

Abstract

In 13 stands of a montane forest ecosystem in the Sierra de Mérida, northwestern Venezuela, the organic matter and stored elements (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al and Na) were measured.

The soils of the studied area are very acid (pH CaCl_2 3.5 to 4.0) and rich in organic matter; the dominant exchangeable cation is Al.

Main values for organic matter run up to 404 t/ha of living phytomass, 24 t/ha of dead trees, 38 t/ha in the organic layer and 585 t/ha in the soil (0 – 120 cm).

The forest contains high mineral stores, accumulated especially in the woody compartment. N and P values are very high in the soil compartment. The exchangeable K-, Ca- and Mg-stores are low in comparison to the exchangeable Al-store.

Site variations are believed to be regulated by site-dependent water regime. A corresponding site-index classification is presented.

Introducción

Las formaciones ecológicas clímax de áreas tropicales se encuentran en general en un estado estático. La producción de nueva fitomasa es equiparable a la deposición y descomposición de restos vegetales (anabolismo = catabolismo). Bajo estas condiciones se tiene en esos ecosistemas un ciclo cerrado, interno de elementos nutritivos en el cual la biomasa y las velocidades de transformación y transferencia de los elementos nutritivos dependen en gran parte de las condiciones edafológicas y climatológicas.

La ecología de sistemas se basa en la hipótesis de que el estado de un ecosistema, en un momento dado particular, se puede expresar cuantitativamente con un inventario de los recursos y que los cambios en el sistema pueden describirse analizando los procesos de transferencia entre las diferentes partes del sistema. Estudios ecológicos en este concepto son aún muy escasos en las áreas de climas templados (4, 19, 22, 27) y en mayor medida en las áreas tropicales o subtropicales (3, 13, 18, 20, 24, 28). En la figura 1 se presenta un esquema básico de los posibles compartimentos y procesos de transferencia en un análisis sistemático de los ciclos de elementos químicos en un sistema forestal. Las reservas orgánicas y minerales se encuentran localizadas en la fitomasa del bosque, distribuida en los compartimentos de tallos, ramas, hojas, raíces y de acuerdo a la estructura y la ecofisionomía del ecosistema, en el sotobosque y en epífitos así como en la capa de mantillo y el suelo. Los procesos de transferencia dentro de los compartimentos se producen en medios de transporte como el agua (lluvia, lavado foliar, escurrimiento de tallos, percolación a través del suelo y percolación en el agua freática) y la materia orgánica (producción de restos vegetales, descomposición y liberación de elementos nutri-

1 Recibido para publicación el 6 de marzo de 1980. Los autores agradecen el apoyo financiero de la Sociedad Alemana de Investigaciones y el apoyo logístico de la Universidad de los Andes para la conducción del trabajo

* Instituto de Suelos y Nutrición Forestales de la Universidad de Gotinga, Alemania. Actualmente en Centro de Pesquisas Agropecuarias dos Tropicólos Úmidos. Belem, Brasil.

** Institut für Bodenkunde und Waldernährung, Büsgenweg 2, D-3 400 Göttingen, Rep. Federal de Alemania

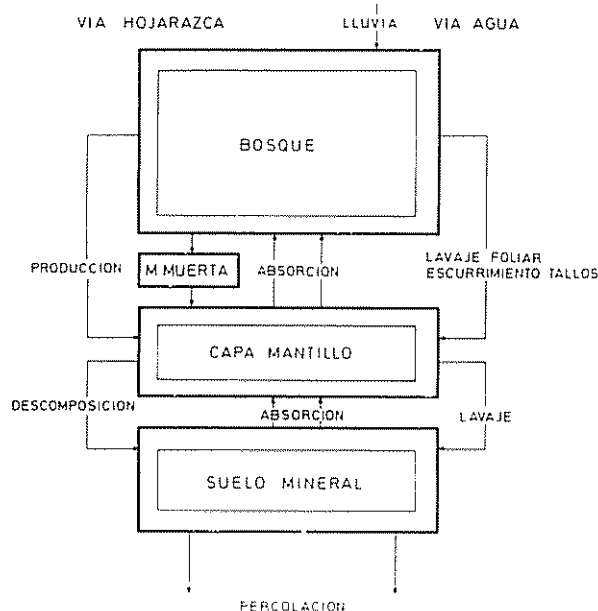


Fig 1. Esquema básico de los compartimentos de un ecosistema forestal y sus procesos de transferencia y cambio.

tivos). Por razones técnicas no se ha considerado en el esquema la participación de la zoomasa (carnívoros, herbívoros y detritófagos) aunque su importancia es primordial (8, 9, 28).

Dentro de un programa de estudios de los ecosistemas forestales montaños de la región occidental de los Andes de Venezuela, se realizaron un inventario y evaluación de las reservas orgánicas y minerales, así como estudios de la transferencia de elementos químicos, cuyos resultados se presentan en este trabajo.

Materiales y métodos

Sitio de los estudios

El estudio se realizó en el bosque "San Eusebio" (La Carbonera) de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de los Andes, localizado en las laderas nor-occidentales de la Sierra de Mérida ($8^{\circ} 37'$ norte, $71^{\circ} 21'$ este, a una altura entre 2 000 y 2 500 msnm). Los detalles sobre la localización y las condiciones pluviométricas han sido publicados anteriormente (25). La temperatura promedio anual alcanza 12.6°C y la variación promedio de la temperatura media es de 9.2°C . Con un total aproximado de 1 500 mm de lluvia al año se registra un carácter climático húmedo y hasta perhúmedo (25).

Los rodales de la reserva forestal pueden considerarse de carácter natural primario, aunque algunas

veces se ha observado la explotación selectiva de algunos árboles. El paisaje es bastante heterogéneo, encontrándose por un lado rodales altos con un número pequeño de árboles gruesos en las laderas, y, por otra parte, rodales de árboles de altura irregular y una composición mixta con un número mayor de árboles en las crestas y depresiones. Entre las especies forestales más importantes cabe mencionar al pino liso (*Podocarpus rospigliosii*), pino aparrado (*Podocarpus oleifolius*), mortiño rosado (*Graffenrieda latifolia*), saysay (*Myrcia fallax*), tetajira (*Eschweilera monosperma*) y laurel cuero (*Beilschmiedia sulcata*). En los casos de ocasionales doseles abiertos se encontró una cierta distribución de plantas de bambú. En los rodales se observa una gran cantidad de plantas epífitas (especialmente de las familias bromeliáceas, aráceas, araliáceas y orquídeas) y las raíces de plantas hemiepífitas (especialmente tampoco, *Clusia multiflora*). Otros detalles de la vegetación han sido publicados anteriormente (2, 12, 17).

Muestreo y análisis químico de la vegetación

Los bosques en estudio fueron reconocidos por recorridos terrestres y se escogieron 13 parcelas en las cuales se realizó un inventario para determinar la fitomasa correspondiente, en función de la distribución de las especies por altura y diámetros (2, 12). Los lotes de muestreo cubrieron una área de 50×50 m donde se midieron todos los árboles vivos y muertos con un diámetro mayor de 10 cm; los árboles de menor diámetro fueron registrados en un radio de 15 m (0.07 ha) a partir del centro de la parcela. El sotobosque se muestreó en subparcelas de 2×2 m (4 m^2) con 12 repeticiones distribuidas radialmente a partir del centro de la parcela, separando árboles de una altura menor de 130 cm y plantas edáficas. En estas subparcelas se tomaron muestras de raíces finas (< 5 cm de diámetro) con anillos metálicos de 20 cm de diámetro.

En una parcela de tala rasa se escogieron 86 árboles representativos de las 33 especies forestales más importantes; en función de su diámetro y altura se calculó el volumen del tallo y, con el peso específico de la madera, el peso seco correspondiente. Las ramas, hojas y epífitas fueron pesadas por separado y se colectaron alicuotas correspondientes en bolsas plásticas para su secado en una estufa a 105°C por 24 horas. Igualmente se escavaron las raíces gruesas (> 5 cm diámetro) de 30 árboles, determinándose su volumen y peso. En cada una de todas las muestras se determinó el peso seco, el cual fue utilizado para cálculos posteriores. Para los análisis químicos se prepararon finalmente las siguientes muestras:

tallos	86
ramas	90
hojas	55
raíces gruesas	30
raíces finas	15 (3 repeticiones en 5 profundidades)
árboles de regeneración (< 10 cm diámetro)	3
madera muerta	3
plantas edáficas	3
bambúes	3
epífitas	9 (bromeliáceas 3, orquídeas 3, lianas 3).

Las muestras fueron molidas y se hicieron los siguientes análisis (5):

- N por el método de Kjeldahl (digestión con ácido sulfúrico con selenio) y determinación colorimétrica.
- P después de una incineración a 600°C y determinación colorimétrica como complejo sulfofosfomolibdato.
- 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.

Muestreo y análisis químico de los suelos

En cada una de las trece parcelas en estudio se tomaron muestras del mantillo (0.25 m², capas de hojarasca y húmica) y del suelo (barrenamiento 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 – 90 y 90 – 120 cm de profundidad) con doce repeticiones respectivamente, las cuales fueron homogeneizadas en muestras representativas.

Las muestras de mantillo fueron secadas a 105°C y analizadas como muestras vegetales con los métodos arriba indicados.

Las muestras de los suelos fueron secadas al aire libre y pasadas por un tamiz de 2 mm. Se hicieron los siguientes análisis (5):

- pH con un electrodo de vidrio, en 0.01 M CaCl₂
- C volumétricamente con una incineración a 1 000°C.
- N por el método de Kjeldahl.

– P – total después de una digestión con una mezcla de ácidos; formas de P después de un fraccionamiento con NH₄F: (Al–P), con NaOH (Fe–P), y con H₂SO₄ (Ca–P).

– Cationes intercambiables (Na, K, Ca, Mg, Fe, Al) después de una desorción con NH₄Cl y los métodos de determinación ya mencionados.

En función de los barrenamientos arriba indicados se grabó en cada una de las parcelas una calicata para la descripción del suelo y tomar muestras volumétricas del suelo (anillos metálicos de 250 cm³, cuatro repeticiones por profundidad) con las cuales se determinó el peso específico de los suelos.

Resultados y discusión

Características químicas de los suelos

Los resultados de los análisis de los suelos están representados gráficamente en la Figura 2. Los valores de pH son bastante homogéneos en todo el perfil del suelo (promedio 3.5 a 3.9) y entre las parcelas (coeficiente de variación 2 a 5%) y se les deben considerar como extremadamente ácidos. Los valores de la materia orgánica son bastante altos: en el suelo alcanzan valores promedio de 5.5% C (0 – 20 cm) y la disminución en el subsuelo es notoria, aunque aún en una profundidad de 90 cm se encuentra todavía un valor de 1% C. De la relación C/N promedio entre 12 y 9.5, resulta un valor promedio alto de N. La variación estadística de estas variables para las 13 parcelas arroja un coeficiente de variación generalmente entre 20 y 30%.

El fósforo total es relativamente bajo, presenta las desviaciones estándar más altas (40%) de todas las características estudiadas. El contenido de fósforo orgánico disminuye, como se esperaba, con la profundidad del suelo (de casi 50% en la capa 0 – 20 cm, a 20% en la capa 90 – 120 cm). Los fosfatos cristalinos de Ca, Fe y Al son prácticamente constantes en el perfil del suelo (12 a 18% del P); y los fosfatos ocluidos aumentan con la profundidad.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es relativamente baja, oscilando en el perfil entre 12 y 18 meq/100 g de suelo, ello es explicable ya que la caolinita es el mineral arcilloso predominante; el aumento de los valores de CIC en la capa 90 a 120 cm se debe al aumento de la fracción de arcillas. De acuerdo al pH del suelo el Al es el cation intercambiable predominante; en la capa 0 – 20 cm alcanza 82% de la CIC, aumentando aún a mayores profundidades.

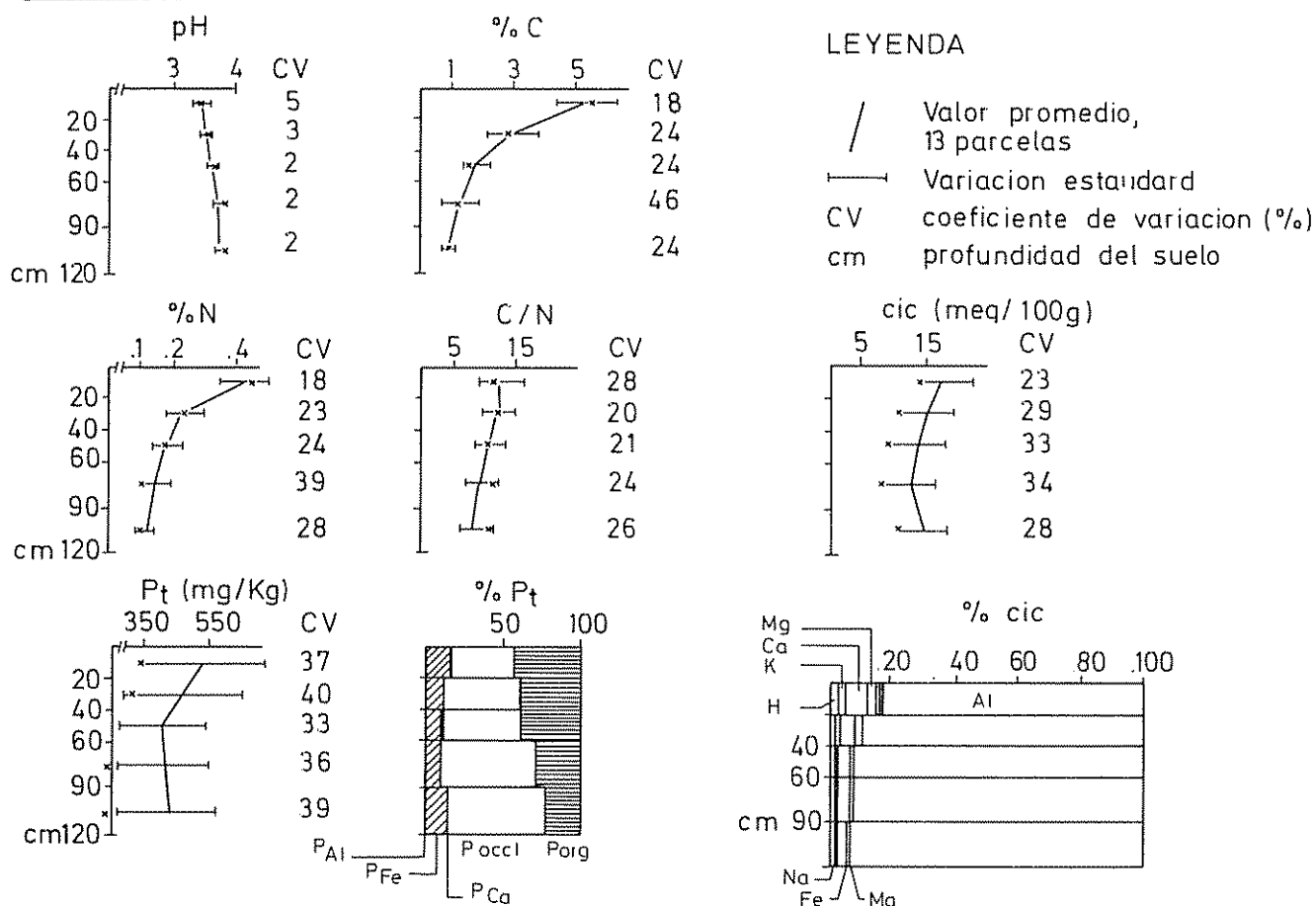


Fig. 2. Características químicas de los suelos estudiados.

Así, los suelos de la zona en estudio se caracterizan químicamente por su extrema acidez, la acumulación de materia orgánica y la participación del aluminio en el complejo de intercambio. Esto es explicable por la localización de la zona y las interacciones entre el suelo y el clima. Al aumentar la altura sobre el nivel del mar disminuye la temperatura y aumenta la pluviosidad por la formación de nieblas y nubes (25), y en función del cambio la fisionomía botánica disminuye por otro lado la evapotranspiración de los bosques. Ello conlleva a un aumento notable del carácter hidromórfico de los suelos, a la saturación de los mismos con agua freática, a un aumento en la lixiviación del suelo, y a la meteorización correspondiente. De ello resultan valores de pH bajos, el empobrecimiento del contenido de bases y el aumento del Al en el sistema "tampón"* del suelo. Por otro lado los procesos de producción y descomposición de la materia orgánica son regulados en gran parte por la temperatura; un descenso implica una menor tasa de descomposición y, por lo tanto, la acumulación de la

materia orgánica, la cual tiene un grado de polimerización bajo y una estabilidad alta por las interacciones con el Al. En la literatura se encuentran tendencias similares a las descritas (3, 14, 26). En casos extremos de aumento de la materia orgánica y de hidromorfismo se ha observado bajo bosques montanos el desarrollo de ciénagas (11).

Reservas orgánicas en la vegetación y en el suelo

Los valores de las reservas orgánicas en la fitomasa y en el suelo, en promedio de las 13 parcelas estudiadas y para cada uno de sus compartimentos, se presentan en el Cuadro 1; para las parcelas por separado, agrupando los más importantes, en el Cuadro 2. Por otro lado se presentan en forma comparativa y gráficamente los valores correspondientes de la literatura (Figura 3).

El ecosistema forestal montano andino en estudio presenta, en comparación con otros valores disponibles, una fitomasa aérea viva bastante alta, con un promedio de 348 t/ha; la madera muerta llega a

* Capacidad "buffer" del suelo, según otros autores, N. del E.

Cuadro 1. Reservas orgánicas (t/ha) de las parcelas en estudio

Parcela Tipo de sitio	Vegetación aérea viva	Madera muerta	Mantillo	Raíces	Suelo mineral (0-120 cm)
P1/A	353.3	29.8	52.5	74.6	605.5
2/A	345.6	23.8	25.4	67.7	476.0
3/C	318.2	29.0	29.6	71.1	541.2
4/M*	336.2	30.9	46.2	47.1	658.3
5/M*	403.6	18.5	47.9	56.7	567.4
6/B	416.3	32.8	19.0	59.0	434.6
7/B	411.0	36.4	13.3	54.7	573.3
8/B	390.1	19.9	45.1	55.5	675.1
9/B	325.2	20.3	15.2	50.3	579.0
10/B	516.0	15.6	28.9	67.0	640.1
11/A	291.9	23.0	20.6	61.2	575.8
12/D	206.2	13.6	21.0	58.4	828.1
13/C	206.2	12.2	128.6	43.5	630.2
Promedio	347.7	23.5	37.9	56.5	583.4
Desviación estándar	± 84.9	± 7.7	± 30.2	± 9.2	± 69.4

* Tipo de sitio mixto.

24 t/ha, y las raíces a 57 t/ha. La materia orgánica en la capa de mantillo en San Eusebio alcanza 38 t/ha y en el suelo mineral, hasta 120 cm de profundidad, se encuentran 583 t/ha. En el ecosistema se alcanza así un total de 1 049 t/ha de materia orgánica.

La relación de las reservas orgánicas en la vegetación aérea a las raíces es de 7 a 1. La mayor reserva orgánica del bosque se encuentra en los tallos, la cual no participa en los procesos de transferencia en el ecosistema. Las fracciones dinámicas de la biomasa, que producen restos vegetales dentro del sistema, alcanzan 4.6, 2.8 y 12.7 t/ha en forma de hojas, epífitas y raíces finas respectivamente. La madera muerta en el bosque es un aspecto particular de las condiciones estudiadas, donde alcanza 2% de la reserva orgánica total. La interpretación de las reservas orgánicas en el suelo presentada anteriormente explica la razón por la cual en el suelo se encuentran 55% de las reservas, dándole así una estabilidad grande al ecosistema como tal. La comparación de la materia orgánica del suelo presenta algunos problemas, ya que en los diferentes estudios se han ganado datos de diferentes profundidades del suelo y algunas veces no se han incluido estos datos, por ello se han incluido en la figura 3 las profundidades de estudio. En la figura 3 se observa, a manera general, que entre los ecosistemas montanos y los de llanura existe una diferencia notable; los ecosistemas de llanura presentan mayores

valores de fitomasa pero menores reservas orgánicas en el suelo, resultando de ello una menor estabilidad ecológica.

Reservas inorgánicas en la vegetación y en el suelo (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Na)

Los valores promedio de las concentraciones encontradas para algunos elementos químicos y compartimentos de la vegetación analizados se han agrupado en el Cuadro 3. Una interpretación de los contenidos de las diferentes especies forestales indica que las especies cedrillo (*Guarea khuntiana*), pino laso (*Podocarpus rospigliosii*) y pino aparado (*Podocarpus oleifolius*) presentan generalmente valores más elevados, en cambio, el copey (*Ternstroemia acrodanthera*) presenta los más bajos. El mortiño rosado (*Graffenrieda latifolia*) presenta valores de Al extremadamente altos en las hojas (15.5 mg/kg), indicando una adaptación a las características de los suelos. De manera general se observa la gradual disminución del contenido de reservas inorgánicas de las hojas a ramas, tallos y raíces. En los compartimentos del sotobosque (regeneración, plantas del suelo) y en las epífitas (lianas, bromeliáceas y orquídeas) se encuentran valores comparables a los de las hojas.

Cuadro 2: Reservas orgánicas (t/ha) y minerales (kg/ha) en el ecosistema forestal (promedio de 13 parcelas).

	Materia orgánica	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	Na
VEGETACION	404.0	1 107	66.4	1 469	899	254	73.9	42.5	189	14.2
Tallos	269.7	543	32.4	846	504	145	16.2	24.3	48.8	7.82
Ramas	43.3	155	7.53	206	143	33.6	3.77	5.50	11.7	1.85
Hojas	4.6	75.3	4.96	63.2	22.8	12.2	0.636	2.01	7.05	0.278
Raíces $\phi < 5$ cm	24.6	157	9.44	58.1	108	24.9	26.2	3.68	58.4	1.82
Raíces $\phi > 5$ cm	31.8	74.2	4.59	89.5	45.8	14.0	25.5	2.64	47.0	1.62
Arboles $\phi < 10$ cm	24.5	65.8	4.44	130	54.0	15.0	1.03	2.50	11.7	0.899
Arboles/h < 130 cm	0.86	9.65	0.729	15.1	7.28	3.21	0.095	0.542	3.38	0.070
Flora edáfica	0.06	0.94	0.076	1.30	0.434	0.257	0.008	0.046	0.08	0.005
Bromeliáceas	2.60	14.3	1.47	36.40	5.31	3.91	0.337	0.845	0.747	0.207
Orquídeas	0.24	1.56	0.137	2.60	1.66	0.367	0.057	0.105	0.053	0.007
Bambues	0.630	2.82	0.232	6.78	0.780	0.340	0.030	0.072	0.085	0.036
Lianas	1.10	6.58	0.468	13.1	5.75	1.72	0.158	0.306	0.178	0.052
MADERA MUERTA	23.6	58.0	3.51	28.3	85.8	14.8	1.23	4.22	6.44	0.754
MANILLO	38.0	583	29.2	59.4	216	54.5	192	14.8	245.0	7.22
Reciente	5.9	64.4	3.96	12.3	55.5	14.2	6.30	3.98	10.9	0.380
Descompuesto	32.1	519	25.2	47	160.6	40.3	186	10.8	243	6.84
SUELO MINERAL	583.5	27 197	6 424	934	1 859	449	203	217	17 217	188
0 - 20 cm	182.1	4 603	1 774	211	372	86	14	38	5 088	53
20 - 40 cm	137.2	5 381	1 608	201	426	93	17	40	4 160	49
40 - 60 cm	92.6	4 321	1 007	139	245	62	16	31	2 802	31
60 - 90 cm	100	5 508	1 089	190	335	87	39	46	2 760	31
90 - 120 cm	71.5	73.84	945	243	482	121	116	63	2 408	24
TOTAL ECOSISTEMA	1 049	29 994	6 523	2 490	3 060	772	470	279	17 657	210

Cuadro 3. Concentraciones de elementos químicos en algunos compartimentos (g/kg materia seca).

	Hojas (n = 55)	Ramas (n = 90)	Tallos (n = 86)
N	16.4	3.6	2.0
P	1.112	0.147	0.120
K	12.5	4.80	3.10
Ca	4.57	3.31	1.87
Mg	2.44	0.78	0.54
Fe	0.138	0.087	0.060
Mn	0.423	0.127	0.090
Al	1.64	0.27	0.18
Na	0.052	0.043	0.029

Los valores de las reservas inorgánicas presentes en el ecosistema distribuidas en la vegetación, el mantillo y en el suelo, se encuentran en el Cuadro 2 como promedio de las 13 parcelas estudiadas.

La distribución de las reservas minerales en los diferentes compartimentos de la vegetación indica que la mayor parte de las reservas se encuentra inmoviliza-

da en los tallos, alcanzando valores de 70 a 80 por ciento. Los valores correspondientes para las hojas alcanzan para algunos elementos un 7 por ciento del total (N y P).

Las reservas correspondientes encontradas en la capa de mantillo representan las reservas totales en el suelo; los valores de N y P en el suelo corresponden a las reservas totales, los correspondientes de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Na y Al representan solamente la fracción intercambiable. Por ello es casi imposible comparar estos datos con los encontrados en la literatura, más aún si se refieren a diferentes profundidades de muestreo; a fin de lograr una comparación se han reducido en el Cuadro 4 las reservas inorgánicas en los suelos superficiales de los diferentes estudios a profundidades de 10 cm.

Siguiendo las tendencias de la distribución de la materia orgánica el nitrógeno presenta las mayores reservas en el suelo, con 27 200 kg/ha en 120 cm; la acumulación en la capa de mantillo alcanza 580 kg/ha y en la vegetación se encuentran 1 107 kg/ha (Figura 4). Los factores anteriormente

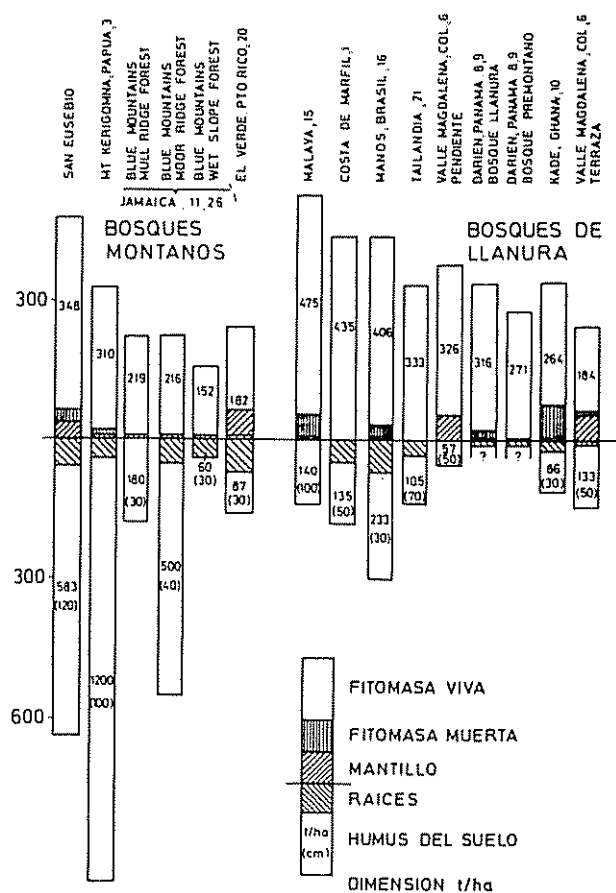


Fig. 3. Relación entre peso del grano y por ciento de cáscara en grupos representativos de *Phaseolus vulgaris*.

discutidos sobre la acumulación y distribución de la materia orgánica son válidos para el nitrógeno. Por otro lado, es de mencionar la posibilidad de fijación de N en la filosfera (23) y en nódulos de las raíces (14); estos últimos se presentan en las especies del género *Podocarpus* aunque otros autores han desmentido la posibilidad de fijación de N (7). La cantidad total de N acumulada en la vegetación, con un valor de 1 107 kg/ha, es relativamente baja en comparación con otros valores encontrados en la literatura (Cuadro 4). Los valores de N en el suelo con 3 200 kg/ha en 10 cm de profundidad se encuentran en el promedio de la literatura; los valores más altos se han registrado en el valle del Magdalena, Colombia [4 800 a 5 200 kg/ha (6)], en el Verde, Puerto Rico [4 600 kg/ha (2)] y en el monte de Kerigomma, Papua [6 050 kg/ha (3)].

Las reservas del fósforo en la vegetación sólo representan el 1% de las del ecosistema, la mayor acumulación se presenta en el suelo (6 424 kg/ha en 120 cm); con un valor de 510 kg/ha en 10 cm de profundidad, los suelos de San Eusebio arrojan el valor más alto encontrado en la literatura. El valor correspondiente de la vegetación se encuentra dentro del ámbito de la literatura (Cuadro 4).

Los valores de potasio, calcio y magnesio en la vegetación del ecosistema en estudio son bajos en comparación con los encontrados en la literatura (Cuadro 4); ello es explicable por las pequeñas reservas intercambiables en los suelos, que alcanzan los valores respectivos de 930, 1 860 y 449 kg/ha en 120 cm de profundidad. Los valores de las reservas de aluminio en el suelo son, por el contrario, bastante altos, ajustándose a las discusiones anteriores. Los elementos manganeso e hierro presentan cantidades pequeñas de reservas, 43 a 74 kg/ha en la vegetación, respectivamente; los valores comparativos en la literatura son muy escasos. Las reservas del sodio son igualmente muy pequeñas.

FITOMASA		1107	
TALLOS	543	RAMAS	155
ARBOLES $\phi < 10$	658	ARBOLES $h < 130$	965
HOJAS	753	RAICES $\phi < 5$	157
RAICES $\phi > 5$	74,2	FLORA EDAF	0,06
BROMELIAS	2,6	ORQUIDEAS	0,24
BAMBUS	0,63	LIANAS	1,1

M MUERTA	580
----------	-----

MANTILLO	583
RECIENTE	64,4
DESCOMPUESTO	519

SUELO MINERAL	27 197
0 - 20 cm	4603
20 - 40	5381
40 - 60	4321
60 - 90	5508
90 - 120	7484

Fig. 4. Relación entre peso y tiempo de cocción de grupos representativos de *Phaseolus vulgaris*.

El régimen hídrico como factor de regulación de las reservas orgánicas y minerales

En un intento de clasificación de las 13 parcelas estudiadas, se establecieron los siguientes cuatro grupos de sitio forestal en función de la vegetación, del relieve, de la inclinación y del hidromorfismo en el suelo (Cuadros 1, 5; ver también 12):

Tipo A: Rodales con doseles cerrados en laderas de pendiente media a pronunciada, con suelos

Cuadro 4. Reservas minerales de algunos ecosistemas forestales tropicales (kg/ha)

	Fitomasa viva						Madera muerta						Raíces						Mantillo						Suelo superficial						(cm)																																				
	N	P	K	Ca	Mg		N	P	K	Ca	Mg		N	P	K	Ca	Mg		N	P	K	Ca	Mg		N	P	K	Ca	Mg			N	P	K	Ca	Mg																															
Ecos. montanos																																																																			
San Eusebio	875	52	1 322	736	215		58	4	28	86	15		232	14	147	154	39		583	29	59	216	55		3 223	509	180	204	52		6 048	108	200	1 350	270		2 000	29	7	89			1 750	50	60	38			1 000	80	333	133			2 250	40	75	10			4 600	220	34	450	310		(40)
Kerigoma, Papua (3)	1 252	67	1 090	1 826	400		25	2	7	22	6		163	7	137	234	52		150	9	24	162	25		6 048	108	200	1 350	270		2 000	29	7	89			1 750	50	60	38			1 000	80	333	133			2 250	40	75	10			4 600	220	34	450	310		(25)						
Blue forest, Jamaica (11, 26)	432	26	259	432	160																																																								(45)						
El Verde, Pro. Rico (9)	1 021	59	926	1 129	253								27	6	21	29	8		12	2	46	10			4 600	220	34	450	310		2 000	29	7	89			1 750	50	60	38			1 000	80	333	133			2 250	40	75	10			4 600	220	34	450	310		(30)						
Ecos. de llanura																																																																			
Manaos, Brasil (16)	2 428	59	434	424	202		217	3	5	1	10		561	7	62	83	55		77	1	3	20	8		1 421	124	18	0	6		5 350	254	119	31	43		4 828	205	176	1 761	203		1 533	4	217	860	123		7	118	7	222	852		3	100	683	442			1 230	190	24	30	19		(30)
Magdalena, Col. (6)	741	27	277	432	133								672	18	32	94	28		650	16	30	90	25		5 350	254	119	31	43		4 828	205	176	1 761	203		1 533	4	217	860	123		7	118	7	222	852		3	100	683	442			1 230	190	24	30	19		(50)						
llanura depresión	1 001	38	389	809	225								650	16	30	90	25		35	1	10	45	6		5 350	254	119	31	43		4 828	205	176	1 761	203		1 533	4	217	860	123		7	118	7	222	852		3	100	683	442			1 230	190	24	30	19		(50)						
Kade, Ghana (10)	1 568	106	774	1 959	289		230	19	36	525	52		214	11	88	146	44		35	1	10	45	6		5 350	254	119	31	43		4 828	205	176	1 761	203		1 533	4	217	860	123		7	118	7	222	852		3	100	683	442			1 230	190	24	30	19		(30)						
Darien, Pan. (8, 9)	4 424	379	3 492	5 625	616								7	80	199	26		4	20	138	10			5 350	254	119	31	43		4 828	205	176	1 761	203		1 533	4	217	860	123		7	118	7	222	852		3	100	683	442			1 230	190	24	30	19		(30)							
llanura premontano	4 065	271	2 249	2 846	732								1	68	173	34		1	25	44	12			5 350	254	119	31	43		4 828	205	176	1 761	203		1 533	4	217	860	123		7	118	7	222	852		3	100	683	442			1 230	190	24	30	19		(30)							
Costa Marfil (1)	1 150	90	520	1 000	430																				5 350	254	119	31	43		4 828	205	176	1 761	203		1 533	4	217	860	123		7	118	7	222	852		3	100	683	442			1 230	190	24	30	19		(50)						

del tipo oxic humitropept, sin carácter hidromórfico, con árboles de media altura (22 m) y diámetro de 23 cm; a este grupo pertenecen las parcelas 1, 2 y 11.

Tipo B: Rodales en pendientes medias con suelos del tipo aquic humitropept, con hidromorfismo en el subsuelo, con árboles de gran altura, especialmente el pino laso (*Podocarpus rospigliosii*) de hasta 35 m; aquí pertenecen las parcelas 6, 7, 8, 9, 10.

Tipo C: Rodales en pendientes ligeras con suelos del tipo aquic humitropept, con hidromorfismo más marcado, con una reducción marcada de la altura media de los árboles (< 20 m) y su diámetro; aquí se consideran las parcelas 3 y 13.

Tipo D: Rodales en superficies casi llanas, con suelos de hidromorfismo marcado (horizonte bg), del tipo typic tropaquec, con árboles de doselos abiertos, de escasa altura (promedio 14 m) y diámetro promedio de 18 cm); parcela 12.

En el Cuadro 5 se presentan las reservas orgánicas y minerales de los diferentes lugares de sitio establecidos. La materia orgánica alcanza su valor máximo en todos los compartimentos de la vegetación y del suelo en los rodales B en función de la presencia de árboles dominantes de muy buen desarrollo (11, 16). Las condiciones de hidromorfismo aumentan hacia los rodales del tipo C y D, determinando una disminución gradual de las reservas orgánicas. Las reservas

inorgánicas del suelo, especialmente las de N, P y K correlacionan con los valores de la vegetación. Las reservas inorgánicas de los suelos y las capas de mantillo presentan las mismas tendencias; el N aumenta de 6 055 kg/ha (tipo A) a 8 900 kg/ha en el tipo B y disminuye a 5 500 kg/ha en el tipo D. De ello se concluye que en el ecosistema montano forestal andino de San Eusebio existe una adaptación marcada entre el régimen hídrico del suelo, sus reservas minerales y orgánicas y la vegetación correspondiente.

Resumen

En la reserva forestal de "San Eusebio", en las laderas de la Sierra de Mérida al occidente de Venezuela, se hicieron mediciones de las reservas orgánicas y minerales (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Na) distribuidas en la vegetación, capa de mantillo y suelo mineral. Se consideraron 13 parcelas con diferentes características en el relieve, suelos y rodales.

Los suelos en estudio se caracterizan por su alta acidez, una acumulación notable de materia orgánica y la predominancia del aluminio en el sistema "tampon" del mismo.

La materia orgánica alcanza en promedio, para las 13 parcelas, los siguientes valores (t/ha): vegetación viva 404, madera muerta 24, mantillo 38 y suelo mineral 585 (120 cm de profundidad).

Las mayores reservas de N y P en la vegetación se presentan en los tallos, para todo el ecosistema, en el suelo mineral, lo que indica una alta estabilidad ecológica de los mismos. Las reservas intercambiables de K, Ca y Mg en el suelo son relativamente bajas debido al bajo pH del mismo.

Se presenta una clasificación de las parcelas en estudio en función de la vegetación, del relieve y de los suelos, y se discuten las tendencias de la distribución de la materia orgánica y las reservas minerales.

Literatura citada

1. BERNHARD-REVERSAT, F. Nutrients in throughfall and their quantitative importance in rain forest mineral cycles. *Tropical Ecological Systems*. New York 153-159. 1975.
2. BRUN, R. Methodik und Ergebnisse zur Biomassenbestimmung eines Nebelwald-Ökosystems in den venezolanischen Anden. XVI IUFRO World Congress reports, Division I. Oslo 490-499. 1976.

* Capacidad "buffer" del suelo, según otros autores, N. del E.

Cuadro 5. Reservas orgánicas (t/ha) y minerales (kg/ha) en los cuatro "sitios" forestales.

		A	B	C	D
Fitomasa		330	411	262	206
Madera muerta		25.6	25.0	20.6	13.6
Mantillo		32.8	24.3	79.1	21.0
Raíces		67.8	57.3	57.3	58.4
Mat. org. suelo		552	580	586	828
Vegetación	N	1 157	1 228	949	873
	P	69	73	57	52
	K	1 462	1 672	1 200	1 019
Suelo + Mantillo	N	6 055	8 892	7 866	5 489
	P	535	1 325	698	482
	K	251	325	106	50
Tipo de suelo		Oxic humitropept	Aquic humitropept	Aquic humitropept	Typic tropaquec

3. EDWARDS, P. J. and GRUBB, P. J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. I. The distribution of organic matter in the vegetation and soil. *Journal of Ecology* 65:943-969. 1977.
4. ELLENBERG, H. *Integrated experimental ecology*. Berlin, Springer Verlag. 214 p.
5. FASSBENDER, H. W. and AHRENS, E. Arbeitsvorschriften – Chemische Laboratorien. Göttingen Bodenkundliche Berichte 47:1-88. 1977.
6. FÖLSTER, H., DE LAS SALAS, G. and KHANNA, P. K. A tropical evergreen forest site with perched water table, Magdalena Valley, Colombia. *Oecologia Plantarum* 11:297-320. 1976.
7. FURMAN, T. E. The nodular mycorrhizae of *Podocarpus rospigliosii*. *American Journal of Botany* 57(8):910-915. 1970.
8. GOLLEY, F. B. *et al.* La biomasa y la estructura mineral de algunos bosques de Darién, Panamá. *Turrialba* 21:186-196. 1971.
9. GOLLEY, F. B. *et al.* Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. University of Georgia Press, Athens. 248 p. 1975.
10. GREENLAND, D. J. and KOWAL, J. M. L. Nutrient content of the moist tropical forests of Ghana. *Plant and Soil* 12:154-174. 1960.
11. GRUBB, P. J. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: With special reference to mineral nutrition. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8:83-107. 1977.
12. HETSCH, W. and HOHEISEL, H. Standorts- und Vegetationsgliederung in einem tropischen Nebelwald. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 147:200-209. 1976.
13. HUTTEL, C. and BERNHARD-REVERSAT, F. Recherches sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale de basse Côte-d'Ivoire. V. Biomasse végétale et productivité primaire, cycle de la matière organique. *Terre et la Vie* 29:203-228. 1975.
14. JENNY, H. Causes of the high nitrogen and organic matter content of certain tropical forest soils. *Soil Science* 69:63-69. 1950.
15. KIRA, T. Community architecture and organic matter dynamics in tropical lowland rain forests of southwest Asia, with special reference to Pasoh Forest, West Malaysia. En: Tomlinson, P. B. and Zimmermann, M. H. eds.: *Tropical trees as living systems*. 4th Cabot Symposium, Harvard. Cambridge University Press, London. 1977.
16. KLINGE, H. Bilanzierung von Hauptnährstoffen im Ökosystem tropischer Regenwald (Manaus) – vorläufige Daten. *Biogeographica Den Haag* 7:59-77. 1977.
17. LAMPRECHT, H. Der Gebirgs-Nebelwald der venezolanischen Anden. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* Nr. 2. 1958.
18. LAUDELOUT, H. and MEYER, J. Les cycles d'éléments minéraux et de matière organique en forêt équatoriale congolaise. *Transactions, 5th International Congress of Soil Science, Léopoldville* 2:267-272. 1954.
19. LIKENS, G. E. *et al.* Biochemistry of a forested ecosystem. 146 p. New York, Springer. 1977.
20. ODUM, H. T. and PIGEON, R. F. eds. A tropical rain forest. U. S. Atomic Energy Commission, Washington D. C. 1970.
21. OGAWA, H. *et al.* Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand, II. Plant biomass. *Nature and Life in Southeast Asia* 4:49-80. 1965.
22. RODIN, L. E. and BAZILEVICH, N. I. Production and mineral cycling in terrestrial vegetation. *Edinburgh/London*. 288 p. 1967.
23. RUINEN, J. Occurrence of *Beijerinckia* sp in the "phyllosphere". *Nature* 177:220-221. 1956.
24. STARK, N. M. Nutrient cycling: I. Nutrient distribution in some Amazonian soils. II. Nutrient distribution in Amazonian vegetation. *Tropical Ecology* 12. 1971.
25. STEINHARDT, U. and FASSBENDER, H. W. Características y composición química de las lluvias de los Andes occidentales de Venezuela. *Turrialba* 29:175-182. 1979.
26. TANNER, E. V. J. Four mountain rain forests of Jamaica: A quantitative characterization of the floristics, the soils and the foliar mineral levels, and a discussion of the interrelations. *Journal of Ecology* 65:883-918. 1977.

27. ULRICH, B. *et al.* Input, Output und interner Umsatz von chemischen Elementen bei einem Buchen- und bei einem Fichtenbestand. Vorlesungen der Gesellschaft für

Ökologie, Göttingen 17-28. 1976.

28. UNESCO. Tropical forest ecosystems. Paris. 683 p. 1978.

Publicaciones

Engenharia Agrícola. La Sociedad Brasileña de Ingeniería Agrícola está publicando desde 1977 una revista semestral, *Engenharia Agrícola*, que ya va (en 1980) por su cuarto volumen. Está destinada a publicar trabajos de investigación en el campo de la ingeniería agrícola. El primer número de 1980, que es el

que hemos recibido, contiene artículos sobre la morfología geométrica de la cereza seca de café (de J. Toledo Pizza y P. R. Curi); sobre evaluación del consumo de agua por las plantas a partir de métodos climatológicos (de A. E. Klar y R. Vencousky); sobre cuantificación de la red de drenaje; y sobre ligación de piezas de madera con tarugos de *Eucalyptus citriodora*. El editor es Antonio Evaldo Klar, y la dirección es Departamento de *Engenharia Agrícola*, UNESP, Caixa Postal 102, CEP 18610 - Botucatu-SP, Brasil.

LIBROS DISPONIBLES

- ADMINISTRACION DE EMPRESAS ASOCIATIVAS DE PRODUCCION AGROPECUARIA. Héctor Murcia. 1979. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 232 p. Precio US\$ 7,00
- ADMINISTRACION DE ORGANIZACIONES AGROPECUARIAS A T Mosher 1979. Serie Desarrollo Institucional No. 6. Un volumen de 65 p. Precio US\$ 3,50
- COMPENDIO DE MERCADEO DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS. Gilberto Mendoza. 1980. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 288 p. Precio US\$ 9,00
- COMUNICACION ESCRITA. Alejandro Mac Lean. 1º reimp. 1979. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 135 p. Precio US\$ 3,00
- CONSERVACION DE SUELOS. Fernando Suárez de Castro. 1980. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 335 p. Precio US\$ 6,00
- CULTIVO DE CHIRICOS. Charles Morin. 2º ed. 1980. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 610 p. Precio US\$ 14,00
- ECOLOGIA BASADA EN ZONAS DE VIDA. Leslie R. Holdridge. 1º reimp. 1979. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 216 p. Precio US\$ 5,00
- FACTORES AGRICOLAS EN PLANIFICACION Y DESARROLLO REGIONAL. Isaac Arnon. 1979. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 422 p. Precio US\$ 10,00
- FISICA DE SUELOS. Warren Forsythe. 1º reimp. 1980. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 212 p. Precio US\$ 4,00
- INTRODUCCION A LA FITOPATOLOGIA. Luis Carlos González. 3º reimp. 1979. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 148 p. Precio US\$ 4,00
- LA BATATA O CAMOTE. Fausto Folquer. 1978. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 144 p. Precio US\$ 4,00
- LA INFORMACION COMO MATERIA PRIMA DEL DESARROLLO RURAL. José E. G. Araujo. 1978. Publicación Miscelánea 180. Un volumen de 349 p. Precio US\$ 3,00
- LA YUCA O MANDIOCA. Alvaro Montaldo, con la colab. de J. J. Montilla, A. E. Reverón, S. Pérez y T. Gunz. 1979. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 404 p. Precio US\$ 12,00
- MANUAL DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS AGROPECUARIAS. Guillermo Guerra. 3º reimp. 1980. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 352 p. Precio US\$ 7,00
- METODOS DE INVESTIGACION FITOPATOLOGICA. Edward French y Teddy T. Hebert. 1980. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 315 p. Precio US\$ 6,50
- MOTORES DE COMBUSTION INTERNA. Jaime Gilardi. 1978. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 133 p. Precio US\$ 3,50
- ORGANIZACION Y ADMINISTRACION DE LA INVESTIGACION AGRICOLA. Isaac Arnon. 2º ed. 1978. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 433 p. Precio US\$ 9,00
- POLITICA AGRARIA Y RURAL. Alberto Franco. 1979. Un volumen de 541 p. Precio US\$ 5,50
- PRODUCCION DE HORTALIZAS. Ernesto Cásseres. 3º ed. 1980. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 409 p. Precio US\$ 7,50

Continúa en la página 48