

## CAIDA DE HOJARASCA Y TASAS DE DESCOMPOSICIÓN DE LAS HOJAS DE *Vochysia guatemalensis* EN UNA PLANTACIÓN DE 10 AÑOS, TABARCIA DE MORA, COSTA RICA

José Fco. Di Stefano<sup>1/</sup>\*, Luis A. Fournier (QPD)\*

**Palabras clave:** monocultivo, hojarasca, descomposición, *Vochysia guatemalensis*.

**Keywords:** monoculture, litterfall, decomposition, *Vochysia guatemalensis*.

Recibido: 24/08/04

Aceptado: 09/11/04

### RESUMEN

Para facilitar la comprensión del ciclaje de nutrientes dentro de una plantación forestal de *Vochysia guatemalensis* con 10 años, se determinó la caída de hojarasca y la tasa de descomposición de hojas durante un año. Para la caída de hojarasca, se distribuyó al azar trampas rectangulares de 0,71 m<sup>2</sup> con cedazo plástico de 1,5x1,5 mm; el material fue recogido mensualmente. Para la descomposición, se colocó bolsas de 0,4 m<sup>2</sup> de cedazo metálico de 1,5x1,5 mm, con 8 g (peso seco) de hojas maduras, sobre el suelo limpio de hojarasca, en el centro de 19 parcelas a las cuales se les había aplicado diferentes tratamientos de fertilización con P y NPK. Cada 15 días durante los primeros 2 meses, y luego cada mes por 15 meses, se extrajo una bolsa de cada una de las parcelas para determinar su peso seco. Se colectó un total de 750 g m<sup>-2</sup> peso seco de hojarasca. La tasa más alta de caída del material se observó durante la época seca entre diciembre y abril. La parte reproductiva presentó 2 picos de caída: uno en mayo compuesto principalmente de flores, y el otro con frutos y semillas en octubre-noviembre. Durante los primeros 2 meses ocurrió una tasa de descomposición relativamente alta, habiéndose perdido alrededor del 40% del material inicial. Posteriormente, la tasa declinó y a los 15 meses todavía quedaba en promedio el 39%. No se encontró diferencias estadísticas entre los

### ABSTRACT

**Litterfall and decomposition rates of *Vochysia guatemalensis* leaves in a 10 year-old plantation, Tabarcia de Mora, Costa Rica.** For a better understanding of the nutrient cycling in a 10 year-old *Vochysia guatemalensis* plantation, a study was carried on to determine the rate of litterfall and leaf decomposition during one year. For the litterfall, plastic screen traps (1.5x1.5 mm) of 0.71 m<sup>2</sup> were randomly distributed in the plantation. The material was collected monthly. For decomposition, 0.4 m<sup>2</sup> metal screen bags (1.5x1.5 mm) containing 8 g of mature dry leaves were placed on soil free of debris, and partially covered with litterfall, in the middle of 19 plots. Plots had different treatments of NPK and P fertilization. The first 2 months, a bag was taken from each plot every 15 days; afterwards, a bag was collected every month. A total of 750 g m<sup>-2</sup> of dry weight of litterfall was collected, mainly composed of leaves and branches of *Vochysia*. The highest rate was observed during the dry season between December and April. For the reproductive material 2 peaks occurred: one composed mainly of flowers in May and another with fruits and seeds in October-November. During the first 2 months, a relatively high decomposition rate occurred, with approximately 40% less weight compared with the initial value. Later, the rate decreased significantly. By the end of the 15 months, an

1/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: jdistefa@cariari.ucr.ac.cr

\* Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

tratamientos de fertilización. La acumulación de hojarasca en el suelo se ha visto como una herramienta positiva de manejo, dado que se reduce la posibilidad de pérdida de nutrientes por lixiviación y se produce una mayor protección del suelo contra la erosión.

## INTRODUCCIÓN

En las plantaciones de rápido crecimiento de rotaciones cortas es fundamental mantener los niveles de fertilidad del suelo, especialmente en aquellos pobres en nutrientes o degradados por prácticas de manejo inapropiadas (Montagnini 2000). Como punto de partida, se requiere conocer los patrones de circulación de los principales nutrientes empezando por investigar procesos básicos como la caída de hojarasca y sus tasas de descomposición.

Sin embargo, este tipo de estudios no siempre están disponibles en nuestras regiones tropicales. En Costa Rica, donde existe una alta diversidad de especies nativas y de condiciones edáficas y climáticas, no es adecuado realizar extrapolaciones con base en datos de pocas plantaciones. Además, se debe considerar el efecto de las diferentes prácticas de manejo sobre la calidad y cantidad de hojarasca que llega al suelo, los factores abióticos que prevalecen en el sotobosque, y sobre los descomponedores. En conjunto estos elementos van a afectar las tasas de descomposición de la plantación y el ciclaje de los nutrientes de estos ecosistemas. Por lo tanto, se debe hacer un esfuerzo por establecer programas de investigación que faciliten la elaboración de una base de datos donde se incluya la mayor cantidad de sitios y especies posible, para proponer así estrategias de manejo en el corto, mediano y largo plazo.

*Vochysia guatemalensis* es considerada como una especie forestal muy promisoriosa. Como lo indican Montagnini (2000) y Di Stefano y Fournier (1994, 1998), presenta fustes rectos, tasas de crecimiento en altura de 1-1,5 m año<sup>-1</sup>, y autopoda. Durante los primeros años logra acumular grandes cantidades de biomasa la

average of 39% of the original amount was still present. No statistically differences were detected among the fertilized plots. The accumulation of litter on the forest floor, has been regarded as a positive management tool, because it reduces the possibility of nutrient leaching and soil erosion.

cual no solo fija CO<sub>2</sub>, sino que facilita el almacenamiento de los nutrientes del ecosistema. Montagnini (2000) encontró que en monocultivos con esta especie, las concentraciones de P, K y Ca se redujeron en el suelo después de 5 años, con una correspondiente acumulación de estos y otros nutrientes en la biomasa, especialmente en el tronco.

Los objetivos de la presente investigación fueron determinar la caída de hojarasca y la tasa de descomposición de hojas de *V. guatemalensis* por tratamiento de fertilización en una plantación de 10 años en Tabarcia de Mora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Plantación

La plantación, ubicada en Tabarcia de Mora a 750 msnm en la zona de vida del premontano muy húmedo (*sensu* Holdridge), presenta una temperatura promedio anual de 20,3°C y una precipitación total de 2600 mm, la cual cae principalmente entre mayo y noviembre (Chinchilla 1987). La plantación tenía aproximadamente 10 años de establecida en suelos que antes habían sido sembrados con café. Los árboles sembrados a 4x4 m presentaban una altura y DAP (diámetro a la altura del pecho, 1,4 m) promedio de 20 m y 22 cm, respectivamente.

En el proyecto original se demarcaron 24 parcelas de 8x10 m a las que se les aplicó al azar, uno de los siguientes tratamientos en un arreglo factorial (Di Stefano y Fournier 1994):

1. Fertilización con NPK anualmente entre 50 y 200 g árbol<sup>-1</sup> durante los primeros 6

- años de establecida la plantación, aplicada al voleo.
2. Fertilización con P al hueco, solo una vez durante la siembra (50 g planta<sup>-1</sup>).
  3. Combinación de los factores anteriores.
  4. Parcelas sin fertilización.

Además de la fertilización, durante los primeros 2-3 años se realizaron al menos 2 limpias año<sup>-1</sup>, y se aplicó Mirex<sup>®</sup> para controlar las zompopas. A los 4 años, se raleó la plantación para reducir a la mitad la densidad de árboles por parcela. Posteriormente, el manejo fue mínimo.

Debido a que varias de las parcelas presentaban una densidad menor de plantas y aperturas del dosel muy amplias, que hacía que las condiciones microambientales fueran diferentes al resto, el estudio se realizó en 19 parcelas.

### Hojarasca

Para la estimación de la cantidad de hojarasca se colocó 10 trampas rectangulares de 0,71 m<sup>2</sup> con cedazo plástico de 1,5x1,5 mm, con una altura de 10 cm para reducir la posibilidad de que el agua se acumulara en las mismas. Estas se ubicaron al azar en el centro de la parcela, y fueron colocadas horizontalmente con respecto al dosel.

Cada mes a partir de agosto del 2002, y por un año, se recolectó todo el material que caía en las trampas, separándolas en hojas, ramas, flores y frutos pertenecientes a *Vochysia*, y en una clase aparte, el material correspondiente a otras especies que crecen naturalmente en el sotobosque. El material se secó a 60°C hasta peso constante en una estufa del laboratorio de Ecofisiología y Ecología de la Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

### Descomposición

Catorce bolsas de 20x20 cm (0,4 m<sup>2</sup>) de cedazo metálico de 1,5x1,5 mm, fueron colocadas sobre el suelo limpio de hojarasca, en el centro de 19 parcelas. Se usó dicha apertura para facilitar la entrada de un mayor número de organismos

descomponedores y para facilitar el drenaje de agua de las bolsas. Estas se cubrieron con una capa de hojarasca de la misma plantación. Al final del proyecto, las bolsas no mostraban signos de oxidación ni otro tipo de daños.

Cada bolsa contenía el equivalente de 8 g ( $\pm 0,1$  g peso seco al horno a 60°C) de hojas maduras completas secadas al aire por 15 días bajo sombra. Estas se arrancaron de ramas bajas (altura máxima de 4 m) de varios árboles (principalmente del borde debido a que los individuos internos tenían ramas muy altas) dentro de la plantación. Las hojas no se colectaron del suelo puesto que no se conocía el momento en que habían caído. Al respecto, se trató de seguir la metodología propuesta por Montagnini *et al.* (1991, 1993) para facilitar la comparación de los resultados de 2 sitios diferentes del país, excepto en lo que respecta a la apertura del cedazo (el cual se aproximó a las bolsas usadas en uno de los tratamientos de Villela y Proctor 2002).

A partir de julio del 2001, se colectó al azar, una de las bolsas en cada una de las parcelas, cada 15 días durante los primeros 2 meses, y luego cada mes, para un tiempo total de 1 año y 3 meses. Manualmente se separó la "contaminación" por suelo, raíces, insectos, y otro material foráneo. Luego se secaron a 60°C hasta peso constante en un horno convencional.

### Análisis estadístico

Para la caída de hojarasca, se procedió a realizar descripciones estadísticas simples (promedio, desviación estándar, y coeficiente de variación) utilizando el programa SYSTAT 10<sup>®</sup>. Para los datos de descomposición, se utilizó un modelo estadístico para un diseño totalmente al azar con un arreglo factorial con 2 factores y 2 niveles para cada factor, con 5 repeticiones para cada tratamiento de fertilización, excepto para P-NPK (n=4). Para este último caso, se realizó un ANDEVA de 2 vías y una prueba de comparación múltiple de medias *post hoc* de Bonferroni (solo si ocurrían diferencias  $P < 0,05$  entre los niveles de los factores analizados) con el programa

SigmaStat 2.03® (este ejecuta automáticamente las pruebas de normalidad de los datos y homogeneidad de la varianza). Además, se utilizó el programa SigmaPlot 2000® para estimar el modelo de regresión exponencial de mejor ajuste para los datos de descomposición.

## RESULTADOS

### Hojarasca

La mayor cantidad de hojas de *Vochysia* se colectó en la época más seca y ventosa para la zona de Tabarcia, con un tasa promedio máxima de 30 g m<sup>-2</sup>semana<sup>-1</sup> de PS durante febrero (Figura 1). Le

siguió la caída de ramas en abril, con aproximadamente 20 g (PS) m<sup>-2</sup>semana<sup>-1</sup> (Figura 1).

Se presentaron 2 picos de caída con respecto a las porciones reproductivas: uno durante octubre-noviembre, en el cual se recolectó fundamentalmente frutos y semillas maduras, y un segundo pico en mayo, donde el material estaba constituido por flores y frutos inmaduros (Figura 1).

La mayor variabilidad espacial se observó en la cantidad de ramas y en las partes reproductivas. Esto se debió a que no era frecuente encontrar ramas en las trampas, pero cuando caían, modificaban rápidamente los datos. En cuanto a la producción de partes reproductivas, la variabilidad se debió a que la plantación es relativamente joven, por lo que muchos de los individuos de la plantación todavía no habían alcanzado esa fase fenológica.

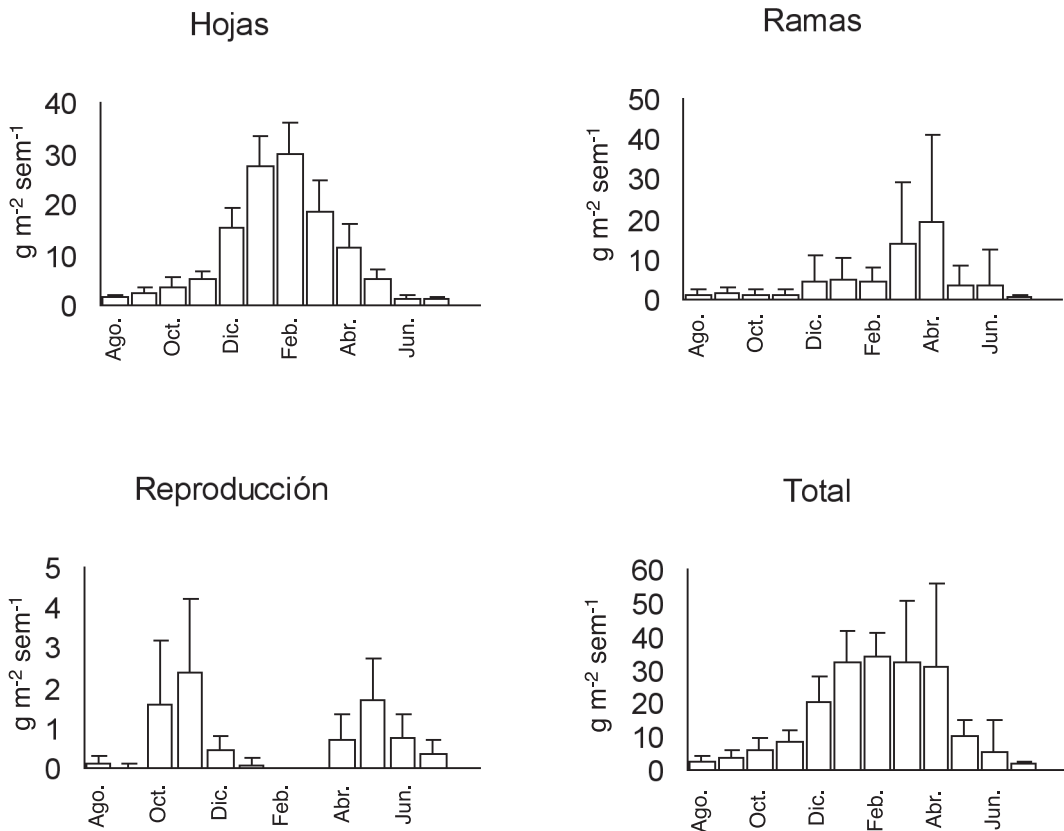


Fig. 1. Tasa semanal (sem) promedio de caída de hojarasca (+1 desviación estándar) de *V. guatemalensis* en una plantación de 10 años en Tabarcia de Mora, 2002-2003.

En las mismas canastas también se recolectó material de otras plantas que crecían en el sotobosque (Figura 2). Las mayores cantidades se determinaron de diciembre a abril, lográndose una tasa máxima promedio de 9 g (PS) m<sup>-2</sup> semana<sup>-1</sup>. Sin embargo, las hojas de *Vochysia* representaron el mayor componente del total de la hojarasca recolectada, con un 51%, seguido por el de sus ramas con un 25% (Figura 3). El sector de “otros” representó el 21%.

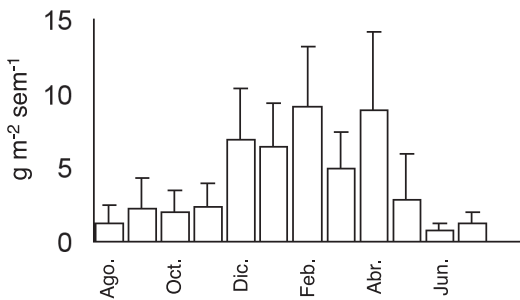


Fig. 2. Tasa semanal (sem) promedio de caída de hojarasca (+1 desviación estándar) de otras plantas del sotobosque en una plantación de *V. guatemalensis* de 10 años en Tabarcia de Mora. 2002-2003.

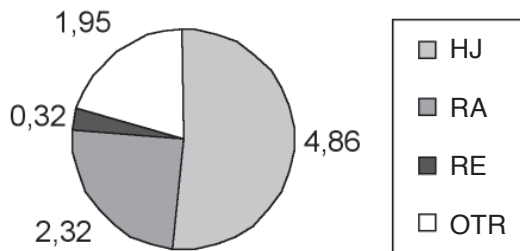


Fig. 3. Producción total de hojarasca recolectada durante un año (t ha<sup>-1</sup>) para cada uno de los componentes analizados (HJ= hojas; RA= ramas; RE= flores, frutos y semillas; OTR= otras especies diferentes de *Vochysia*), en una plantación de *V. guatemalensis* de 10 años en Tabarcia de Mora. 2002-2003.

## Descomposición

La figura 4 muestra la disminución en el peso seco de las muestras de las hojas a través del tiempo.

El modelo exponencial decreciente de mejor ajuste fue el siguiente:

$$y=3,24+4,54 e^{-0,454k}$$

donde k es la tasa de descomposición, con un R<sup>2</sup> de 0,96 y una P<0,001 para cada una de las constantes estimadas. Como es característico en los procesos de descomposición, se observa una fuerte pérdida de peso durante los primeros meses, seguidos por un periodo de muy lenta descomposición. Se presentó una variabilidad relativamente alta entre las repeticiones, la cual tendió a aumentar con el tiempo.

Al final de la colecta (noviembre 2002, 15,5 meses después), y a pesar que las hojas se observaban muy deterioradas, las bolsas todavía contenían aproximadamente el 39% material original de *Vochysia* (parte de este peso pudo ser el resultado de la “contaminación” por suelo facilitado por la apertura del cedazo utilizado, aunque siempre se trató de eliminar el máximo de este).

Cuando se comparó la cantidad de hojarasca a través de los tratamientos al final de la investigación (Figura 5), se encontró que aquellas bolsas colectadas en las parcelas fertilizadas con P tendieron a ser las menos pesadas. Sin embargo las diferencias no fueron estadísticamente significativas (P=0,89).

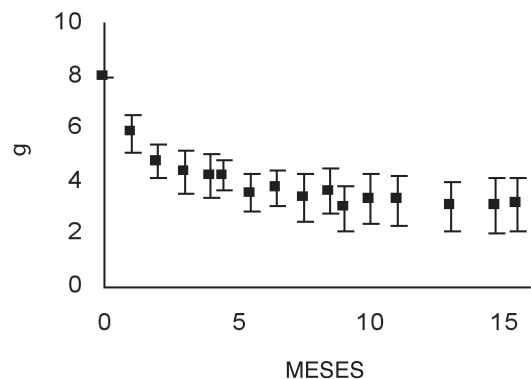


Fig. 4. Peso seco remanente de hojas maduras colectadas en una plantación de *V. guatemalensis* de 10 años en Tabarcia de Mora, independientemente del tratamiento de fertilización. Julio 2001- Noviembre 2002.

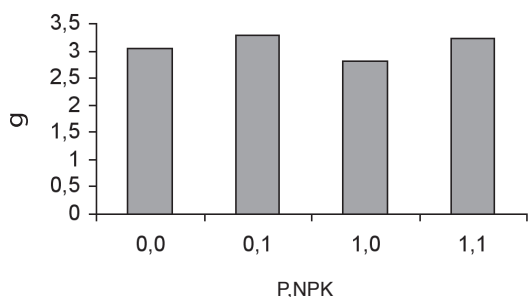


Fig. 5. Cantidad promedio de hojas (peso seco) presente en diferentes tratamientos (0=sin fertilizante; 1=con fertilizante), en una plantación de *V. guatemalensis* de 10 años en Tabarcia de Mora. Noviembre del 2002.

## DISCUSIÓN

La caída de hojarasca ocurrió durante todo el año para un total de  $750 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  (486 g de hojas y 232 de ramas de *Vochysia*). A pesar de ser un monocultivo, este valor se encuentra cercano al promedio de varios ecosistemas tropicales muy húmedos ( $890 \text{ gm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) con un ámbito entre 560-1330, según lo reportan Anderson y Swift (1983). Las mayores cantidades fueron colectadas durante el periodo más seco y ventoso del año, especialmente en diciembre, enero y febrero. Es frecuente en ambientes estacionales, que la mayor cantidad de hojarasca caiga durante esa época (Fournier 1976, Frankie *et al.* 1974).

Por su parte, Montagnini *et al.* (1991, 1993) observaron cantidades de hojarasca al menos 2 veces mayores a las halladas en este estudio ( $885 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  en hojas y 664 en ramas) en una plantación con cerca de 6 años de edad en el Atlántico Norte de Costa Rica. En este sitio ocurrieron 2 picos de caída: al principio (mayo-junio) y finales de la época lluviosa (setiembre-octubre).

En general, las tasas iniciales de descomposición encontradas en este estudio fueron relativamente más altas, comparadas con los trabajos de Montagnini *et al.* (1991, 1993) en la zonas bajas del Atlántico de Costa Rica y para la misma especie (60% v el 77,6% del peso inicial remanente luego de cerca de 2 meses). Byard *et al.* (1996) encontraron que una vez completado el año, la

necromasa remanente en las bolsas para dicha especie fue de tan solo el 16% de peso inicial, contrario a lo que ocurrió en esta investigación, donde las tasas de descomposición tendieron a estabilizarse al punto que luego de más de un año todavía las bolsas contenían en promedio de cerca de un 39% del material original. La tasa de descomposición anual encontrada en este estudio está entre los valores más bajos del ámbito observado para varios ecosistemas tropicales muy húmedos y de otras especies tropicales, 35-550% de pérdida de peso  $\text{año}^{-1}$  Anderson y Swift (1983) y Villela y Proctor (2002).

Las posibles razones son las siguientes:

- Aumento de la concentración de lignina, celulosa u otras sustancias recalcitrantes, a través del tiempo.
- La apertura del cedazo utilizado siempre limitó la entrada de varios grupos de detritívoros (parte de la mesofauna y de la macrofauna), los cuales se considera facilitan la descomposición por parte de las bacterias y los hongos (Villela y Proctor 2002, Chapin III *et al.* 2002).
- La apertura del cedazo pudo haber facilitado la entrada de suelo, la cual, y a pesar de los cuidados que se tuvo para eliminarlo, fue especialmente dificultoso en las últimas muestras por el estado de las hojas.
- Las hojas dentro de las bolsas pudieron estar muy compactas, lo cual redujo el acceso por parte de los descomponedores, especialmente para las ubicadas en el centro.
- Se informa que esta especie acumula aluminio en sus hojas (Pérez *et al.* 1993) a niveles que pueden ser tóxicos para muchos organismos. También se ha determinado que tiende a poseer bajas concentraciones de N y P comparado con otras especies nativas (Montagnini *et al.* 1991).
- Puesto que las bolsas se colocaron sobre la superficie parcialmente cubiertas por hojarasca, y que la apertura del cedazo utilizado facilitó el drenaje de las mismas, estas pudieron sufrir frecuentes ciclos de secado



y humedecimiento, o una fuerte reducción de la humedad durante los periodos de escasez de lluvia. Se informa que durante el periodo de estudio, la precipitación tendió a ser bastante más baja comparada con otros años (Adrián Bustamante, comunicación personal), especialmente entre diciembre y marzo. Clein y Schimel (1994) demostraron que las fluctuaciones frecuentes en humedad en la capa de hojarasca, reduce las poblaciones de los microorganismos al punto que afectan las tasas de descomposición. A la vez, los ciclos de humedecimiento y secado tienden a descomponer los compuestos lábiles de la hojarasca, pero retrasa la de aquellos recalcitrantes (Chapin III *et al.* 2002), tal como parece haber ocurrido en este estudio.

Por otra parte, Montagnini *et al.* (1991, 1993) encontraron que la acumulación de hojarasca de esta especie en monocultivo, fue mayor cuando se comparó con la de otras especies nativas. Lo atribuyeron a las altas tasas de caída de hojarasca ya que esta especie presenta autopoda, y a una lenta descomposición aunque no fue la más baja en comparación con *V. ferruginea*. Sin embargo, y respecto a este último punto, en un estudio posterior, Byard *et al.* (1996) encontraron que *V. guatemalensis* fue una de las especies forestales en descomponerse más rápido luego de que el material permaneció 1 año en el suelo.

Montagnini *et al.* (1993) y Montagnini y Jordan (2002) consideran como ventajoso el hecho que se acumule hojarasca en el suelo ya que facilita la protección del suelo contra la erosión, y a que los nutrientes almacenados en la hojarasca se liberen más lentamente. Esto último reduce la posibilidad de su lixiviación en particular en ambientes de alta humedad.

Finalmente, no se detectó que los fertilizantes aplicados a la plantación durante los primeros años de establecida, tuvieran un efecto estadísticamente significativo sobre la descomposición, en comparación con el control. Esto pudo deberse a que la concentración de nutrientes en las hojas no fue muy diferente entre los tratamientos con fertilizante y sin él como lo determinaron Di Stéfano y Fournier (1998).

## LITERATURA CITADA

- ANDERSON J. M., SWITFT M.J. 1983. Decomposition in tropical forest. pp-287-309. *In*: S.L. Sutton, T.C. Whitmore y A.C. Chadwick (eds). Tropical Rain Forest: Ecology and Management. Blackwell, Oxford.
- BYARD R., LEWIS K.C., MONTAGNINI F. 1996. Leaf litter decomposition and mulch performance from mixed and monospecific plantations of native tree species in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 58: 145-155.
- CHAPIN III F.S., MATSON P.A., MOONEY H.A. 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer-Verlag, New York. 436 p.
- CHINCHILLA E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM), San José. 396 p.
- CLEIN J.S., SCHIMEL J.P. 1994. Reduction in microbial activity in birch litter due to drying and rewetting events. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 403-406.
- DI STÉFANO J.F., FOURNIER L.A. 1994. Crecimiento inicial de *V. guatemalensis* en Tabarcia de Mora, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 18: 41-46.
- DI STÉFANO J.F., FOURNIER L.A. 1998. Biomasa aérea, concentración de nutrimentos y daños en árboles de *V. guatemalensis* en un monocultivo de 4 años, Tabarcia, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 22: 235-241.
- FOURNIER L.A. 1976. Observaciones fenológicas en el bosque húmedo premontano de San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. *Turrialba* 26: 54-59.
- FRANKIE G.W., BAKER H.G., OPLER P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62: 881-919.
- MONTAGNINI F. 2000. Accumulation in above-ground biomass and soil storage of mineral nutrients in pure and mixed plantations in a humid tropical lowland. *Forest Ecology and Management* 134: 257-270.
- MONTAGNINI F., JORDAN C.F. 2002. Reciclaje de nutrientes. pp 167-192. *In*: Guariguata M.R., Catan H. (compiladores) Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional (EULAC-GTZ), Cartago, Costa Rica.
- MONTAGNINI F., SANCHO F., RAMSTAD K., STIJFHOORN E. 1991. Multipurpose trees for soil

restoration in the humid lowlands of Costa Rica. pp. 41-58. *In*: D.A. Taylor y K.G. Dicken (eds). Research on multipurpose trees in Asia. Winrock Int. Inst. for Agricultural Development. Bangkok.

- MONTAGNINI F., RAMSTAD K., SANCHO F. 1993. Litterfall, litter decomposition, and the use of mulch of four indigenous tree species in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Agroforestry Systems* 23: 39-63.
- PÉREZ J., BORNEMISZA E., SOLLINS P. 1993. Identificación de especies forestales acumuladoras de Al en una plantación forestal experimental ubicada en Sarapiquí, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 17: 99-103.
- VILLELA D., PROCTOR J. 2002. Leaf litter decomposition and monodominance in the *Peltogyne* forest of Maracá Island, Brasil. *Biotropica* 34: 334-347.