

## Las plantaciones de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) y bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad.) de San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. II. Aporte de nutrimentos y descomposición de la hojarasca

*Guadua* (*Guadua angustifolia* Kunth) and bamboo (*Bambusa vulgaris* Schrad.) plantations in San Javier, Yaracuy state, Venezuela. II. Nutrient return and litterfall decomposition

D. Marín, Y. Guedez y L. Márquez de Hernández

Laboratorio Ecología Agrícola Instituto de Botánica Agrícola. Fagro UCV Maracay.

### Resumen

En el presente trabajo se determinó el aporte de N, P, K, Ca y Mg a través de la hojarasca de *Bambusa vulgaris* y *Guadua angustifolia* plantadas en el Campo Experimental de la Fundación para la Investigación Agrícola DANAC (San Javier, estado Yaracuy, Venezuela), ubicado en las coordenadas 10°21'45" N y 68°39'00" W y a una altura de 107 m.s.n.m. Se estudió la descomposición de hojarasca foliar de ambas especies mediante bolsas de descomposición. La comparación de los valores totales anuales indicó aportes de N (149,3±14,8 vs 65±16,6 kg.ha<sup>-1</sup>), P (25,3±4,2 vs 14,5±3,6 kg.ha<sup>-1</sup>), K (63±8,7 vs 30±7,8 kg.ha<sup>-1</sup>) y Ca (91±10 vs 53±7 kg.ha<sup>-1</sup>) significativamente mayores para el bambú (P<0,05), aunque no hubo diferencias en cuanto al Mg (9,1±1,2 vs 7,2±1,9 kg.ha<sup>-1</sup>). La dinámica de la descomposición de la hojarasca mostró tendencias similares en las dos especies, con una declinación de 76% de la necromasa inicial en el bambú y 67% en la guadua, al cabo de 218 días de exposición. Las constantes de descomposición se estimaron en 3,93 para el bambú y 2,00 para la guadua.

**Palabras clave:** *Bambusa vulgaris*, *Guadua angustifolia*, hojarasca, nutrimentos.

## Abstract

In this research, the provision of N, P, K, Ca and Mg was determined through the litterfall of *Bambusa vulgaris* and *Guadua angustifolia* planted at the Experimental Campus of the Foundation for the Agriculture Research DANAC (San Javier, Yaracuy state, Venezuela) located at 10°21'45"N and 68°39'00"W and a height of 107 m.s.n.m. The leaf-litter decomposition was studied in both species, using decomposition bags. The comparison of the total annual values indicated contributions of 149.3±14.8 vs 65±16.6 kg.ha<sup>-1</sup>), P (25.3±4.2 vs 14.5±3.6 kg.ha<sup>-1</sup>), K (63±8.7 vs 30±7.8 kg.ha<sup>-1</sup>) and Ca (91±10 vs 53±7 kg.ha<sup>-1</sup>) significantly higher for bamboo (P<0,05), though there were not differences regarding Mg (9.1±1.2 vs 7.2±1.9 kg.ha<sup>-1</sup>). The dynamic of the litterleaf decomposition showed similar tendencies in both species, with a declination of 76% of the initial necromass in bamboo, and 87% in guadua within 218 days of exposure. The decomposition constants were 3.93 estimated for bamboo, and 2.00 for guadua.

**Key words:** *Bambusa vulgaris*, *Guadua angustifolia*, litterfall, nutrients.

## Introducción

La circulación de nutrimentos a través de la hojarasca, es el mecanismo natural que permite mantener la fertilidad del suelo en ecosistemas naturales. Para que ello ocurra, se requiere la conversión de las reservas de nutrimentos de formas orgánicas a inorgánicas a través de la descomposición, que es la ruptura de la materia orgánica, acompañada por la liberación de dióxido de carbono (Molles, 2006). Los nutrimentos mineralizados durante la descomposición, pueden ser reabsorbidos por las raíces de las plantas desde la solución del suelo, adsorbidos en las partículas coloidales o pueden mantenerse en la solución, en una fase de alto riesgo de pérdidas por lavado, especialmente en condiciones tropicales donde las lluvias suelen ser intensas (Kellman y Tackaberry, 1997).

La descomposición de la hojarasca depende de varios factores que pueden resumirse en cuatro: a) la calidad

## Introduction

The circulation of nutrients through the litterleaf is the natural mechanism that allows keeping the soil fertility in natural ecosystems. In order that such thing happens, it is required the conversion of the nutriments reservoir organically and non organically through the decomposition, which is the rupture of organic matter along to the release of carbon dioxide (Molles, 2006). The mineralized nutriments during the decomposition can be reabsorbed by the plants 'roots from the soil solution; absorbed in colloid particles of can be kept in the solution, in a high lost risk phase by washing, especially in tropical condition where precipitations tend to be very intense (Kellman and Tackaberry, 1997).

The litterleaf decomposition depends on different factors that may shorten in four aspects: a) the quality of the organic matter, expressed in terms of hardness, thickness, size,

de la materia orgánica, expresada en términos de dureza, grosor, tamaño, contenido de nutrimentos (en particular N), lignina y celulosa; b) variables ambientales como temperatura y humedad, que son importantes en la regulación de las poblaciones de microorganismos; c) la comunidad de organismos descomponedores que incluyen entre otros a hongos, bacterias, protozoarios, nematodos y artrópodos; y d) factores edáficos que pueden afectar la actividad de los organismos, como por ejemplo textura, estructura, pH, humedad y temperatura (Álvarez *et al.*, 1992).

Una vez evaluados los aportes de hojarasca de las plantaciones de *Guadua angustifolia* (guadua) y *Bambusa vulgaris* (bambú) de San Javier, estado Yaracuy (Marín *et al.*, 2008), en el presente trabajo se plantearon como objetivos: 1) la cuantificación de los aportes de N, P, K, Ca y Mg a través de la hojarasca, discriminando entre diferentes componentes de la misma; y 2) comparar la dinámica del proceso de descomposición de la hojarasca foliar en ambas especies.

## Materiales y métodos

A partir de la hojarasca de guadua y de bambú recolectada en muestreos mensuales entre marzo de 2006 y febrero de 2007 (Marín *et al.*, 2008), se seleccionaron tres muestras compuestas de las siete submuestras correspondientes a meses de condiciones climáticas contrastantes, a objeto de determinar sus concentraciones de N, P, K, Ca y Mg. Las fechas seleccionadas fueron enero (inicio de la sequía), abril (transición entre las temporadas

nutrimentos 'content (particularly N), lignin and cellulose; b) environmental variables such as temperature and humidity, which are important in the regulation of microorganisms populations; c) the community of decomposition organisms that include fungi, bacteria, protozoa, nematodes and arthropods; and d) edaphic factors that might affect the activity of organisms, such as texture, structure, pH, humidity and temperature (Álvarez *et al.*, 1992).

Once evaluated the contributions of litterleaf in *Guadua angustifolia* plantations (guadua) and *Bambusa vulgaris* (bamboo) in San Javier, Yaracuy state (Marín *et al.*, 2008), three objectives were determined in this research: 1) the quantification of N, P, K, Ca and Mg through the litterleaf, discriminating among the different components of it; and 2) to compare the dynamic of the decomposition process of the foliar litterfall in both species.

## Materials and methods

With the guadua and bamboo litterfall collected in monthly samples between March 2006 and February 2007 (Marín *et al.*, 2009), three composed samples out of seven sub-samples were selected, correspondent to months with contrasting conditions, with the aim of determining their concentrations of N, P, K, Ca and Mg. The selected dates were January (drought initial phase), April (transition between the dry season and rainy), and July (maximum precipitations)

The fractions of leaves, stems,

seca y lluviosa), y julio (máximas precipitaciones).

Las fracciones de hojas, tallos y hojas caulinares, fueron secadas en estufa hasta peso seco constante, luego molidas y enviadas al Laboratorio General de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, donde fueron sometidas a digestión con una mezcla de  $H_2SO_4$  y  $H_2O_2$ , para finalmente determinar las concentraciones de los elementos mencionados. El N se analizó según el método colorimétrico con reactivo de Nessler, el P mediante colorimetría con el complejo vanadato-molibdato, mientras que K, Ca y Mg se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica. Las concentraciones de los nutrimentos señalados fueron sometidas a análisis de variancia y comparaciones de medias, y con base en tales resultados se calcularon los aportes mensuales de cada elemento a través de la caída de hojarasca.

La descomposición de la hojarasca se estudió mediante el empleo de 40 bolsas rectangulares de 25 cm de largo y 20 de ancho, construidas con malla plástica de 1 mm de poro (Palm y Sánchez, 1990; Marín *et al.*, 1998; Yang *et al.*, 2004). En 20 de las bolsas se colocaron 4 g de hojarasca foliar seca de guadua y en las 20 restantes una cantidad igual de material de bambú. Las bolsas fueron identificadas, enumeradas, cerradas con grapas metálicas, y mezcladas al azar dentro de la capa de mantillo de la plantación respectiva, el día 11-01-07. Posteriormente, se retiraron mediante muestreo aleatorio, cinco (5) bolsas correspondientes a cada especie, a los 62, 109,

and stem leaves were dried on a stove until obtaining a constant dry weight, then were ground and sent to the General Laboratory of Soils, located at the Agronomy Faculty of the "Universidad Central de Venezuela", Maracay, where were submitted to digestion with a mix of  $H_2SO_4$  y  $H_2O_2$ , to finally determine the concentrations of the mentioned elements. N was analyzed using the colorimetric method with the Nessler reactive. P was analyzed using colorimetry with the vanadate-molybdate, while K, Ca and Mg were determined by spectrophotometry of atomic absorption. The concentrations of the nutriments mentioned were submitted to a variance analysis and mean comparisons, based in such results were calculated the monthly contributions of each element though the litterleaf fall.

The litterfall decomposition was studied using 40 rectangle bags of 25 cm of length and 20 of wide, built with a plastic mesh pf 1 mm of porosity (Palm and Sánchez 1990, Marín *et al.*, 1998; Yang *et al.*, 2004). In 20, of the 40 bags, were put 4 g of dried foliar litterfall of guadua, and in the other 20, the same quantity of bamboo. The bags were identified, numbered, closed with metallic staples, and mixed at random inside the respective mulch cover on 11-01-07. Later, five (5) bags correspondent to each species were taken out at random within 62, 109, 159 and 218 days of the date previously mentioned. The samples were taken to the Agriculture Ecologic Laboratory of the Agronomy Faculty of UCV, where were let dried on a stove at 70°C for 72 hours, and then, were weighted in a precision balance. The

159 y 218 días de la fecha antes señalada. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Ecología Agrícola, Facultad de Agronomía UCV, donde se secaban en estufa a 70°C durante 72 horas, y luego se pesaban en una balanza de precisión. La dinámica de descomposición de la hojarasca de cada especie, se representó con base en los modelos lineal, polinomial de segundo grado y exponencial negativo, para calcular las tasas de descomposición.

Por otra parte, en un muestreo adicional y considerando que la caída de hojarasca fue continua tanto en la plantación de guadua como en la de bambú, se tomaron muestras por triplicado del mantillo acumulado sobre el suelo en diferentes puntos de cada parcela, en tres fechas (enero, abril y septiembre de 2006) durante el desarrollo del trabajo de campo, para estimar la constante de descomposición según el cociente entre la tasa anual de caída y la cantidad promedio de hojarasca depositada sobre el suelo (Nye, 1961).

Para correlacionar la descomposición con un índice de la densidad de los tejidos foliares, se calculó el área foliar específica (AFE), a partir de una muestra de 47 hojas verdes sanas tomadas del follaje de macollas de cada especie, en mayo de 2006.

Las condiciones climáticas durante la evaluación de la caída de hojarasca fueron un total de lluvias de 1678 mm, con valores de 225, 240 y 226 mm en mayo, junio y julio de 2006 respectivamente, mientras que la evaporación total anual fue 1979 mm. Las variables climáticas correspondientes al lapso enero-agosto de 2007, los valores diarios de precipitación, evapora-

decomposition dynamic of the litterfall of each specie was represented based on linear models, polynomial of second grade and negative exponential in order to calculate the decomposition rates.

On the other hand, in an additional sampling and considering that the litterfall fall was continuous in both the guadua plantation and bamboo, three samples were taken of the accumulated litter on the ground in different areas of the plot, in three dates (January, April and September 2006) during the development of the land work, in order to estimate the constant decomposition of the quotient between the annual fall rate and the average quantity of the litterfall deposit on the floor (Nye, 1961).

To correlate the decomposition with a density index of foliar tissues, the specific foliar area was calculated (AFE) through a sample of 47 healthy leaves taken from the cane stool foliage of each species in May, 2006.

The climatic conditions during the evaluation of the fallen litterleave resulted in a total of 1678 mm of precipitations, with values of 225, 240 and 226 mm in May, June and July, 2006 respectively, meanwhile, the total annual evaporation was of 1979 mm. The climatic variables corresponding to the season of January-August 2007, the daily precipitation values, evaporation, and wind temperature (maximum, minimum and mean) were recollected at the meteorological station "El Naranjal", located in the same experimental field of the Foundation for the Agriculture Research DANAC (Marín *et al.*, 2008).

ción y temperatura del aire (máxima, mínima y media), se recopilaron de la estación meteorológica El Naranjal, situada en el propio campo experimental de la Fundación para la Investigación Agrícola DANAC Marín *et al.*, (2008).

## Resultados y discusión

### Aporte de nutrimentos en la hojarasca

El cuadro 1 presenta la comparación de las concentraciones promedio de N, P, K, Ca y Mg encontradas en las muestras de hojarasca. En la guadua no hubo diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0,05$ ) para el N en hojas, tallos y hojas caulinares, mientras que con P, Ca y Mg hubo mayores concentraciones en el componente foliar de la hojarasca. En el bambú la concentración de los elementos en las distintas fracciones fue más uniforme, ya que no hubo diferencia significativa en los niveles de

## Results and discussion

### Nutriment contribution of litterfall

Table 1 shows the comparison of the average concentrations of N, P, K, Ca and Mg found on the litterfall samples. In guadua, there were no significant statistical differences ( $P > 0.05$ ) for N in leaves, stems, and stem leaves, while, in P, Ca and Mg there were different concentrations in the foliar component of the litterfall. In bamboo, the concentration of elements in the different fractions was more uniform, since there were no significant differences in the levels of P, K and Ca, while in N and Mg the highest concentration was located in leaves. The comparison among species indicated percentages of P ( $0.20 \pm 0.03$  vs  $0.10 \pm 0.01$ ) and Mg ( $0.11 \pm 0.03$  vs  $0.06 \pm 0.01$ ) significantly higher in the guadua foliar litterfall ( $P < 0.05$ ), as well as in P in stem leaves of bamboo ( $0.18 \pm 0.05$  vs  $0.11 \pm 0.02\%$ ), but there

### Cuadro 1. Concentraciones (%) de nutrimentos en hojarasca de guadua y bambú en las plantaciones de San Javier (\*).

Table 1. Nutrients concentrations (%) in guadua and bamboo litterfall in San Javier plantations (\*).

Especie	Fracción	N	P	K	Ca	Mg
Guadua angustifolia	Hojas	0,99 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
	Tallos	0,54 <sup>a</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>
	H. C.	0,57 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,29 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>
Bambusa vulgaris	Hojas	1,22 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>
	Tallos	0,45 <sup>b</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,04 <sup>b</sup>
	H. C.	0,62 <sup>b</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,04 <sup>b</sup>

(\*) Para cada especie y nutrimento, valores seguidos de letras distintas fueron estadísticamente diferentes para  $P < 0,05$  según prueba t de student (HC: hojas caulinares).

P, K y Ca, mientras que con N y Mg la mayor concentración se localizó en las hojas. La comparación entre especies indicó porcentajes de P ( $0,20\pm 0,03$  vs  $0,10\pm 0,01$ ) y Mg ( $0,11\pm 0,03$  vs  $0,06\pm 0,01$ ) significativamente mayores en la hojarasca foliar de guadua ( $P<0,05$ ), así como de P en las hojas caulinares del bambú ( $0,18\pm 0,05$  vs  $0,11\pm 0,02\%$ ), pero no hubo diferencias en relación con las otras fracciones y elementos.

En las figuras 1 y 2 se muestran los contenidos de N, P, K, Ca y Mg en la hojarasca de guadua y bambú a lo largo del año. Los valores más altos se corresponden con los picos de caída de hojarasca para cada especie (Marín *et al.*, 2008). Con la guadua los mayores aportes ocurrieron en abril, al final de la sequía, y fueron equivalentes a 16,5; 3,48; 7,60; 13,93 y 1,83 kg.ha<sup>-1</sup>, de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, mientras que para el bambú la mayor movilización de nutrientes del follaje al

were no differences in relation to other fractions and elements.

In figures 1 and 2 are shown the contents of N, P, K, Ca and Mg in guadua and bamboo litterfall during the year. The highest levels correspond to the fallen points of litterfall for each species (Marín *et al.*, 2008). In guadua, the highest contributions occurred in April, at the end of the drought period, and were equivalent to 16.5; 3.48; 7.60; 13.93 and 1.83 kg.ha<sup>-1</sup>, of N, P, K, Ca and Mg, respectively, while for bamboo, the highest mobilization of nutrients from the foliage to the soil through the litterfall had place during the raining period, and reached its highest levels in November, with values of 23.99; 5.20; 11.35; 14.65 and 1.61 kg.ha<sup>-1</sup> for N, P, K, Ca and Mg, respectively.

The comparison of the total annual values (figure 3) indicated contributions of N ( $149.3\pm 14.8$  vs  $65\pm 16.6$  kg.ha<sup>-1</sup>), P ( $25.3\pm 4.2$  vs

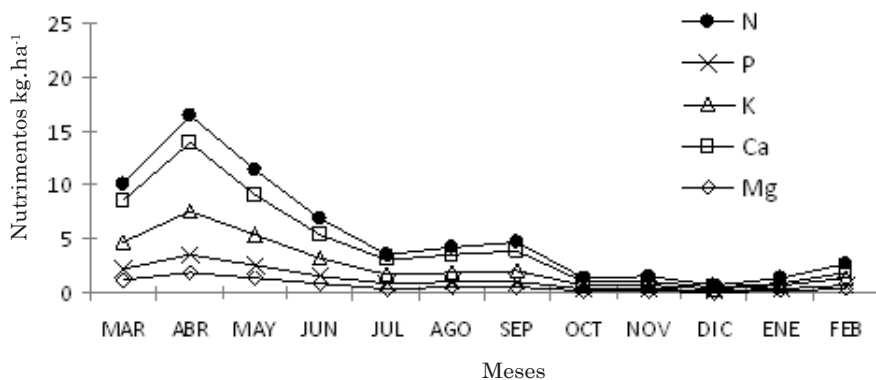
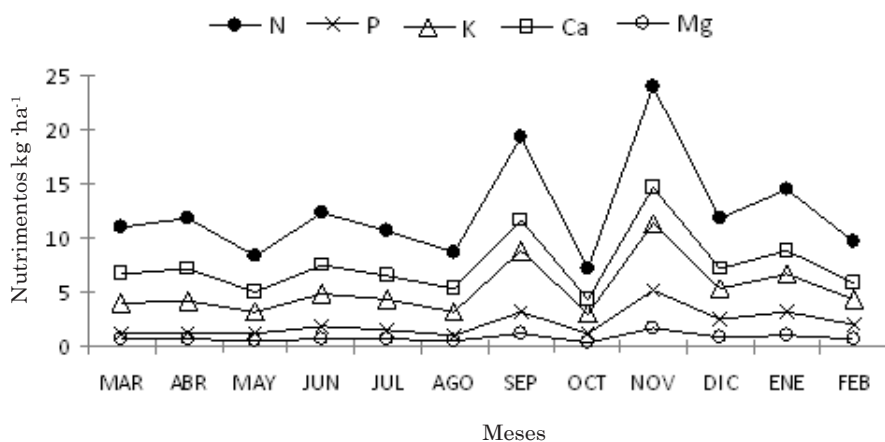


Figura 1. Aporte mensual de N, P, K, Ca y Mg a través de la hojarasca de *Guadua angustifolia*.

Figure 1. Monthly contribution of N, P, K, Ca and Mg through litterfall of *Guadua angustifolia*.



**Figura 2. Aporte mensual de N, P, K, Ca y Mg a través de la hojarasca de *Bambusa vulgaris*.**

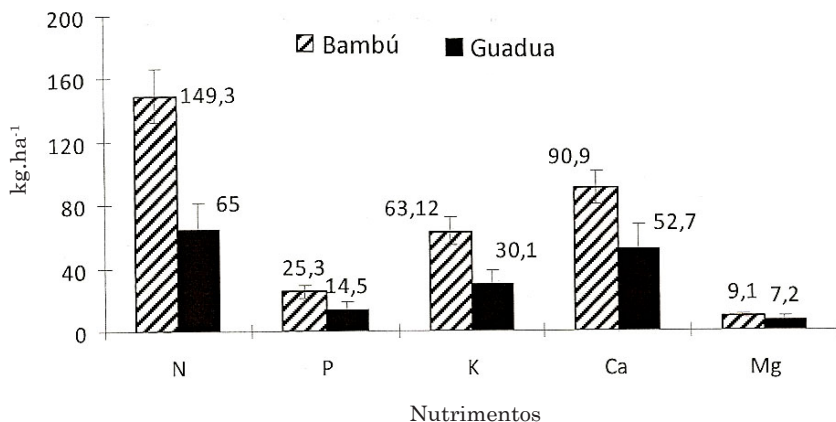
**Figure 2. Monthly contribution of N, P, K, Ca and Mg through litterfall of *Bambusa vulgaris*.**

suelo a través de la hojarasca, tuvo lugar durante la época lluviosa, y alcanzó sus mayores niveles en noviembre, con valores de 23,99; 5,20; 11,35; 14,65 y 1,61 kg·ha<sup>-1</sup> para N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

La comparación de los valores totales anuales (figura 3), indicó aportes de N (149,3±14,8 vs 65±16,6 kg·ha<sup>-1</sup>), P (25,3±4,2 vs 14,5±3,6 kg·ha<sup>-1</sup>), K (63±8,7 vs 30±7,8 kg·ha<sup>-1</sup>) y Ca (91±10 vs 53±7 kg·ha<sup>-1</sup>) significativamente mayores para el bambú ( $P<0,05$ ), aunque no hubo diferencias en cuanto al Mg (9,1±1,2 vs 7,2±1,9 kg·ha<sup>-1</sup>). Estas cifras fueron comparables o mayores que las encontradas por Tripathi y Singh (1995) con *Dendrocalamus strictus* en una sabana seca de India. Los referidos autores reportaron retornos de nutrimentos a través de la hojarasca foliar, del orden de 28-49 kg N·ha<sup>-1</sup>; 1,3 a 2,9 kg P·ha<sup>-1</sup>; 12-32 kg K·ha<sup>-1</sup> y 33-85 kg Ca·ha<sup>-1</sup>. Así mismo,

14.5±3.6 kg·ha<sup>-1</sup>), K (63±8.7 vs 30±7.8 kg·ha<sup>-1</sup>) and Ca (91±10 vs 53±7 kg·ha<sup>-1</sup>) significantly higher for bamboo ( $P<0.05$ ), though there were no differences regarding Mg (9.1±1.2 vs 7.2±1.9 kg·ha<sup>-1</sup>). These numbers were comparable or higher than those found by Tripathi and Singh (1995) with *Dendrocalamus strictus* in a dry savannah in India. The mentioned authors reported nutriment return through the foliar litterfall in the order of 28-49 kg N·ha<sup>-1</sup>; 1.3 to 2.9 kg P·ha<sup>-1</sup>; 12-32 kg K·ha<sup>-1</sup> and 33-85 kg Ca·ha<sup>-1</sup>. Likewise, surpassed or were comparable to the annual numbers of 115, 8, 56 and 22 kg·ha<sup>-1</sup> of N, P, K and Ca, which went back to the soil through the litterfall of *Yushania alpina* in a natural guadua plantation of Etiopia (Embaye *et al.*, 2005), as also were comparable (excepting Mg), with contributions of 130.1; 14; 40.6; 87 and 33.8 kg·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup> of N, P, K, Ca and





**Figura 3. Aporte anual de N, P, K, Ca y Mg a través de la hojarasca de guadua y bambú en San Javier, Yaracuy.**

**Figure 3. Annual contribution of N, P, K, Ca and Mg through litterfall of guadua and bamboo in San Javier, Yaracuy.**

superaron o fueron comparables con las cifras anuales de 115, 8, 56 y 22 kg.ha<sup>-1</sup> de N, P, K y Ca, que regresaron al suelo mediante la hojarasca de *Yushania alpina* en un bambusal natural de Etiopía (Embaye *et al.*, 2005), como también fueron comparables (con excepción del Mg), con los aportes de 130,1; 14; 40,6; 87 y 33,8 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, reportados por Hoang (2001) para la hojarasca del "bambú natural" de Vietnam, *Neohuoa duloa*, en una plantación de 7-10 años.

Por otra parte, en una plantación de *Bambusa bambos* de seis años de edad, Shanmughavel *et al.* (2000), encontraron retornos anuales de 184, 16, 183, 91 y 96 kg.ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca y Mg a través de la hojarasca foliar. Esas cifras fueron en general mayores que las encontradas en el presente trabajo, con excepción de los aportes de P y Ca de la hojarasca de *B. vulgaris*,

Mg, respectivamente, reported by Hoang (2001) for the "natural bamboo" litterfall in Vietnam *Neohuoa duloa*, in a plantation from 7-10 years old.

On the other hand, in a plantation of *Bambusa bambos* of six years old, Shanmughavel *et al.* (2000), found annual returns of 184, 16, 183, 91 and 96 kg.ha<sup>-1</sup> of N, P, K, Ca and Mg through the foliar litterfall. These numbers were generally higher than the found in this research, excepting the contributions of P and Ca of the *B. vulgaris* litterfall that surpassed or equaled, respectively, the cited values for *B. bambos*

#### **Litterfall decomposition**

From January to August of 2007, and during the realization of the litterfall decomposition experiment, the total precipitation was of 730.4 mm, while the evaporation summed 1417.6 mm. The quotient P/E (0.52) resulted slightly inferior to the annual

que superaron e igualaron, respectivamente, los valores citados para *B. bambos*.

### Descomposición de la hojarasca

Entre enero y agosto de 2007, durante la realización del experimento de descomposición de hojarasca, la precipitación total fue de 730,4 mm, mientras que la evaporación sumó 1417,6 mm. El cociente P/E (0,52) resultó ligeramente inferior al promedio anual del lapso 1988-2005 ( $0,67 \pm 0,15$ ) estimado para la zona (Marín *et al.*, 2008), lo cual podría explicarse porque comprendió todo el período seco de enero a marzo, pero no incluyó toda la tem-

average from 1988-2005 ( $0,67 \pm 0,15$ ) estimated for the area (Marín *et al.*, 2008), which can be explained because it worked during all the dry season from January to March, but it did not include the rainy season. Figure 4 illustrates the monthly distribution of rain and evaporation, as well as the minimum, mean and maximum temperatures of the air in intervals, which were of approximately of 22.9; 27.7 and 32.5°C, respectively.

The average litterfall accumulated on the soil resulted to be very similar in both plots with values of  $450 \pm 48 \text{ g.m}^{-2}$  in bamboo and  $434 \pm 62 \text{ g.m}^{-2}$  in guadua. Consequently, since

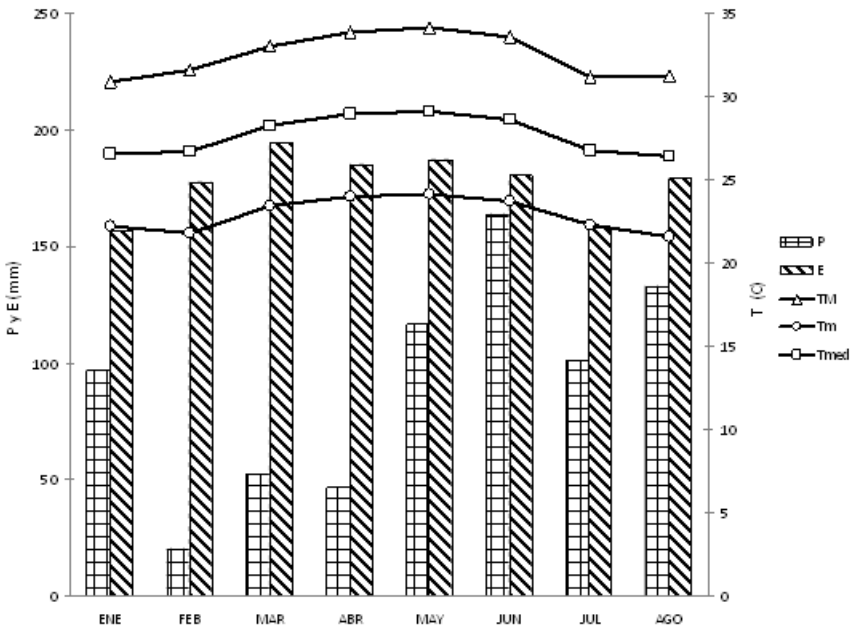


Figura 4. Precipitación, evaporación y temperatura del aire durante el lapso enero – agosto, 2007.

Figure 4. Precipitation, evaporation and air temperature from January -August, 2007.

porada lluviosa. La figura 4 ilustra la distribución mensual de la lluvia y evaporación, así como las temperaturas mínimas, medias y máximas del aire en el intervalo, las cuales promediaron valores de 22,9; 27,7 y 32,5°C, respectivamente.

La hojarasca promedio acumulada sobre el suelo resultó ser muy similar en ambas parcelas, con valores de  $450 \pm 48 \text{ g m}^{-2}$  en la de bambú y  $434 \pm 62 \text{ g m}^{-2}$  en la de guadua. En consecuencia, como la caída anual de hojarasca fue estimada en  $1.767 \text{ g.m}^{-2}.\text{año}^{-1}$  en *B. vulgaris* y  $902 \text{ g.m}^{-2}.\text{año}^{-1}$  en *G. angustifolia* (Marín *et al.*, 2008), las constantes de descomposición respectivas, suponiendo que el sistema se encontraba en estado estacionario, fueron: 3,93 para el bambú y 2,00 para la guadua, cifras que indicaron una alta tasa de recambio de la hojarasca, con descomposición de la misma en un lapso menor a un año (Kellman y Tackaberry, 1997).

En una comparación de tres agroecosistemas con café en el estado Trujillo (con árboles de sombra, con cítricos y a pleno sol), Arellano *et al.* (2004) encontraron valores de la constante de descomposición, comprendidos entre 2,79 y 1,41, que fueron inferiores a los estimados en este estudio para el bambú pero comparables a los de la guadua. En un bosque nublado en Loma de Hierro (estado Aragua), ubicado a 1.355 m.s.n.m. y con temperatura media del aire de 20,2°C, Monedero y González (1995) reportaron un valor de 1,6 para la constante de descomposición, considerado muy bajo para ese tipo de ecosistema, pero explicado por la gran acidez del suelo (pH 3,5) y las bajas temperaturas del aire.

the annual fall of the litterleave was estimated in  $1.767 \text{ g.m}^{-2}.\text{year}^{-1}$  in *B. vulgaris* and  $902 \text{ g.m}^{-2}.\text{year}^{-1}$  in *G. angustifolia* (Marín *et al.*, 2008), the respective decomposition constants, supposing that the system was in a stationary phase, were: 3.93 for bamboo and 2.00 for guadua, numbers that indicated a high rate of litterfall, with a decomposition of itself in less of a year (Kellman and Tackaberry, 1997).

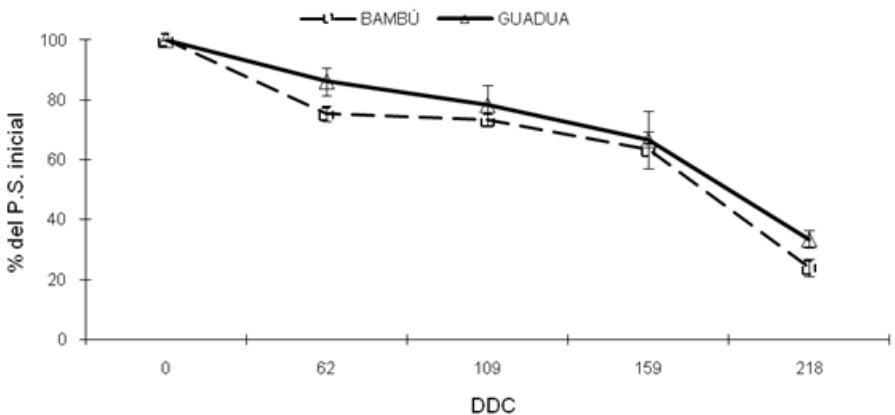
In a comparison of three agroecosystems with coffee in Trujillo state (with shadow trees, with citric and with sun exposure), Arellano *et al.*, (2004) found values of the decomposition constant oscillating 2.79 and 1.41, which were inferior to the estimated in this research for bamboo but comparables to gadua. In a sunny forest in Loma de Hierro (Aragua state), located at 1.355 a.m.s.l and with a mean air temperature of 20.2°C, Monedero and González (1995) reported a value of 1.6 for the decomposition constant, considered very low for this type of ecosystem, but explained by the huge acidity of the soil (pH 3.5) and the low air temperatures.

In general, it is estimated that the decomposition rates in tropical forests are three times higher than in template forests; this corresponds with higher levels of evapo-transpiration, that synthesize the interaction between temperature and precipitation, allowing the potential disappearance of litterfall in less of a year (Molles, 2006), except that other limited factors affect, such as anoxic, low temperatures in the highest areas, or very lignified materials.

En general se estima que en promedio, las tasas de descomposición en bosques tropicales son tres veces mayores que las de bosques templados; ello se corresponde con niveles más altos de evapotranspiración, que sintetizan la interacción entre temperatura y precipitación, y permiten la desaparición potencial de la hojarasca en menos de un año (Molles, 2006), salvo que intervengan otros factores limitantes como la anoxia, las bajas temperaturas en zonas altas, o que se trate de materiales muy lignificados.

La dinámica de la descomposición de hojarasca (figura 5), mostró tendencias similares en las dos especies, con una declinación global de 76% del peso de la necromasa foliar de bambú y 67% de la de guadua, al cabo de 218 días de exposición. Considerándose el coeficien-

The decomposition dynamic of the litterfall (figure 5) showed similar tendencies in both species, with a global declination of 76% of the foliar necromass of bamboo and 67% of guadua, within 218 days of exposure. Considering the determining coefficient ( $R^2$ ) as a comparison criteria for the adjustment of the data, different lineal, quadratic, and exponential models were applied, which expressions are shown on table 2. In all cases, the coefficients resulted higher for bamboo than for guadua, in concordance to the highest declination of the first specie litterfall, during the observations in the field (figure 5). The required time for the disappearance of 95% of the litterfall content in the decomposition bags, according to the equations show in table 2, were 365,



**Figura 5.** Dinámica de la descomposición de la hojarasca foliar en guadua y bambú (P.S: peso seco; DDC: días desde la colocación de las bolsas de descomposición en el campo).

**Figure 5.** Decomposition dynamic of foliar litterfall in guadua and bamboo (P.S: Dried weight; DDC: days after the usage of decomposition bags in the field).

te de determinación ( $R^2$ ) como criterio de comparación del grado de ajuste de los datos, se aplicaron modelos lineales, cuadráticos y exponenciales, cuyas expresiones se muestran en el cuadro 2. En todos los casos los coeficientes resultaron mayores para el bambú que para la guadua, en concordancia con la más alta declinación de la hojarasca de la primera especie, durante el lapso de observaciones de campo (figura 5). Los tiempos requeridos para la desaparición del 95% de la hojarasca contenida en las bolsas de descomposición, de acuerdo con las ecuaciones mostradas en el cuadro 2, fueron: 365, 281 y 749 días para la guadua según los modelos lineal, cuadrático y exponencial negativo, respectivamente, mientras que para el caso del bambú los lapsos fueron: 317, 264 y 599 días, en el mismo orden. Con base en un ajuste lineal del curso de la descomposición, se requieren 365 días para la desaparición del 95% de la hojarasca de guadua y 317 días para la de bambú. La diferencia se asocia con el mayor valor del AFE y concentración de N en las hojas de la última especie.

Cabe destacar que el peor ajuste

281 and 749 days for guadua following the lineal, quadratic and negative exponential models, respectively, while, for bamboo the times were: 317, 264 and 599 days in the same order. Based on a lineal adjustment of the decomposition course, 365 days are required for the disappearance of 95% of guadua litterfall, and 317 days for bamboo. The difference is associated to the highest level of AFE and N concentration in the leaves of the latter specie.

It worth mentioning that the worst adjustment of the field data occurred with the exponential equation ( $R^2$  de 0.80 for guadua and 0.76 in bamboo), which has been the most commonly employed model (Trofymow *et al.*, 2002; Yang *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2008), while the best adjustment was found with the second grade polynomials ( $R^2$  de 0.98 and 0.93 for guadua and bamboo respectively), which are not usual to describe the mulch decomposition. In the latter case, it must be observed that the lineal coefficients resulted to be higher than the quadratic for both species,

## Cuadro 2. Comparación de los modelos lineal, cuadrático y exponencial para la descomposición de la hojarasca de guadua y bambú.

Table 2. Comparison of lineal, quadratic and exponential models for the litterfall decomposition of guadua and bamboo.

Especie	Modelo	Expresión	$R^2$
G. angustifolia	Lineal	$y=-0,26x+100$	0,92
	Cuadrático	$y=0,0027x^2-0,0097x+100$	0,98
	Exponencial negativo	$y=100e^{0,004x}$	0,80
B. vulgaris	Lineal	$y=-0,30x+100$	0,90
	Cuadrático	$y=0,0069x^2-0,1858x+100$	0,93
	Exponencial negativo	$y=100e^{0,005x}$	0,76

de los datos de campo ocurrió con la ecuación exponencial ( $R^2$  de 0,80 para guadua y 0,76 en bambú), que ha sido el modelo más comúnmente empleado (Trofymow *et al.*, 2002; Yang *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2008), mientras que el mejor ajuste se encontró con los polinomios de segundo grado ( $R^2$  de 0,98 y 0,93 para guadua y bambú respectivamente), que no son usuales para describir la descomposición del mantillo. En este último caso debe observarse que los coeficientes lineales resultaron mucho mayores que los cuadráticos, para ambas especies, sugiriendo un mayor aporte de ese componente (cuadro 2).

Dados los resultados de la constante de descomposición analizados antes, que permiten presumir un lapso menor de un año para la descomposición de la hojarasca, los modelos lineal y cuadrático parecen reflejar mejor la realidad experimental que el modelo exponencial negativo. Un ajuste lineal podría sugerir que las condiciones ambientales de alta humedad y temperatura, aunados al buen drenaje del suelo en el sitio de trabajo, determinaron un curso relativamente constante del proceso de descomposición, que no permitió evidenciar distintas dinámicas entre los componentes lábiles y recalitrantes de la hojarasca.

En un estudio sobre la descomposición de hojarasca en cuatro leguminosas perennes típicas en pastizales cubanos, como fueron, *Pueraria phaseoloides*, *Macroptilium atropurpureum*, *Stylosanthes guianensis* y *Desmodium ovalifolium*, Crespo *et al.* (2001) encontraron tendencias lineales en la dinámica de des-

sugesting a higher contribution of this component (table 2)

Due to the results of the decomposition constant analyzed, which allow presuming a period of a year or less for the litterfall decomposition, the lineal and quadratic models seem to reflect better the experimental reality than the negative exponential model. A lineal adjustment may suggest that the environmental conditions of high humidity and temperature, and an adequate drainage of the soil in the field area, determined a relatively constant course of the decomposition process that did not allow to evidence different dynamics between the labile and recalitrant components of the litterfall.

In a research about the decomposition of the litterfall in four legumes typical in Cuban pastures, as *Pueraria phaseoloides*, *Macroptilium atropurpureum*, *Stylosanthes guianensis* and *Desmodium ovalifolium*, Crespo *et al.* (2001) found lineal tendencies in the dynamic of the litterfall disappearance, which required 210 days in the first species and 180 in the two second species. Likewise, Monedero and González (1995), proposed as an employment alternative a lineal model towards the inconsistency of the exponential, on his research done at the forest "Loma de Hierro".

Comparing the foliar litterfall decomposition of *Phyllostachys pubescens* (Bambusaceae) in three locations of China, Fu *et al.* (1988) found higher rates in Lianjiang, in the southeast of the country, where the constant temperatures and good water

aparición de la hojarasca, la cual requirió 210 días en las dos primeras especies y 180 en las dos segundas. De igual forma, Monedero y González (1995), propusieron como alternativa el empleo de un modelo lineal ante la inconsistencia del exponencial, en su trabajo de la selva nublada de Loma de Hierro.

En una comparación de la descomposición de hojarasca foliar de *Phyllostachys pubescens* (Bambusaceae) en tres localidades de China, Fu *et al.* (1988) encontraron mayores tasas en Lianjiang, al sureste del país, donde las temperaturas constantes y buena disponibilidad hídrica favorecieron el crecimiento de las poblaciones de microorganismos descomponedores. Al respecto, conviene recordar que en San Javier las temperaturas no sólo son poco variables sino también altas, y que la distribución de las lluvias garantiza un nivel adecuado de humedad en el suelo a lo largo del año (figura 4), preservado por la capa de hojarasca que actuó como tamo; así mismo, durante el retiro de las bolsas de descomposición se observaron regularmente organismos que participaron en el proceso de descomposición como lombrices, hongos y hormigas. En plantaciones de *G. angustifolia* del Departamento de Caldas en Colombia, ubicados en diferentes pisos térmicos, Toro (1986), encontró como más representativos de los mesoartópodos asociados a la hojarasca, a los grupos: Formicidae, Diplópoda, Collémbola, Arácnida, Pseudoscorpiónida e Isópoda.

La carencia de información sobre las especies objeto de estudio en cuanto a la descomposición de hojarasca,

availability favored the population growth of decomposition microorganisms. On this matter, it worth mentioning that in San Javier the temperatures not only vary but are also high, and the precipitation distribution guaranty an adequate humidity level in the soil throughout the year (figure 4), preserved by the litterfall shell that acted as a straw; likewise, when the decomposition bags were removed, organisms were observed regularly, which participated in the decomposition process, such as worms, fungi and ants. In plantations of *G. angustifolia* of the Caldas Department in Colombia, located in different thermal floors, Toro (1986) found as more representative the mesoarthropods associated to the litterfall to the groups: formicidae, diplopoda, collembolan, arachnid, pseudoscorpion and isopod.

The lack of information about the species under study regarding the litterfall decomposition, did not allow to compare more adequately these results, however, these could be compared to those of others species of the same of different group of plants. In a revision of experiments done in forestall plantations in Vietnam, Hoang (2001) affirmed a decomposition of 70% of the initial material *Neohuoa duloa* content in bags after 112 days of incubation. In India, Singh and Singh (1999) reported more than 1000 days for the dissapearence of 95% of foliar litterfall of bamboo *Dendrocalamus strictus*, growing in established plantations on abandoned mine lands of carbon.

In India, as well, Singh *et al.* (1999) compared the litterfall

impidió hacer una comparación más adecuada de estos resultados, los cuales sin embargo pudieron ser cotejados con los obtenidos con otras especies del mismo u otros grupos de plantas. En una revisión de experimentos efectuados en plantaciones forestales de Vietnam, Hoang (2001) señaló una descomposición de 70% del material inicial de *Neohuoa duloa* contenido en las bolsas, después de 112 días de incubación. En la India, Singh y Singh (1999) reportaron más de 1000 días para la desaparición del 95% de la hojarasca foliar del bambú *Dendrocalamus strictus*, creciendo en plantaciones establecidas sobre terrenos de minas de carbón abandonadas.

También en la India, Singh *et al.* (1999) compararon la descomposición de hojarasca de dos especies arbóreas de crecimiento rápido con dos de crecimiento lento, encontrando mayores tasas de pérdida de masa foliar en las primeras: 73% en *Azadirachta indica* (Nim) y 69% en *Dalbergia sissoo*, en comparación con las segundas (59% en *Pongamia pinnata* y 47% en *Shorea robusta*), sobre una base anual. Como se notará, los porcentajes de desaparición de la hojarasca de *B. vulgaris* y *G. angustifolia* estimados en este trabajo luego de 218 días de incubación de las bolsas en el campo, fueron comparables con los de las especies con mayor tasa de descomposición antes mencionadas.

Puesto que bajo las mismas condiciones climáticas, como es el caso en el presente estudio, diferentes tasas de descomposición deberían depender fundamentalmente de las características intrínsecas del material en estudio, se analizaron los resultados en función de

decomposición de two arboreal species of fast growth with two of slow growth, finding higher rates of foliar mass lost in the first mentioned: 73% in *Azadirachta indica* (Nim) and 69% in *Dalbergia sissoo*, in comparison to the second (59% in *Pongamia pinnata* and 47% in *Shorea robusta*), on an annual basis. As noted, the disappearance percentages of the *B. vulgaris* and *G. angustifolia* litterfall estimated in this research after 218 days of incubation in field bags were compatibles to the species with the highest decomposition rate previously mentioned.

The results in function of the two indicators of the litterfall quality, as AFE and the N concentration in the just fallen litterfall, were analyzed, since under the same environmental conditions, as in the case of this research, different decomposition rates should mainly depend in the intrinsic characteristics of the material under study. In relation to the first variable that expresses density and thickness of leaves, there was an inverse correlation in the required times for the litterfall decomposition of guadua and bamboo (higher in the first specie with any employed model), with average AFE values:  $253 \pm 39 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  in bamboo and  $176 \pm 19 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  in guadua ( $P < 0.01$ )

In a comparison of the litterfall mixed with different species of the genre *Capparis* (with sclerophyllous leaves and AFE values from 66 to  $150 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ), with *Gyrocarpus americanus* (mesophilic leaves, AFE:  $299 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ), in a deciduous forest in Maracay, Riera (1991) found a decomposition rate four times higher than in the last specie, based on a negative exponential model.



dos indicadores de la calidad de la hojarasca, como son el AFE y la concentración de N en hojarasca recién caída. En relación con la primera variable, que expresa la densidad y grosor de las hojas, hubo correlación inversa entre los tiempos requeridos para la descomposición de la hojarasca de guadua y bambú (mayor en la primera especie con cualquiera de los modelos empleados), con los valores promedio del AFE:  $253 \pm 39 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  en bambú y  $176 \pm 19 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  en guadua ( $P < 0,01$ ).

En una comparación de la desaparición de hojarasca mezclada de varias especies del género *Capparis*, (con hojas esclerófilas y valores de AFE entre 66 y  $150 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ), con la de *Gyrocarpus americanus* (hojas mesófilas, AFE:  $299 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ), en un bosque decíduo de Maracay, Riera (1991) encontró una tasa de descomposición cuatro veces mayor en la última especie, con base en un modelo exponencial negativo.

Correspondencias similares entre las tasas de descomposición, AFE y presencia de tejidos esclerenquimáticos, fueron encontradas por Marín *et al.* (1999) en un estudio comparativo de la descomposición de hojarasca en dos especies dominantes de los bosques inundables conocidos localmente como "congriales" en el sur del estado Guárico.

Así mismo, en Chile, en una comparación de la descomposición de hojarasca de *Pinus radiata*, *Nothofagus obliqua*, *Peumus boldus* y *Cryptocarya alba*, bajo diferentes condiciones ambientales y al cabo de dos y seis meses de incubación, Lusk *et al.* (2001), encontraron correlación entre la pérdida de masa de la hojarasca

Similar correspondencia among the decomposition rates, AFE and the presence of sclerenchymatic tissues, were found by Marín *et al.* (1999) in a comparative study of the litterfall decomposition in two dominant species of flood forests, locally known as "congriales" in the south of Guárico.

Likewise, in Chile, in a comparison of the litterfall decomposition of *Pinus radiata*, *Nothofagus obliqua*, *Peumus boldus* y *Cryptocarya alba*, under different environmental conditions, and within two to six months of incubation, Lusk *et al.* (2001), found correlations among the mass lost of the litterfall with the AFE values, but not with the N concentration within 6 months of incubation.

The results of this investigation in terms of the required times for the litterfall decomposition (guadua > bambú), agreed inversely with those N concentrations in the just fallen litterfall: 1.12 vs 0.70% ( $P < 0.05$ ) in bamboo and guadua, respectively. Such discrepancies regarding the correlations of different factors that influence in the litterfall decomposition just highlight the multifactor character of itself, with variable proportions according to the interactions between factors on a determined climatic area.

In a research about the global decomposition pattern, Zhang *et al.* (2008) concluded that in general, the velocity of the process decreases with the latitude and the lignin content in the litterfall, and increases with temperature, precipitation and nutrients content (total and quotient C/N), though none of these factors by

con los valores del AFE, pero no con la concentración de N, al cabo de seis meses de incubación.

En cambio, los resultados de esta investigación en términos de los tiempos requeridos para la descomposición de la hojarasca (guadua > bambú), concordaron de manera inversa con las concentraciones de N en la hojarasca recién caída: 1,12 *vs* 0,70% ( $P < 0,05$ ) en bambú y guadua, respectivamente. Tales discrepancias en cuanto a correlaciones de distintos factores que intervienen en el proceso de descomposición de la hojarasca, sólo destacan el carácter multifactorial del mismo, con proporciones variables según las interacciones entre los factores, en un marco climático determinado.

En un estudio sobre los patrones globales de la descomposición, Zhang *et al.* (2008) concluyeron que en general, la velocidad de proceso decrece con la latitud y el contenido de lignina en la hojarasca, y aumenta con la temperatura, precipitación y contenido de nutrimentos (total y cociente C/N), aunque ninguno de esos factores por sí solo puede explicar la dinámica de la mineralización.

## Conclusiones

Los aportes de N, P, K y Ca mediante la caída anual de hojarasca de *Bambusa vulgaris* en San Javier fueron significativamente mayores ( $P < 0,05$ ) que los correspondientes a *Guadua angustifolia*, para los mismos elementos y en el mismo orden. No hubo diferencia significativa en relación con el Mg en bambú y guadua.

En relación con las concentraciones de nutrimentos en distintas frac-

tions themselves can explain the dynamic of mineralization.

## Conclusions

The contributions of N, P, K and Ca though the annual litterfall of *Bambusa vulgaris* in San Javier, were significant higher ( $P < 0.05$ ) than the correspondent to *Guadua angustifolia*, for the same elements and the same order, There were not significant differences in relation to Mg in bamboo and guadua.

In relation to the nutriments concentrations un different litterfall fractions, none statistical significant differences were found for N ( $P > 0.05$ ) in leaves, stems, and stem leaves of guadua, while with P, Ca and Mg, the highest concentrations corresponded to the foliar component of the litterfall. In bamboo, there was not significant difference in levels of P, K and Ca among fractions, while with N and Mg the highest concentration was located in the leaves.

The nutriments comparison among species indicated percentages of P and Mg significantly higher in the foliar litterfall of guadua ( $P < 0,05$ ), as well as P in stem leaves of bamboo, but there were not significant statistical differences in relation to others fractions and elements.

The decomposition dynamic of the litterfall showed similar tendencies in both species, with a declination of 76% of the initial weight in the foliar litterfall of bamboo, and 67% in guadua, after 218 of initiated the rehearsal.

*End of english version*

ciones de la hojarasca, no se encontró diferencia estadísticamente significativa para el N ( $P>0,05$ ) en hojas, tallos y hojas caulinares de la guadua, mientras que con P, Ca y Mg las mayores concentraciones correspondieron al componente foliar de la hojarasca. En el bambú no hubo diferencia significativa en los niveles de P, K y Ca entre las fracciones, mientras que con N y Mg la mayor concentración se localizó en las hojas.

La comparación de nutrimentos entre especies indicó porcentajes de P y Mg significativamente mayores en la hojarasca foliar de guadua ( $P<0,05$ ), así como de P en las hojas caulinares del bambú, pero no hubo diferencias estadísticamente significativas en relación con las otras fracciones y elementos.

La dinámica de la descomposición de hojarasca mostró tendencias similares en las dos especies, con una declinación de 76% del peso inicial en la hojarasca foliar del bambú y 67% en la de guadua, al cabo de 218 días del inicio del ensayo.

## Literatura citada

Álvarez, S., G. Sánchez R., I. Sánchez G. y J. González. 1992. Métodos para el estudio de la productividad primaria y la descomposición en comunidades terrestres. Serie de Ecología. Los pequeños manuales 3. Facultad de Ciencias UNAM, México, 52 p.

Arellano, R., J. Paolini, L. Vásquez y E. Mora. 2004. Producción y descomposición de la hojarasca en tres agroecosistemas de café en el estado Trujillo, Venezuela. Revista Forestal Venezolana 48(1):7-14.

Crespo, G., J. Ortiz, A.A. Pérez y S. Fraga. 2001. Tasas de acumulación, descomposición y NPK liberados por

la hojarasca de leguminosas perennes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Tomo 35 No. 1:39-44.

Embaye, K., M. Weih, S. Ledin, L. Christersson. 2005. Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. Forest ecology and management 204(2-3):159-169

Fu, M., M. Fang y J. Xie. 1988. Leaf-litter and its Decomposition in Bamboo Timber Stands. En: Bamboos Current Research. Proceedings of the International Bamboo Workshop held in Cochin, India from 14-18 November 1988, pp. 18-23.

Hoang, V.A. 2001. Litter fall and organic matter decomposition in Vietnam: Review in forestry sector. Long term ecological research conference. Taiwan. Disponible en: [http://www.rcfee.org.vn/en/images/stories/Publication/review\\_lter.pdf](http://www.rcfee.org.vn/en/images/stories/Publication/review_lter.pdf). Consultado el 05/09/08.

Kellman, M. y R. Tackaberry. 1997. Tropical environments. The functioning and management of tropical ecosystems. Routledge. London and New York. 380 p.

Lusk, C., C. Donoso, M. Jiménez, C. Moya, G. Oyarce, R. Reinoso, A. Saldaña, P. Villegas y F. Matus. 2001. Descomposición de hojarasca de *Pinus radiata* y tres especies arbóreas nativas. Revista Chilena de Historia Natural 74 (3): 705-710.

Marín, D. y L. Hernández. 1998. Ecología de los congriales de la Estación Experimental Nicolásito (Santa Rita, estado Guárico, Venezuela). III. Caída y descomposición de hojarasca en *Sweetia nitens* (Vog.) Benth. (congrío) y *Caraipa llanorum* Cuatrec. (saladillo). Memoria. Soc. Cien. Nat. La Salle. 150:41-57.

Marín Ch., D., Y. Guédez y L. Márquez de Hernández. 2008. Las plantaciones de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) y bambú (*Bambusa vulgaris* Wendland) de San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. I. Aspectos climáticos y caída de hojarasca. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 25:261-285.

- Molles, M. 2006. Ecología. Conceptos y aplicaciones. McGraw-Hill-Interamericana. Madrid. 671 p.
- Monedero, C. y V. González. 1995. Producción de hojarasca y descomposición en una selva nublada del ramal interior de la Cordillera de La Costa, Venezuela. *Ecotropicos* 8(1-2):1-14.
- Nye, P. 1961. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forests. *Plant and soil*. XIII(4): 333-345.
- Palm, C. A. y P.A. Sánchez. 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. *Biotropica* 22(4):330-338.
- Riera, V. 1991. Fenología de las especies más importantes y dinámica del compartimiento de hojarasca en la selva decidua del Jardín Botánico Universitario de Maracay. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía UCV. Maracay. 61 p.
- Shanmughavel, P. y T. Muthukumar. 2000. Litter Production and Nutrient Return in *Bambusa bambos* Plantation. *Journal of Sustainable Forestry*. 11(3):71-82.
- Singh, A.N. y J. S. Singh. 1999. Biomass, net primary production and impact of bamboo plantation on soil redevelopment in a dry tropical region. *Forest Ecology and Management*. 19(1-3):195-207.
- Singh, K.P., P.K. Singh y S.K. Tripathi. 1999. Litterfall, litter decomposition and nutrient release patterns in four native tree species raised on coal mine spoil at Singrauli, India. *Biol. Fertil. Soils* 29:371-378.
- Toro, D. 1986. Comparación de los mesoartropodos de la hojarasca asociados a la comunidad natural de la gramínea arbórea *Guadua angustifolia* Kunth, en el Departamento de Caldas. Trabajo de Grado (Magister en Biología). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 99 p.
- Tripathi, S. y K. Singh. 1995. Litter Dynamics of Recently Harvested and Mature Bamboo Savannas in a Dry Tropical Region in India. *Journal of Tropical Ecology* 11(3):403-417.
- Trofymow, J.A., T.R. Moore, B. Titus, C. Prescott, I. Morrison, M. Siltanen, S. Smith, J. Fyles, R. Wein, C. Camiré, L. Duchesne, L. Kozak, M. Kranabetter y S. Visser. 2002. Rates of litter decomposition over 6 years in Canadian forest: influence of litter quality and climate. *Can. J. For. Res.* 32:789-804.
- Yang, Y.S., J.F. Guo, G.S. Chen, J.S. Xie, L.P. Cai y P. Lin. 2004. Litterfall, nutrient return, and leaf-litter decomposition in four plantations compared with a natural forest in subtropical China. *Ann. For. Sci.* 61:465-476.
- Zhang, D., D. Hui, I. Luo y G. Zhou. 2008. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology* 1(2):85-93.