

### Abstract

*Litter production (tree stands, each 12 collectors; sampling every two weeks) and litter decomposition (samples of leaves and branches exposed to environment, collection every two months) were studied in a montane forest ecosystem of the Venezuelan Andes.*

*The total litter production reached an average of 6.97 t/ha per year and was distributed as follows:*

<i>leaves 3.38 t/ha per year</i>	<i>= 48%</i>
<i>branches 2.27 t/ha per year</i>	<i>= 33%</i>
<i>flowers and fruits 1.09 t/ha per year</i>	<i>= 16%</i>
<i>epiphytic plants 0.23 t/ha per year.</i>	<i>= 3%</i>

*The variation of coefficients of leaves, flowers and fruits were low (14 and 26%) and that for branches was high (64%).*

*The annual renewal of leaf-biomass reached 73%. The litter production in form of roots and dead wood yielded 14 and 4.8 t/ha/year.*

*The transfer of chemical elements with litter depends on the specific soil conditions. For N, P and K, values of 69.4 and 3.3 kg/ha/year were recorded.*

*The decomposition of litter is linear. Total decomposition of leaf litter occurs after 20 months exposition. Branches require 12½ years to disappear. A coefficient of organic matter transformation according to Jenny was calculated and compared with other tropical forest ecosystems.*

### Introducción

**L**a vegetación es una variable dependiente e independiente en el ecosistema. Su establecimiento y desarrollo en una área determinada depende de los factores ambientales (suelo, clima, organis-

mos, relieve y tiempo). Después de su formación y al llegar a su estado climax, en equilibrio con los factores ambientales, suministra residuos vegetales como hojas, ramas, flores, frutos, raíces y tallos, que al descomponerse son incorporados al material mineral del suelo.

1 Recibido para publicación el 30 de noviembre de 1980. Los autores agradecen a la Sociedad Alemana de Investigaciones por el apoyo financiero para la conducción de los trabajos y a la Universidad de los Andes por el apoyo logístico.

\* Instituto de Suelos y Nutrición Forestales de la Universidad de Gotinga, Alemania, D-3 400, Büsgenweg 2; Göttingen (Institut für Bodenkunde und Waldernährung).

\*\* Actualmente en Centro de Pesquisas Agropecuarias dos Tropicós Umidos, Belem, Brasil.

Para describir el ecosistema es necesario referirse a la formación vegetal como un factor estático y al estudio del ciclo de los materiales vegetales orgánicos como un factor dinámico. Los aspectos más importantes del ciclo de los residuos vegetales son:

- Cantidad de los residuos vegetales agregados a cada unidad del suelo en un cierto período.
- Composición biogeoquímica de los residuos.

- Procesos de descomposición y humificación de los residuos.
- Liberación de CO<sub>2</sub> y elementos químicos.

En regiones tropicales y subtropicales existen algunos estudios sobre la producción de residuos vegetales (3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20). La velocidad de la descomposición de los residuos y la formación de humus dependen de la actividad de los animales y microorganismos saprófagos del suelo; los estudios a este respecto son aún muy esporádicos (2, 10, 13, 18, 20). Los resultados de tales procesos son más accesibles, ya que las formas de humus tienen estructuras definidas (capa de mantillo, materia orgánica del suelo mineral) que se pueden estudiar en detalle.

La intensidad del ciclo de la materia orgánica se puede expresar con el índice de transformación, determinado por Jenny *et al.*, (14) de acuerdo a la fórmula

$$c = \frac{R}{R + H} \times 100$$

en la cual *c* es el coeficiente porcentual de descomposición de los residuos vegetales

*R* es la producción anual de residuos vegetales por unidad de superficie

*H* es la cantidad de humus en la capa de mantillo por unidad de superficie.

En el presente artículo se presentan resultados de un estudio de producción y descomposición de residuos vegetales en un ecosistema forestal montano de la región occidental de los Andes de Venezuela.

### Materiales y métodos

#### Sitio de los estudios

El estudio se realizó en el bosque "San Eusebio" de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de los Andes en Mérida, Venezuela, descrito en detalle en publicaciones anteriores (11, 23).

#### Producción de residuos vegetales

De las trece parcelas consideradas para el estudio de la biomasa del ecosistema forestal montano (11), se escogieron tres para el estudio de la producción de residuos vegetales. En cada una de ellas (50 x 50 m) se colocaron en distribución radial, a partir del centro de la parcela, doce colectores de residuos vegetales

construidos con un marco de madera con tamiz fino y una área de 1 m<sup>2</sup>. El muestreo de los residuos se realizó cada dos semanas, distribuyéndolos en los compartimentos: hojas, ramas, flores, frutos y epifitas (bromeliáceas y orquídeas). Las muestras de cada colector y compartimento vegetal fueron secadas a 105°C por 24 horas. Luego se determinó el peso seco y se calcularon los valores mensuales promedios y la desviación estándar correspondiente. Las muestras fueron mezcladas en muestras mensuales para cada una de las parcelas y analizadas químicamente. La duración del estudio fue de un año, de diciembre de 1973 a noviembre de 1974.

#### Descomposición de los residuos vegetales

Para el estudio de la velocidad de descomposición de los restos vegetales se colocaron sobre el suelo, cerca del centro de las parcelas, catorce muestras de hojas y catorce muestras de ramas frescas en marcos de madera (40 x 40 cm, con tamiz plástico de 1 cm de malla), las cuales a su vez fueron muestreadas con dos repeticiones cada dos meses durante un año (diciembre 1973 a enero 1975). Después de su secado (105°C, 24 horas) se determinó el peso seco para calcular la tasa de descomposición. Las muestras fueron mezcladas y preparadas para el análisis químico.

En la composición de las muestras expuestas se consideraron las hojas y ramas de las especies vegetales más frecuentes (11):

Pino laso (*Podocarpus rospigliosii*)  
Copey (*Ternstroemia acrodanthera*)  
Canalete (*Eugenia* sp.)  
y bromeliáceas.

El peso inicial de las muestras frescas fue de 250 gramos para las hojas (equivalente a 119 gramos de materia seca, aproximadamente) y de 350 gramos para las ramas (peso equivalente a 336 gramos de materia seca).

#### Análisis químicos

Para los análisis químicos se prepararon las siguientes muestras:

- Residuos vegetales de hojas 36, tallos 36, flores y frutos 36 y epifitas 36, correspondiendo a las doce muestras mensuales de tres parcelas en estudio.
- Descomposición de residuos vegetales de hojas 14 y de ramas 14, correspondientes a las dos muestras y 7 fechas de muestreo.

Las muestras fueron molidas y analizadas con los siguientes métodos (8):

- N por el método de Kjeldahl (digestión en ácido sulfúrico con selenio) y determinación colorimétrica.
- P después de una incineración a 600°C y determinación colorimétrica como complejo sulfomolibdico.
- Na, K, Ca, Mg y Mn después de la misma incineración por espectrofotometría de absorción atómica.
- Fe y Al en la misma incineración por métodos colorimétricos de fenantrolina y aluminona, respectivamente.

**Resultados y discusión**

**Producción de residuos vegetales**

La producción de residuos vegetales alcanzó en el año de estudios (Cuadro 1) un total de 6.97 t/ha, distribuyéndose de la siguiente manera:

hojas 3.88 t/ha	= 48 por ciento del total
ramas 2.27 t/ha	= 33 por ciento del total
flores y frutos 1.09 t/ha	= 16 por ciento del total
epifitas 0.23 t/ha	= 3 por ciento del total

Los valores mensuales promedio, de cada uno de los órganos vegetales o compartimentos y sus coeficientes de variación, se pueden observar también en el Cuadro 1 y en la Figura 1. En el mes de mayo se registró la mayor cantidad de residuos vegetales para todos los compartimentos, alcanzando un valor total de 1 398 kg/ha, distribuyéndose en 456 y 656 para hojas y ramas, 185 y 100 para flores y frutos y epifitas, respectivamente.

La producción de las hojas es bastante constante durante los meses estudiados (Figura 1), alcanzando un coeficiente de variación del 14.4 por ciento. Las cantidades producidas de residuos provenientes de las flores y frutos presenta muy pequeñas variaciones entre los diferentes meses; ello es debido seguramente a la gran cantidad de especies encontradas y sus diferentes ritmos fenológicos. La producción de restos vegetales a partir de las especies epifíticas (bromeliáceas, aráceas, araliáceas y orquídeas) es, sin duda, algo excepcional, muy propio del ecosistema estudiado. La participación de las ramas en los residuos vegetales es bastante heterogénea en los diferentes meses, arrojando valores entre 28 y 656 kg/ha y mes; ello conlleva un coeficiente de variación de 64 por ciento y, así, resulta para el total de la producción de residuos un coeficiente de variación de 22.7 por ciento (Cuadro 1).

No es factible aportar una interpretación sobre los factores determinantes del ritmo de producción de los residuos vegetales en función de los fenómenos ambientales. Si bien el mes de mayo es uno de los más lluviosos (23), no se encontró una correlación significativa entre lluvias mensuales y cantidad de residuos; esta asociación ha sido mencionada en otros trabajos (3, 5, 6, 15, 17) y ello es seguramente factible en ecosistemas con estaciones marcadas de lluvia y sequía, con abundancia de especies caducifolias. En el presente estudio se encontró una correlación negativa significativa ( $r = -0.81++$ ) entre la cantidad de residuos y la humedad relativa del aire. Este es un indicio de la importancia ecológica de la formación de nieblas y nubes en la región en estudio (23). Como no se dispone de mediciones de velocidad de vientos y su turbulencia, distribución de tormentas, etc.,

Cuadro 1: Producción mensual y anual de residuos vegetales totales, su distribución en hojas, ramas, frutos y epifitas (C, kg/ha) y sus coeficientes de variabilidad (CV, por ciento),

	Total		Hojas		Ramas		Frutos		Epifitas	
	C	CV	C	CV	C	CV	C	CV	C	CV
<b>Total anual</b>	6 973	22.3	3 381	14.4	2 274	63.8	1 090.4	25.7	226.9	76.6
Diciembre	359	57	253	37	67.8	160	36.4	17	2.6	32
Enero	788	107	224	16	497	159	44.2	32	21.6	156
Febrero	340	29	214	5	26.9	19	92.5	95	5.5	38
Marzo	294	5	210	6	28.0	38	54.4	12	2.1	57
Abril	581	36	285	24	131	53	162.1	45	2.6	99
Mayo	1 398	69	456	15	656	125	185.2	9	99.8	160
Junio	509	15	333	28	60.4	22	107.0	24	28.0	45
Julio	722	23	363	13	209	36	119.5	31	30.2	148
Agosto	885	7	464	1	337	27	123.9	30	20.7	66
Setiembre	383	17	235	21	78.7	19	58.6	32	18.6	59
Octubre	397	49	194	30	133	100	60.7	35	9.1	60
Noviembre	312	17	205	13	47.1	46	45.9	15	14.2	1

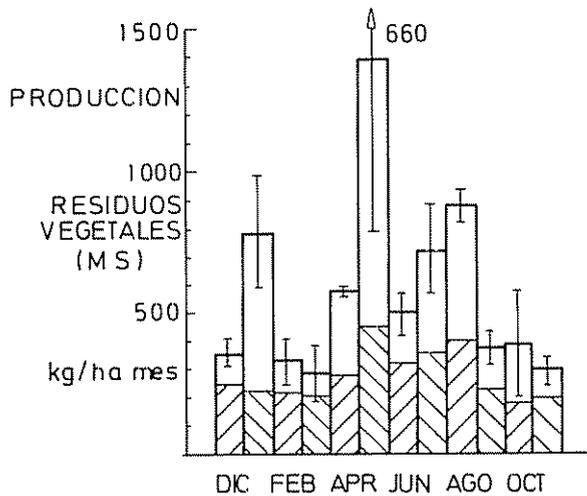


Fig. 1. Producción de residuos vegetales y desviación estándar, y la participación de hojas.

tampoco es factible interpretar hasta qué punto los factores mecánicos tienen alguna importancia en el ritmo de producción de los residuos.

También resulta difícil establecer comparación de la producción de residuos vegetales en diferentes ecosistemas forestales montañosos (Cuadro 2, Figura 2), ya que la cantidad de datos disponibles es todavía muy reducida y la diferenciación en los diferentes compartimentos, especialmente flores y frutos y epífitas, hasta ahora casi no ha sido realizada (6, 14, 19, 20). Los valores de San Eusebio, con 6.97 t/ha y año se encuentran en el rango observado entre 4.78 y 10.1 t/ha por año en El Verde, Puerto Rico (20) y Chinchiná, Colombia (14), respectivamente. El valor del ecosistema de Rancho Grande (19) en los Andes de Venezuela (7.8 t/ha por año) es más alto que el de San Eusebio; ello es quizás explicable por su situación a una altura de sólo 1 000 msnm y otra gama de factores ambientales, especialmente la temperatura.

Una comparación con los ecosistemas de bosques de llanura (Cuadro 2, Figura 2) es más complicada, ya que los regímenes ambientales (temperatura, agua) y suelos son completamente diferentes. En varios de los estudios se han consignado valores de producción de residuos vegetales arriba de 10 t/ha por año (9, 10, 17, 22), aunque el valor más alto encontrado alcanza 21.9 t/ha por año (22).

Es también muy interesante la comparación entre la producción de residuos vegetales y la biomasa de los diferentes compartimentos (11). De la bio-

masa foliar total, de 4.6 t/ha en el ecosistema, se producen en un año residuos de 3.4 t/ha; ello implica que 73 por ciento de la masa foliar se renueva anualmente y que prácticamente cada año y medio se renuevan los órganos fotosintetizantes en el ecosistema. La producción de ramas sólo alcanza un 5 por ciento de la biomasa correspondiente; las epífitas llegan a un 8 por ciento.

#### Producción de residuos de tallos y raíces

La producción de residuos vegetales a partir de los tallos y raíces de la vegetación del ecosistema es, sin duda, un proceso importante del funcionamiento del ecosistema, pero de difícil cuantificación. En la determinación de la biomasa del ecosistema se hizo hincapié en ambos compartimentos (11); para la cuantificación de la producción de residuos sólo se puede partir de algunas hipótesis que se discuten a continuación.

La determinación del aumento de la masa de tallos en el ecosistema arrojó un valor de 4.3 t/ha por año (16). Suponiendo que en el ecosistema, en su estado climax, la tasa de anabolismo es equiparable a la del catabolismo, se puede establecer la premisa de que la masa de madera muerta representa la tasa de renovación del ecosistema; así, la madera muerta con 23.6 t/ha representa el 7.2 por ciento de la biomasa de árboles muertos y raíces que se renueva continuamente en el ecosistema. Por ello se toma aquí de base que la producción de residuos vegetales de los tallos es de 4.8 t/ha por año (Cuadro 4). La muerte de los árboles es un proceso lento y difícil de cuantificar en un lapso tan corto como un año.

La biomasa de las raíces finas en el ecosistema ha sido hasta ahora objeto de muy pocos estudios (3, 5, 15); no existen hasta ahora informaciones sobre el ritmo de su muerte en ecosistemas tropicales. Las raíces con un diámetro menor de 5 cm alcanzaron una biomasa de 24.6 t/ha (11) y las observaciones correspondientes implican que casi el 80 por ciento son raíces finas (diámetro menor de 5 mm). Suponiendo que las raíces finas tienen una tasa de renovación equiparable a la de las hojas del ecosistema (13 por ciento) resulta de ello una tasa de producción de restos vegetales radicales de 3.2 t/ha por año (Cuadro 4).

#### Transferencia de elementos químicos con los residuos vegetales

Las tasas de transferencia de elementos químicos de la vegetación al suelo por unidad de superficie en un año se presentan en los Cuadros 2, 3, y 4. Para su cálculo se han considerado los valores de la materia seca, discutidos anteriormente, y los resultados de los análisis químicos correspondientes. Los valores mensuales indican que las concentraciones son bastantes

Cuadro 2: Transferencia de materia orgánica (t/ha por año) y elementos químicos (kg/ha por año) con los residuos vegetales.

Ecosistema	Autor	Materia orgánica t/ha	N P K Ca Mg				
			kg/ha y año				
<b>Bosques Montanos</b>							
San Eusebio	(20 )	6.97	69	4.0	33	43	14
El Verde, Pto. Rico		5.51	88	1.1	-	42	9
<b>Bosques de Llanura</b>							
Banco, Costa Marfil	( 1 2)	9.50	158	13.6	81	85	36
Yapo, Costa Marfil	( 1 2)	8.80	113	4.2	26	105	23
Manaos, Brasil	(22 )	21.90	324	13.4	35	48	36
Manaos, Brasil	(15 )	7.40	106	2.1	13	18	13
Murciélagos, Guatemala	( 7 )	9.0	169	5.8	20	88	64
Magdalena, Colombia	( 9 )	12.0	141	4.2	17	90	21
Magdalena, Colombia	( 9 )	8.7	103	3.4	29	124	12
Yagambi, Zaire	(17 )	12.3-	154-	7-	46-	84-	44-
Sta. Fe, Panamá	(10 )	15.3	224	9	87	105	53
Sta. Fe, Panamá	(10 )	11.3	-	8.6	128	240	22
Sta. Fe, Panamá	(10 )	10.5	-	2.6	91	98	33

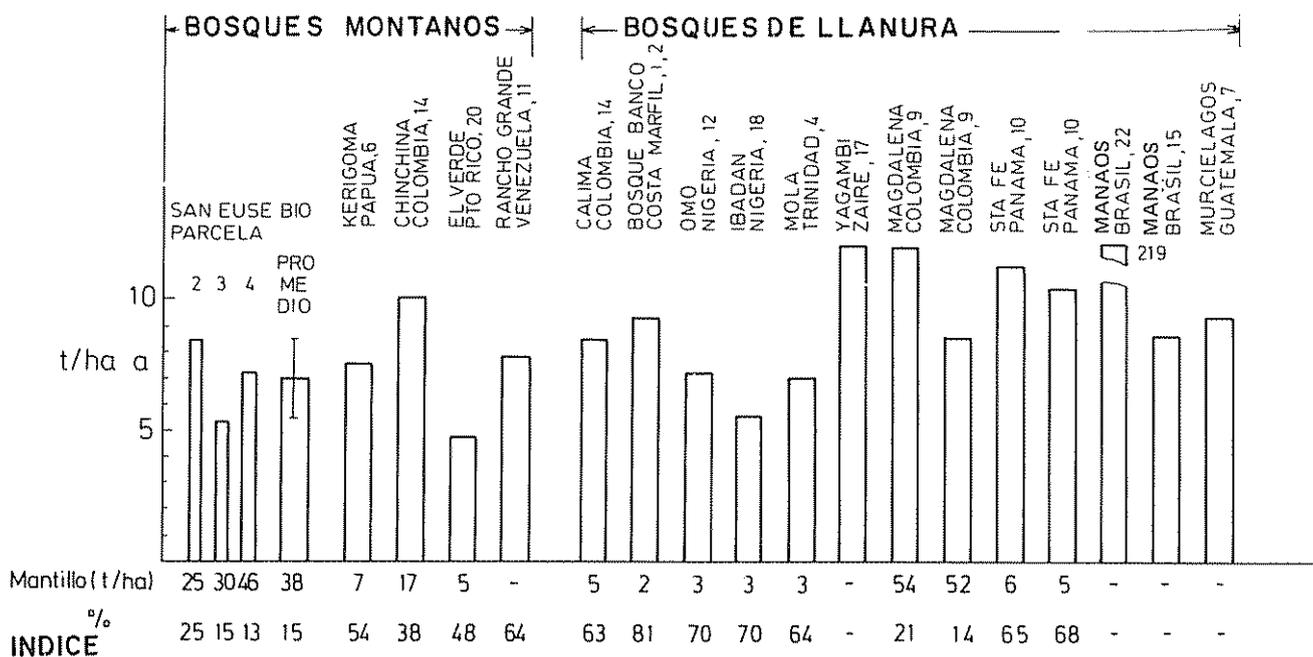


Fig. 2. Producción de residuos vegetales en diferentes ecosistemas forestales y su índice de transformación, según Jenny *et al*

Cuadro 3: Transferencia de elementos químicos con los residuos vegetales en el ecosistema de San Eusebio (kg/ha por año).

	Total	Hojas	Ramas	Frutos	Epifitas
N	69.1	38.98	12.78	16.32	1.02
P	3.99	2.10	0.70	1.10	0.08
K	33.06	19.35	5.46	7.24	1.01
Ca	43.11	24.81	12.29	5.27	0.73
Mg	14.38	8.80	2.89	2.41	0.28
Fe	0.80	0.41	0.19	0.17	0.03
Mn	3.71	2.27	0.90	0.46	0.07
Al	9.31	6.17	2.20	0.90	0.07
Na	0.27	0.14	0.08	0.04	0.01

constantes y las variaciones provienen de las cantidades mensuales; así, los valores de transferencia más altos se observan en el mes de mayo dentro del período de estudio.

De los elementos estudiados el nitrógeno tiene la mayor movilidad dentro del ecosistema. Durante el año en estudio se transfirieron 69 kg/ha de la vegetación al suelo. Dentro de los elementos mayores el fósforo presenta una tasa de transferencia bastante pequeña, llegando a sólo 4.0 kg/ha por año. Dentro de los elementos alcalinos y alcalinotérreos se observa la secuencia Ca, K, Mg, Na, con 43, 33, 14 y 0.27 kg/ha por año, respectivamente. En forma excepcional, el aluminio alcanza una tasa de transferencia bastante alta de 9.3 kg/ha y año; ello se explica por la acidez de los suelos en estudio y la predominancia del aluminio en el complejo de intercambio catiónico (11).

Las tasas de transferencia, con los diferentes residuos de las plantas, indican que las hojas pre-

Cuadro 4: Producción de residuos vegetales de tallos y raíces (t/ha y año) y transferencia de los elementos químicos (kg/ha y año).

	Tallos	Raíces
Materia orgánica	7.2	14.0
N	11.8	89.3
P	0.71	5.36
K	5.76	33.0
Ca	17.5	61.3
Mg	3.02	14.1
Fe	0.25	14.8
Mn	0.86	2.09
Al	1.31	33.1
Na	0.15	1.03

sentan la mayor participación (Cuadro 3), alcanzando entre el 52 y 66 por ciento del total de Fe y Al, respectivamente; para la mayor parte de los elementos, las hojas alcanzan un valor de aproximadamente 55 por ciento. Todos los valores son más altos que la participación de las hojas dentro de la producción total de residuos (48 por ciento); ello es explicable, ya que las hojas tienen concentraciones de elementos químicos más altas que los demás órganos vegetales en estudio. Las flores y frutos tienen, igualmente, concentraciones elevadas de elementos químicos y su contribución es también alta, alcanzando por ejemplo el 28 y 24 por ciento del P y N, respectivamente. La contribución de las ramas es más baja y la de las epifitas casi no tiene mayor significado.

Al comparar los datos encontrados en el ecosistema de San Eusebio con los encontrados en otros estudios (Cuadro 2), se constata que los valores encontrados son relativamente bajos. Así, para el nitrógeno, se encontró en El Verde, Puerto Rico, una tasa de transferencia de 88 kg/ha por año (20), comparable a la de San Eusebio (69 kg/ha por año); los demás estudios, especialmente en ecosistemas de llanura, arrojan valores entre 100 y 320 kg N/ha y por año. Los valores de transferencia de P son siempre bajos, oscilando entre 1 y 14 kg/ha por año; en el caso de San Eusebio, 4.0 kg/ha y por año es un valor promedio. Los valores de K, Ca y Mg presentan una gama más amplia que el N y P, ya que ellos dependen en mayor parte de la capacidad de intercambio y su saturación con bases en los suelos. Los valores más bajos encontrados pertenecen a un bosque de tierra firme en Manaos (15), los valores más altos corresponden a un ecosistema pluvial tropical en Santa Fe, Panamá (10).

Anteriormente se ha indicado que a través de la producción de residuos foliares se renuevan las hojas del ecosistema en prácticamente un año y medio (73 por ciento anual). Sin embargo la tasa de renovación de los elementos químicos es muy variable. Para los elementos N, P y K se encontró una tasa de renova-

ción de 42, 35 y 24 por ciento, respectivamente. Este comportamiento sólo es explicable por el proceso de resorción de los elementos nutritivos de las hojas en las ramillas y los capullos antes que las hojas caen. Aparentemente el proceso de muerte de las hojas y producción de residuos vegetales es bastante complicado; en la formación de la cutícula del peciolo y de las ramillas juegan un papel importante los factores ambientales y los procesos bioquímicos.

#### Descomposición de los residuos vegetales

La materia seca de las muestras de hojas y ramas expuestas para determinar la descomposición de los residuos vegetales está representada gráficamente en la Figura 3. Aquí interesan por un lado la curva de descomposición y por el otro la tasa de descomposición.

La curva de descomposición, tanto para las hojas como las ramas, es lineal, existiendo una correlación estadísticamente significativa entre el peso restante de la muestra y el tiempo de descomposición ( $r = -0.98$  para hojas y  $r = -0.50$  para ramas). En los trabajos conducidos por Bernhard-Reservat (2) en la Costa de Marfil y por Edwards (6) en Papua, se ha encontrado la misma dependencia lineal; sin embargo, otros autores (14, 17) indican que la curva de descomposición de los residuos vegetales es exponencial.

La tasa de descomposición puede calcularse según las ecuaciones indicadas en la Figura 3. Prolongando la línea de la descomposición de las hojas se llega al valor cero en 20 meses; ello implica que después de ese tiempo todas las hojas expuestas habrán sido descompuestas, de lo cual resulta una tasa anual de

descomposición del 72 por ciento. En el caso de las ramas el período es de 151 meses ( $12\frac{1}{2}$  años) para su descomposición total. Así la tasa anual de descomposición de las ramas es del 8 por ciento.

Las tasas de transferencia de elementos químicos a partir de residuos de tallos y raíces (Cuadro 4) no tienen un patrón de comparación, ya que hasta ahora no existen al respecto otros datos en la literatura.

#### Índice de transformación de los residuos vegetales

Los índices de transformación de la materia orgánica, calculados de acuerdo a Jenny *et al.* (14) en función de la producción de restos vegetales y la cantidad de humus en la capa de mantillo del suelo (2, 4, 7, 9, 10, 12, 14, 19, 20), se presentan en la Figura 2.

Para las tres parcelas en estudio, en el ecosistema de San Eusebio, resultan coeficientes de transformación de 25, 15 y 13 por ciento, respectivamente. Los valores del índice están influidos específicamente por la cantidad de humus en la capa de mantillo en el suelo; así, para la parcela 4 se obtiene el coeficiente más bajo con 46.2 t de mantillo/ha. Considerando todas las trece parcelas en estudio, resulta un valor promedio de descomposición del 15 por ciento. Aquí, nuevamente, se observa la influencia de una parcela con 129 t/ha de mantillo (parcela 13).

Los valores del índice encontrados para otros ecosistemas forestales montanos son más altos, variando entre 38 (14) y 64 (19) por ciento. En los ecosistemas forestales de llanura se encontraron aún valores más altos, a veces arriba del 80 por ciento; ello indica que prácticamente cada 15 meses se descomponen los residuos vegetales que se encuentran en el mantillo del suelo.

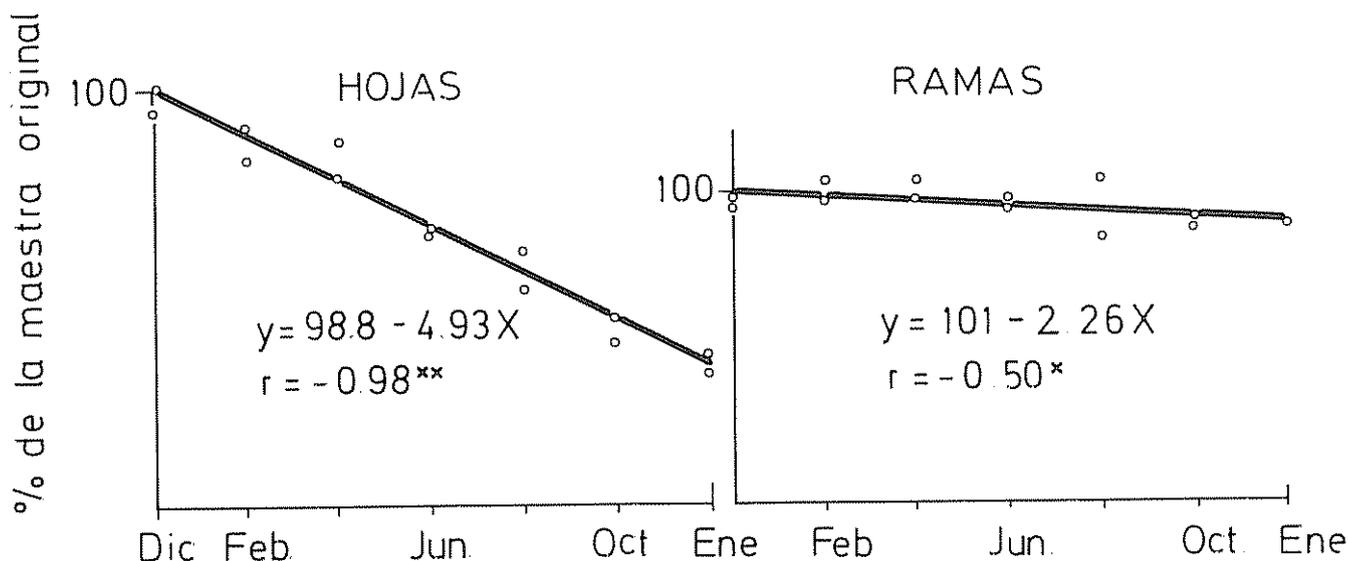


Fig. 3. Líneas de descomposición de los residuos de hojas y ramas.

El comportamiento, en el ecosistema de San Eusebio, es explicable por las características del suelo (11) y los fenómenos medioambientales (23) descritos anteriormente. A partir de la intensa lixiviación de los suelos, y con la disminución del pH, se promueve un empobrecimiento de las bases en el suelo y un aumento del Al en el sistema "tampón" del suelo. Por otro lado, con el aumento de la altura sobre el nivel del mar, se produce una disminución de la temperatura. Dentro de este complejo disminuye la actividad de los microorganismos saprófagos del suelo, resultando una disminución de la intensidad de la descomposición de los residuos vegetales.

### Resumen

En tres parcelas del ecosistema forestal montano de "San Eusebio" se hicieron durante un año estudios sobre la producción y descomposición de residuos vegetales, utilizando colectores (12 repeticiones; muestreo cada 2 semanas) y exponiendo muestras de hojas y ramas (muestreo cada 2 meses).

La producción total de residuos vegetales alcanzó un valor promedio de 6.97 t/ha por año, distribuyéndose de la siguiente manera:

hojas 3.88 t/ha año	= 48 por ciento del total
ramas 2.27 t/ha año	= 33 por ciento del total
flores y frutos 1.09 t/ha	= 16 por ciento del total
epífitas 0.23 t/ha	= 3 por ciento del total

La producción de hojas, flores y frutos es bastante constante, la de ramas presenta un coeficiente de variación alto (64 por ciento). La producción de residuos leñosos alcanza 4.8 y de raíces 14 t/ha por año. La renovación anual de las hojas en el ecosistema es de un 73 por ciento. Los valores encontrados son promedios para ecosistemas forestales montañosos; ellos presentan, en general, valores más bajos que los ecosistemas forestales de llanura.

La transferencia de elementos químicos con los residuos de la vegetación al suelo alcanzó, entre otros, para N, P y K 69, 4 y 33 kg/ha por año, respectivamente. Este proceso depende notablemente de las características del suelo.

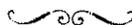
La descomposición de los residuos en el suelo es lineal; las muestras de hojas se descomponen totalmente en 20 meses en tanto que las ramas lo hacen en doce y medio años. El índice de transformación de residuos, de acuerdo con Jenn<sup>14</sup>, es bajo en San Eusebio, pero explicable en función de las características de los suelos y fenómenos medioambientales de la región.

### Literatura citada

1. BERNHARD, F. Etude de la litière et de sa contribution au cycle des éléments minéraux en forêt ombrophile de Côte-d'Ivoire. *Oecologia Plantarum* 5:247-266. 1970.
2. BERNHARD-REVERSAT, F. Décomposition de la litière de feuilles en forêt ombrophile de basse Côte-d'Ivoire. *Oecologia Plantarum* 7:279-300. 1972.
3. BRAY, J. R. y GORHAM, E. Litter production in forests of the world. *Advance in Ecological Research* 2:101-157. 1964.
4. CONFORTH, I. S. Leaf-fall in a tropical rain forest. *Journal of Applied Ecology* 7:603-608. 1970.
5. DOMMARGUES, Y. Les cycles biogéochimiques des éléments minéraux dans les formations tropicales. *Bois et Forêt des Tropiques* 87:9-25. 1963.
6. EDWARDS, P. J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. II. The production and disappearance of litter. *Journal of Ecology* 65:971-992. 1977.
7. EWEL, J. J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. *Journal of Ecology* 64:293-308. 1976.
8. FASSBENDER, H. W. y AHRENS, E. Arbeitsvorschriften - Chemische Laboratorien. Göttingen Bodenkundliche Berichte 47:1-98. 1977.
9. FÖLSTER, H. y DE LAS SALAS, G. Litter fall and mineralization in three tropical evergreen forest stands, Colombia. *Acta Científica Venezolana* 27:192-202. 1976.
10. GOLLEY, F. B. et al. Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. University of Georgia Press. Athens, 245 p. 1975.
11. GRIMM U. y FASSBENDER, H. W. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. I. Inventario de las reservas orgánicas y minerales (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Na). *Turrialba* Vol. 31(1). 1981.
12. HOPKINS, B. Vegetation of the Olokweji forest reserve, Nigeria. IV. The litter and soil with special reference to their seasonal changes. *Journal of Ecology* 54:687-703. 1966.
13. HUTTEL, C. y BERNHARD-REVERSAT, F. Recherches sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale de basse Côte-d'Ivoire I. *Terra et la Vie* 29:203-228. 1975.

14. JENNY, H., GESSEL, S. P. y BINGHAM, F. T. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Science* 68:419-432. 1949
15. KLINGE, H. y RODRIGUES, W. A. Litter production in an area of Amazonian Terra Firme forest. I. Litterfall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. II. Mineral nutrient content of the litter. *Amazoniana* 1:287-310. 1968
16. LAMPRECHT, H. Waldkundliche Forschungsprojekte und -ergebnisse. *Forstarchiv* 48(11):226-231. 1977
17. LANDELOUT, H. y MAYER, J. Les cycles d'éléments minéraux et de matière organique en forêt équatoriale congolaise. *Transaction 5th International Congress of Soil Science*. Leopoldville 267-272. 1954
18. MADGE, D. S. Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest. *Pedobiologia* 5:273-288. 1965.
19. MEDINA, E. Bodenatmung und Streuproduktion verschiedener tropischer Pflanzengemeinschaften. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 81:159-168. 1968.
20. ODUM, H. T. y PIGEON, R. F. (eds.). *A tropical rain forest*. U. S. Atomic Energy Commission Washington. 1970.
21. RODIN, L. S. y BAZILEVICH, N. I. Production and mineral cycling in terrestrial vegetation. Edinburgh-London. 1967.
22. STARK, M. N. Nutrient cycling, I, II. *Tropical Ecology* 12. 1971.
23. STEINHARDT, U. y FASSBENDER, H. W. Características y composición química de las lluvias de los Andes Occidentales de Venezuela. *Turrialba* 29:175-182. 1979.

- QUIMICA DE SUELOS. CON ENFASIS EN SUELOS DE AMERICA LATINA. Hans W. Fassbender 2º reimp 1980 Serie de Libros y Materiales Educativos Un volumen de 398 p Precio US\$ 7,00
- CONTRIBUCIONES DEL IICA A LA LITERATURA DE LAS CIENCIAS AGRICOLAS. Bibliografía Serie Documentación e Información Agrícola No 12 Un volumen de 411 p
- BIBLIOGRAFIA SOBRE CATASTRO RURAL EN AMERICA LATINA 1974 Serie Documentación e Información Agrícola No 29. Un volumen de 68 p
- LA MUJER EN EL MEDIO RURAL. BIBLIOGRAFIA. 1975 Serie Documentación e Información Agrícola No 41 Un volumen de 95 p
- BIBLIOGRAFIA SOBRE SILVICULTURA Y ECOLOGIA FORESTAL Y TROPICAL 1975. Serie Documentación e Información Agrícola No 43 Un volumen de 282 p Precio US\$ 3,00
- BANCO DE DATOS DE BIBLIOGRAFIAS AGRICOLAS DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE. 1977. Serie Documentación e Información Agrícola No. 61. Un volumen de 210 p
- BIBLIOGRAFIA SOBRE PESTE PORCINA AFRICANA Y PESTE PORCINA CLASICA. 1978 Serie Documentación e Información Agrícola No 67 Volumen de 180 p
- BIBLIOGRAFIA SOBRE SENSORES REMOTOS 1979. Serie Documentación e Información Agrícola No 72 Un volumen de 190 p Precio US\$ 3,00
- BIBLIOGRAFIA PARTICIPACION DE LA MUJER EN EL DESARROLLO RURAL DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE. 1980 Serie Documentación e Información Agrícola No 78 Un volumen de 103 p Precio US\$ 3,00
- BIOMASA Y OTRAS FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGIA. Bibliografía 1980. Serie Documentación e Información Agrícola No 79 Volumen de 263 p. Precio US\$ 7,00.
- A TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA E O PEQUEÑO AGRICULTOR. Juan Diaz Bordenave 1980 Serie Publicaciones Misceláneas No. 213. Un volumen de 119 p Precio US\$ 1,50



Estos libros pueden ser solicitados a la Oficina de Distribución de Publicaciones, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Apartado Postal 55 - 2200 Coronado, San José, Costa Rica. También se pueden obtener en las Oficinas de los Representantes del IICA en los distintos países. El valor puede ser remitido por adelantado en dólares o abonado en la oficina local del IICA, en la moneda nacional del país en el que se hace la compra.