

DINAMICA DE LA PRODUCCION Y DESCOMPOSICION DEL MANTILLO EN EL BOSQUE MUY HUMEDO TROPICAL DEL BAJO CALIMA, EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA*

Litter Production and Decomposition Dynamics in The Tropical Moist Forest of The Bajo Calima, Valle del Cauca Department

Heliodoro Argüello Arias¹

RESUMEN

En Colombia, como en otras regiones tropicales, la ampliación de la frontera agrícola se dirige hacia ecosistemas frágiles, como el bosque húmedo tropical. La literatura muestra información abundante respecto del papel que cumple la sucesión natural en la recuperación de la estabilidad de los ecosistemas luego de ser abandonados al ser improductivos agrícolamente. Es conocido que, si a las áreas abandonadas se les permite el tiempo necesario para desarrollar mecanismos cibernéticos, como el ciclaje de nutrientes, la vegetación es capaz de restaurar la fertilidad del suelo a niveles suficientes para lograr una productividad neta alta.

Este trabajo es parte de las investigaciones realizadas en el Bajo Calima con el objetivo general de conocer la dinámica de los mecanismos restauradores de la fertilidad del suelo, a través de la sucesión natural, en áreas que antes fueron cultivadas. En este artículo se presentan los resultados de la producción de hojarasca y su acumulación en el mantillo, analizando su dinámica en relación con el ciclaje de nutrientes y la restauración de la fertilidad del suelo.

Palabras claves: Agricultura migratoria, ciclaje de nutrientes, restauración de la fertilidad del suelo.

* Recibido: Diciembre de 1996

¹ Prof. asociado, Fac. de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A. 14490, Santafé de Bogotá, Colombia. E mail: helio@bacata.usc.unal.edu.co

SUMMARY

In Colombia as in other tropical areas, the agricultural frontier expansion is addressed toward fragile ecosystems like the tropical rain forest. The literature shows abundant information concerning the role of natural succession in the recuperation of the ecosystem stability after the shifting agriculture fields are abandoned. It is known that given the necessary time, abandoned areas can develop cybernetic mechanisms, like nutrient cycling, capable of restoring soil fertility to a level adequate to support a high net productivity.

This research is part of the activities carried out in the Bajo Calima area with the general objective of learning the dynamics of the mechanisms with the ability to restore soil fertility through the natural succession in those areas previously cultivated. This paper describes litterfall and litter production in the successional stages of the vegetation between two and 14 years, and analyzes their dynamics in relation to nutrient cycling and soil fertility restoration.

Keywords: Shifting agriculture, nutrient cycling, soil fertility restoration.

INTRODUCCION

Ante la necesidad de planear el manejo de barbechos naturales o artificiales, es importante investigar las varias funciones del barbecho y cuantificar los mecanismos por los cuales se restaura la productividad del suelo.

Según Ahn (1979), cuando se conozca qué cambios ocurren durante el período de barbecho, se podrá comparar científicamente la eficiencia de diferentes tipos de barbecho y su duración óptima, y considerar la practicabilidad de usar otros medios para lograr los cambios más rápida y eficientemente.

Objetivo general

Evaluar la producción de hojarasca y descomposición de mantillo, comparando parcelas con barbechos de diferentes edades en la zona descrita como terraza plana de la vega del río Calima en el departamento del Valle del Cauca, Colombia.

Objetivos específicos:

1. Cuantificar los residuos vegetales que produce el barbecho en diferentes edades de sucesión, así como los contenidos de N, P, K, Ca, y Mg.

2. Cuantificar los residuos vegetales presentes en el mantillo, así como los elementos que lo constituyen en cada una de las parcelas con barbecho a diferentes edades.

REVISION DE LITERATURA

Restauración de la fertilidad de los suelos

Según Sánchez (1981), los limitados estudios que se han hecho sobre la acumulación de nutrientes en los barbechos sugieren que no se necesitan más de 8 a 10 años para que la absorción de nutrientes alcance el nivel óptimo. Según Bartholomew *et al.* (1953), la acumulación de residuos vegetales bajo barbechos en la región central del Congo Belga (Zaire) se aproxima al máximo entre 8 y 12 años. Según Aweto (1981), en la región húmeda sub-ecuatorial (1300-1600 mm. y 26°C) del suroeste de Nigeria, para el final del décimo año la concentración de materia orgánica del mantillo, es semejante que bajo bosque clímax.

Jenny (1949), a través de ensayos de descomposición de alfalfa en sitios de Estados Unidos y Colombia, encontró una descomposición anual de 63% para el Bajo Calima y

40% para Chinchiná en Colombia; mientras, en diferentes elevaciones en California (EE.UU), la tasa de descomposición oscilaba entre 11,7 y 1,0%. Con base en lo anterior, Jenny estimó que el tiempo requerido para que el mantillo alcance una acumulación cercana al equilibrio es menor de una década bajo bosques tropicales, y más de 30 años en California.

Según Nye (1961), el retorno al suelo de la materia orgánica y los nutrientes se hace vía hojarasca, madera caída, descomposición y secreción de nutrientes por las raíces y lavado de la cubierta forestal por la lluvia.

Ciclos de los nutrientes en suelos de bosque

Hardy, citado por Sánchez (1981), reconoció la existencia de un ciclaje casi cerrado de nutrientes entre el bosque y el suelo. El ciclo de los nutrientes tiene dos áreas principales de almacenamiento: la biomasa y la capa superior del suelo (mantillo).

El ciclaje de nutrientes es un aspecto vital para la estructura y dinámica interna del ecosistema y dentro de este proceso la descomposición de la materia orgánica desempeña dos papeles primordiales (Swift *et al.*, 1979): a) mineraliza los elementos contenidos en la fitomasa; y b) ayuda a la formación de la materia orgánica del suelo.

Según Richards (1973), en los bosques húmedos tropicales la mayoría de los nutrientes que contiene el ecosistema se encuentran en la vegetación y no en el suelo. Las cantidades de nutrientes acumulados por los barbechos de bosques son notables. Nye y Greenland (1960) explican el mecanismo como sigue: "Cuando una parcela cultivada se abandona, supuestamente por agotamiento de la fertilidad, en poco tiempo las plántulas y los rebrotes del bosque anterior forman un dosel que reduce la temperatura del suelo y detiene la erosión. Las adiciones de hojarasca se descomponen rápidamente, agregando nutrientes al suelo, los cuales no son lixiviados debido al pronto establecimiento de las raíces del bosque".

Las cantidades de nutrimentos del ciclo aumentan con la hojarasca agregada y con el tiempo la curva se nivela en una asíntota (Sánchez, 1981). Los pocos estudios realizados en este sentido revelan que esta asíntota se alcanza aproximadamente entre 8 y 12 años (Jenny *et al.*, 1949; Bartholomew *et al.*, 1953; Nye y Greenland, 1960; Aweto, 1981).

Según Fassbender y Grimm (1981), los aspectos más importantes del ciclo de los residuos vegetales son la cantidad de residuos vegetales agregados a cada unidad del suelo en un período dado, la composición química de los residuos, el proceso de descomposición y humificación de los residuos, y la liberación de CO₂ y elementos químicos.

Cantidad de residuos vegetales agregados a cada unidad de suelo en un período dado

En regiones tropicales y subtropicales existe una considerable cantidad de estudios sobre producción de residuos vegetales, los cuales han sido compilados, principalmente, por Bray y Gorham (1964), De Angelis *et al.*, (1981) y Proctor (1983). Para el Bajo Calima, Jenny (1949) encontró una producción de 8,5T ha⁻¹ año⁻¹ de residuos vegetales bajo bosques primarios. En sucesión secundaria esta dinámica ha sido estudiada muy poco.

Composición química de los residuos

Jenny *et al.*, (1949) encontraron, con base en la producción anual de hojarasca de 8,5T ha⁻¹ año⁻¹ y los residuos presentes en el mantillo de 5T ha⁻¹, para un bosque primario en el Bajo Calima, que la constante de descomposición anual alcanza un valor del 63%, obtenido por la siguiente fórmula:

$$K' = \frac{A}{F + A} \times 100,$$

donde K' es el coeficiente porcentual de descomposición anual de los residuos vegetales, A es la producción anual de los resi-

duos vegetales por unidad de superficie, y F es la cantidad de residuos de la capa de mantillo por unidad de superficie.

Ewel (1976) observó en Guatemala que el retorno de nitrógeno no decrece con la edad de la vegetación y la fijación y/o inmovilización por la vegetación no alcanza un máximo durante la sucesión temprana. En cambio, el retorno del fósforo sigue un patrón similar al de los residuos caídos. El retorno anual de potasio fue completamente variable y no estuvo bien correlacionado con la edad de la sucesión. Lo mismo sucedió con el magnesio y el calcio, aunque el retorno del magnesio fue menos variable.

En un estudio realizado en la región central de Zaire, Bartholomew *et al.*, (1953) encontraron que el N, P, K, Ca, y Mg tenían patrones de incremento similares a medida que avanzó la edad del barbecho. Estos patrones, a la vez, presentaron similitud con el patrón de caída de residuos vegetales, de tal forma que hacia los 10-12 años se observó una disminución. Sin embargo el azufre presentó niveles constantes desde los cinco años.

Swift *et al.*, (1981) encontraron un coeficiente de descomposición anual promedio de 47% para barbechos de cinco a ocho años de edad en Nigeria. Los nutrimentos contenidos se presentan en el Cuadro 1.

Según Toky y Ramakrishnan (1983), la tasa anual de retorno de elementos a través de los residuos vegetales, se acelera con la edad del barbecho. En el estudio realizado por estos autores en Meghalaya, India, el retorno de nitrógeno tuvo la tasa más alta, seguido por el potasio y el calcio. Así mismo, observaron que en el barbecho de un año los elementos retornan exclusivamente a través de residuos constituidos por hojas, mientras en el barbecho de 5 años la contribución de ramas de dicotiledóneas es importante (18% del total). En el barbecho de 20 años, el 95% de elementos en los residuos vegetales proviene de las hojas. El coeficiente de retorno de elementos aportado anualmente por la vegetación, aumentó hasta los cinco años para el potasio y hasta 10 años para otros elementos, y al final tendió a estabilizarse a un nivel bajo (ver Cuadro 2).

Toky y Ramakrishnan (1983) encontraron (Cuadro 2) que la acumulación de elementos en el mantillo aumenta notablemente durante los primeros 10-15 años de la sucesión y que después se estabiliza o desciende. La tasa anual de acumulación fue máxima hacia

los 15-20 años para nitrógeno (23 kg. ha⁻¹); 10-20 años para potasio (5-7Kg.ha⁻¹) y durante los primeros 10 años para fósforo (1,0 Kg ha⁻¹) y magnesio (9,0 Kg ha⁻¹). El calcio presentó sus niveles más altos a los 10 y 20 años con 11 y 14 Kg ha⁻¹.

Cuadro 1. Materia orgánica vía hojarasca y mantillo, contenido de nutrimentos y coeficiente de descomposición calculado en barbechos de cinco a ocho años en Nigeria (Adaptado de Swift *et al.*, 1981).

	TOTAL	N	P	K	Ca	Mg
Residuos caídos (Kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	8550	92	6,0	30	140	27
Residuos en mantillo (Kg ha ⁻¹)	9880	67	4,3	16	97	14
Coeficiente de descomposición anual	47%	57%	58%	65%	59%	65%

Cuadro 2. Materia orgánica y elementos aportados vía hojarasca (Kg ha⁻¹) y elementos presentes en el mantillo (Kg ha⁻¹); para diferentes edades de sucesión de un terreno en barbecho, después de ser aprovechado en agricultura de tumba y quema en Meghalaya, noreste de India. (Adaptado de Toky y Ramakrishnan, 1983).

	Edad de sucesión en años					
	1	5	10	15	20	50
Hojarasca (R)	1200	4800	7100	7700	9700	5500*
Mantillo (H)	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno (R)	13,0	42,0	62,0	68,0	84,0	
Nitrógeno (H)	3,0 (81)	8,0 (84)	18,0 (77)	23,0 (75)	21,0 (80)	
Fosforo (R)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	
Fósforo (H)	0,1 (91)	0,5 (80)	1,0 (75)	1,0 (80)	1,0 (83)	
Potasio (R)	8,0	3,0	51,0	54,0	69,0	
Potasio (H)	1,0 (88)	1,0 (96)	5,0 (91)	3,0 (94)	7,0 (90)	
Calcio (R)	9,0	31,0	37,0	41,0	50,0	
Calcio (H)	2,0 (81)	5,0 (86)	11,0 (77)	8,0 (83)	14,0 (78)	
Magnesio (R)	6,0	21,0	36,0	30,0	36,0	
Magnesio (H)	1,0 (85)	4,0 (84)	9,0 (80)	6,0 (83)	8,0 (81)	

() Coeficiente de pérdida anual en porcentaje.

MATERIALES Y METODOS

Localización

La investigación se realizó en inmediaciones de la inspección de "San Isidro" en el corregimiento de Bajo Calima, municipio de Buenaventura, Departamento del Valle del Cauca, Colombia. La zona se encuentra ubicada en la cuenca hidrográfica del río Calima, afluente del río San Juan, al norte de Buenaventura a una altura de 50 m.s.n.m. Las coordenadas son: 4° 2' 26" N y 77° 4' 28" O.

Según la nomenclatura de Holdridge, la región, corresponde al Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T), con una pluviosidad promedio de 7500 mm/año, relativamente uniforme en cuanto a su distribución: 215 días de lluvia/año, sin estación seca caracterizada; Enero, Febrero y Julio son los meses menos lluviosos, mientras de Septiembre a Diciembre se presentan las máximas precipitaciones. Por razón de esta pluviosidad y de su distribución uniforme, se practica una agricultura de tumba de bosques y barbechos sin quema. El promedio de la temperatura anual es de cerca de 26°C.; el promedio anual de la humedad relativa es de 90%; los valores de nubosidad son elevados (promedio anual: cerca 6 octavos) y el promedio anual de la insolación es bajo (1250 horas/año o sean 3,4 horas/día). La mayor nubosidad se presenta en los meses de junio a Noviembre, mientras que los máximos de temperatura se presentan en los meses de Enero y Noviembre.

Los vientos varían en velocidad y dirección; los más frecuentes soplan en las direcciones SE y NE y la mayor intensidad se presenta en las últimas horas de la tarde. Según Cuadros (1976), la pérdida de follaje por la vegetación está relacionada con disminución en la precipitación.

Material Estudiado

Para ubicar los barbechos objeto de este estudio, se procedió a visitar diferentes fincas ubicadas en la zona de vega del río Calima al noroeste de la inspección de San Isidro, corregimiento del Bajo Calima, Buenaventu-

ra, Valle. La descripción florística y su dinámica en la sucesión han sido descritos por Argüello Arias (1996).

Los suelos donde se concentran los barbechos pertenecen al conjunto de aluviones recientes, son ácidos, bajos en nutrimentos y en saturación de bases. La textura predominante es limo-arcillosa, pero tiende ser franco-arenosa en las orillas del río y arcillosa en las depresiones. El drenaje interno es lento, y en ocasiones, cuando las condiciones topográficas son favorables, permite el establecimiento de una red de drenaje. Estos suelos sufren inundaciones ocasionales de corta duración, pudiendo distinguirse dos tipos de periodicidad: de una o dos veces al año o irregular, pero superior a los cuatro años. En todos los casos la duración de la inundación no es superior a tres días.

Para seleccionar los barbechos para estudio se inspeccionaron minuciosamente diversas fincas, en donde sus propietarios informaron de la existencia de barbechos sin intervención y se acordó dejar el terreno escogido sin perturbación durante el desarrollo de la investigación. El personal de la estación silvicultural de San Isidro de la Corporación para Investigación y Fomento Forestal (CONIF) complementó la información relacionada con el historial de los barbechos. Esta información, sumada a la periodicidad de inundaciones y la observación directa del estado de la vegetación y suelos, constituyen los elementos básicos para la escogencia de los terrenos.

Otro elemento importante en la elección fue la representatividad de la edad de sucesión en el barbecho. Esto depende del manejo que se le haya dado al cultivo antecesor. La adecuación de estas áreas para la agricultura se basa en la rotación de las áreas con barbecho, generalmente de dos a ocho años, sin quema y utilizando el maíz 'chocosito' como cultivo inicial. Las labores se inician rozando la vegetación, esparciendo el maíz al voleo y, después, eliminando la vegetación más alta. La biomasa que se descompone en el sitio constituye la fuente de nutrimentos para el cultivo. El maíz se cosecha cuatro meses

más tarde. Luego los sitios se dejan descansar y se inicia nuevamente el proceso de rotación. Sin embargo, algunos agricultores aprovechan estas áreas para la siembra posterior de otros cultivos, tales como plátano y/o banano, para los cuales realizan aclareos en los barbechos dejando muchos árboles. De esta manera, a fin de tener la misma edad en toda el área del barbecho sin intervención, se optó por seleccionar aquellos que provienen de cultivo de maíz, ya que en ellos su vegetación anterior había sido rozada homogéneamente.

Barbechos Seleccionados

Se seleccionaron ocho barbechos, todos ellos ubicados en terrenos con alta o baja frecuencia de inundación, o sea intervalos menores de un año o mayores de un año (generalmente alrededor de cada 4 años), respectivamente. Los barbechos con edades de dos, cinco y ocho años se ubicaron en terrenos de alta y baja frecuencia de inundación, mientras que los barbechos con edades de 11 y 14 años, se encontraron y ubicaron únicamente en la zona con baja frecuencia de inundaciones. Esto se desprende de que el período de rotación cultivo-barbecho es más corto en áreas propensas a mayor frecuencia de inundaciones.

Barbechos en suelos con baja frecuencia de inundación (una vez cada cuatro años).

a). Barbecho de 14 años

Ubicado dentro de la finca del campesino José Dolores Pedroza, a 150 metros de la orilla del río Calima; frente a un ensayo de CONIF de procedencias de *Cedrella* sp. Su edad se determinó con base en aspecto de la vegetación, versiones de gente de la zona y teniendo en cuenta que, en el registro de propiedad de la finca, el campesino se ubicó hace 16 años y, al llegar, rozó y tumbó para sembrar maíz recogiendo solamente dos cosechas para, luego, dejar el barbecho. El abandono se explica por los mejores rendimientos en áreas un poco más bajas donde la frecuencia de inundaciones es un poco mayor.

b). Barbecho de 11 años

Ubicados en predios de la finca anterior, a una distancia de 100 metros al sureste del barbecho de 14 años y a 150 metros de la orilla del río Calima. Allí, el campesino, luego de las dos primeras cosechas de maíz, dejó descansar por dos años y, luego, abandonó el terreno por baja productividad y porque un canal de desagües provenientes de las colinas le dificultaba el acceso.

c). Barbecho de ocho años

Ubicado en predios de la finca de la comunidad "la Trojita"; según informaciones del personal de CONIF, el área fue desmontada hace 11 años para sembrar *Coccus nucifera* (cocotero). El cultivo se mantuvo por tres años, haciendo limpiezas, luego de lo cual, ante los pésimos resultados, los campesinos de la comunidad arrancaron las pocas plantas aún vivas para replantarlas en otros sitios (cerca a sus casas) y abandonaron el área para barbecho. La parcela para este estudio se encuentra a 150 metros de la orilla del Río Calima al noreste de un ensayo agroforestal de CONIF de *Apeiba aspera* - *manihot esculenta*.

d). Barbecho de cinco años

Se encuentra en la finca del campesino Hernando González. Esta finca ha sido utilizada por CONIF en investigación agroforestal, por lo que la edad del barbecho, así como su historial, son bien conocidos por el personal de CONIF y por el propietario de la finca. Su último cultivo fue maíz y la parcela de estudio se encuentra ubicada a 150 metros de la orilla del Río Calima al este de la casa de vivienda del campesino.

e). Barbecho de dos años

Esta localizado en la finca del campesino Aníbal González. Como en los anteriores, la distancia de la orilla del Río Calima es de 150 metros y se ha venido manejando desde hace 15 años, en la rotación maíz - dos años de barbecho. Esta ubicada al sureste de la casa de habitación del campesino.

Barbechos en suelos con mayor frecuencia de inundaciones (1 vez al año).

a). Barbecho de ocho años

Ubicado en la finca del campesino José Dolores Pedroza, contiguo al borde noreste del barbecho de 11 años. Allí se realizaron dos rotaciones maíz-barbecho de dos años, luego de la primera cosecha de maíz una vez desmontada el área. El factor que decidió el abandono fue el difícil acceso, debido al canal que lo separa del resto del área ubicada desde este punto hasta el río, donde se ha mantenido ininterrumpidamente la rotación.

b). Barbecho de cinco años

Localizado en la finca del campesino Francisco Pedroza, ubicado en la margen opuesta del río Calima, frente a la escuela de San Isidro. La parcela se encuentra a 80 metros al noreste de la casa de habitación del campesino. Allí se han producido dos rotaciones de maíz-barbecho y, luego, se dejó de cultivar por otras actividades del propietario.

c). Barbecho de dos años

Localizado en la finca del campesino Armando Torres, ubicada en la margen opuesta frente a la escuela de "La Trojita". La parcela se encuentra a 40 metros de la orilla del río Calima y a 80 metros al noreste de la casa del propietario de la finca. El historial de esta parcela es similar al del otro barbecho de dos años.

Medida de los residuos vegetales:

Cada área marco de muestreo de 1000 m² se delimitó, dejando en la periferia una franja de cinco metros de ancho para evitar el efecto de borde. Para los barbechos de ocho, 11 y 14 años, una vez levantado un esquema en cada barbecho con la ubicación de árboles, arbustos, vegetación herbácea y claros se trazaron cuadrículas, se numeraron los tipos de vegetación (estratos) y, en forma aleatoria, se determinaron los sitios en donde se colocarían las trampas colectoras de residuos; para tal efecto, además se tuvo en cuenta la proporción de cada "estrato" en cuanto a cobertura, para distribuir un total de 16 trampas.

Cada trampa consiste en un marco de madera de 1 x 1 metro al cual se le colocó en su base una tela de nylon fino (1,25 mm).

Diseño de muestreo:

De acuerdo con las características de heterogeneidad de la vegetación que aporta hojarasca, se eligió un diseño de muestreo estratificado al azar (Calzada, 1982). Con base en este diseño, las trampas colectoras de residuos y los sitios donde se muestreó el mantillo se ubicaron en los siguientes estratos: (1) vegetación con menos de 1,3 m. de altura; (2) vegetación con DAP \leq 5 cm. y altura \geq a 1,3m; (3) vegetación con DAP $>$ 5 cm y (4) zonas sin cobertura.

El tamaño de muestra n_j es proporcional a la magnitud del estrato (cobertura) y su cálculo se realizó usando la expresión:

$$n_j = n (N_j/N),$$

donde N_j es el tamaño del estrato N_j , n (=16) es el número de trampas para hojarasca o de sitios de muestreo para el mantillo.

Para analizar estadísticamente los datos, en forma separada para cada estrato se utilizaron las formulas definidas en el muestreo irrestricto al azar:

$$\hat{y}_j = (1/n_j) \sum Y_j \quad j= 4 \text{ estratos.}$$

Las siguientes actividades fueron realizadas:

a) Construcción de 96 trampas colectoras de 1 x 1 metro y 64 de 0.5 x 0.5 m (para parcelas con barbechos de dos años).

b) Ubicación de 16 trampas colectoras de 1 x 1m. dentro de todas las parcelas en barbechos de cinco, ocho, 11 y 14 años; y de 32 trampas colectoras en cada una de las parcelas en barbecho de dos años.

Dada la existencia de hasta tres estratos de vegetación dentro de las parcelas en barbechos de ocho, 11 y 14 años, se decidió ubicar, al azar, las 16 trampas en una proporción de 10 bajo el estrato arbóreo, cuatro bajo

el estrato arbustivo y dos bajo el estrato herbáceo. Para las parcelas en barbecho de dos y cinco años, la ubicación de las trampas se realizó completamente al azar, dada la relativa homogeneidad en la cobertura del suelo por parte de la vegetación existente.

El muestreo de los residuos se realizó cada semana. Las muestras de cada colector fueron secadas a 60°C. hasta peso constante. Luego, se determinó el peso seco y se calcularon los valores mensuales promedios y su desviación estandar correspondiente.

De cada trampa, se conservaron, en bolsas plásticas y refrigeradas, submuestras semanales debidamente secadas para su análisis químico. Para tal efecto, se mezclaron las colecciones acumuladas en cada trampa, durante las 12 semanas de estudio. Del total acumulado de cada dos trampas, se seleccionaron dos submuestras de 10 g. que fueron secadas y molidas para determinar el contenido de N, P, K, Ca, y Mg.

El material seco fue procesado en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá. El material se fragmentó en un molino con un tamiz No 40 y se depositó en frascos de vidrio. Estos frascos con el material molido se mantuvieron dentro de una estufa a 70°C. durante una hora antes de ser tapados, con el fin de eliminar humedad.

Para determinar el contenido de N, P, K, Ca y Mg, se pesó 0,1 g de materia seca y se le añadieron como mezcla digestora 2,5 ml de H₂SO₄ concentrado, 1 g de NaSO₄ y 7 gotas de H₂O₂ concentrada y se calentó a punto de ebullición durante tres horas. La determinación de nitrógeno se hizo utilizando un micro-Kjeldahl (adaptado de Müller, 1961) y para los otros elementos se siguieron los métodos descritos por Diaz-Romeu y Hunter (1978).

Medida de los Residuos vegetales sobre el suelo (MANTILLO)

Cerca a cada uno de los sitios establecidos en cada parcela para recoger los residuos que caen al piso, se ubicaron al azar cuadrados de 1 metro, que se marcaron me-

dante estacas en cada una de sus esquinas. Mediante un aro metálico de 25 cm de diámetro (área= 0.049 m²) se tomaron muestras dentro de cada cuadrado, al final de las 12 semanas del estudio, presionando el aro sobre el piso y removiendo los residuos vegetales presentes. En el laboratorio, las muestras fueron tamizadas cuidadosamente para remover organismos, así como el suelo adherido. Luego, los residuos vegetales fueron secados a 60°C. hasta peso constante y se calculó su peso promedio y la desviación estándar. Al igual que para los análisis químicos, de los residuos caídos, luego de pesar y mezclar bien, se tomaron dos submuestras de 10g. en cada trampa y se determinó el contenido de N, P, K, Ca y Mg.

RESULTADOS

Producción de residuos vegetales

El Cuadro 3 muestra las cantidades de residuos caídos en g m⁻¹ durante 12 semanas de observación. En la primera semana, se registró una mayor producción de residuos en los cinco barbechos estudiados, probablemente debido a la perturbación del follaje al momento de colocar las trampas de recolección.

Como se puede apreciar en el Cuadro 3, en las 12 semanas de observación, los barbechos de dos y cinco años presentaron una producción similar de residuos, lo mismo sucedió con los barbechos de ocho, 11 y 14 años. Estos últimos, a su vez, mostraron una mayor producción de residuos. Una prueba de hipótesis de los promedios dentro y entre cada uno de estos grupos fue realizada. Este análisis mostró que no existen diferencias significativas al 5% en la producción de residuos entre los barbechos de dos y cinco años, ni entre los barbechos de ocho, 11 y 14 años. Así mismo, mostró que los promedios de residuos caídos son significativamente diferentes al 5% entre los barbechos de dos y cinco años, comparados con los barbechos de ocho, 11 y 14 años.

El Cuadro 4 presenta los resultados analizados (estimados por hectárea) y adicionalmente los contenidos de nutrimentos encontrados en el tejido de los residuos ve-

getales. En forma general, los contenidos porcentuales de nutrimentos en los barbechos más jóvenes (dos y cinco años) son más altos que los mismos observados en los barbechos adultos (ocho, 11 y 14 años). Una excepción a la anterior generalización es el calcio que tiende a aumentar su contenido porcentual en los residuos de los barbechos más viejos (11 y 14 años). Otra generalización importante es la de que los contenidos porcentuales de nutrimentos en los residuos producidos por el barbecho de ocho años son los más bajos de todos los residuos producidos por los barbechos estudiados.

Residuos presentes en el mantillo

El Cuadro 5 muestra los resultados obtenidos en cuanto a la cantidad de residuos vegetales (peso seco), presentes sobre el

suelo, así como los nutrimentos contenidos en estos residuos en los barbechos de dos, cinco, ocho, 11 y 14 años. Con base en lo anterior, se observa que, aunque el valor más alto en peso seco del mantillo fue encontrado en el barbecho de 14 años, un valor cercano a éste fue encontrado en el barbecho de cinco años (apenas, existe una diferencia de 700 Kg/ha entre los dos).

De acuerdo con el Cuadro 5, es notable el hecho de que, en los barbechos de dos y ocho años, se registran las cantidades más bajas de residuos. El barbecho de 11 años acumuló una cantidad de mantillo intermedia entre lo encontrado en los barbechos de 14 y cinco años, los cuales presentan los contenidos más altos de materia orgánica en el mantillo.

Cuadro 3. Producción de residuos vegetales (g m^{-2}) en 12 semanas de observaciones, y estimado anual (kg ha^{-1}) en barbechos de dos, cinco, ocho, 11 y 14 años, en la vega del río Calima, Buenaventura, Valle.

	2 años	5 años	8 años	11 años	14 años
Total 12 semanas (g m^{-2})	153,84	151,32	222,60	219,96	208,44
Promedio (g m^{-2})	12,82	12,61	18,55	18,33	17,37
Desviación estándar	10,61	6,46	9,63	9,98	11,15
Residuos caídos (estimado anual Kg ha^{-1})	6666,40	6557,20	9646,00	9531,60	9032,40

Cuadro 4. Producción de hojarasca (peso seco) y su contenido de nutrimentos (total y en porcentaje) estimados por hectárea en barbechos de dos, cinco, ocho, 11 y 14 años, en el Bajo Calima, Buenaventura, Valle, Colombia.

Edad	Hojarasca Kg/ha	N		P		K		Ca		Mg	
		%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha
2	6666,4	2,25	150,03	0,036	2,40	0,14	9,32	1,57	104,45	0,31	20,7
5	6557,2	1,86	121,86	0,045	2,95	0,18	11,51	1,57	103,26	0,38	24,9
8	9646,0	1,74	167,8	0,025	2,41	0,09	9,09	0,99	95,79	0,19	17,85
11	8531,6	1,87	159,8	0,028	2,35	0,12	10,22	1,66	141,78	0,32	26,88
14	8832,4	1,80	158,7	0,024	2,14	0,13	11,07	1,79	158,12	0,30	26,36
Primario*	8520,00	1,22	103,9								

* Tomado de Jenny *et al.*, 1949.

En cuanto a los nutrimentos, el Cuadro 5 muestra que, en forma general, los contenidos porcentuales de nutrimentos en los barbechos más jóvenes (dos y cinco años) tienden a ser ligeramente más altos o bien similares que los mismos observados en los barbechos más viejos estudiados (11 y 14 años). Al igual que lo observado con los residuos producidos, una excepción a la anterior generalización es el calcio que tiende a aumentar su contenido porcentual en los residuos de los barbechos más viejos (11 y 14 años). Adicionalmente, al igual que lo sucedido con la hojarasca, los contenidos porcentuales de nutrimentos en los residuos encontrados en el mantillo del barbecho de ocho años tienden a ser más bajos que los observados en el mantillo de los otros barbechos estudiados.

Relaciones hojarasca/mantillo en los barbechos estudiados

La dinámica de estos dos procesos se muestra en el Cuadro 6. Como se observa en los Cuadros 4 y 5, en cuanto al peso seco, mientras la hojarasca incrementa entre los dos y ocho años, llegando a 9446 kg/ha/año, el mantillo incrementa hasta el quinto año, en el cual llega a 4549 kg/ha, presentando un importante descenso en el octavo año hasta 3136 kg/ha., para continuar con un leve aumento que alcanza su punto máximo en los catorce años. De acuerdo con el Cuadro 6, el coeficiente de transformación para el peso seco indica que los valores más altos se presentan a los dos años (71,1%), ocho años (75,5%) y a los 11 años (70.1%);

Cuadro 5. Biomasa en el mantillo (peso seco) y su contenido de nutrimentos (total y en porcentaje), estimados por hectárea en barbechos de dos, cinco, ocho, 11 y 14 años, en el Bajo Calima, Buenaventura, Valle, Colombia.

Edad	Hojarasca Kg/ha	N		P		K		Ca		Mg	
		%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha
2	2709,53	2,71	73,32	0,025	0,68	0,20	5,34	0,44	12,00	0,21	5,62
5	4548,63	2,10	95,52	0,024	1,08	0,14	6,46	0,69	31,61	0,24	11,00
8	3136,01	1,94	60,96	0,021	0,65	0,18	5,77	0,11	3,41	0,22	6,81
11	4061,28	2,22	90,16	0,019	0,77	0,16	6,48	0,58	23,66	0,21	8,69
14	5243,17	2,23	116,8	0,023	1,18	0,13	7,01	0,87	45,78	0,22	11,7
Primario*	5040,00	1,75	88,2								

* Tomado de Jenny *et al.*, 1949.

Cuadro 6. Coeficiente de transformación (%) entre la hojarasca caída y su evolución en el mantillo, para los parámetros peso seco, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Edad del Barbecho	Pesoseco	N	P	K	Ca	Mg
2 años	71,1	67,17	77,86	63,58	89,7	78,64
5 años	59,04	56,06	73,17	64,04	81,17	69,3
8 años	75,46	73,35	78,72	61,19	96,56	72,4
11 años	70,12	63,93	75,26	61,2	85,7	75,56
14 años	63,27	74,0	64,44	61,23	75,55	69,34
adulto*	62,8	54,08				

* Tomado de Jenny *et al.*, 1949.

mientras los valores más bajos se presentan a los cinco años (59%) y 14 años (63.3%).

Con respecto de los nutrimentos, la tendencia del nitrógeno, tal como se observa en el Cuadro 6, es similar a la presentada para el peso seco, a excepción del aporte a través de la hojarasca en el barbecho de dos años. Los contenidos más altos de nitrógeno en la hojarasca de dos años, dado que los aportes en peso seco son similares, muestran una clara diferencia entre el aporte de nitrógeno en estos dos barbechos. Mientras tanto, el mantillo presenta un patrón idéntico al anotado para el peso seco. Según el Cuadro 6, el coeficiente de transformación muestra los valores más altos en los barbechos de dos años (67,2%), ocho años (73,4%) y catorce años (74%), mientras los valores más bajos se presentan en los barbechos de cinco y 11 años, con 56,1% y 64%, respectivamente.

Con respecto del fósforo, mientras el patrón presentado en el mantillo es similar al peso seco y al nitrógeno, el patrón presentado en la hojarasca para el fósforo muestra un aumento en los contenidos totales del elemento entre los dos y cinco años, cuando llega a 2,95 Kg/ha/año, seguido de un paulatino descenso hasta los 14 años, llegando a 2,14 kg/ha/año, valor inferior a los contenidos del elemento en la hojarasca de dos años. Según el Cuadro 6, el coeficiente de transformación muestra valores entre 73% y 78% para el fósforo en los barbechos entre dos y 11 años. Se observa un valor un poco más bajo para el barbecho de 14 años.

En cuanto al potasio, el Cuadro 6 sugiere que el patrón presentado en el mantillo es similar al peso seco y a los elementos anteriores. El patrón presentado en la hojarasca es similar al fósforo hasta los ocho años, pero, luego, a diferencia del fósforo, el contenido de potasio aumenta con la edad de los barbechos. Según el coeficiente de transformación curiosamente entre todos los barbechos, varía muy poco (entre 61,1 y 64%).

El calcio presenta un patrón similar al del potasio, tanto en la hojarasca, como en el mantillo. Sin embargo, los contenidos de cal-

cio, tanto en la hojarasca, como en el mantillo, aumentan más pronunciadamente que en el caso del potasio. Según el Cuadro 6, el coeficiente de transformación para este elemento presenta los valores más altos de los estudiados. El barbecho de dos años, con 89,7% y el de ocho años, con 96,6% de coeficiente de transformación indican que, prácticamente, este elemento es transformado en el mantillo a una velocidad muy similar al aporte vía hojarasca. El valor más bajo lo presenta el barbecho de catorce años, con 77,6%.

El magnesio presenta un patrón similar al de los dos últimos elementos tanto en la hojarasca, como en el mantillo. En cuanto a la hojarasca, se presentan los contenidos más bajos hacia los ocho años (17,8 kg/ha/año), para, luego, aumentar hasta 26,9 Kg/ha/año en la hojarasca de 11 años. Según el Cuadro 6, el coeficiente de transformación presenta los valores más bajos en los barbechos de cinco y catorce años (69,3%), mientras que el más alto se presenta en el barbecho de dos años (78,6%), seguido por los barbechos de once y ocho años con 75,6 y 72,4 %, respectivamente.

Características del suelo en los barbechos estudiados.

Tal como se aprecia en el Cuadro 7, el fósforo disponible tiende a aumentar con la edad, a excepción del barbecho de 11 años donde disminuye. El calcio tiende a aumentar entre los dos y cinco años, para, luego, disminuir a su nivel más bajo en el barbecho de ocho años y, a partir de allí, se presenta un leve aumento hasta los catorce años. El magnesio y el sodio presentan el mismo patrón del calcio, mientras el potasio presenta una tendencia a disminuir hasta los once años, aumentando levemente hacia los catorce años. La acidez de cambio, debida al aluminio, presenta un paulatino aumento desde los dos años hasta los catorce años. El pH tiende a disminuir desde los dos años hasta los catorce años, a excepción del barbecho de 11 años donde aumenta. La materia orgánica presenta el mismo patrón que para el calcio, el magnesio y el sodio.

La capacidad de intercambio real es de 8,01; 8,68; 3,34; 4,79 y 6,27 me/100 ml para el suelo de los barbechos de dos, cinco, ocho, 11 y 14 años, respectivamente. Estos datos muestran una tendencia similar a la expresada para la materia orgánica y, por supuesto, para las bases.

DISCUSION Y CONCLUSIONES:

En el presente trabajo, se hace énfasis en la biomasa como el más importante mecanismo de conservación y en la dinámica entre la vegetación y el mantillo como el más importante flujo de nutrimentos. Se ha sugerido que, en el trópico húmedo, este mecanismo de conservación ha evolucionado para que los nutrimentos no puedan ser lixiviados, en contraste con otras regiones donde los nutrimentos son principalmente almacenados en el suelo (Richards, 1952).

Según Jordan (1985), para sitios tropicales con precipitación superior a 2000 mm, donde la conservación de nutrimentos es hipotéticamente más crítica, las existencias no son más altas que aquellas de bosques templados. Las diferencias entre regiones latitudinales son más bien en el sentido de que, en las regiones húmedas bajas tropicales, los nutrimentos han sido lavados del suelo y, entonces, la mayor proporción del calcio y potasio del ecosistema total está almacenado en la biomasa. Con base en los datos disponibles, Jordan (1985) observó que los ecosistemas boscosos en regiones tropicales y templadas tienen mayores existencias de nitrógeno en el suelo que en la biomasa.

El fósforo es el nutrimento con mayores dificultades para interpretar, debido a que algunos estudios reportan fósforo disponible y otros fósforo total. El fósforo disponible es, usualmente, sólo una pequeña fracción del fósforo total. La única tendencia manifiesta es que las existencias de fósforo en la biomasa del bosque seco tropical son relativamente altas. Sin embargo, la ocurrencia de existencias altas de fósforo y potasio en la biomasa del bosque seco tropical no es observada en lugares muy secos, donde la escasez de humedad limita el crecimiento de la vegetación (Jordan, 1985).

Con base en lo anterior, parece que el almacenamiento de nutrimentos en la biomasa no es mecanismo de conservación muy importante en el trópico húmedo para el nitrógeno y el fósforo, pero sí lo es para el calcio y el potasio. El almacenamiento de calcio y potasio en la biomasa no es un mecanismo adaptativo como en el caso de la alta biomasa radical. El almacenamiento de calcio y potasio en la biomasa del bosque húmedo tropical resulta simplemente del agotamiento de las existencias del suelo por lixiviación (Jordan, 1985).

Residuos vegetales producidos (Hojarasca)

Los resultados del presente estudio son comparados con otros reportados por la literatura en el Cuadro 8. Se observa una tendencia clara de aumento en la producción de hojarasca con la edad. Lo mismo, se observa en los estudios en que se presentan datos de barbechos con edades superiores a 10 años (Kellman, citado por Vitousek, 1984; Ewel,

Cuadro 7. Caracterización del suelo (0-10 cm de profundidad) en barbechos de dos, cinco, ocho, 11 y 14 años en el Bajo Calima, Buenaventura, Colombia.

Edad del barbecho	Fósforo disponible (ppm)	Ca	Mg	K	Na	pH	acidez me/100 ml	M. orgánica %
		me/100 ml						
2 años	2,0	3,5	2,4	0,31	0,20	4,7	1,6	6,2
5 años	2,5	3,9	2,8	0,31	0,17	4,6	1,5	7,9
8 años	2,5	0,35	0,2	0,23	0,16	4,3	2,4	5,5
11 años	1,5	1,3	0,5	0,18	0,21	5,0	2,6	6,3
14 años	3,0	2,2	0,8	0,22	0,25	4,3	2,8	11,7

Cuadro 8. Producción de hojarasca y biomasa en barbechos de diferentes edades en algunas regiones tropicales

Localización	Precip. mm	Temp. Grados C	Vegetación	Hojarasca kg/ha/año	Biomasa kg/ha/año	Referencia
Filipinas	4220		Barbecho 1 año 7 años 19 años 25 años 27 años	2000 9500 7600 7200 10000		Kellman, (1970) citado por Vitousek (1984)
Guatemala	2000	24	Barbecho 1 año 3 años 4 años 5 años 6 años 9 años 14 años Bosque maduro	4100 5800 6100 6500 8000 8000 10000 9000		Ewel, 1976
Colombia	3200	28	Bosque mad. 2 años " 5 años " 16 años		18000 68000 202000	Folster y De las Salas, 1976
Panamá	2000		" 2 años " 4 años " 6 años		15310 40790 57642	Ewel, 1971
Colombia (Chocó)	8000	26	" 2 años " 4 años		15850 49000	Golley et. et. al. (1975)
Zaire Central	1500		Barbecho 5 años " 8 años	14200	77000 122000	Bartholomew et. al. (1953)
Venezuela (San Carlos)	3500	26	" 1 año " 2 años	400 3200	6600 11750	Uhl y Murphy (1981)
Sarawak	4200		" 4,5 años " 4,5 años " 9,5 años		54000 17000 39000	Ewel et. al (1983)
México (Uxpanapa)	3640		Barbecho 10 meses " 7 años		5300 52680	Williams- Linero (1983)
Nigeria			" 6 años		46000	Nye and (1960) Greenland
Colombia (Bajo Calima)	7600	26	" 2 años " 5 años " 8 años " 11 años " 14 años	5500 6000 9100 8670 8400		Este estudio
Bajo Calima			Bosque primario	8520		Jenny et. al. (1949)
Bajo Calima			Bosque Colina Baja	8100	288000	Rodríguez (1987)
Bajo Calima			Barbecho 9 años		73060	Niño y Caicedo(1988)

1976; Toky y Ramakhrisnan, 1983) y los picos que registran las producciones de hojarasca más altas son hacia los ocho años, presentando un aumento leve que se prolonga hacia los 30 años, para, luego, mantenerse o decaer cuando se incluyen datos de bosques climax.

En el Bajo Calima, los resultados obtenidos coinciden con lo anotado en el párrafo anterior, observándose que, prácticamente, la producción de hojarasca se mantiene constante desde los ocho años cuando se alcanza el pico más alto de 9100 Kg/ha/año. La anterior apreciación es consistente e incluso cuando se comparan los resultados de este estudio con los obtenidos sobre bosques climáticos en la misma zona de estudio (Jenny et al, 1949; Rodríguez, 1987).

Según Fassbender (1987), en las parcelas abandonadas se produce una recuperación progresiva de las condiciones del suelo y de su fertilidad a largo plazo. La duración de la regeneración es entre ocho y 30 años, aunque bajo condiciones favorables del suelo se puede acortar bastante. En esta etapa

de "descanso" del suelo se desarrolla un bosque secundario, se acumulan elementos nutritivos en la vegetación, se restablece la producción de restos vegetales y su mineralización y, finalmente el suelo alcanza su fertilidad original.

Residuos acumulados en el mantillo

Los residuos acumulados sobre la superficie del suelo (mantillo), cuantificados en el presente estudio, son comparados con otros en el Cuadro 9. Aunque en la literatura existen numerosos datos sobre cuantificación del mantillo en bosque primarios tropicales, los datos disponibles que muestran la evolución del mantillo en sucesión secundaria son escasos.

Con base en la información del Cuadro 9, el patrón, tanto del peso seco de los residuos, como de los nutrimentos contenidos, muestra una tendencia a un aumento, especialmente durante los diez primeros años, para el caso de India, y de los cinco primeros años, para el caso del Bajo Calima. Igualmente

Cuadro 9. Residuos presentes en el mantillo en diferentes ecistemas tropicales.

Lugar	Tipo de Vegetación	Peso Seco Ton./ha	N	P	K	Ca	Mg	Autor
			kg/ha					
Panamá (Santafé)	Bosque Primario	15,76	-	14,1	34,6	262,7	26,8	Golley et. al., 1971
Nigeria	Barbecho 5-8 años	9,90	67,0	4,3	16,0	97,0	14,0	Swift et. al., 1981
India (Meghalaya)	Barbecho 1 año	-	3,0	0,1	1,0	2,0	1,0	Toky y Ramakhrisnan, 1983
	5 años	-	8,0	0,5	1,0	5,0	4,0	
	10 años	-	18,0	1,0	5,0	11,0	9,0	
	15 años	-	23,0	1,0	3,0	8,0	6,0	
	20 años	-	21,0	1,0	7,0	14,0	8,0	
Colombia (Bajo Calima)	Barbecho 2 años	2,7	73,3	0,7	5,3	12,0	5,6	Este estudio
	5 años	4,5	95,5	1,1	6,5	31,6	11,0	
	8 años	3,1	61,0	0,6	5,8	3,4	6,8	
	11 años	4,1	90,2	0,8	6,5	23,7	8,7	
	14 años	5,2	116,8	1,2	7,0	45,8	11,7	
Bajo Calima	Bosque Primario	5,0	88,2					Jenny et. al., 1949

en ambos casos, se observa que la acumulación de nutrimentos en el mantillo en estos primeros años es cercana a lo acumulado en el bosque de 20 años, para el caso de India, y de 14 años por el bosque primario para el Bajo Calima .

Relaciones hojarasca/mantillo.

Los resultados presentados en el Cuadro 6 mostraron una tendencia clara en el sentido de que los mayores coeficientes de transformación se presentaron en el barbecho de dos años y en el de ocho años. El estudio de Toki y Ramakrishnan (1983) en India mostró que los valores más altos se encontraban en los barbechos de uno y cinco años. Igualmente, en ambos estudios, se observa un consistente patrón de disminución del coeficiente de retorno con la edad. Esto es esperado debido al incremento en el almacenamiento de nutrimentos en las ramas y troncos, lo cual es proporcionalmente mayor que la tasa de liberación a través de la descomposición del mantillo.

Cambios en las características del suelo a través de los barbechos estudiados

Entre las tendencias observadas, es consistente una progresiva acumulación de materia orgánica en los primeros 10 cm del suelo. Esta tendencia, también, ha sido observada en otros estudios (Aweto, 1981). Cuando las mesofanerófitas han llegado a establecerse, se evidencia una mayor acumulación de materia orgánica, debido a que estas especies tienen una mayor capacidad para proteger el suelo. Así, el aumento en la materia orgánica en el barbecho de 14 años puede ser atribuida a este hecho. A su vez, el contenido de materia orgánica en el suelo de este barbecho (11,7%) es cercano al reportado por Jenny para un bosque primario en la vega del río Calima (14% a 0-15 cm.). Esto implica que períodos de descanso superiores a 14 años no adicionarían cantidades importantes de materia orgánica al suelo.

En cuanto a los nutrimentos, se observa una tendencia de aumento de ellos en el barbecho de dos años hasta el barbecho de

cinco años, presentándose una disminución pronunciada en el barbecho de ocho años (incluso por debajo de los contenidos en el barbecho de dos años), para, luego, continuar aumentando levemente hasta los 14 años. El estudio de Aweto (1981), en Nigeria, mostró una tendencia similar. Después del tercer año hasta el séptimo año, encontró un aumento importante en el contenido de nutrimentos en los primeros 10 cm de suelo. Aweto (1981) atribuyó ésto a la acumulación de materia orgánica. En el Bajo Calima, se observó que entre el barbecho de dos años y el de ocho años se presenta una disminución importante de la vegetación invasora inicial. Esta vegetación va desapareciendo a medida que crece la vegetación arbustiva y arbórea que domina a los ocho años. Además, la desaparición de esta vegetación a los ocho años deja expuesto el suelo, que, sumado a que la vegetación arbustiva y arbórea que no ha cerrado dosel, posibilita que, en este barbecho, el lavado por la excesiva precipitación disminuya la acumulación de nutrimentos en el suelo. Asimismo, es necesario recordar lo anotado anteriormente, en el sentido de que a esta edad de sucesión, la biomasa en ramas y troncos es alta y se presenta una importante acumulación de nutrimentos.

En el Bajo Calima, el aumento en los contenidos de nutrimentos en el suelo después de los ocho años, bien pudiera deberse a la disminución del área basal, lo cual representa una muerte paulatina de la vegetación arbustiva que devuelve sus nutrimentos acumulados.

LITERATURA CITADA

ARGUELLO ARIAS, H. 1995. Sucesión Florística y Dinámica de la Producción y Descomposición del Mantillo en el Bosque Muy Húmedo Tropical del Bajo Calima, en el Departamento del Valle del Cauca. *Agronomía Colombiana* 12:

AWETO, A.O. 1981a. Secondary succession and soil fertility restoration in South-western Nigeria; I. Succession. *Journal of Ecology* 69: 601-607.

- AWETO, A.O.** 1981b. Secondary succession and soil fertility restoration in South-western Nigeria; II. Soil restoration. *Journal of Ecology* 69: 609-614.
- BARTHOLOMEW, W. V. et al.** 1953. Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow, in the yangambi (Belgian Congo) region. INEAC (Congo Belga), Sér. Sci. 57. p. 1-27..
- BRAY, J. R. y GORHAM, E.** 1964. Litter production in forest of the world. *Advances in Ecological Research* 2:101-157.
- CUADROS, H.** 1976. Estudio de dendrología y fenología de algunos árboles del Bajo Calima. Universidad del Valle. 16 p.
- De ANGELIS, D. L. y O'NEILL, R. V.** 1980. Comparativity productivity and biomass relations of forest ecosystems. Dynamic properties of forest Ecosystems. D. Reichle ed. pp. 411-449. Cambridge University Press. Cambridge.
- DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A.** 1978. Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p.
- EWEL, J.** 1976. Leaf fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in Eastern Guatemala. *Journal of Ecology* 64(1):295-307.
- FASSBENDER, H. W.** 1982. Química de suelos; con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. 191 p.
- FASSBENDER, H. W. y GRIMM.** 1981. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela; II. Producción y descomposición de residuos vegetales. Turrialba 31:38-47.
- FOLSTER, H. y de las SALAS, G.** 1976. Litter fall and mineralization in three tropical evergreen forest stands, Colombia. *Acta Científica Venezolana* 27:196-202.
- GOLLEY, F. B. et al.** 1971. La biomasa y la estructura vegetal en bosques del Darién, Panamá. Turrialba 21: 186-196.
- GOLLEY, F. B.** 1975. Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. Athenas, University of Georgia Press. 248 p.
- JENNY, H. et al.** 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Science* 68:419-432.
- JORDAN, C F.** 1985. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: principles and their application in management and conservation. New York, Wiley. 179 p.
- MULLER, L.** Un aparato micro Kjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba 11(1):17-25. 1961.
- NIÑO, L. N. y H. CAICEDO.** 1988. Estimación de la fitomasa aérea forestal de un bosque natural de segundo crecimiento en Bajo Calima, Colombia. CONIF, serie documentación No 13, 20p.
- NYE, P.H.** Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant and Soil* 13(4):333-346. 1961.
- NYE, P.H. y D.J. GREENLAND.** The soil under shifting cultivation . Farnham Royal, England, Commmoweaht Bureau, technical communication No 51. 156p. 1960.
- PROCTOR, J.** Tropical forest litterfall I. Problems of data comparison. *Tropical Rain Forest: Ecology and Management*. S.L. Sutton; T.C. Whitmore y A. C. Chadwick. eds. pp. 267-273. Blackwell Scientific publications, Oxford. 1983.
- RICHARDS, P.W.** The tropical rain forest. Cambridge University Press, Cambridge. 1952.
- RICHARDS, P.W.** The tropical rain forest. *Scientific American* 229:58-67. 1973.
- RODRIGUEZ, L.** Consideraciones sobre la biomasa, composición química y dinámica del bosque pluvial tropical de colinas bajas. Bajo Calima, Buenaventura, Colombia. CONIF, serie documentación No 16, 36 p. 1987.
- SANCHEZ, P.A.** Properties and management of soils in the tropics. Wiley, New York. 1976.

SANCHEZ, P.A. Suelos del trópico; características y manejo. Trad. por Edilberto Camacho, San José, IICA. 660 p. 1981.

SNEDAKER, S. Ecological studies on tropical moist forest succession in Eastern Lowland Guatemala. Ph.D. dissertation. University of Florida. Gainesville, Fla. 1979.

SNEDAKER, S. Successional immobilization of nutrients and biologically mediated recycling in tropical forests. *Biotropica* 12: 16-22 (supplement). 1980.

SWIFT, M.J. The stimulation of mycelial biomass by determination of the hexosamine content of wood tissue decayed by fungus. *Soil Biology biochemistry* 5:321-332. 1973.

SWIFT, M.J. et al. Decomposition in terrestrial ecosystems. California University Press, studies in ecology, V. 5. 372 p. 1979.

TOKY, U.P. y P.S. RAMAKRISHNAN. Secondary succession following slash and burn agriculture in North-eastern India; II. Nutrient cycling. *Journal of Ecology* (G.B.) 71:747-757. 1983.

UHL, C. et al. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazon Basin. *Journal of ecology*. 69:631-649. 1981.

UHL, C. et al. Rio negro forest perturbations: The recovery process. En E. Medina, R., Herrera, C.F. Jordan, H. Klinge, y C.Uhl eds. *Structure and function of Amazonian forests Ecosystems in the upper Rio Negro*. Junk, The Hague. 1984.

UHL, C. et al. Nutrient conservation and root/shoot ratios in plants occurring on disturbed Amazonian sites. 1985.

VITOUSEK, P. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology*, 65:285-298. 1984.

VITOUSEK, P.M. y P.A.MATSON. Mechanisms of nitrogen retention in forest ecosystems: A field experiment. *Science* 225: 51-52. 1984.

WILLIAMS-LINERO, G. Biomass and nutrient content in two successional stages of tropical wet forest in Uxpanapa, México. *Biotropica* 15: 275-284. 1983.

WITKAMP, M. Microbial populations of leaf litter in relation to environmental conditions and decomposition. *Ecology* 44 (2): 370-377. 1966.