



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i55.548>

Artículo

## Modelos de degradación de la hojarasca en bosques de encino y de pino en Nuevo León

### Decomposition models of litter from oak and pine forests in *Nuevo León* State

Perla Cecilia Rodríguez Balboa<sup>1</sup>, Humberto González Rodríguez<sup>1\*</sup>, Israel Cantú Silva<sup>1</sup>, Marisela Pando Moreno<sup>1</sup>, José Guadalupe Marmolejo Monsiváis<sup>1</sup>, Marco Vinicio Gómez Meza<sup>2</sup> y Jonathan Lazcano Cortez<sup>1</sup>

#### Abstract

The decomposition of leaf litter is important to understand the functioning and productivity of ecosystems because it determines the recycling of nutrients. In the study described here, the degradation of leaf litter during 510 days in three forest communities was evaluated: the oak forest (BE), the pine-oak forest (BPE) and the pine forest (BP) in the *Iturbide* municipality, *Nuevo León*. In each site five plots of 20 m x 20 m were marked in which 110 bags with 5 g of litter were placed in order to calculate their degradation rate. The results indicate that the degradation was 27 % for BE; 23 % for BPE and 17 % for BP, respectively. A regression analysis was performed for degradation in the sampling period, in which the simple negative exponential model was the one that best fit presented for the three study sites. The degradation rate for 99 % of cases was determined in 17, 22 and 29 years for BE, BPE and BP, respectively. The greatest degradation was recorded in the oak forest, suggesting that the quality of the plant material influences the process.

**Key words:** Regression analysis, litter decomposition, organic matter, pine-oak, decay percentage, decomposition rate.

#### Resumen

La descomposición de la hojarasca es importante para entender el funcionamiento y la productividad de los ecosistemas, porque determina el reciclaje de nutrimentos. En el estudio que aquí se describe se evaluó la degradación de la hojarasca durante 510 días en tres comunidades forestales: el bosque de encino (BE), el bosque de pino-encino (BPE) y el bosque de pino (BP) en el municipio Iturbide, Nuevo León. En cada sitio se marcaron cinco parcelas de 20 m x 20 m en las que se colocaron 110 bolsas con 5 g de hojarasca, con el propósito de calcular su velocidad de degradación. Los resultados indican que la degradación fue de 27 % para BE; de 23 % para BPE y de 17 % para BP. Se realizó un análisis de regresión para la degradación en el periodo de muestreo, en el cual el modelo exponencial negativo simple fue el que mejor ajuste presentó para los tres sitios de estudio. La tasa de degradación para 99 % de los casos se determinó en 17, 22 y 29 años para BE, BPE y BP, respectivamente. En el bosque de encino se registró la mayor degradación, lo que sugiere que la calidad del material vegetal influye en el proceso.

**Palabras clave:** Análisis de regresión, degradación de hojarasca, materia orgánica, pino-encino, porcentaje de degradación, tasa de degradación.

Fecha de recepción/Reception date: 22 de marzo de 2019

Fecha de aceptación/Acceptance date: 6 de agosto de 2019

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. México

<sup>2</sup>Facultad de Economía. Universidad Autónoma de Nuevo León. México

\*Autor por correspondencia; correo-e: humberto.gonzalezr@uanl.mx

## Introducción

En el contexto de la dinámica de los ecosistemas, la producción de hojarasca y la descomposición son los principales procesos de transferencia de nutrientes y materia orgánica al suelo que ejecutan los productores primarios, mediante el aporte de material vegetal al sustrato (Ovington, 1962; López *et al.*, 2013).

La productividad primaria, el ciclo de nutrientes y la fertilidad del suelo están reguladas, en gran medida, por la descomposición de la hojarasca (Wang *et al.*, 2008). Asimismo, si la descomposición es muy lenta, los nutrientes disponibles para las plantas son insuficientes, lo que limita su crecimiento y desarrollo (Bubb *et al.*, 1998; Montagnini y Jordan, 2002). En contraste, si son liberados rápidamente, pueden perderse por volatilización y lixiviación edáfica (Palma *et al.*, 1998).

El funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos favorece las condiciones físicas, químicas y biológicas óptimas del suelo por la liberación de nutrientes y descomposición de la hojarasca (León *et al.*, 2008).

El efecto combinado de la precipitación pluvial y la temperatura son factores importantes que condicionan la velocidad de descomposición del material vegetal, por lo que en periodos secos esta transformación es más lenta. Respecto, a las variables climáticas del suelo como la humedad y la temperatura están ampliamente relacionadas con la velocidad de degradación (Gallardo y Pino, 1988).

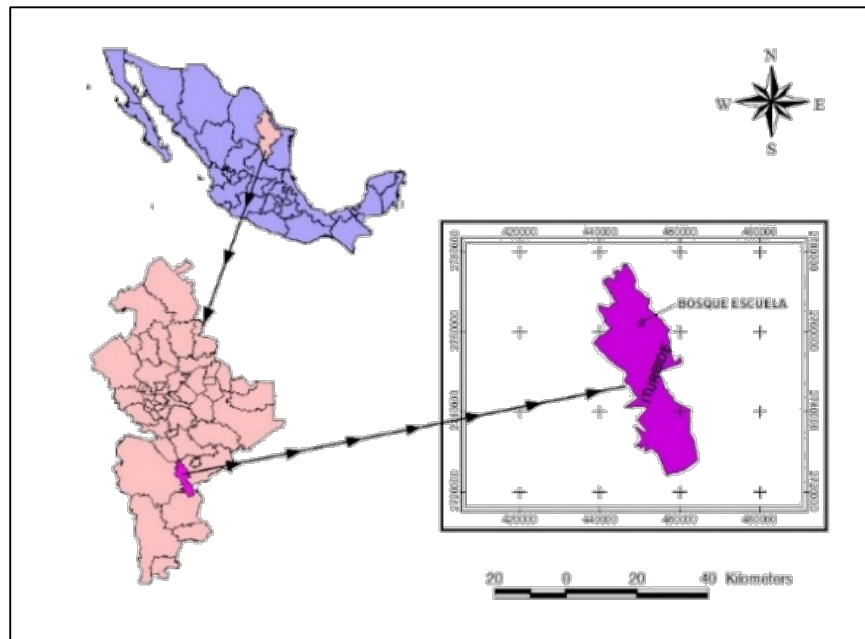
La descomposición de la hojarasca se divide en cuatro etapas: trituración, que es el fraccionamiento de los tejidos; lixiviación, que corresponde a la pérdida de los compuestos más solubles mediante corrientes de agua; el catabolismo (se incluye la mineralización y la humificación), la cual se refiere a la transformación que realizan los microorganismos de los compuestos orgánicos; es decir, modifican los nutrientes para que estén disponibles para las plantas; y la humificación, o formación de la materia orgánica por los microorganismos (Álvarez, 2001). El ciclo de nutrientes y la descomposición de la hojarasca son procesos complejos que se dividen en tres pasos: descomposición, mineralización y humificación (Sánchez *et al.*, 2008; Mishra y Kumar, 2016).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio consistió en determinar la velocidad de la degradación mediante diferentes modelos durante 510 días, bajo la hipótesis de que en el bosque de encino la degradación es más rápida.

## Materiales y Métodos

### El área de estudio

La investigación se desarrolló en el *Campus* Ecológico Bosque Escuela de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), en el municipio Iturbide, Nuevo León, que se localiza entre los 24°42´28" N y los 99°51´43" O, a 1 600 m de altitud (Figura 1). El bosque de pino-encino es el tipo de vegetación predominante en el lugar; los suelos corresponden a Leptosol (95.5 %), Calcisol (2.8 %) y Castañozem (1.7 %). La temperatura anual media es de 14 °C y la precipitación anual media es de 635 mm (Inegi, 2009).



**Figura 1.** Localización del área de estudio.

## **Variables ambientales**

Se registraron la humedad relativa (%), la temperatura ambiente (°C) y la temperatura del suelo (°C) cada hora a 5 cm de profundidad, mediante los sensores automatizados marca *HOBO*; la precipitación pluvial (mm) se determinó por evento.

## **Degradación de la hojarasca y frecuencia de recolecta**

Se utilizó el método de la bolsa de hojarasca (*litter bag*) (Bocock y Gilbert, 1957); se recolectaron 5 g de hojarasca recién caída, que se puso a secar a la intemperie y se depositó en bolsas de 25 cm x 20 cm de tela de malla de nylon de 1 mm. Esta apertura permite el acceso al interior de las bolsas a ciertos detritívoros invertebrados, pero minimiza las pérdidas por fragmentación (Douce y Crossley, 1982). Por efecto del tiempo, la diferencia en peso permite evaluar la degradación del material recolectado.

En el área de estudio, se seleccionaron tres condiciones por tipo de vegetación de bosque templado: el bosque de encino (BE); el de pino-encino (BPE); y el bosque de pino (BP). El experimento se inició el 15 de diciembre de 2016 y terminó el 9 de mayo de 2018.

En cada bolsa se depositó una mezcla homogénea de los componentes de la hojarasca (hojas, ramas, estructuras reproductivas y otros componentes de la hojarasca). Se colocaron en total 110 bolsas, en cinco parcelas experimentales (20 m × 20 m) por cada sitio de estudio, a razón de 22 bolsas por parcela distribuidas al azar. Cada una de ellas se acomodó sobre la superficie del suelo, que previamente se limpió para que las bolsas estuvieran en contacto con el sustrato.

La degradación de la hojarasca se evaluó en 12 fechas, para ello se recolectó todo el material de dos bolsas por parcela experimental cada 0, 15, 30, 60, 90, 150, 210, 270, 330, 390, 450 y 510 días; las cuales se llevaron al Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, donde se secaron a 65 °C en un horno marca Felisa, modelo FE-292AD, hasta que registraron un peso constante. Con esos datos se calculó el porcentaje de pérdida de peso.

La tasa de descomposición se determinó mediante el Modelo Simple Exponencial Negativo de Olson (1963):

$$X/X_0 = e^{-kt} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$k = -\left(\ln X/X_0\right)/t \quad \text{Ecuación 2 (derivada de la Ecuación 1)}$$

Donde:

$k$  = Constante de descomposición (año<sup>-1</sup>)

$X$  = Masa de hojarasca en un tiempo dado (g)

$X_0$  = Masa inicial de hojarasca (g)

$t$  = Tiempo expresado en años (años)

Se calculó el tiempo necesario para degradar 50 y 99 % de la hojarasca con las siguientes ecuaciones (Olson, 1963):

Degradación al 50 %:

$$t_{0.5} = \ln 0.50/k$$

Degradación al 99 %:

$$t_{0.99} = \ln 0.01/k$$

## **Análisis estadístico**

A los datos de degradación de la hojarasca se les aplicó un análisis de varianza; para comprobar los supuestos de homogeneidad de varianzas se emplearon las pruebas de *Kolmogorov-Smirnov* y la de *Shapiro Wilk* (Steel y Torrie, 1980). Se utilizó la prueba no paramétrica *Kruskal-Wallis* (Ott, 1993), porque los datos no presentaron distribución normal.

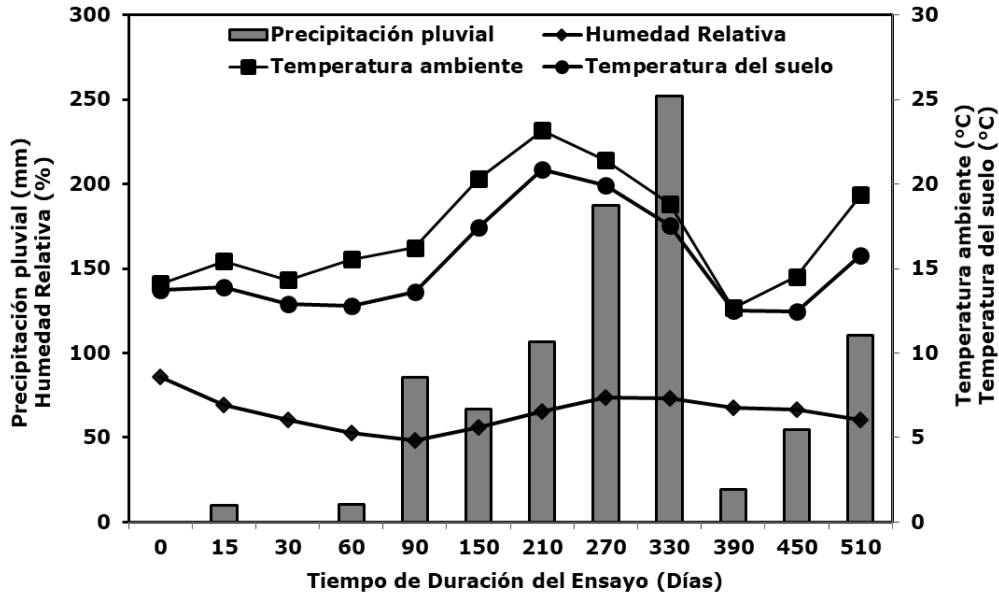
Para determinar la tasa de degradación de la hojarasca, se trabajó con cuatro modelos: el Exponencial Negativo Simple propuesto por Olson (1963) y tres con base en las recomendaciones de Moreno *et al.* (2018); se seleccionaron la raíz del error cuadrático medio (RECM) y el Coeficiente de Correlación de *Pearson*, con base en el ajuste de los modelos y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, 2016) versión 22.0 para *Windows*.

## **Resultados y Discusión**

### **Variables ambientales**

En la Figura 2 se ilustra la temperatura media del aire, la temperatura media del suelo y la humedad relativa media, así como la precipitación pluvial mensual registrada durante el periodo de estudio. Esta última fue de 719 mm en 2017 y de 184 mm al término del experimento, con picos máximos en septiembre y noviembre, para un total de 903 mm. La temperatura ambiente osciló de 14 a 23 °C y no hubo heladas, mientras que la humedad relativa fue de 48 a 85 %. La temperatura del suelo siguió la misma tendencia que la ambiental, con variaciones de 12 a 20 °C.



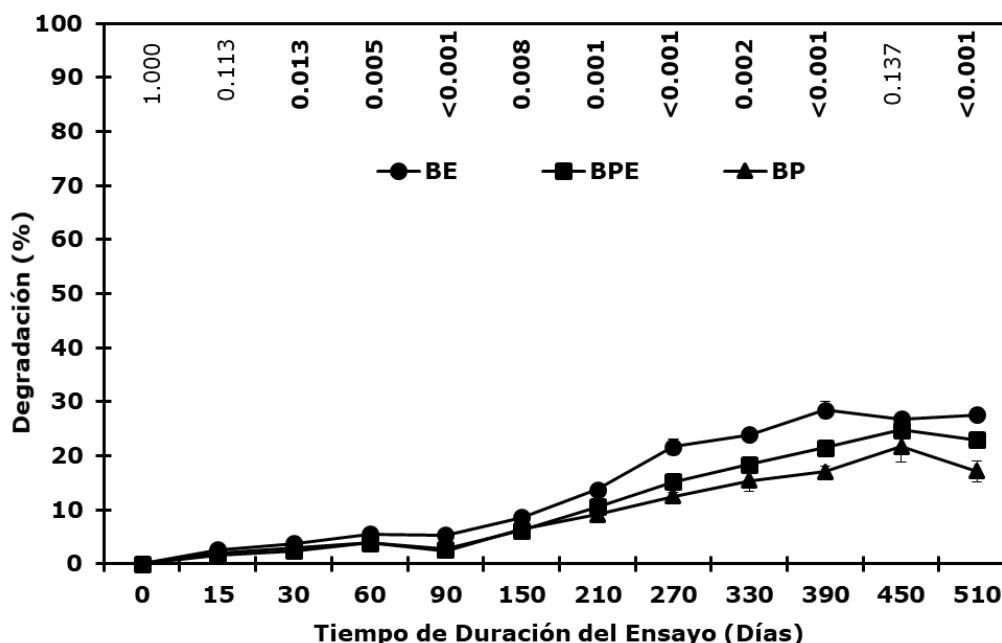
**Figura 2.** Temperatura ambiente (°C), Temperatura del suelo (°C), humedad relativa (%) y precipitación pluvial (mm) registrada durante el ensayo.

## Degradación de la hojarasca

En la degradación de la hojarasca (Figura 3) se observa una fase de lenta descomposición del día 15 al 90, y mayor hasta el día 510; se mantiene constante la tendencia del proceso en los tres tipos de bosque. Al aumentar el tiempo de duración del ensayo, también lo hizo la pérdida de biomasa. Para el término del experimento (510 días después del inicio), la degradación fue de 27 % para el bosque de encino, de 23 % para el de pino-encino y de 17 % para el de pino. Los valores no presentaron diferencias significativas en los días 0, 15 y 450 de acuerdo a la prueba de *Kruskal-Wallis*.

Al evaluar la pérdida de biomasa en un bosque templado durante un año en dos localidades en El Salto, Durango, Moreno *et al.* (2018) calcularon degradación de 31 % y 35 %. Asimismo, López *et al.* (2018) refirieron que en los primeros 30 y 150 días ocurrió la mayor pérdida de biomasa de *Pinus cooperi* C. E. Blanco en parcelas con diferentes intensidades de aclareo, también en El Salto, Durango; mientras que,

Rocha y Ramírez (2009) obtuvieron resultados de 34 a 52 % de degradación y no citan diferencias significativas, para el bosque de pino-encino en Chiapas, México.



BE = Bosque de Encino; BPE = Bosque de Pino-Encino; BP = Bosque de Encino.

El valor de  $p$  de la prueba de *Kruskal-Wallis* para detectar diferencias entre los tipos de bosques en cada tiempo de duración del ensayo se muestra dentro de la gráfica.

Probabilidades en negritas (parte superior) indican diferencias significativas.

**Figura 3.** Degradación de la hojarasca (%) de los tres tipos de bosques en el noreste de México. Cada valor graficado representa la media ( $n=10 \pm$  error estándar).

Sierra *et al.* (2009) señalan que la fase inicial de descomposición presenta una curva más pronunciada en la pérdida de biomasa y, al final, la pendiente se reduce significativamente, lo que supone que la lenta descomposición de la hojarasca es controlada por los factores ambientales y por la calidad de la hojarasca (composición química, variables no analizadas en el presente estudio). Ibarra *et al.* (2011) indican que el comportamiento de la degradación se debe a que se utilizan todos los



componentes de la hojarasca que incluyen las de descomposición rápida (hojas y estructuras reproductivas) y las de descomposición lenta (ramillas y corteza).

También influye la naturaleza de la hojarasca, su relación C/N, así como el contenido de lignina y taninos; mientras mayor es el grado de lignificación de la acícula, el tiempo de descomposición aumenta.

Las acículas secas de pino presentan alto contenido de lignina (25.93–30.05 %) (Díaz *et al.*, 2007) y taninos (0.07–0.12 %) ambos precursores de las sustancias húmicas en la materia orgánica, de una alta relación C/N (alrededor de 150), además tienen bajo contenido de Ca (39.5–54.3 %) y Mg (10.8–18.8 %) (Bernabé *et al.*, 2013).

### **Modelos de descomposición**

Para evaluar la degradación se utilizaron modelos matemáticos lineales, potenciales y exponenciales, entre estos el Modelo Exponencial Negativo Simple propuesto por Olson (1963), así como algunos evaluados por Moreno *et al.* (2018).

Los modelos utilizados en la presente investigación fueron:

- \*Modelo 1:  $H(t) = \beta_0 * \exp^{-\beta_1 * t}$  propuesto por Olson (1963)
- \*Modelo 2:  $H(t) = \beta_0 + \beta_1 (t)$
- \*Modelo 3:  $\ln H(t) = \beta_0 + \beta_1 \ln (t)$
- \*Modelo 4:  $H(t) = \beta_0 * t^{\beta_1}$

Donde:

$H$ = Fracción de hojarasca remanente en  $t$  años.

$t$ = Tiempo expresado en años.

$\beta_0$ = Porcentaje de peso inicial.

$\beta_1$ = Tasa relativa de descomposición.

\*Propuestos por Moreno *et al.* (2018).

En el Cuadro 1 se muestran los modelos obtenidos para los tres sitios experimentales; se aprecia que los valores del coeficiente de determinación variaron de 0.766 a 0.899 y fueron similares a los registrados por Moreno *et al.* (2018) con 0.965 a 0.969; así como a los de Del Valle (2003) con 0.966; a los de Ibarra *et al.* (2011) con 0.946; y Martínez *et al.* (2007) con 0.698 a 0.821. Por tal motivo, el modelo (1) Exponencial Negativo Simple fue el de mejor ajuste, de acuerdo al coeficiente de determinación y el coeficiente de correlación de *Pearson* para los tres tipos de bosques.

El coeficiente de correlación se distribuyó en entre 0.875 y 0.948 para el modelo (1). Se puede observar que el modelo Exponencial Negativo Simple es el de mejor ajuste con base en el mayor valor del coeficiente de determinación y coeficiente de correlación de *Pearson*, así como el menor RECM para los tres tipos de bosque.



**Cuadro 1.** Modelos de regresión ajustados para la estimación de la fracción de hojarasca remanente durante el período de estudio para los tres tipos de bosques.

Sitio	Modelo	Coeficientes		Intervalos de confianza		Estadísticos		
		$\beta_0$	$\beta_1$	Límite Inferior $\beta_0$	Límite Superior $\beta_1$	$R^2$	RECM	Coefficiente de Pearson
1	1	0.886	0.302	0.280	0.897	0.891	0.035	0.944
2	1	0.890	0.244	0.227	0.899	0.899	0.028	0.948
3	1	0.894	0.184	0.163	0.906	0.766	0.035	0.875
1	2	0.877	-0.218	-0.233	0.888	0.882	0.036	0.939
2	2	0.884	-0.184	-0.196	0.892	0.897	0.029	0.947
3	2	0.891	-0.146	-0.162	0.902	0.765	0.036	0.875
1	3	-0.410	-0.110	-0.097	-0.428	0.737	0.074	0.859
2	3	-0.351	-0.090	-0.078	-0.367	0.718	0.063	0.847
3	3	-0.286	-0.066	-0.054	-0.302	0.577	0.063	0.760
1	4	0.673	-0.100	-0.108	0.693	0.733	0.054	0.856
2	4	0.710	-0.082	-0.089	0.722	0.716	0.047	0.846
3	4	0.757	-0.061	-0.074	0.767	0.613	0.046	0.782

Sitio 1 = Bosque de Encino; Sitio 2 = Bosque de Pino-Encino y Sitio 3 = Bosque de Encino;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  = Coeficientes del modelo;  $R^2$  = Coeficiente de determinación; RECM = Raíz del error cuadrático medio.

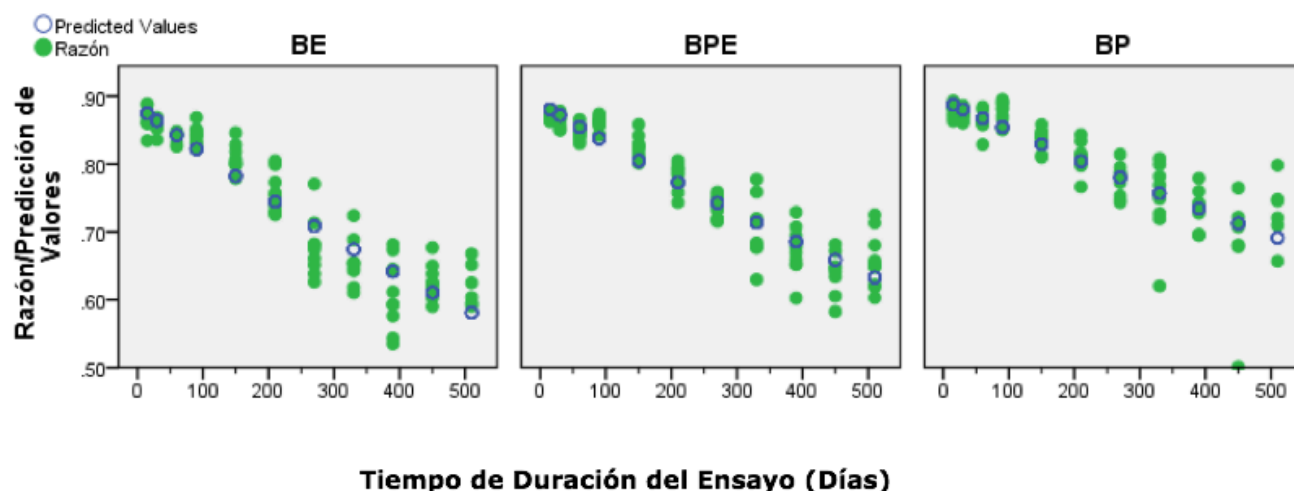
### Tasa de degradación de la hojarasca

En el Cuadro 2 se observan los diferentes valores de  $k$ , que corresponde a la velocidad de la degradación en los tres tipos de bosque: para BE -0.259, para BPE -0.209 y para BP -0.158. El tiempo requerido para la descomposición al 50 y 99 % fue de 2.67 a 17.74 años para BE, y de 4.38 a 29.11 años para BP. La tasa de descomposición documentada en Durango por Moreno *et al.* (2018) fue de -0.424 a -0.425, durante un año de estudio, en un bosque templado y el tiempo necesario para la descomposición fue de 1.6 (50 %) a 10.8 años (99 %).

**Cuadro 2.** Tasa de descomposición ( $k$ ) para degradar 50 y 99 % de la hojarasca representada en años en los tres tipos de bosque.

Sitio	$k$	$t_{0.5}$	$t_{0.99}$
BE	-0.259	2.67	17.76
BPE	-0.209	3.32	22.05
BP	-0.158	4.39	29.15

La predicción de la degradación de la hojarasca (Figura 4) indica la distribución de los datos (peso relativo de la hojarasca) y la predicción de los valores para cada tipo de bosque (modelo de Olson), durante el tiempo del ensayo. Se advierte la dispersión de los datos en cada tipo de bosque y la predicción que debieron tener los datos durante el experimento, de acuerdo al modelo referido.



**Figura 4.** Predicción de la degradación de la hojarasca por tiempo de duración del ensayo en los tres tipos de bosques.

## **Conclusiones**

La descomposición de la hojarasca en los tres tipos de bosque es diferente durante el periodo de estudio. En el encinar se registran los mejores resultados; por lo tanto, se asume que la calidad de dicho material orgánico influye en el proceso.

Los cuatro modelos utilizados tienen buen ajuste (coeficiente de determinación, raíz del error cuadrático medio y coeficiente de correlación de *Pearson*), para el bosque de encino y el de pino-encino; lo contrario se verifica para el bosque de pino, en el que el coeficiente de determinación es inferior con respecto a los otros dos tipos de bosque. En este sentido, el Modelo Exponencial Negativo Simple presenta el mejor ajuste estadístico y una correlación fuerte del coeficiente de *Pearson*.

Los resultados de la tasa de descomposición de la hojarasca al 50 % hacen suponer que la degradación es más lenta en el bosque de pino, con respecto al bosque de pino-encino y encino, con una diferencia aproximada de un año, lo que se atribuye a la presencia de acículas.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), por el financiamiento del proyecto clave 250732 para llevar a cabo la investigación descrita y por el apoyo para la realización de los estudios de doctorado del primer autor.

## **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## **Contribución por autor**

Perla Cecilia Rodríguez Balboa: planeación y desarrollo de la investigación, toma de datos de campo, análisis de datos y redacción del manuscrito; Humberto González Rodríguez: planeación y desarrollo de la investigación, selección del área de estudio y revisión del manuscrito; Israel Cantú Silva: diseño experimental y revisión del manuscrito; Marisela Pando Moreno: diseño experimental y revisión del manuscrito, José Guadalupe Marmolejo Monsiváis: revisión del manuscrito; Marco Vinicio Gómez Meza: análisis de datos y revisión del manuscrito; Jonathan Lazcano Cortez: planeación y desarrollo de la investigación y toma de datos en campo.

## **Referencias**

Álvarez S., J. 2001. Descomposición y ciclo de nutrientes en ecosistemas terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* 1: 11-27.

Bernabé S., R., L. Ávila C. E. A. y J. G. Rutiaga Q. 2013. Componentes químicos de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia, Michoacán. *Madera y Bosques*. 19(2):21-35. doi: 10.21829/myb.2013.192338.

Bocock, K. L. and O. J. W. Gilbert. 1957. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. *Plant and Soil*. 9:179-185. doi:10.1007/BF01398924.

Bubb, K. A., Z. H. Xu, J. A. Simpson and P. G. Saffigna. 1998. Some nutrient dynamics associated with litterfall and litter decomposition in hoop pine plantations of southeast Queensland, Australia. *Forest Ecology and Management* 110:343-352. doi: 10.1016/S0378-1127(98)00295-3.

Del Valle A., J. I. 2003. Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del pacífico colombiano. *Interciencia* 28(3):148-153.

Díaz A., S., M. Alessandrini D. y A. Herrera G. 2007. Comportamiento del follaje de *Pinus caribaea* var. *caribaea* y *Pinus tropicalis* en el desarrollo de una metodología

para la obtención de cera conífera, pasta clorofila-caroteno y residuo forrajero a escala de banco. *Revista Cubana de Química* 19(1):81-83.

Douce, G. K. and D. A. Crossley Jr. 1982. The effect of soil fauna on litter mass loss and nutrient dynamics in arctic tundra at Barrow, Alaska. *Ecology* 63(2):523-537. doi: 10.2307/1938968.

Gallardo, A. y J. Pino. 1988. Importancia del medio físico en la descomposición de la hoja de especies arbóreas. *Lagascalía* 15:541-547.

Ibarra, M., J. Caldentey y A. Promis. 2011. Descomposición de hojarasca en rodales de *Nothofagus pumilio* de la región de Magallanes. *Bosque* 32(3):227-233. doi:10.4067/S0717-92002011000300004.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Iturbide, Nuevo León. Clave geoestadística 19030. Aguascalientes, Ags., México. 9 p.

León, J. D., M. C. Díez, J. Castellanos, L. F. Osorio y N. Marín. 2008. Grupos funcionales de microorganismos en suelos degradados por minería de aluvión plantados con *Acacia mangium*. *Suelos Ecuatoriales* 38(1):75-80.

López H., J. M., H. González R., R. G. Ramírez L., I. Cantú S., M. V. Gómez M., M. Pando M. y A. E. Estrada C. 2013. Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica* 35:41-64.

López H., J. M, J. J. Corral R., H. González R., T. G. Domínguez G., M. V. Gómez M. y I. Cantú S. 2018. Depósito y descomposición de hojarasca de *Pinus cooperi* C. E. Blanco en El Salto, Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(50):201-222. doi: 10.29298/rmcf.v9i50.249.

Martínez Y., 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. doi: 10.1016/j.actao.2007.05.010.

- Mishra, G. and R. Kumar. 2016. Plant litter decomposition: drivers insight to the ecological process. *European Journal of Biological Research*. 6(3): 176-185. doi: 10.5281/zenodo.58752
- Montagnini, F. y C. F. Jordan. 2002. Reciclaje de nutrientes. *In: Guariguata, M. R. y G. Kattan. (Eds.) Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Editorial Tecnológica. Cartago, Costa Rica. pp. 167–191.
- Moreno V., M. E., T. G. Domínguez G., M. S. Alvarado, J. G. Colín, S. Corral R. y H. González R. 2018. Aporte y descomposición de hojarasca en bosques templados de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(47):70-93. doi:10.29298/rmcf.v9i47.180.
- Olson, J. S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*. 44:322-331. doi:10.2307/1932179.
- Ott, L. 1993. *An introduction to statistical methods and data analysis*. Duxbury Press. Boston, MA USA. 775 p.
- Ovington, J. D. 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. *Advances in Ecological Research*. 1:103-192.
- Palma, R. M., J. Prause, A. V. Fontanive and M. P. Jiménez. 1998. Litter fall and litter decomposition in a forest of the Parque Chaqueño Argentino. *Forest Ecology and Management* 106(2-3):205-210. doi:10.1016/S0378-1127(97)00312-5.
- Rocha L., A. G. y N. Ramírez M. 2009. Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de pino-encino en Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 84:1-12. doi: 10.17129/botsci.2287.
- Sánchez, S., G. Crespo, M. Hernández y Y. García 2008. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *Pastos y Forrajes*. 31(2): 99-118.



Sierra R., O., J. E. Mancera P. y A. Santos M. 2009. Velocidad de descomposición de la hojarasca en diferentes sustratos de manglar durante la época de lluvias en San Andrés Isla, Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 38(1):59-84.

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). 2016. SPSS Statistics. Standard released (Version 22). For Windows. SPSS Inc. Chicago, IL, USA. n/p.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. McGraw-Hill Book Company. New York, NY, USA. 633 p.

Wang, Q., S. Wang and Y. Huang. 2008. Comparisons of litter fall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. Forest Ecology and Management 255:1210-1218. doi:10.1016/j.foreco.2007.10.026



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.