

Citar como:

Ramírez, M.E., Ataroff, M. 2001. Producción de hojarasca en una selva nublada andina: estacionalidad, descomposición y nitrógeno. Memorias del IV Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable en Los Andes: la estrategia Andina para el siglo XXI. CD-ROM.

**PRODUCCIÓN DE HOJARASCA EN UNA SELVA NUBLADA ANDINA:
ESTACIONALIDAD, DESCOMPOSICIÓN Y NITRÓGENO**
*LITTERFALL IN AN ANDEAN CLOUD FOREST: SEASONALITY, DECOMPOSITION
AND NITROGEN*

Martha Elena Ramírez M. y Michele Ataroff S.⁶

RESUMEN

La dinámica de la caída de hojarasca, su descomposición y contenido de N, fueron estudiados durante un año en la selva nublada de La Mucuy, a 2350 msnm. en los Andes Venezolanos. Se produjeron 7,71 Mg ha⁻¹ año⁻¹ de hojarasca fina, caracterizada por un patrón continuo de caída con tres picos y un máximo en agosto de 0,93±0,01 Mg ha⁻¹; no se encontró una relación significativa entre la caída de hojarasca y la precipitación. La fracción foliar dominó sobre la hojarasca total. El flujo de N total a través de la hojarasca fina, fue de 104 kg ha⁻¹año⁻¹ con pocas variaciones en su concentración en los diferentes meses del año. La descomposición de la hojarasca fina fue medida a través de la pérdida de peso empleando la metodología tradicional de bolsas. Los resultados pudieron ser ajustados a un modelo exponencial simple y sugieren que la calidad de la hojarasca es posiblemente el principal factor que afecta el proceso de descomposición en este ecosistema.

Palabras Clave: hojarasca fina, descomposición, selva nublada, Andes tropicales, Venezuela

ABSTRACT

The dynamics, decomposition and nitrogen content of small litterfall were studied during a year in an Andean cloud forest in Venezuela, at ac. 2350 m. Total small litterfall was 7.71 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ with a marked seasonal pattern and three peaks with highest record in august (0.93±0.01 Mg ha⁻¹). However, direct relationship between precipitation and litterfall was not found. The annual flux of nitrogen through litterfall was 104 kg ha⁻¹ and it showed only moderate seasonal fluctuations. The decomposition of small litterfall was measured with traditional litter bags. The results could be adjusted to the exponential model and it suggest that the quality of litter was the most important factor in the decomposition process in this ecosystem.

Key Words: litterfall, decomposition, cloud forest, tropical Andes, Venezuela

⁶ Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Mérida 5101. Venezuela
E-mail: ramart@ula.ve, ataroff@ula.ve

INTRODUCCIÓN

La caída, acumulación y descomposición de la hojarasca, son vías críticas del flujo de materia orgánica y nutrientes en los ecosistemas boscosos, donde la materia orgánica y los nutrientes son regresados al suelo del ecosistema (Swift *et al.* 1979, Aber y Melillo 1980, Sarmiento 1980). Los nutrientes que se encuentran en las hojas recién caídas, representan una pérdida para la planta cuyo costo puede considerarse alto cuando la disponibilidad de los nutrientes en el suelo es baja y su toma es difícil, pero esa pérdida puede restringirse por adaptaciones específicas, como minimizar la concentración en las hojas y maximizar la retranslocación antes de su desprendimiento. En ecosistemas selváticos tropicales de baja altitud se ha encontrado una fuerte limitación por el P, mientras en selvas montanas tropicales al parecer el nutriente más limitante es el N (Grubb 1977, Vitousek 1984, Vitousek y Sanford 1986, Veneklaas 1991). Aunque se ha propuesto que las condiciones nutricionales de los ecosistemas forestales de montaña son causa fundamental para explicar cambios en crecimiento y biomasa en gradientes altitudinales tropicales (Grubb 1977; Tanner *et al.* 1992; Vitousek 1984), son pocos los estudios que analizan al menos parte del ciclado de los nutrientes. En este trabajo, estudiamos las vías de transferencia de biomasa y nitrógeno mediante la caída de hojarasca y su descomposición en la superficie del suelo de una selva nublada de Los Andes venezolanos.

MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la selva nublada de La Mucuy (~08° 38'N - 70° 14'W y 2350 msnm), ubicada en el Parque Nacional Sierra Nevada, estado Mérida, Venezuela. El clima se caracteriza por precipitaciones altas (2291 mm promedio años 1991 a 1995) y un ritmo anual de temperatura marcadamente isotérmico, con medias alrededor de los 13,5 °C. No existe una estación climáticamente seca.

En cuanto a la vegetación, es una selva nublada con una estructura compleja y estratos difíciles de definir dominada por árboles siempreverdes de dosel alto y cargados con numerosas epífitas, especialmente musgos, líquenes, orquídeas y bromeliáceas (Lamprecht 1954, Ataroff y Rada 2000). Los suelos son franco arenosos, húmicos, fuertemente ácidos, con altos contenidos de materia orgánica y más o menos profundos dependiendo de la posición topográfica (Manzanilla 1990).

Metodología

Se delimitaron 4 parcelas con un área de 10x15 metros cada una (150 m²), donde se ubicaron 30 cestas colectoras de hojarasca, así como las bolsas de descomposición. En esta área también se realizó un reconocimiento general de la vegetación.

Las cestas consistían en colectores circulares de 40 cm de altura y con un diámetro de 56,6 cm (área 0,25 m²), y llevaban en su interior una bolsa plástica perforada para permitir el drenaje del agua. Los muestreos de hojarasca se hicieron cada 4 semanas entre noviembre de 1995 y hasta octubre de 1996. Las muestras después de su recolección, eran llevadas al laboratorio y secadas hasta peso constante. Se registró su peso seco y la

hojarasca total fue diferenciada por fracciones en: hojas, ramas finas (< 2 cm de diámetro), partes reproductivas (flores, frutos, semillas) y partes de epífitas. A cada fracción se le determinó separadamente su peso seco. Además, a submuestras de la hojarasca total, se determinó la concentración de nitrógeno total por el método de micro-Kjeldahl (Muller 1961).

Para medir la descomposición de la hojarasca se elaboraron bolsas de 25x25 cm con una red de 2 mm de ojo, las cuales se rellenaron con hojarasca y se ubicaron al azar 12 bolsas dentro de cada parcela (48 en total). El peso inicial dependió de la cantidad de hojarasca producida en el sistema. Las muestras de hojarasca para el experimento de descomposición se separaron en dos mitades de igual peso: una se dejó como hojarasca fresca para rellenar las bolsas, y la otra mitad se secó en estufa hasta peso constante para conocer el equivalente en peso seco del material de las bolsas. Mensualmente, se extrajo 1 bolsa por parcela (4 en total) para la determinación en laboratorio de la pérdida de peso.

Se empleó el análisis de varianza (ANOVA) para analizar diferencias espaciales en la producción de hojarasca. Se utilizó análisis de regresión para evaluar el mejor ajuste de los modelos lineal y exponencial a las tasas de decaimiento del peso en el estudio de descomposición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de hojarasca

Se produjeron en la selva nublada de La Mucuy 7,71 Mg ha⁻¹ año⁻¹ de hojarasca fina, entre los meses de noviembre de 1995 a octubre de 1996. La hojarasca presentó un patrón continuo de caída en el transcurso del año y tres máximos en los meses de febrero, mayo y agosto (Figura 1). La cantidad mensual de hojarasca varió entre 0,37 y 0,93 Mg ha⁻¹, (en noviembre y agosto, respectivamente). La contribución de las diferentes fracciones estuvo dominada en todos los meses por las hojas, cuyo aporte total fue de 5,26 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (75%), seguida por las ramas finas con 1,60 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (21%), partes de reproductivas con 0,28 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (4%) y epífitas con 0,05 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (0,5%). El material foliar y leñoso siguieron un ritmo similar de caída al de la hojarasca total a lo largo del año (Figura 1). Aunque las epífitas representan un elemento estructural y florístico importante de la vegetación de la selva nublada de La Mucuy, su participación en la producción anual de hojarasca fue baja y los aportes mensuales estuvieron por debajo del 2,6% del total de la hojarasca. No se presentaron diferencias significativas entre cestas colectoras de hojarasca (ANOVA, P<0,05 n=30).

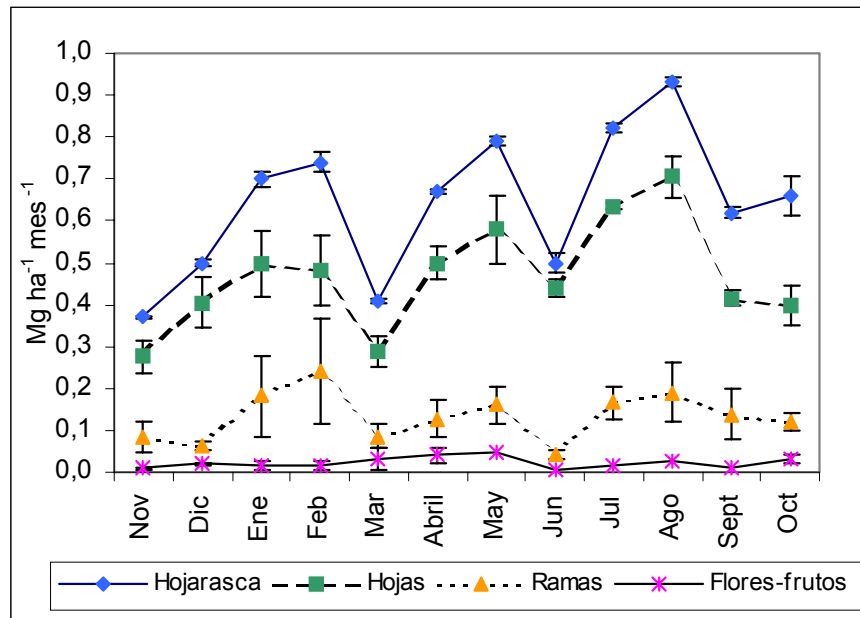


Figura 1. Producción mensual de hojarasca total y por fracciones en la selva nublada de La Mucuy (nov. 1995 a oct. 1996). Las barras indican los errores estándar ($n = 30$).

Los valores de producción de hojarasca fina reportado en este trabajo están dentro del rango presentado en otros estudios en selvas nubladas de Los Andes del Norte (Fassbender y Grimm 1981, Veneklaas 1991, Tanner et al 1992, Monedero y González 1995).

El patrón seguido por la precipitación con máximos en los meses de abril y octubre, no presentó una relación clara con el patrón seguido por la caída de hojarasca ($r = -0,20$). Aunque en algunas selvas de montaña, se ha reportado una relación directa, es decir mayor caída de hojarasca en la época húmeda (Proctor *et al.* 1983, Tanner *et al.* 1992), otros investigadores han encontrado una relación inversa (Scott *et al.* 1992, Lisanework y Michelsen 1994, Monedero y González 1995). Sin embargo, y como en este trabajo, en otros estudios en selvas nubladas no se ha evidenciado una relación definida entre precipitación y hojarasca (Fassbender y Grimm 1981, León y Quiroga 1982, Veneklaas 1991, Rodríguez y Rosas 1993). Es posible que los efectos combinados de la frecuencia e intensidad de las precipitaciones y los vientos, por una parte tengan un impacto mecánico sobre las estructuras vegetales y contribuyan en forma importante a su desprendimiento y por otra parte afecten en diferente medida los ritmos fenológicos especies en particular, ocasionando en ellas diferentes momentos de producción máxima de hojarasca, y por ende, no encontramos un único patrón directamente relacionado con estos factores.

Nitrógeno

Concentración y flujo

La concentración de nitrógeno en la hojarasca recién caída, varió entre 11,59 y 16,70 mg g⁻¹, para las distintas fracciones. La concentración más alta fue encontrada en las partes

reproductivas y la más baja en la fracción leñosa, respectivamente, tal como se ha reportado para otras selvas nubladas andinas (Fassbender y Grimm 1981, Veneklass 1991). La concentración en el material foliar fue asimismo alta ($13,70 \text{ mg g}^{-1}$).

Para el año de estudio, la vegetación transfirió al suelo del ecosistema $104,51 \text{ Kg ha}^{-1}$ de nitrógeno total. El flujo del N a través de las diferentes fracciones, indica que las hojas son el componente de la hojarasca con mayor participación, alcanzando a transferir $77,07 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Las ramas, pese a que contienen las concentraciones más bajas de este nutriente, aportaron cantidades considerables ($18,48 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de N). Debido a que las partes reproductivas y partes de epífitas participaron con cantidades pequeñas en la hojarasca del área de estudio, su contribución en la transferencia de N fue también baja ($4,77$ y $0,76 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, respectivamente).

La hojarasca de La Mucuy mostró concentraciones de N altas en comparación a otras selvas montañas tropicales y algunas de tierras bajas (Tanner 1977; Steinhhardt 1979; Medina *et al.* 1981; Fassbender y Grimm 1981; Grubb y Edwards 1982; Proctor *et al.* 1989; Tanner *et al.* 1992; Veneklaas 1991, Hafkenscheid 2000). Esto no encaja bien con la idea de que el N sea un nutriente limitante en las selvas de montaña tropicales (Tanner *et al.* 1998), concepto difícil de generalizar ya que factores como la edad y tipo de suelo así como la estructura de cada selva, influyen en la disponibilidad de nutrientes.

Descomposición

Pérdida de peso

La dinámica de descomposición de la hojarasca en la selva nublada de La Mucuy, se caracterizó por presentar dos fases bien diferenciadas. Una primera fase (Fase 1), se ha definido como aquella fase inicial dominada principalmente por pérdidas mayores de peso y comprende desde el momento de la ubicación en campo de la hojarasca (t_0), hasta los dos meses siguientes (t_1 y t_2). Una segunda fase (Fase 2), que sigue a la anterior, donde las variaciones en el peso fueron poco pronunciadas (Figura 2).

La hojarasca inicial tuvo un peso seco aproximado de 4,9 gramos. En la fase 1, la hojarasca experimentó una pérdida muy rápida de peso. Durante el primer mes (enero (t_0) a febrero (t_1)), mantuvo un 85,5% de su masa inicial. El cambio más fuerte, se presentó en el segundo mes (entre febrero (t_1) y marzo (t_2)), donde la hojarasca residual conservó únicamente el 40,8% de su peso inicial. En el primer mes, la tasa de pérdida fue del 15,5% y en el segundo mes, del 44,7%. En esta fase, la pérdida de peso de la hojarasca puede relacionarse con la fragmentación del material, movimiento y pérdidas de fragmentos (materiales de carbohidratos solubles) y al consumo por parte de organismos descomponedores (Melillo *et al.* 1989, Currie y Aber 1997). En los estados iniciales de la descomposición, el carbono está disponible para los microorganismos y depende de la calidad del material; hojarasca más rica será consumida más rápidamente (Swift *et al.* 1979). También pudo deberse en parte, al contenido relativamente alto de humedad el cual ha mostrado ser importante en las selvas de baja altitud (Cornejo *et al.* 1994), ya que a pesar de que los dos primeros meses coincidieron con un mínimo en las precipitaciones en ambos casos esta fue superior a 100 mm.

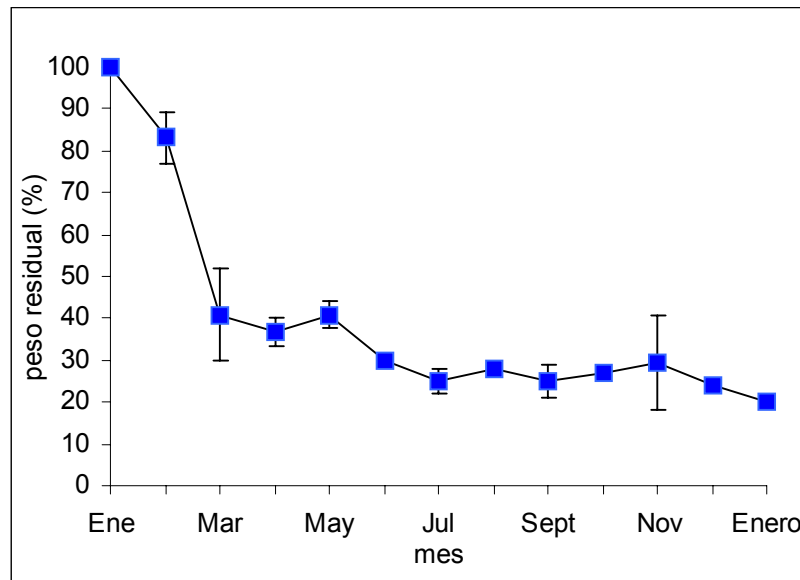


Figura 2. Pérdida de peso por la hojarasca en descomposición en la selva nublada de La Mucuy, utilizando el método de bolsas. Las barras indican los errores estándar ($n = 4$).

La fase 2 comenzó a partir del tercer mes (marzo), cuando las variaciones en el peso fueron menores. El residuo de hojarasca alcanzó al término de un año un peso del 25% (1,2 g) con respecto al peso inicial (4,9 g). Durante esta fase, las tasas de pérdida de peso entre meses, no superaron el 10%. Esta fase 2, cuando las tasas de descomposición disminuyeron, pudo ocurrir que la dinámica de la fracción de la lignino-celulosa, empezó a incrementarse a medida que continuaba el proceso (Melillo *et al.* 1989). El lavado también puede ser considerado como un mecanismo de flujo o pérdida de masa de la hojarasca en descomposición, pero es raramente medido en las investigaciones (Currie y Aber.1997).

Los modelos que más se ajustan a la evolución del proceso de descomposición de hojarasca en la selva nublada de La Mucuy, son los modelos lineal y exponencial negativos. El mejor ajuste se obtuvo con el modelo exponencial negativo ($x_t = x_0 e^{-kt}$), el cual presentó valores de regresión más altos que los registrados con el modelo lineal ($x_t = x_0 - kt$) ($r^2 = 0,68$ y $r^2 = 0,58$ respectivamente). En la selva nublada de La Carbonera, Fassbender y Grimm (1981), encuentran que la curva de descomposición tanto para las hojas como para las ramas, es lineal. Estos autores calculan que las hojas se descompondrán al cabo de 20 meses, de lo cual resulta una tasa anual de descomposición del 72%. Por otra parte, en el caso de las ramas, el período para su descomposición total es de 151 meses (12 ½ años).

Aunque el método de las bolsas puede alterar el proceso natural de descomposición (Wieder y Lang 1982) por la exclusión de organismos mayores de 2 mm y los cambios microclimáticos que genera, sin embargo se asume que los resultados reflejan la tendencia característica de la descomposición de hojarasca en ecosistemas terrestres, y permite hacer comparaciones entre especies, sitios y manipulaciones experimentales.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación recibió financiamiento del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de Los Andes, proyecto C-767-95-01-E. Agradecemos el apoyo de INPARQUES y del personal del Parque Nacional Sierra Nevada, así como a Gilberto Morillo del Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes. A Lina Sarmiento, Dimas Acevedo y Carlos García, por sus valiosos comentarios. A Zulay Mendez y David Dugarte por su ayuda en laboratorio y campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABER, J. D. y MELILLO, J. M. 1980. Litter decomposition: measuring relative contributions of organic matter and nitrogen to forest soils. *Can. J. Bot.* 58: 416-421.
- ATAROFF, M. y RADA, F. 2000. Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest. *Ambio* 29(7): 440-444
- CORNEJO, F., A. VARELA y J. WRIGHT. 1994. Tropical forest litter decomposition under seasonal drought: nutrient release, fungi and bacteria. *Oikos* 70: 183-190.
- CURRIE, W. y J. D. ABER. 1997. Modelling leaching as a decomposition process in humid montane forest. *Ecology* 78(6): 1844-1860.
- FASSBENDER, H. W. y U. GRIMM. 1981. Ciclos bioquímicos en un ecosistema forestal de Los Andes Occidentales de Venezuela. II. Producción y descomposición de los residuos vegetales. *Turrialba* 31(1): 39-47.
- GRUBB, P. J. 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains with special reference to mineral nutrition. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8: 83-107.
- GRUBB, P.J. y P.J. EDWARDS 1982. Studies on mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. III. The distribution of mineral elements in the above-ground material. *Journal of Ecology* 70:623-648
- HAFKENSCHIED, R 2000. Nutrient dynamics in two upper montane rain forest of contrasting stature in the Blue Mountains, Jamaica. II. Dynamics of small litter. Pp. 175-202, *in* Hydrology and biogeochemistry of tropical montane rain forest of contrasting stature in the Blue Mountains, Jamaica. PhD Thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- LAMPRECHT, H. 1954. Estudios sivecultuales en los bosques del valle de La Mucuy, cerca de Mérida. Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad de Los Andes, Mérida. 130 pgs.
- LISANWORK, N. y A. MICHELSEN. 1994. Litterfall and nutrient release by decomposition in three plantations compared with a natural forest in the Ethiopian highland. *Forest Ecology and Management* 65: 149-164.
- LEÓN, M. R. y R. A. QUIROGA. 1982. Producción de materia orgánica caída en dos bosques circundantes a la sabana de Bogotá. Tesis en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- MANZANILLA, R. 1990. Caracterización e interpretación de una toposecuencia de la selva nublada de la vertiente norte de la Sierra Nevada, edo. Mérida. Tesis Magister Scientiae, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- MEDINA, E., E. CUEVAS y P.L. WEAVER. 1981. Composición foliar y transpiración de especies leñosas de Pico del Este, Sierra de Luquillo, Puerto Rico. *Acta Científica Venezolana* 32:159-165

- MELILLO, J. M., J. ABER, A. LINKINS, A. RICCA, B. FRY y K. NADELHOFFER. 1989. Carbon and nitrogen dynamics along the decay continuum: plant litter to soil organic matter. *Plant and soil* 115: 189-198.
- 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.
- MULLER, L. 1961. Un aparato Micro-Kjeldhal simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. *Turrialba* 11: 17-25.
- PROCTOR, J., J. M. ANDERSON y H. W. VALLACK. 1983. Comparative studies on soils and litterfall in forests at a range of altitudes on Gunung Mulu, Sarawak. *Malaysian Forester* 46:60-76.
- PROCTOR, J., C. PHILLIPS, G.K. DUFF, A. HEANEY y F.M. ROBERTSON. 1989. Ecological studies on Gunung Silam, a small ultrabasic mountain in Sabah, Malaysia.II. Some forest processes. *Journal of Ecology* 77:317-331
- RODRÍGUEZ, E. y M. L., ROSAS. 1993. Caída de hojarasca en el bosque altoandino de Carpanta. *En Carpanta: selva nublada y páramo*. Fundación Natura, Bogotá.
- SARMIENTO, G. 1980. Los ecosistemas y la ecosfera. Editorial Blume, Barcelona.
- SCOTT, D. A. J. PROCTOR y J. THOMPSON. 1992. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. *Journal of Ecology*, 80: 705-717.
- STEINHARDT, U. 1979. Untersuchungen über den Wasser- und Nährstoffhaushalt eines andinen Wolkenwaldes in Venezuela. *Göttinger Bodenkundliche Berichte* 56, 1-185.
- SWIFT, M. J., O. W. HEAL y J. M. ANDERSON. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell, Oxford. Pags. 372
- TANNER, E. V., V. KAPOS y W. FRANCO. 1992. Nitrogen and phosphorus fertilization effects on Venezuelan montane forest trunk growth and litterfall. *Ecology*, 73(1): 78-86
- TANNER, E. V., P. M. VITOUSEK y E. CUEVAS. 1998. Experimental investigation of nutrient limitation of forest growth on wet tropical mountains. *Ecology*, 79(1):10-22.
- VENEKLAAS, E. 1991. Litterfall and nutrient fluxes in two montane tropical rain forest, Colombia. *Journal of Tropical Ecology* 7: 319-336.
- VITOUSEK, P. M. 1984. Litterfall nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forest. *Ecology* 65 (1): 285-298.
- VITOUSEK, P. M. y R. L. SANFORD. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 137-167.
- WIEDER, R. K. y G. LANG. 1982. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology* 63 (6): 1636-1642.