

**DINÁMICA DE DESCOMPOSICIÓN DE LA BIOMASA EN SISTEMAS
AGROFORESTALES CON CACAO (*Theobroma cacao* L.), MELINA
(*Gmelina arborea*) MATARRATÓN (*Gliricidia sepium*) Y CEDRO (*Cedrela
odorata*) EN EL MUNICIPIO DE RIONEGRO, SANTANDER**

VÍCTOR LEANDRO CAICEDO MONTAÑO

FRANCISCO JOSE CORTES MEZA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO**

2011

**DINÁMICA DE DESCOMPOSICIÓN DE LA BIOMASA EN SISTEMAS
AGROFORESTALES CON CACAO (*Theobroma cacao L.*), MELINA
(*Gmelina arbórea*) MATARRATÓN (*Gliricidia sepium*) Y CEDRO (*Cedrela
odorata*) EN EL MUNICIPIO DE RIONEGRO, SANTANDER**

VICTOR LEANDRO CAICEDO MONTAÑO

FRANCISCO JOSE CORTES MEZA

**Anteproyecto de tesis presentado como requisito parcial para optar el
título de Ingeniero Agroforestal**

PRESIDENTE

JAIRO ROJAS MOLINA I.A. M.Sc.

COPRESIDENTE DE TESIS

I. A. Ph.D. Jorge Fernando Navia Estrada

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO**

2011

“Las ideas y conclusiones aportadas en el artículo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1º de acuerdo Nº 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño

NOTA DE ACEPTACIÓN

JORGE VELEZ LOZANO
Jurado

JORGE FERNANDO NAVIA
Jurado

JAIRO ROJAS MOLINA
Asesor

San Juan de Pasto, 16 de noviembre de 2011

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos aquellos que me han brindado su apoyo en este proceso, que me permitirá culminar un paso importante en mi vida y a mi familia.

DEDICATORIA

*Agradezco a Dios en primer lugar y
A mis nuestro padres, hermanos.*

DINÁMICA DE DESCOMPOSICIÓN DE LA BIOMASA EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO (*Theobroma cacao L.*), MELINA (*Gmelina arborea*) MATARRATÓN (*Gliricidia sepium*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*) EN EL MUNICIPIO DE RIONEGRO, SANTANDER¹

DYNAMICS OF DECOMPOSITION OF BIOMASS IN AGROFORESTRY SYSTEMS WITH *Theobroma cacao L.*, *Gmelina arborea*, *Gliricidia sepium* AND *Cedrela odorata* IN THE MUNICIPALITY OF RIONEGRO, SANTANDER

Víctor Caicedo M.²; Francisco Cortes M.; Jairo Rojas M.³

RESUMEN

El ensayo se llevó a cabo en plantaciones de cacao establecidas en sistemas agroforestales de CORPOICA Estación Experimental “La Suiza” ubicada en Rionegro, Santander en la cordillera oriental a 07°24’51.0” latitud norte y 73°11’33.6” longitud oeste, a una altura de 825 msnm y una precipitación promedio anual de 2.500 mm, temperatura promedio de 25°C con 80% de humedad relativa. Se evaluó el aporte de la biomasa aérea y la tasa de liberación de nutrientes a los 8, 15, 23, 84 y 113 días, de cuatro especies diferentes (*T. cacao*, *G. arborea*, *G. sepium* y *C. odorata*). Los tratamientos correspondieron a T1 *T. cacao*, T2 *G. arborea*, T3 *C. odorata*, y T4 *G. sepium*. Se encontró diferencias estadísticas significativas en la descomposición del material vegetal de las diferentes especies, encontrándose que la mayor pérdida de peso, se evidenció en el T2 (*G. arborea*) 87,55%, seguida de T4 (*G. sepium*) 74,80% y el que

¹Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agroforestal. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

²Estudiantes de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño: yituquito20@hotmail.com

³Ingeniero Agrónomo M.Sc. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. jrojas@corpoica.org.co

menos pérdida registró fue el tratamiento T3 (*C. odorata*) 40.01%. La tasa de liberación de nutrientes a partir de la biomasa aérea, fue mayor para *Gmelina arborea* seguido por *Gliricidia sepium*, y la mas baja presentada por *T. cacao* y *C. odorata*, se puede afirmar que el tipo de árbol determinó la dinámica de descomposición de la biomasa aérea y permitió el aporte de nutrientes al suelo.

Palabras clave: sistema agroforestal, biomasa, nutrientes, tasa de liberación.

ABSTRACT

This experiment was carried out in Cocoa agroforestry systems established in CORPOICA Experimental Station "LA SUIZA" located in Rionegro, Santander in the eastern range of 07 ° 24'51 .0 "north latitude and 73 ° 11'33 .6" West Longitude at an altitude of 825 m and an average annual rainfall of 2,500 mm, average temperature of 25 ° C with 80% relative humidity. The contribution of biomass and nutrient release rate at 8, 15, 23, 84 and 113 days was assessed for four different species (*T. cacao* *G. arborea*, *G. sepium* and *C. odorata*). The treatments were T1 *T. cacao*, T2 *G. arborea*, T3 *C. odorata*, and T4 *G. sepium*. We found out statistically significant differences in the decomposition of plant material of different species, where the most weight loss, was evident in the T2 (*G. arborea*) 87.55%, followed by T4 (*G. sepium*) 74.80 % and the least loss was recorded T3 (*C. odorata*) 40.01%. The rate of release of nutrients from the aboveground biomass was greater for *Gmelina arborea* followed by *Gliricidia sepium*, and the lowest by *T. cacao* and *C. odorata*, we finally can say that the type of tree determines the dynamics of decomposition of biomass and nutrients allowed the soil.

Keywords: agroforestry system, biomass, nutrient release rate.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales con cultivos perennes como el cacao (*Theobroma cacao*), donde se combinan especies arbóreas en diferentes estratos verticales que dan sombra al cacao, producen abundante biomasa que contribuye al mantenimiento del ciclaje de nutrientes, estabilización de la estructura del suelo y disminución de la erosión entre otros beneficios (Nair *et al.*, 1995).

La hojarasca actúa en el bosque como un sistema de entrada y salida, donde las tasas de hojarasca que caen contribuyen a la regulación de los ciclos de nutrientes, la sostenibilidad y productividad en los bosques y ecosistemas basados en los árboles (Beer 2000, Ranger *et al.*, 2003).

En el proceso de descomposición inciden una serie de factores: microclima, temperatura y humedad, calidad del sustrato, contenido de nutrientes del suelo y composiciones cualitativa y cuantitativa de las comunidades de descomponedores (Anderson y Swift, 1983). Por lo tanto el ciclaje de nutrientes depende de la descomposición de la biomasa depositada en el suelo por las plantas del cultivo y de las especies arbóreas de sombra, donde la descomposición de la hojarasca es regulada por la actividad de la micro y macrofauna del suelo, por factores ambientales, por la cantidad y calidad del sustrato y por el manejo del sistema (Anderson e Ingram, 1993). La calidad de biomasa obedece a la composición química: por ejemplo el contenido de C, N, P, lignina, polifenoles y sus interrelaciones (Palm, 1995).

Las características particulares de la hojarasca de cada especie influyen en la cantidad y el tiempo en que los nutrientes son liberados al suelo durante el proceso de descomposición. Estos ritmos de deposición, descomposición y liberación de nutrientes al suelo deben sincronizarse con las necesidades nutricionales de los cultivos y el mantenimiento de la actividad y funcionalidad biológica del suelo (Beer *et al.* 1990, Schroth *et al.* 2001, Mendonca y Stott, 2003).

Para mantener la sustentabilidad de un sistema agrícola es importante la incorporación de especies que posean adaptaciones dirigidas a una mejor captura y conservación de nutrientes, al mismo tiempo, que produzcan una cosecha de valor económico o de

subsistencia, para esto sugieren selección de especies y diseños que promuevan la conservación de nutriente Montagnini y Jordán (2002)

Son pocos los estudios con respecto a la dinámica de la descomposición de las hojas de cacao en sistemas agroforestales y hasta el momento no se ha cuantificado la cantidad de biomasa que se incorpora al suelo, igualmente, con respecto a la liberación de nutrientes que se obtienen de la descomposición de la hojarasca y otros residuos vegetales producidos por los árboles de cacao y de sombrío que sirvan como alternativa de fertilización ecológica y de bajo costo.

Por lo tanto, es muy relevante conocer y comparar entre especies las cantidades de nutrimentos y biomasa que se incorporan al suelo en un sistema agroforestal con cacao, en determinadas épocas del proceso de descomposición de hojarasca y residuos vegetales. De otra parte, es prioritario, brindar asesoría y/o asistencia técnica a los productores de cacao sobre la importancia del reciclaje de nutrientes para el sustento de la fertilidad, ya que puede ser una alternativa que les permita adoptar el establecimiento de sistemas agroforestales como mejoradores de la fertilidad del suelo.

El objetivo de esta investigación es determinar la dinámica descomposición de la biomasa en sistemas agroforestales con *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arbórea* y *G. sepium*; lo que permite identificar cual de las especies aportan más nutrientes al suelo a través de las diferentes épocas de evaluación.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en la vereda Trincheras en la finca El Encanto y en las instalaciones de CORPOICA Estación Experimental La Suiza, localizada en la cordillera oriental a 07°24'51.0" latitud norte y 73°11'33.6" longitud oeste, a una altura de 825 msnm y una precipitación promedio anual de 2.500 mm, temperatura promedio de 25°C con 80% de humedad relativa y zona de vida correspondiente según Holdridge (1967) de bosque húmedo tropical (bh-T) y con un brillo solar de 1.700 horas. Zona agroecológica Kv, tierras de cordillera de relieve escarpado con pendientes mayores del 50%. Sus suelos derivados de material heterogéneo presentan baja a moderada

evolución, textura franco arcillosa y franco arenosa con un pH 4.2, son bien drenados, generalmente superficiales, pedregosos y/o rocosos, muy susceptibles a los procesos erosivos; la fertilidad es baja a moderada. Zonas con aptitud predominantemente de bosque protector; pueden establecerse cultivos en sistema multiestrato como cacao, caña y frutales.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos corresponden a T1 *T. cacao*, T2 *G. arbórea*, T3 *C. odorata*, y T4 *G. sepium*; y tres repeticiones especies de árboles maderables son las más empleadas en la zona cacaotera de Santander como sombrío de cacao y con un alto porcentaje contributivo de hojarasca en los SAF, donde el tamaño de la parcela de investigación correspondió a 0.5 hectáreas.

El método empleado para la determinación de la tasa de descomposición fue el de bolsas de descomposición, propuesta por Caldentey *et al.* (2001). El número de bolsas que se emplearon fue de 15 por especie para un total de 60, o sea 5 bolsas por repetición (tres repeticiones). El material vegetal (hojas más pecíolos frescos), se tomó directamente de las plantas de cacao y de los árboles a evaluar, no se recolectó del suelo porque se desconoce el momento de su caída y el inicio de su descomposición. Con este material se llenaron 15 bolsas por especie, las cuales se llevaron al campo donde se ubicaron en la plantación agroforestal de manera aleatoria: por cada árbol de la misma especie se enterraron, a una profundidad de 2 cm, cinco bolsas sobre la capa de hojarasca que cubre el dosel de los arboles

La recolección de las bolsas se hizo a los 8, 15, 23, 84 y 113 días, después de su ubicación en campo, se tomaron 3 bolsas por especie en cada época de recolección. El material recolectado se llevó al laboratorio, fue secado en estufa a temperatura de 75°C, durante 72 horas y al finalizar el secado se pesaron en una balanza de precisión.

La descomposición del material evaluado fue mediante la pérdida de peso seco, correspondiente a cada tiempo de degradación, generó un porcentaje de peso seco remanente (%Psr), calculado mediante el coeficiente de peso seco al horno del material remanente mensual (Psm), sobre el peso seco al horno del material inicial (Psi):

$$\%Psr = 1-(Psm/Psi) \times 100$$

Análisis estadístico. Con cada uno de los indicadores promedios de las variables, se realizó el análisis de varianza para un diseño completamente al azar utilizando el software estadístico infoStat versión 2008 según Balzarini *et al* (2008), y con el fin de establecer posibles diferencias entre los tratamientos se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey.

Análisis económico. El aporte de los nutrientes al suelo de los diferentes tratamientos o especies utilizadas como sombrío del cacao, se valoró en términos económicos tomando como base los precios equivalentes de los fertilizantes convencionales en el mercado, de acuerdo a su disponibilidad como fórmulas comerciales o como elementos simples.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Patrones de descomposición

En la tabla 2, se presentó que hay diferencia entre los tratamientos con el análisis de varianza para la variable % de peso remanente resultó altamente significativa (P-valor 0.0007) entre tratamientos a los 8 días, encontrándose que la mayor pérdida de peso, se generó en el T4 (*G. sepium*) 31,39%, seguida del T1 (*T. cacao*) 17,73%. A los 15 días se encontró mediana diferencia significativa (P-valor 0.0151) entre los tratamientos con la mayor pérdida de peso en T4 (*G. sepium*) con 42.73%. Dando como resultado a los 23 días diferencias significativas entre los T4 (*G. sepium*) con 55.25% y T2 (*G. arbórea*) 51.17% respecto a los tratamientos T1 (*T. cacao*) 33.29% y T3 (*C. odorata*) con 32.74%, a los 84 días resultaron diferencias significativas (P-valor 0.0004) entre los T4 (*G. sepium*) con 66.43% y T2 (*G. arbórea*) 61.50% respecto a los tratamientos T1 (*T. cacao*) 40.29% y T3 (*C. odorata*) con 34.83%, durante un tiempo de evaluación de 113 días se presentó diferencias significativas T4 (*G. sepium*) 87.55% y T2 (*G. arbórea*)

74.80%, y los tratamientos (*T. cacao*) 43.89% y T3 (*C. odorata*) 40.01% fueron estadísticamente iguales. (Figura 1).

Tabla 1. Medias del porcentaje de descomposición del peso remanente para *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arborea* y *G. sepium*, a los 8, 15, 23, 84 y 113 días, en el municipio de Rionegro, Santander 2010- 2011

Medias de porcentaje de descomposición (días)					
Tratamiento	8	15	23	84	113
T1 (<i>T. cacao</i>)	17.73	27.76	33.29	40.29	43.89
T2 (<i>G. arborea</i>)	11.23	29.02	51.17	66.43	87.55
T3 (<i>C. odorata</i>)	14.91	19.63	32.74	34.83	40.01
T4 (<i>G. sepium</i>)	31.39	42.73	55.25	61.50	74.80

Tabla 2. ANDEVA del porcentaje de peso seco remanente (%Ps_r) para *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arborea* y *G. sepium*, a los 8, 15, 23, 84 y 113 días, en el municipio de Rionegro, Santander 2010- 2011

F.V	G.L	8 días		15 días		23 días		84 días		113 días	
		C.M	p-valor	C.M	p-valor	C.M	p-valor	C.M	p-valor	C.M	p-valor
Modelo	3	232.20	0.0007	275.39	0.0151	416.45	0.0002	724.28	0.0004	1627.44	<0.0001
Tratamiento	3	232.21	0.0007*	275.39	0.0151*	416.46	0.0002*	724.28	0.0004*	1627.44	<0.0001*
Error	8	13.24		42.00		16.48		35.35		1627.44	
Total	11										

*: Diferencias significativas

En términos generales los T1 y T3 se comportaron estadísticamente iguales en contraste con T2 y T4, esto debido a que las especies matarratón y melina presentan baja lignificación y componentes bioquímicos como polifenoles, por lo que lo hacen fácilmente degradable para los microorganismos descomponedores del suelo. Así como también los factores climáticos que influyen a facilitar dicho proceso como la humedad, época en la cual se llevó a cabo este estudio.

Figura 1. Descomposición de la hojarasca de *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arbórea* y *G.zsepium*, en el municipio de Rionegro, Santander 2010- 2011

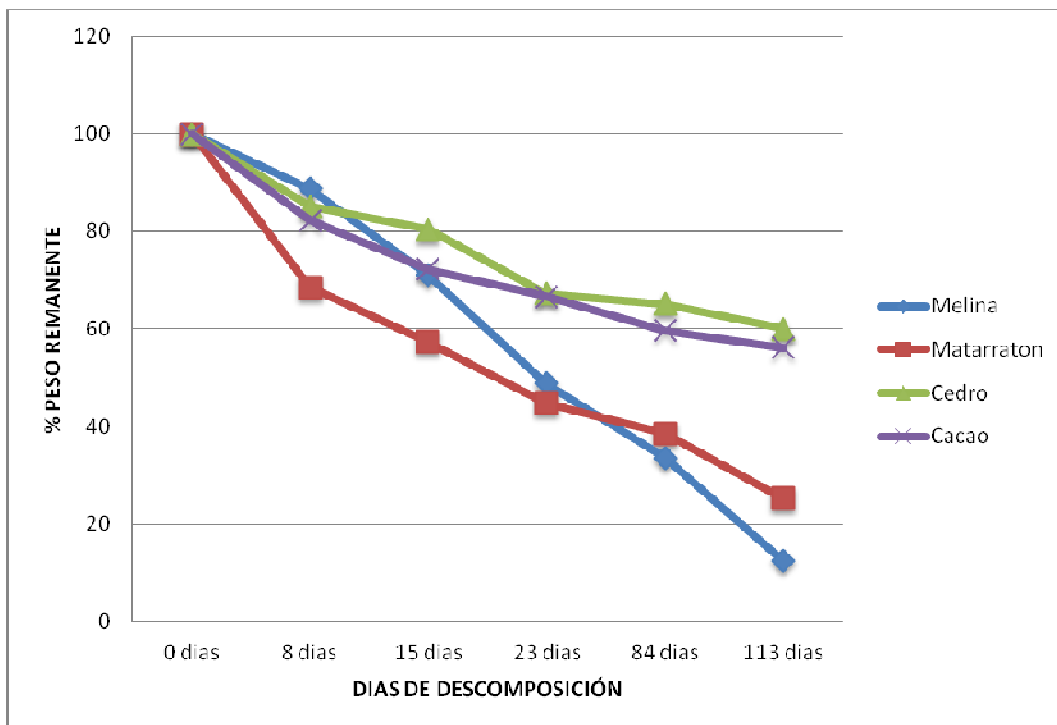


Tabla 3. ANDEVA del contenido de Materia Seca (MS) para *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arbórea* y *G. sepium*, en el municipio de Rionegro, Santander 2010- 2011

F.V	G.L	C.M	p-valor
Modelo	5	53,63	0,2809
Tratamiento	3	70,35 ^{NS}	0,1949
Error	8	32,69	
Total	11		

^{NS} No existen diferencias significativas

La liberación de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), a partir de la biomasa aérea de las diferentes especies evaluadas en este estudio, se

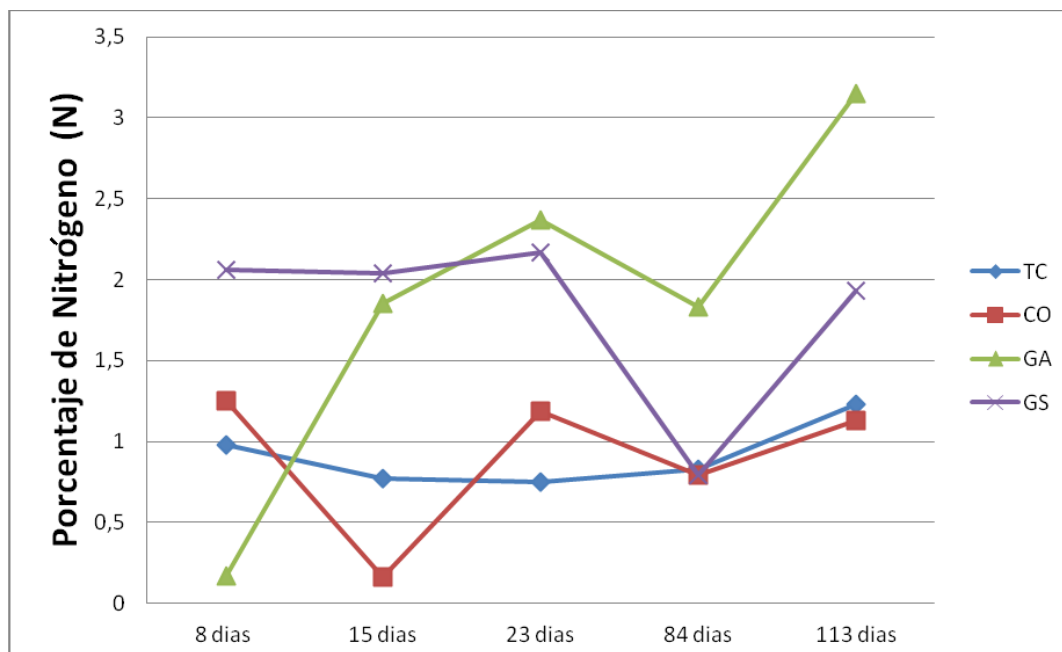
observó que la mayor liberación la presentó el tratamiento 2 representado por la especie *G. arbórea*, seguida por el tratamiento 4 *G. sepium* y la más baja liberación por el tratamiento 1 *T. cacao*, esto se debe posiblemente a que este proceso de degradación de los tejidos vegetales hasta los constituyentes elementales de las proteínas, carbohidratos, grasas y otros en su primera etapa es bastante veloz por lo que no se percibe diferencias entre especies, al respecto Anderson e Ingram (1993) afirman que la descomposición de los tejidos vegetales, la liberación, mineralización de N y otros elementos frecuentemente muestran una fase inicial rápida, las cuales son degradados por los microorganismos que componen la biomasa del suelo, obteniéndose productos secundarios (constituyentes de la pared celular, como celulosa y hemicelulosa). Esta nueva biomasa y sus productos metabólicos son, a su vez, sustratos para la segunda fase, que es mucho más lenta, regulada principalmente por el contenido de lignina.

Por otra parte, Montenegro (2005) encontró que de todas las especies de sombrero en las evaluadas en su investigación, la que más rápido libera los nutrientes en términos generales es la leguminosa, lo que conlleva a reafirmar que esta especie de planta

presenta poco componentes bioquímicos en la pared celular lo que hace más fácil la penetración de agentes de degradación de los residuos haciendo eficiente la liberación de nutrientes.

Porcentaje de liberación de nutrientes

Figura 2 Porcentaje de liberación de nitrógeno en *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arbórea* y *G. sepium*, en el municipio de Rionegro, Santander 2010- 2011.

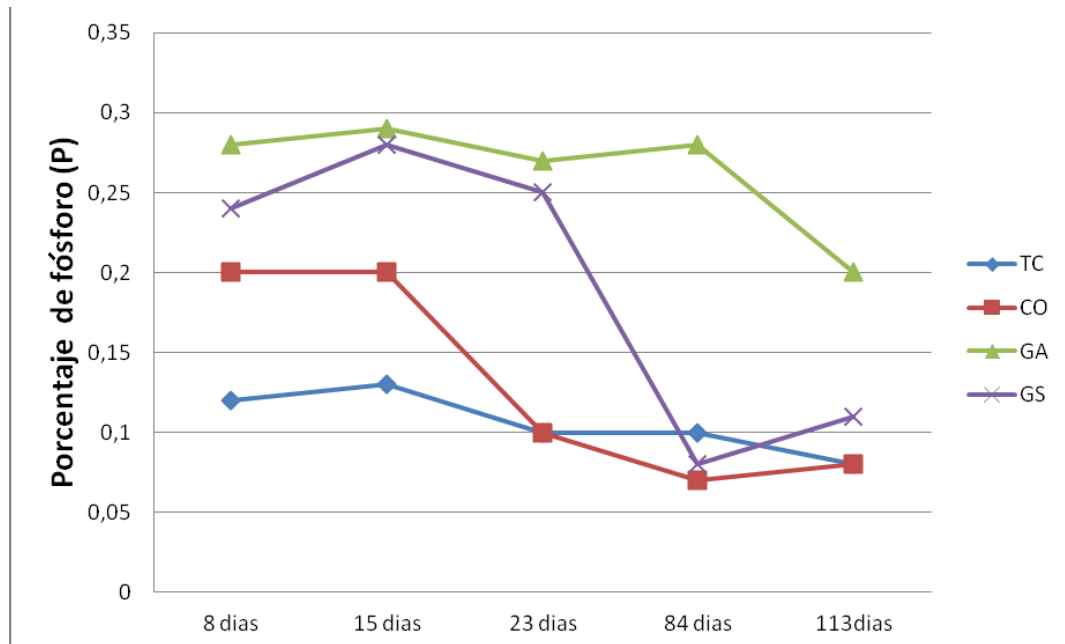


Fuente: Esta investigación

Uno de los elementos más importantes en los sistemas agroforestales agroecológicos es el manejo del nitrógeno. Esta variable bajo estudio mostró que la especie *G. arborea* tuvo una alta rapidez de liberación con 9,37% durante un periodo de 113 días; siendo las especie de *C. odorata* la que liberó en menor cantidad con 4,52% en el periodo de evaluación. Munguia (2003) encontró tendencias similares con hojarasca de *E. poeppigiana*, *E. deglupta* y café en la finca Verde Vigor, Pérez Zeledón, Costa Rica, destacándose *E. poeppigiana* como la especie de sombra que libera más rápido el nitrógeno aunque difiere en el porcentaje y en el tiempo requerido (65% en 24 días) y

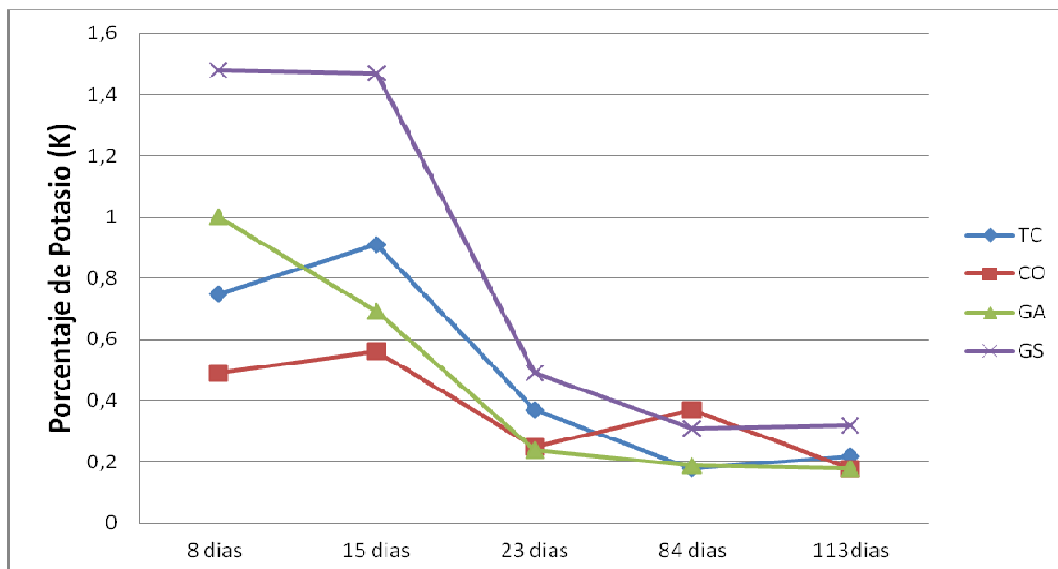
como la más lenta *E. deglupta* donde no se produjo liberación de este elemento y en combinación con café solo el 2% en 24 días.

Figura 3. Porcentaje de liberación de fósforo en *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arbórea* y *G. sepium*, en el municipio de Rionegro, Santander 2010- 2011



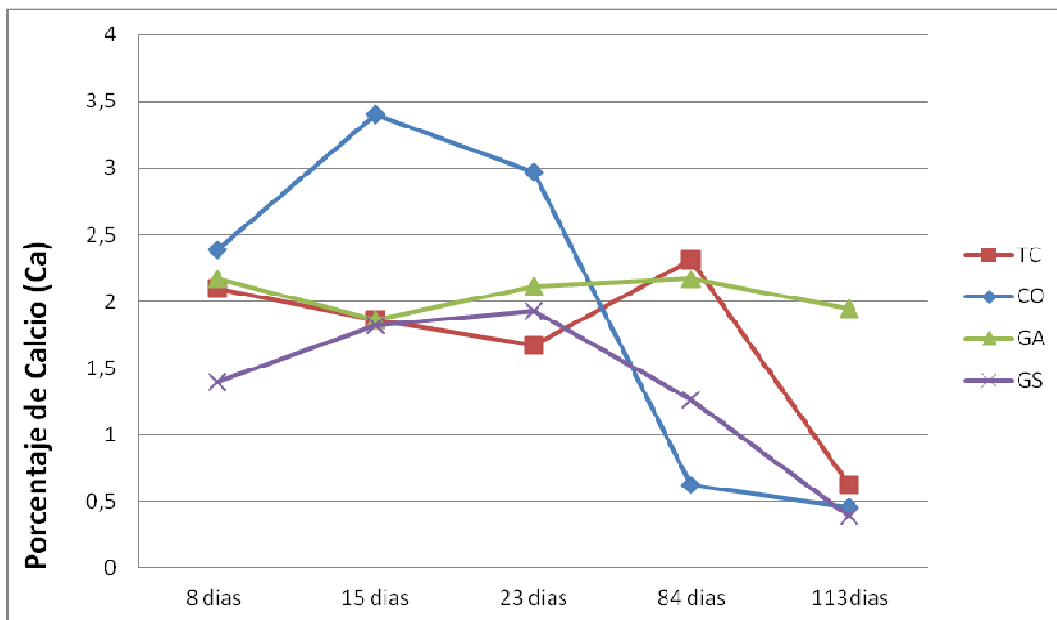
Al evaluar la liberación del fósforo durante los 113 días se encontró que la especie que presenta una mayor liberación fue *G. arbórea* con un porcentaje de 1,32% y la especie de menor porcentaje de liberación fue *T. cacao* con un porcentaje 0,53% durante el periodo de evaluación. Guo y Sims (1999) encontraron que las altas densidades poblacionales de *Eucalyptus* sp tenían poca influencia en la descomposición de hojarasca y liberación del nitrógeno pero tenían un efecto significativo en la liberación del fósforo por lo que es importante conocer el manejo racional de las densidades basado en la fluctuación de descomposición y ciclaje de nutrientes de los ecosistemas.

Figura 4 Porcentaje de liberación de potasio en *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arborea* y *G. sepium*, en el municipio de Rionegro, Santander 2010- 2011



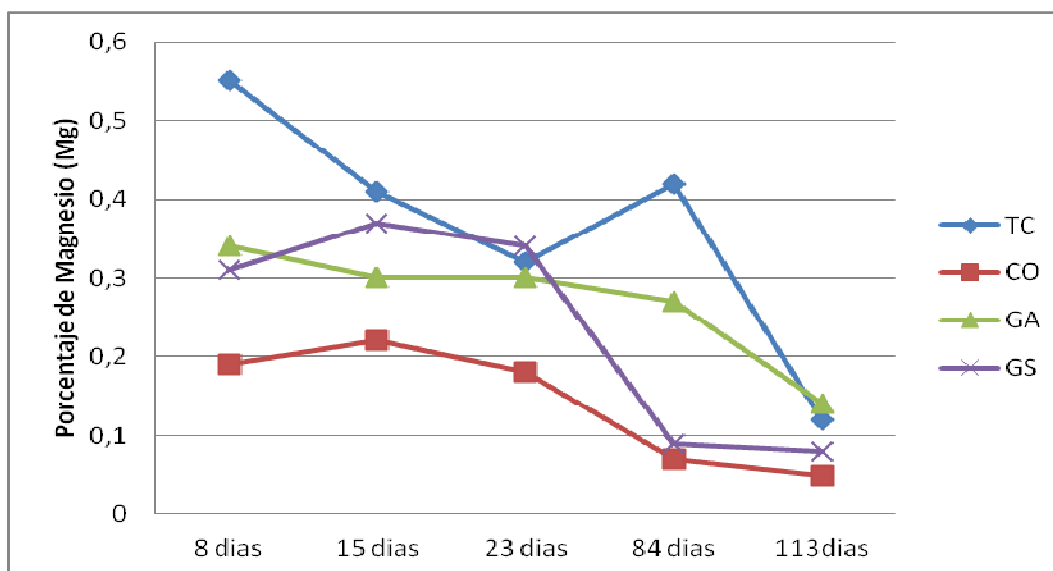
Durante el periodo de evaluación el potasio en *G. sepium* tuvo la mayor liberación entre los 8-15 días con una liberación de 1,5% disminuyendo significativamente a los 23 días adoptando una tendencia constante similar a los demás tratamientos, mientras que *C. odorata* fue la que menos liberó durante todo el periodo de la evaluación. Estos resultados son contrarios a lo encontrado por Munguía (2003) con respecto a la liberación del potasio en hojarasca de *E. poeppigiana* en tan solo 24 días obtuvo una liberación de 39% y al cabo de 213 días obtuvo el 99% de liberación con una tasa de - 1.55 por día, obteniendo el valor más alto con respecto a los otros tratamientos y nutrientes y con *E. deglupta* encontró que libera en 24 días el 17% y al cabo de 213 días el 88% con tasa de liberación (k) de -0.49 por día siendo el de menor valor.

Figura 5 Porcentaje de liberación de calcio en *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arbórea* y *G. sepium*, en el municipio de Rionegro, Santander 2010- 2011



El calcio presentó una rápida liberación en la especie *C. odorata* durante el periodo de 8-23 días disminuyendo en los 84 y 113 días teniendo una liberación total de 9,84%, no obstante la especie *G. arbórea* tuvo la mayor constante de liberación durante todo el periodo de evaluación para un total de 10,26. Munguía (2003) reporta para *E. poeppigiana* una liberación de 67% de calcio en 213 días con tasa (k) de -0.5 por día, mientras que los tratamientos con *E. deglupta* + *Café arabica* + *E. poeppigiana* y la mezcla de *E. deglupta* + *E. poeppigiana* inician la liberación de calcio a partir de los 100 días con tasa de liberación (k) de -0.13 y -0.14 por día respectivamente. Se considera que esta lenta liberación es atribuible al tipo de enlace que forma este elemento con otros elementos de la pared celular.

Figura 6 Porcentaje de liberación de Magnesio en *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arbórea* y *G. sepium*, en el municipio de Rionegro, Santander 2010- 2011



Para el magnesio *T. cacao* fue la que mayor liberación presentó en el periodo de 8-113 días con un total de 1,82% seguido de *G. melina* con una liberación de 1,35 %, siendo las especies de *C. odorata* y *G. sepium* las que menor porcentaje de liberación presentaron en todo el periodo de evaluación con un 0,71 -1,19% respectivamente. Al respecto estos resultados no coinciden con los reportados por Munguía (2003) para *E. poeppigiana*, un 7% de liberación de magnesio en 24 días y 97% liberado en 213 días con tasa (k) de liberación -1.02 por día, mientras que para *E. deglupta* en tan solo 24 días encuentra ausencia de liberación de magnesio y al cabo de 213 días obtiene 19% de liberación con tasa (k) de -0.013 por día.

Evaluación económica

En la tabla 3 donde se representa el porcentaje de aporte de cada uno de los nutrientes con relación a la fertilización tradicional utilizada en el municipio de Rionegro, siendo la especie de *G. arbórea* la que aporta un promedio de 4,92% de elementos estudiados

frente a una fertilización tradicional, siendo en segundo lugar la especie *G. sepium* con un promedio de 4,402% seguido por *C. odorata* 3,514% y *T. cacao* 3,58%

Tabla 3 Porcentajes de liberación de nutrientes en las especies *T. cacao*, *C. odorata*, *G. arborea* y *G. sepium*, en el municipio de Rionegro, Santander 2010- 2011

Fertilización tradicional Kg/cosecha	Aportes de <i>T. cacao</i> en nutrientes %/113días	Aporte de <i>C. odorata</i> en nutrientes %/113días	Aporte de <i>G. arborea</i> en nutrientes %/113días	Aporte de <i>G. sepium</i> en nutrientes %/113días
Nitrógeno 31-40	4,56	4,52	9,37	8,99
Fósforo 5-6	0,53	0,65	1,32	0,96
Potasio 54-86	2,43	1,85	2,3	4,07
Calcio 5-8	8,56	9,84	10,26	6,8
Magnesio 5-7	1,82	0,71	1,35	1,19

El tratamiento que mayor representó aporte de nutriente fue el T2 (*G. arborea*) siendo éste el que mayor libero nutrientes al suelo con un promedio 4,92% aportando al sistema elementos importantes en la nutrición como son: N, P, K, Ca y Mg, aspectos que permiten ahorro económico en fertilizantes y de esta manera se optimizan las finanzas del productor, ya que hoy en día la principal fuente de fertilización en los sistemas agroforestales son los fertilizantes de síntesis como 15-15-15 con un costo en el mercado de 75 mil pesos el bulto de 50 kg y con un costo de jornal de 25 mil pesos que equivale a los costo de aplicación. Con los aportes de la investigación, se obtiene una disminución considerable de 10% menos en la utilización de estos fertilizantes de síntesis y la mano de obra al momento de la fertilización.

La cantidad de nutrimentos extraídos en kilogramos, para producir una cosecha de 1.000 kg de cacao seco por ha/ año en el municipio de Rionegro son: Nitrógeno 31-40, Fósforo 5-6, Potasio 54-86, Calcio 5-8 y Magnesio 5-7. Es importante tenerlo en cuenta para devolverlo al suelo, considerando que parte del fertilizante se pierde por problemas de solubilidad, lavado, absorción de microorganismos y que la mayor cantidad de nutrimentos extraídos por la planta no forman parte de las almendras, motivo por el cual las aplicaciones deben ser mayores (Mejía, 2000).

CONCLUSIONES

G. arbórea, presentó la mayor descomposición del material vegetal con indicador promedio en peso remanente de 87,55% al cabo de 113 días, mientras el tratamiento 3 correspondiente a *Cedrela odorata* (especie maderable) fue de peso remanente de 40.01%.

Con relación, a la liberación de nutrientes fue mayor para *Gmelina arbórea* seguido por *Gliricidia sepium*, y la mas baja presentada por *T. cacao* y *C. odorata*.

El calcio es el nutriente que presenta el mayor porcentaje de liberación seguido del nitrógeno quien presentó un mejor comportamiento de liberación con respecto al potasio y magnesio mientras que se mostró como el nutriente de más lenta liberación.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, J; Ingram, J. 1993. Tropical soil biology and fertility. 2da edición. Oxford UK. CAB Internacional. 221p.

Anderson, J.; Swift, M. 1983. Decomposition in tropical forest. In: Sutton SL, Whitmore TC and Chadwick AC (eds.). Tropical Rain Forest: Ecology and Management. Blackwell Scientific Publications. Oxford, UK. P 287-309.

Balzarini, M; González, L; Tablada, M; Casanoves, F; Di Rienzo, J; Robledo, C; 2008 Infostat. Manual del Usuario. Editorial Brujas, Córdoba. Argentina pp 336

Berg, 2000, Ranger, 2003. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *For Ecol Manage* 133:13–22

Beer, J.; Bonneman, W; Chavez, H.; Fassbender, H; Imbach, A.; Martel, I. 1990. Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) or poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. V. Productivity indices, organica material models and sustainability over ten years. *Agroforestry Systems* 12:229-249.

Caldentey, J. et al. 2001. Litter fluxes and decomposition in *Nothofagus pumilio* stands in the region of Magallanes, Chile. *Forest Ecology and Management*. 148:145

Guo, L.; Sims, R. 1999. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 75: 133-140.

Holdridge, L. 1967. «Life Zone Ecology». Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: «Ecología Basada en Zonas de Vida», 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982).

Mejía, L. 2000. Nutrición del cacao Publicación de Corpoica. Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción de cacao. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Bucaramanga, Colombia. Pp. 33-35

Montagnini, F; Jordan, C. 2002. Reciclaje de nutrientes. *In Ecología y conservación de Bosques Neotropicales...* Guariguata, MR; Catan, GH. eds. Cartago, Costa Rica. LUR. p.167-191.

Montenegro, G. 2005. Efecto del aporte de nutrientes de la biomasa de tres tipos de árboles de sombra en sistemas de manejo de café orgánico y convencional. Trabajo realizado para optar al grado de Magíster Scientiae. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Nair, P; Kang, B; Kass, D. 1995. Nutrient Cycling and Soil-Erosion Control in Agroforestry Systems. *In Agriculture and environment: Bridging food production and*

environmental protection in developing countries. Madison, US. ASA Special Publication No. 60. p. 117-137.

Munguía, R. 2003. Tasa de descomposición y liberación de nutrientes de hojarasca de *Eucalyptus deglupta*, *Coffea arabica* y de hojas verde de *Erythrina poeppigiana* sola o en mezclas. Tesis MSc. Turrialba, CATIE, Costa Rica. 82p.

Oelbermann, M; Voroney, P; Schlönvoight, M; Kass, D. 2004 Decomposition of *Erythrina poeppigiana* leaves in 3, 9 and 18 year- old alleycropping systems in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 63: 27-32.

Palm, C. 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems*. 30:105-124