in Brazil. The actual analysis lasted 300 days, and in a longer research, some changes in the degradation patterns might occur, as Prescott (2005) discussed. This author mentioned that long lasting litter decomposition studies accomplished a stabilization, even with a considerable amount of litter mass to be decomposed.

Los grados de descomposición registrados para los cuatro sitios no mostraron diferencias significativas, aunque se advirtió que los lugares más conservados presentaron grados de descomposición ligeramente mayores. Barlow *et al.* (2007) tampoco consignaron diferencias significativas en las tasas de descomposición de hojarasca en el caso de bosques tropicales primarios y secundarios en Brasil. La duración del presente análisis fue de 300 días, por lo que los patrones de degradación pudiesen cambiar en una investigación de duración más larga, como lo discutió Prescott (2005). Dicho autor mencionó que los estudios

Ayres *et al.* (2009) pointed out that the climate and the initial properties of litter explain around 70% of the variation of its decomposition at a global scale. On the other hand, the same authors make a precision in regard to decomposition being faster (8%) when the litter that is used is placed underneath the species that generated it. In this work was used a mixture of litter from different species of MET coming from a same site (site 1) and,

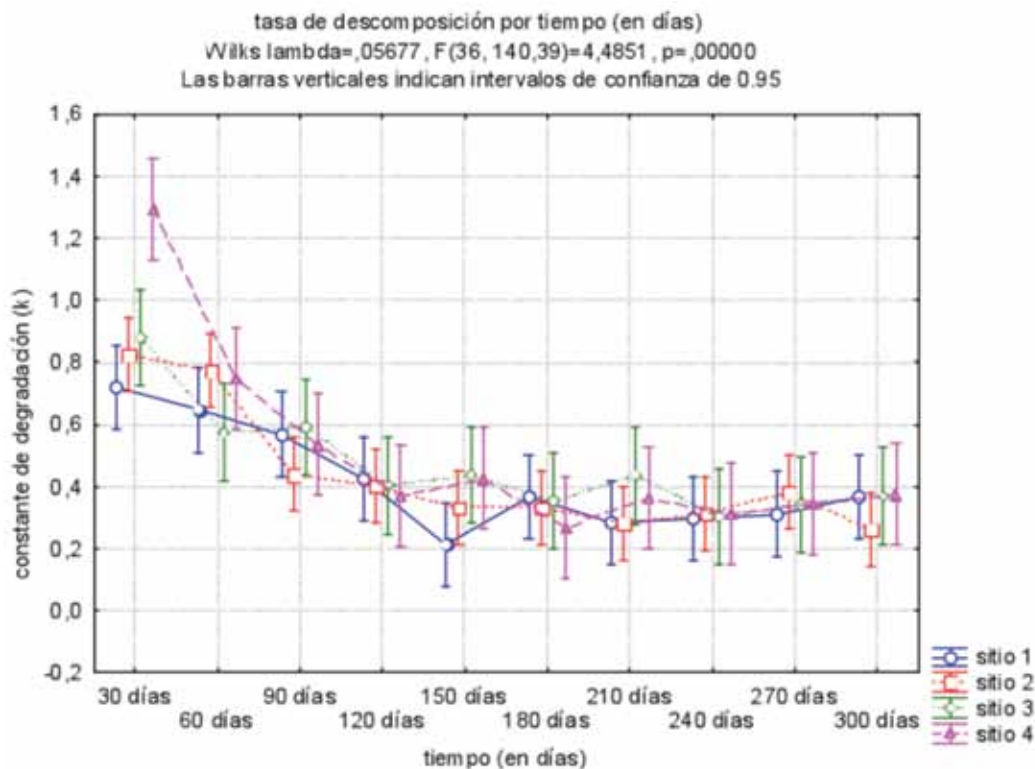


Figura 3. Tasa de descomposición por periodo de tiempo para los sitios estudiados.
 Figure 3. Decomposition rate by time period for the studied sites.

de descomposición de hojarasca de larga duración alcanzaron la estabilización, incluso con una considerable masa de hojarasca sin degradar.

Ayres *et al.* (2009) indicaron que el clima y las cualidades iniciales de la hojarasca explican cerca de 70% de la variabilidad de su descomposición a escala global. Por otro lado, los mismos autores precisaron que la descomposición es más rápida (8%) cuando la hojarasca utilizada se coloca debajo de las especies que la produjeron. En este trabajo se empleó una mezcla de hojarasca de distintos taxa del MET provenientes de un mismo sitio (sitio 1) y, dado que no hubo diferencias significativas entre sitios, los contrastes observados pudieran estar en el otro 30% de los factores desconocidos que señalaron los autores arriba citados. Los porcentajes de descomposición y los valores de k obtenidos (24.58-26.51 y -0.42--0.50, respectivamente) parecen bajos, en principio, si se comparan con valores registrados para bosques tropicales. Por ejemplo, Rocha-Loredo y Ramírez-Marcial (2009) obtuvieron valores de k entre -1.40 y -1.44 con porcentajes de descomposición de 34 a 52% para bosques de pino y de pino encino en Chiapas; mientras que Xuluc-Tolosa *et al.* (2003) documentaron valores de k que variaron de -2.54 a -1.46 para especies de fases sucesionales del bosque tropical caducifolio en Campeche, México.

since there were non-significant differences among sites, the observed contrasts could be in the resting 30% unknown factors highlighted by the authors previously quoted. The decomposition percentages and the k value that were obtained (24.58-26.51 y -0.42--0.50, respectively) seem rather low, at first, if compared to recorded values for tropical forests. For example, Rocha-Loredo y Ramírez-Marcial (2009) got k values between -1.40 and -1.44 with decomposition percentages of 34 a 52% for pine and pine-oak forests of Chiapas, Mexico; while Xuluc-Tolosa *et al.* (2003) documented k values that varied from -2.54 to -1.46 for species of successional phases of the deciduous tropical forest in Campeche, Mexico.

On the other hand, the k values that were determined in this study are rather high if confronted with those recorded for forests located in higher latitudes, as those mentioned by Stohlgren (1988), who quotes k values between -0.18 and -0.62 for mixed softwood forests in the United States. In regard to pine forests in India, Das and Ramakrishnan (1985) made an estimation of k values between -0.307 and -0.46, similar to those of the actual paper. In regard to the fluctuation of the k values, Zhang *et al.* (2008) gathered the information of 293 k values of 70 studies and fixed them between -0.006 and -4.993; also, they quoted the lowest for the arctic tundra and the highest for the rainy tropical forest. For shrubs, the same authors indicated k values between -0.4 and -0.6, which agree with those estimated in this research.

Por otro lado, los valores de k determinados en este estudio resultan altos si se confrontan con los registrados para bosques situados en latitudes más altas, como los mencionados por Stohlgren (1988), quien cita valores de k entre -0.18 y -0.62 para bosques mixtos de coníferas en Estados Unidos de América. En cuanto a bosques de pino en India, Das y Ramakrishnan (1985) estimaron valores de k entre -0.307 y -0.46, similares a los del presente análisis. Respecto a la fluctuación en los valores de k , Zhang *et al.* (2008) recopilaron la información de 293 valores de k de 70 estudios y los fijaron entre -0.006 y -4.993; asimismo, citaron los más bajos para la tundra ártica y los más altos para el bosque tropical lluvioso. Para la vegetación arbustiva, los mismos autores indicaron valores de k entre -0.4 y -0.6, los cuales concuerdan con los estimados en esta investigación.

Por último, los valores de k fueron mayores durante los primeros meses y, posteriormente, el proceso de degradación fue más lento. Sundarapandian y Swamy (1999) notaron un comportamiento similar en su trabajo sobre bosques tropicales en India.

Aunque no se advirtieron diferencias significativas entre los sitios del MET, la tasa de degradación fue ligeramente mayor en aquellos con vegetación primaria. Los valores de k obtenidos resultaron similares a los registrados para tipos de vegetación equivalentes.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) el financiamiento otorgado para la realización de este estudio (proyecto: PROMEP/103.5/11/1047). Al Dr. Dino Ulises González U. la lectura crítica del manuscrito y la revisión de los análisis estadísticos.

REFERENCIAS

- Andersson, C. 2005. Litter decomposition in the forest ecosystem - influence of trace elements, nutrients and climate. *The ESS Bulletin* 3:4-17.
- Ayres, E., H. Steltzer, B. L. Simmons, R. T., Simpson, J. M. Steinweg, M. D. Wallenstein, N. Mellor, W. J. Parton, J. C. Moore and D.H. Wall. 2009. Home-field advantage accelerates leaf litter decomposition in forests. *Soil Biology and Biochemistry* 41:606-610.
- Barlow, J., T. A. Gardner, L. V. Ferreira and C. A. Peres. 2007. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 247:91-97.
- Bocock, K. L. and O. J. W. Gilbert. 1957. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. *Plant and Soil* 9:179-185.
- Das, A. K. and P. S. Ramakrishnan. 1985. Litter dynamics in khasi pine (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) of north-eastern India. *Forest Ecology and Management* 10:135-153.
- Gartner, T. B. and Z. G. Cardon. 2004. Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos* 104: 230-246.
- González, E. 1996. Análisis de la vegetación secundaria de Linares, N.L. México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. México. 103 p.
- Hättenschwiler, S. 2005. Effects of Tree Species Diversity on Litter Quality and Decomposition. In: Scherer-Lorenzen, M., Ch. Körner and E. D. Schulze (eds.). *Forest Diversity and Function: Temperate and Boreal Systems*. Ecological Studies. Vol. 176. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, Berlin, Germany, pp. 149-164.

Finally, the k values were higher during the first months, and later, the degradation process was slower. Sundarapandian and Swamy (1999) noticed a similar behavior in their work about tropical forests in India.

Even though there were not significant differences among the MET sites, the degradation rate was slightly higher in those with primary vegetation. The k values that were obtained were similar to those recorded for equivalent types of vegetation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express their gratitude to the Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) for the financial support provided for the accomplishment of this study (PROMEP/103.5/11/1047 project). To Dr. Dino Ulises González U. for the critical review of the manuscript and of the statistical analyses.

End of the English version



- Hättenschwiler, S., A. V. Tiunov and S. Scheu. 2005. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36:191-218.
- Hernández I, M., I. Santa Regina y J. F. Gallardo. 1992. Dinámica de la descomposición de la hojarasca forestal en bosques de la Cuenca del Duero (Provincia de Zamora): Modelización de la pérdida de peso. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 6:339-355.
- Hoorens, B., R. Aerts and M. Stroetenga. 2003. Does initial litter chemistry explain litter mixture effects on decomposition? *Oecologia* 137: 578-586.
- Karberg, N. J., N. A. Scott and C. P. Giardina. 2008. Methods for Estimating Litter Decomposition. In: Hoover, C. M. (ed.). *Field measurements for forest carbon monitoring*. Springer Science and Business Media. Nueva York, NY, USA. pp. 103-111
- Martínez-Yrizar, A., S. Núñez and A. Búrquez. 2007. Leaf litter decomposition in a southern Sonoran Desert ecosystem, northwestern Mexico: Effects of habitat and litter quality. *Acta Oecologica* 32:291-300.
- Mo, J., S. Brown, J. Xue, Y. Fang and Z. Li. 2006. Response of litter decomposition to simulated N deposition in disturbed, rehabilitated and mature forests in subtropical China. *Plant and Soil* 282:135-151.
- Olsen, J. S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44:322-331.
- Prescott, C. E. 2005. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? *Forest Ecology and Management* 220:66-74
- Rocha-Loredo, A. G. y N. Ramírez-Marcial. 2009. Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de pino-encino en Chiapas, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 84:1-12
- Stohlgren, T. J. 1988. Litter dynamics in two Sierran mixed conifer forests. I. litterfall and decomposition rates. *Canadian Journal of Forest Research* 18:1127-1135.
- Sundarapandian, S. M. and P. S. Swamy. 1999. Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, India. *For. Ecol. Manage.* 123:231-244.
- Tuomi, M., T. Thum, H. Järvinen, S. Fronzek, B. Berg, M. Harmon, J. A. Trofymow, S. Sevanto and J. Iiskki. 2009. Leaf litter decomposition-Estimates of global variability based on Yasso07 model. *Ecological Modelling* 220:3362-3371.
- Vasconcelos H., L. and W. F. Laurance. 2005. Influence of habitat, litter type, and soil invertebrates on leaf-litter decomposition in a fragmented Amazonian landscape. *Oecologia* 144:456-462.
- Xu, X., E. Hirata, T. Enoki and Y. Tokashiki. 2004. Leaf litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical forest after typhoon disturbance. *Plant Ecology* 173:161-170.
- Xuluc-Tolosa, F. J., H. F. M. Vester, N. Ramírez-Marcial, J. Castellanos-Albores and D. Lawrence. 2003. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. *Forest Ecology and Management* 174:401-412.
- Zhang, D., D. Hui, Y. Luo and G. Zhou. 2008. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology* 1:85-93.



Gerardo Cuéllar Rodríguez, 2013.