

BIOMASA SECA Y CONTENIDO DE NUTRIENTES DE *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida*, EMPLEADAS COMO ABONOS VERDES EN CAFETALES¹

Ana Mayerly Jiménez Suárez*; Fernando Farfán Valencia**; Carmen Soledad Morales-Londoño***

RESUMEN

JIMÉNEZ S., A. M.; FARFÁN V., F.; MORALES L., C. S. Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida*, empleadas como abonos verdes en cafetales. *Cenicafé* 56(2):93-109. 2005.

Para evaluar el potencial de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida* como abonos verdes, se caracterizó el aporte de biomasa seca y la concentración y el contenido de nutrientes de las tres leguminosas, y su efecto sobre el desarrollo del café durante el primer año de vida. El experimento se desarrolló en la Estación Central Naranjal de Cenicafé, en Chinchiná. Las leguminosas se establecieron en densidades de 172.000, 86.000 y 60.000 plantas/ha y se emplearon 5.000 plantas/ha de café (dos tallos/sitio). Se observó que el período de siembra a floración para realizar el primer corte fue de 167 días para *C. cajan*, 137 para *C. juncea* y 152 para *T. candida*. La producción de materia seca total fue de 7,65ton/ha en *C. cajan* y 4,16ton/ha en *C. juncea*, y *T. candida* con un solo corte al año produjo 5,43ton/ha. Intercalar *Cajanus*, en cualquiera de las tres densidades de siembra tuvo un efecto negativo sobre el número de días a primera floración del café, la altura de las plantas y el número de ramas primarias. Mientras que *Crotalaria* y *Tephrosia* tuvieron un efecto negativo sobre el número de días a floración y el número de ramas primarias, respectivamente.

Palabras claves: Abono verde, leguminosas, cultivos intercalados, cafetos.

ABSTRACT

In order to evaluate the potential of *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* and *Tephrosia candida* as green manures, the contribution of dry biomass as well as the concentration and content of nutrients of these three leguminous and their effect on the development of coffee during the first year of life was characterized. The experiment was developed in the Central Station Naranjal of Cenicafé, in Chinchiná. These leguminous were located in densities of 172,000, 86,000 and 60,000 plants/ha and 5,000 coffee plants/ha were used (two stems/site). It was observed that the period from sowing to flowering was 167 days for *C. cajan*, 137 for *C. juncea* and 152 for *T. candida*. The production of total dry matter was 7.65ton/ha in *C. cajan* and 4.16ton/ha in *C. Juncea*, and *T. candida* with a single cut per year produced 5.43ton/ha. The concentration of N, P, K, Ca and Mg in the biomass of *C. cajan* was 3.5; 0.32; 1.8; 0.62 and 0.18%, respectively; in *C. juncea* it was 3.6; 0.36; 2.2; 0.78 and 0.22% and in *T. candida* it was 3.0; 0.32; 2.0; 0.70 and 0.19%. The content of N, P, K, Ca and Mg in *C. cajan* was 238.1; 21.2; 127.3; 35.0 and 10.9kg/ha; in *C. juncea* it was 151.7; 16.1; 97.4; 32.1 and 9.7kg/ha and in *T. candida* it was 196.3; 17.6; 107.7; 37.1 and 10.3kg/ha. The *Cajanus* intercropping in all the three sowing densities had a negative effect on the number of days to coffee first flowering, plant height and number of primary branches. *C. cajanus* affected the height of the plants.

Keywords: Green manure, leguminous, intercropping, coffee.

¹ Fragmento de la tesis presentada a la Universidad de Caldas para optar al título de Ingeniero Agrónomo

* Estudiante Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Agronomía, Universidad de Caldas.

** Asistente de Investigación. Fitotecnia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

*** Profesor Fertilidad de Suelos, Programa de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas.

En los sistemas de producción sostenible los programas de fertilización se realizan bajo los conceptos de la adición de nutrientes y la incorporación de materiales, con el fin de acondicionar de manera favorable el ambiente para la vida del suelo, de manera que se le facilite a la planta la absorción de los nutrientes que requiere para su buen desarrollo.

En la caficultura orgánica o ecológica se prohíbe el uso de fertilizantes sintéticos de acuerdo con las normas internacionales y nacionales (15, 21, 25, 31); por tanto, el plan de fertilización debe basarse en el suministro de materia orgánica y el material normalmente empleado para cumplir con éste es la pulpa de café. Sin embargo, la limitación para la producción de café con base en la fertilización con pulpa es que se requieren grandes volúmenes, además de la alta demanda de mano de obra para su aplicación (23), por tanto, es necesario que el productor posea alternativas complementarias, entre las que se encuentran los abonos de origen animal, el compost obtenido por el procesamiento de residuos vegetales y animales, los fertilizantes minerales naturales y los abonos verdes.

Los abonos verdes se han definido como “la aplicación de una capa de cobertura de material sobre la superficie del suelo” o “cualquier cobertura colocada sobre el suelo para modificar las propiedades físicas, crear un ambiente favorable para el desarrollo de las raíces y extracción de nutrientes y por parte del cultivo reducir la erosión y degradación del suelo”(6). También se definen como “la incorporación de masa vegetal no descompuesta de plantas cultivadas, con la finalidad de restaurar o preservar la productividad del suelo” (14, 45).

Los efectos de estos abonos sobre las condiciones o propiedades físicas del suelo

dependen de la capacidad de establecimiento de la cobertura, de la tasa de incorporación de materia orgánica proveniente de la cobertura, de los procesos de la mineralización, de las relaciones C/N y de la capacidad de las especies para producir biomasa seca.

En este estudio se evaluaron tres especies leguminosas con potencial de uso como abonos verdes y de esta manera optimizar los recursos, tanto económicos como biológicos que el caficultor posee en su finca. Adicionalmente se busca contribuir con alternativas para complementar la fertilización o para la recuperación de suelos en caficulturas convencionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se realizó en la Estación Central Naranjal, situada en el municipio de Chinchiná (Caldas), en la zona cafetera central de Colombia. Las características geográficas, climáticas (12) y de suelos (17), se presentan en la Tabla 1.

Material vegetal evaluado. Las especies estudiadas fueron café variedad Colombia y las leguminosas *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida*.

Descripción de las especies leguminosas.

Guandul (*Cajanus cajan* (L.) Mills). El guandul se ha utilizado comúnmente como cultivo en barreras vivas o sombrío temporal, a una distancia de siembra de 50cm entre surcos y 18 semillas por metro lineal (50kg/ha), con un índice de semilla de 13,4g. Después de 30 días de la siembra se hace un raleo hasta dejar una planta cada 25 a 30cm. La biomasa de mejor calidad se obtiene con tres cortes al año a 70cm de altura, cuando la

Tabla 1. Características geográficas, climáticas y de suelos de la Estación Central Naranjal.

Localización geográfica		Características de suelos	
Latitud Norte	04° 59'	pH	5,2
Longitud Oeste	75° 39'	Materia Orgánica (%)	13,3
Altitud (m)	1.400	Nitrógeno (%)	0,51
Características climáticas		Fósforo (ppm)	3,0
Temperatura media (°C)	21,7	Potasio (m/100g)	0,98
Precipitación (mm)	2.987	Calcio (m/100g)	4,3
Brillo Solar (horas año)	1.497	Magnesio (m/100g)	1,9
Humedad Relativa (%)	80%	Material parental	Cenizas volcánicas

planta tiene 1,25 m, la que se alcanza después de 140 y hasta 180 días de la siembra, etapa donde ocurre la mayor acumulación de materia seca. Puede tener rendimientos hasta de 12ton de biomasa verde/año, con un aporte de 41 a 280kg/ha de nitrógeno (N). Esta planta posee la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico así como fósforo (0,27%), potasio (0,77%), calcio (0,28%) y magnesio (0,47%) (9, 11, 46).

Crotalaria (*Crotalaria juncea*) (L.). Planta arbustiva de 2 a 3m de altura, de rápido crecimiento lo que le confiere mayor competitividad con plantas invasoras, presentando también un efecto alelopático o supresor con éstas. Su rápido crecimiento posibilita cortes precoces, alrededor de los 70 a 90 días después de la siembra. El ciclo completo de la planta es de 180 días, con fases de floración y formación de vainas a los 110 y 140 días, respectivamente. La distancia de siembra común es de 40-50cm entre surcos con 20 semillas por metro lineal (20-30kg/ha). La crotalaria puede aportar de 10 a 15ton/ha de materia seca cuando la población alcanza el 50% de la floración, con una relación C/N de 15. El aporte de nitrógeno es de 100-150kg/ha y 150-165kg/ha de N₂ fijado, 66kg de P/ha y 162kg de K/ha, lo que demuestra su gran potencial para ser empleada como abono verde (6, 11).

Tephrosia (*Tephrosia candida*) (L.) Pers. Es un arbusto de 2 a 3m de altura. La primera floración ocurre después de 3 ó 5 meses de la siembra, produciendo legumbres de 7,5 a 10cm, su principal función es la de abono verde y de sombra en plantaciones de cacao y café, es una planta que dura de 2 a 3 años y que puede podarse varias veces al año, ya que rebrota vigorosamente (6, 11).

Tratamientos y diseño experimental. El experimento constó de 10 tratamientos, producto de un arreglo factorial aumentado 3x3+1 (tres especies de leguminosas, tres densidades de siembra y un testigo), con tres niveles por cada factor y 5 repeticiones, en un diseño experimental de bloques completos al azar. La unidad experimental fue la parcela, en la que se estableció el café a 2,0m x 1,0m y dos tallos por sitio. Las especies leguminosas se plantaron a 0,6m entre surcos y a 0,3, 0,6 y 0,9m entre plantas (172.000, 86.000 y 60.000 plantas/ha), dos plantas por cada sitio. El campo experimental constó de 50 unidades experimentales de 56m² cada una, con un área total de 2.800m².

Establecimiento. El café se sembró el 18 de noviembre de 2002 y 30 días después, las leguminosas. Se realizaron tres eva-

luaciones de emergencia a los 5, 24 y 29 días después de sembradas las leguminosas; posteriormente, se hicieron dos raleos y se completaron las plantas con resiembras, con el fin de garantizar las densidades planteadas en los tratamientos.

Variables evaluadas

Días de siembra a floración de las especies leguminosas. Se determinaron los días transcurridos a partir de la siembra hasta la floración media (50% de la planta florecida), momento en el cual se realizaron los cortes o podas a las especies leguminosas.

Biomasa seca de las leguminosas. La producción de biomasa de las leguminosas se evaluó realizando cortes o podas totales a las plantas tres veces en el año. Se utilizaron tijeras podadoras desinfectadas con hipoclorito de sodio al 10%. La producción de biomasa seca total, por unidad experimental y por hectárea, se determinó mediante el siguiente procedimiento:

Se pesó todo el material vegetal resultante de la poda en cada unidad experimental, el cual se denominó peso verde (**PV**). Del material se tomaron muestras compuestas de tallos, hojas y brotes, de 5.000g cada una. Las muestras se depositaron en bolsas plásticas debidamente identificadas y se llevaron al laboratorio para secar el material en una estufa a 80°C hasta obtener un peso constante, y finalmente, determinar el peso seco (**PS**) de la muestra.

Con el peso seco se determinó la relación (**R**) entre el peso seco y peso verde (**R=PS/PV**) de la muestra; esta relación se empleó para transformar el peso verde de la especie leguminosa en cada unidad experimental a peso seco. Con la información del peso seco obtenido en cada unidad y con las densida-

des de siembra utilizadas, se determinó la producción media de biomasa seca de cada especie en toneladas por hectárea.

Concentración de nutrimentos en la biomasa seca/corte producida por las especies. La concentración de nutrimentos se determinó tomando cinco muestras compuestas (tallos, ramas y hojas) de 100g de material fresco por tratamiento, después de realizada la poda. El material vegetal se depositó en bolsas plásticas individuales, las cuales se dispusieron en una estufa, para determinar su peso seco constante a 80°C. Posteriormente, se realizaron análisis foliares determinando los siguientes elementos: N por el método semimicro Kjeldahl, P por colorimetría (molibdo vanadato de amonio); K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu mediante espectrofotometría de absorción atómica (EAA), y B por el método colorimétrico (azometina H). También se determinó el contenido de materia orgánica. Las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y cenizas se expresaron en porcentaje (%), y las de Fe, Mn, Zn, Cu y B, en partes por millón (ppm).

Contenido de nutrimentos en la biomasa vegetal. El cálculo de los aportes y de los contenidos de nutrimentos por el total de la materia seca producida por cada especie leguminosa en cada densidad de siembra y corte, se realizó aplicando las siguientes ecuaciones:

$$Q = [MST * X] / 10^2 \text{ para los macroelementos y}$$

$$Q = [MST * X] / 10^6 \text{ para los microelementos}$$

Q = Contenido del nutrimento en la materia seca total (expresado en kg de nutrimento/ha)

MST= Materia seca total

X= Concentración de nutrimento en la materia seca

Intercepción de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA). Se registró la interceptación de la RFA por las especies leguminosas, para evaluar su efecto sobre el desarrollo del café. En cada unidad experimental o parcela se realizaron cuatro mediciones, una a los 90 días después de la siembra y las otras tres a los 150, 170 y 360 días de establecidas las leguminosas.

Para medir la RFA incidente sobre la fronda de las especies leguminosas y sobre los cafetos se aplicó la metodología propuesta por Farfán *et al.* (16). Cada parcela se dividió en cuadrantes y cada uno de éstos estuvo compuesto por cuatro puntos de medición, obteniéndose en total 12 puntos por unidad experimental; un punto de medición correspondió a un sitio donde estaba ubicado un árbol de café. Se hicieron dos lecturas instantáneas en cada punto, una sobre la fronda de las especies leguminosas y otra sobre la fronda de las plantas de café. Las mediciones se realizaron entre las 11 y las 13 horas del día.

Para las evaluaciones se empleó un ceptómetro (SunScan Canopy Analysis System, Delta-T Devices, Typo SDA 1®), el cual, por medio de una barra integradora de medición registra la cantidad de RFA activa en la banda de 400 - 700nm. La información contenida en cada uno de los registradores de datos se procesó mediante el programa LI-1900 y los cálculos para obtener los porcentajes de RFA se realizaron con el programa MS- Excel 97.

Desarrollo de las plantas de café. Para evaluar el efecto de la interceptación de la RFA de las especies leguminosas sobre el desarrollo de las plantas de café se seleccionaron al azar en cada unidad experimental cinco plantas de café, en cada una de las cuales se registró el número de días de siembra a floración, la altura de las plantas desde la

primera rama hasta el ápice y número de ramas primarias por cada eje o tallo. Las evaluaciones se realizaron cuando las plantas de café tenían 112, 215, 283 y 385 días de establecidas en el campo.

Análisis estadístico. Se calcularon los promedios y la variación por tratamiento, tanto para la variable de respuesta como para las variables complementarias. Se efectuó un análisis de varianza de acuerdo con el modelo de análisis para el diseño experimental de bloques completos al azar. Se realizó un análisis multivariado de componentes principales, para definir cual o cuales variables contribuyen más a la variación total. Para determinar que especies tuvieron una mayor concentración de nutrimentos y realizaron un mayor aporte de éstos, se aplicó una prueba de comparación de Duncan al 5%. Para evaluar si el crecimiento y desarrollo de las plantas de café se vio afectado por los tratamientos se aplicó la prueba de Dunnett al 5% para comparar los tratamientos vs. el testigo y se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey al 5%) para determinar las diferencias en el aporte de biomasa entre las tres especies.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tiempo de la siembra a la floración de las leguminosas. En la Tabla 2 se presenta el tiempo en días para cada especie. Al momento del primer corte las plantas tenían una altura aproximada de 0,70m.

- *Cajanus cajan*. La floración media ocurrió 167 días después de la siembra, momento en el cual se realizó el primer corte del material vegetal. El período de recuperación de la planta para el segundo corte fue de 103 días y de 90 días entre el segundo y tercer corte. Calegari (11), Price (36) y Tian *et al.* (44),

señalan períodos de floración media para *C. cajan* entre 140 y 180 días, 155 y 200 días y de 195 días, respectivamente.

- ***Crotalaria juncea***. El primer corte se hizo a los 137 días después de la siembra. Entre el primer y segundo corte transcurrieron 103 días para la recuperación de las plantas de crotalaria, y entre el segundo y el tercer corte el período fue de 90 días. Álvarez *et al.* (6), Calegari (11), Freire *et al.* (18), Tian *et al.* (44) y Ortiz y Sánchez (34), afirman que el período para alcanzar la floración media en *C. juncea* y diversas especies de *Crotalaria* se encuentra entre 70 y 210 días.

- ***Tephrosia candida***. La floración media se obtuvo a los 152 días, período en el cual se realizó el primero y único corte, dado que posterior al corte murió cerca de un 90% de

las plantas. Para esta leguminosa, Calegari (11) y Price (36), registraron un período a floración media entre 90 y 150 días.

Biomasa de las leguminosas. En la Tabla 3 se presentan los registros del aporte de biomasa (ton/ha) de las tres leguminosas, para cada una de las densidades de siembra y cada una de las podas del material vegetal. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) para la interacción Densidad*Especie, es decir, que la densidad de siembra no influye sobre la producción de biomasa seca de las leguminosas; estos resultados indican que son los factores como las propiedades físico-químicas del suelo, la genética de las plantas y el manejo del cultivo, entre otros, los que determinan la producción (6, 9, 11, 46).

Tabla 2. Días de siembra a floración media, para las tres leguminosas durante tres períodos evaluados.

Especie	Días de siembra a floración		
	Primer corte	Segundo corte	Tercer corte
<i>Cajanus cajan</i>	167	270	360
<i>Crotalaria juncea</i>	137	240	330
<i>Tephrosia candida</i>	152	ND	ND

ND: Dato no disponible.

Tabla 3. Promedios del aporte de materia seca de tres especies leguminosas, en tres densidades de siembra y tres períodos de corte.

Densidad (Plantas/ha)	Producción de biomasa (ton/ha/corte)								
	<i>C. cajan</i>			<i>C. juncea</i>			<i>T. candida</i>		
	1er corte	2o corte	3er corte	1er corte	2o corte	3er corte	1er corte	2o corte	3er corte
172.000	7,27	1,13	0,45	5,03	0,34	0,42	6,50	-	-
86.000	6,57	1,03	0,43	2,92	0,32	0,30	4,81	-	-
60.000	4,58	1,08	0,39	2,47	0,42	0,29	4,97	-	-
Producción media	6,14	1,08	0,43	3,47	0,36	0,33	5,43	-	-
CV% Producción	26,50	13,74	15,82	10,92	48,68	22,66	12,61	-	-
total (ton/ha/ año)	7,65 A*			4,16 B			5,43 AB		

* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según prueba Tukey al 5%.

- Datos no disponibles

- **Cajanus cajan.** En cada corte, en promedio se produjeron 6,14; 1,08 y 0,43ton de materia seca/ha. Algunos autores encontraron para el guandul producciones entre 4,0 y 10,0 ton/ha/año de materia seca (3, 5, 6, 35).

- **Crotalaria juncea.** Se obtuvieron en promedio por cada corte 3,47, 0,36 y 0,33ton/ha de materia seca. Otros autores obtuvieron en *C. juncea* y diversas especies de *Crotalaria* producciones de materia seca/ha/año entre 7,0 y 13,0, en un período medio de 150 días (1, 3, 6, 28, 32).

- **Tephrosia candida.** En esta especie se recolectaron en un sólo corte 5,43ton de materia seca/ha. En estudios realizados por otros autores en *T. candida*, *T. vogelii* y otras 14 especies de *Tephrosia*, en períodos cercanos a los 6 meses y densidades medias de 106.000 plantas/ha obtuvieron producciones entre 8,0 y 23,0ton de materia seca por hectárea (2, 20, 24, 26, 29, 33, 38).

Producción total de materia seca. La producción de materia seca total, representada por la materia acumulada de los tres cortes en el año fue de 7,65ton/ha para *C. cajan* y 4,16ton/ha para *C. juncea*, valores estadísticamente diferentes. *T. candida* produjo 5,43ton/ha y no presentó diferencia estadística al compararse con las otras dos especies (Tabla 3). Gathumbi *et al.* (19) y Rao y Gill (37), señalan producciones medias para *C. cajan* y *C. juncea* entre 5,0 y 12,0ton de materia seca al año.

Concentración de nutrimentos en las leguminosas. La concentración de los nutrientes N, P, K, Ca y Mg, del material vegetal obtenido en cada corte realizado y cada densidad de siembra, se presenta en la Tabla 4.

- **Nitrógeno (N).** La concentración media de N en la biomasa seca total producida

por *C. cajan*, *C. juncea* y *T. candida* fue de 3,47, 3,70 y 3,60%, respectivamente, valores estadísticamente iguales. De acuerdo con Gichuru (22) y Arguello (8), la concentración de nitrógeno en *C. cajan* puede variar entre 1,7 y 4,5%, mientras que en *C. juncea* este elemento fluctúa entre 2,9 y 3,8 (4, 30, 42). En *T. candida* los valores de nitrógeno pueden ser de 2,2% (22).

- **Fósforo (P).** En la biomasa seca total producida por las tres especies la concentración media de P fue de 0,32% en *C. cajan* y *T. candida*, que resultaron estadísticamente diferentes de la concentración media registrada en la biomasa seca de *C. juncea* (0,36%). Otros autores obtuvieron concentraciones de P entre 0,14 y 0,31% en *C. cajan*, 0,16 y 0,26% en *C. juncea* y entre 0,20 y 0,33% en *T. Candida* (8, 9, 11, 22, 33, 46).

- **Potasio (K).** La concentración media de K en la biomasa seca producida por *C. cajan* en las tres densidades de siembra, en cada uno de los cortes fue de 1,61; 1,92 y 1,80%, respectivamente. En *C. juncea* la concentración de K fue de 2,43; 2,25 y 1,90%, y en *T. candida* de 1,99%. En la biomasa seca total producida por las tres especies la concentración media de K fue de 1,78 y 1,99% en *C. cajan* y *T. candida*, respectivamente, con un 2,20%, estadísticamente diferente a los encontrados en *C. juncea*. Bernal (9), Vélez (46), Niang *et al.* (33), Arguello (8) y Calegari (11), fijaron concentraciones de K en la biomasa seca de *C. cajan* entre 0,7 y 2,6%, en *C. juncea* entre el 1,0 y 1,8% y en *T. candida* entre el 1,6 y 1,8%.

- **Calcio (Ca).** La concentración media de Ca en la biomasa seca producida por *C. cajan* en las tres densidades de siembra, en el primer, segundo y tercer corte fue de 0,39; 0,69 y 0,79%, respectivamente; en *C. juncea* ésta fue de 0,79, 1,07 y 0,48% y en *T. candida* la concentración fue de 0,70%.

Tabla 4. Concentración de nutrimentos del material vegetal en cada corte realizado a las tres especies de leguminosas, en cada densidad de siembra.

Nutrimento	Densidad (plantas/ha)	Concentración (%) de nutrimentos en la materia seca de las leguminosas por corte											
		<i>Cajanus cajan</i>				<i>Crotalaria juncea</i>				<i>Tephrosia candida</i>			
		1er corte	2o corte	3er corte	Media	1er corte	2o corte	3er corte	Media	1er corte	2o corte	3er corte	Media
Nitrógeno	172.000	2,64 b*	3,62 b	4,16 a	3,47 a	3,87 a	4,41 a	4,05 a	3,65 a	-	-	-	-
	86.000	3,18 ab	3,37 b	4,04 a	3,47 a	3,27 a	3,42 b	3,10 b	3,70 a	-	-	-	3,60 a
	60.000	3,48 a	2,65 c	4,08 a	3,57 a	3,57 a	3,44 b	3,64 ab	3,52 a	-	-	-	-
Fósforo	172.000	0,32 b	0,33 c	0,34 a	0,32 b	0,38 ab	0,39 b	0,27 b	0,30 b	-	-	-	-
	86.000	0,32 b	0,34 c	0,30 ab	0,32 b	0,45 a	0,45 a	0,25 b	0,36 a	-	-	-	0,32 b
	60.000	0,29 b	0,32 c	0,33 a	0,38 ab	0,38 ab	0,40 b	0,30 ab	0,31 b	-	-	-	-
Potasio	172.000	1,40 d	2,02 ab	1,78 a	1,78 b	2,28 ab	2,18 ab	1,74 a	1,98 bc	-	-	-	-
	86.000	1,86 bcd	1,88 b	1,75 a	1,78 b	2,73 a	2,29 a	1,96 a	2,20 a	-	-	-	1,99 b
	60.000	1,57 cd	1,87 b	1,88 a	2,30 ab	2,30 ab	2,29 a	2,01 a	1,89 bcd	-	-	-	-
Calcio	172.000	0,42 cd	0,76 b	0,68 b	0,62 b	0,66 b	0,78 b	0,47 c	0,59 bc	-	-	-	-
	86.000	0,38 d	0,64 b	0,92 a	0,62 b	1,07 a	1,28 a	0,43 c	0,78 a	-	-	-	0,70 a
	60.000	0,37 d	0,68 b	0,77 b	0,65 b	0,65 b	1,14 a	0,53 c	0,74 b	-	-	-	-
Magnesio	172.000	0,14 d	0,23 ab	0,19 ab	0,23 b	0,23 b	0,20 bc	0,15 b	0,18 bcd	-	-	-	-
	86.000	0,16 cd	0,17 c	0,21 a	0,18 b	0,33 a	0,26 a	0,15 ab	0,22 a	-	-	-	0,19 b
	60.000	0,14 d	0,18 bc	0,19 ab	0,22 b	0,22 b	0,23 ab	0,18 ab	0,19 bc	-	-	-	-

* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según la prueba Duncan al 5%.

La concentración media de Ca en la biomasa seca total fue de 0,62% en *C. cajan*, la cual fue menor y diferente estadísticamente a la observada para las especies *C. juncea* (0,78%) y *T. candida* (0,70%). Gichuru (22), Navas y Bernal (32) y Vélez (46), reportan concentraciones de Ca en la biomasa seca de *C. cajan* entre 0,3 y 0,6%; para *C. juncea* entre 0,2 y 0,9% y en *T. candida* del 0,67%.

- **Magnesio (Mg).** La concentración media de Mg en la biomasa seca producida por *C. cajan* en las tres densidades de siembra, en cada uno de los tres cortes fue de 0,15; 0,19 y 0,20%, respectivamente, en *C. juncea* fueron de 0,26; 0,23 y 0,16% y en *T. candida* fue de 0,19%. En la biomasa seca total producida por las tres especies la concentración media de Mg fue de 0,18% en *C. cajan* y de 0,19% en *T. candida*, las cuales fueron estadísticamente diferentes de la concentración media registrada en la biomasa seca de *C. juncea* (0,22%). Calegari (11), reporta concentraciones de Mg de 0,45% en el material vegetal de *C. cajan* y Suárez (42) y Navas y Bernal (32), encontraron concentraciones entre 0,20 y 0,45 en la leguminosa *C. juncea*.

Contenido de nutrientes en la biomasa de las especies leguminosas. El contenido de nutrientes en el material vegetal seco producido por cada especie en cada densidad de siembra, se presenta en la Tabla 5.

- **Nitrógeno (N).** Las pruebas de comparación indican que la densidad de siembra de *C. cajan* no influyó en el contenido de N, es decir con tres cortes al año, pueden reciclarse potencialmente 238,1kg de N/ha. Calegari (11) y Álvarez *et al.* (6), obtuvieron aportes de N por residuos de *C. cajan* de 280 a 300kg/ha/año y, Rao y Gill (37) y Akanvou *et al.* (3), de 39,5 a 70,0kg de N/ha, respectivamente.

Los análisis estadísticos realizados para la especie *C. juncea* indicaron que los contenidos de N son mayores cuando se establece esta leguminosa a una densidad de siembra de 172.000 plantas/ha y además, se le realizan tres podas al año (227,5kg de N/ha/año); mientras que al establecerse a densidades medias y bajas, pueden obtenerse en promedio 113,7kg de N/ha/año. Algunos autores sostienen que *C. cajan* con tres podas al año tiene la capacidad de reciclar entre 70 y 165kg de N/ha (3, 6, 11, 18), y Schmidt (39), indica que esta especie puede reciclar 160kg/ha de N, mientras que Li y Stoffella (28), afirman que el reciclaje es de 300kg de N/ha.

En la especie *T. candida* no se observan diferencias estadísticas entre las tres densidades de siembra en cuanto al reciclaje de N por los residuos vegetales. Los análisis indican que *T. candida* recicló en promedio 196,3kg de N/ha/año. Los datos obtenidos por Ikpe *et al.* (24) y Niang *et al.* (33), en cuanto a reciclaje de N en *T. candida* oscilan entre 111 y 191 kilogramos por hectárea al año.

El contenido medio de N en la biomasa seca total producida por *C. cajan* fue de 238,1kg, en *C. juncea* de 151,6kg y en *T. candida* de 196,3kg. De acuerdo con las pruebas de comparación de Tukey al 5%, no hay diferencia estadística entre estos contenidos (letras mayúsculas en la Tabla 5). Bustamante *et al.* (10), reportan para *Canavalia* sp. un contenido de 819kg de N/ha, cuando ésta se siembra a una densidad de 70.000 plantas/ha; Akanvou *et al.* (3), indican que *Mucuna pruriens*, *Calopogonium mucunoides*, *Aeschynomene histrix* y *Stylosanthes hamata*, en promedio pueden reciclar 70,0kg de nitrógeno por hectárea.

- **Fósforo (P).** En *C. cajan* las pruebas de comparación de Duncan al 5%, indican que

Tabla 5. Contenido (kg) de nutrientes en la materia seca producida (ton/ha), en el material vegetal producido en cada corte de las leguminosas.

Nutriente	Contenido potencial (kg/ha) de nutrientes en la materia seca de las leguminosas por corte												
	Densidad (plantas/ha)			<i>Cajanus cajan</i>			<i>Crotalaria juncea</i>			<i>Tephrosia candida</i>			
	1°	2°	3°	Total	1°	2°	3°	Total	1°	2°	3°	Total	
Nitrógeno	172.000	190,1 ab*	40,8 a	18,6 a	249,6 a	195,2 ab	14,8 c	17,6 a	227,5 ab	237,1 a	-	-	237,1 ab
	86.000	208,3 ab	34,7 ab	17,5 a	260,5 a	94,7 c	10,7 c	9,2 c	114,6 c	175,8 b	-	-	175,8 b
	60.000	159,5 b	28,5 b	16,2 ab	204,3 ab	88,0 c	14,4 c	10,5 bc	112,8 c	176,1 b	-	-	176,1 b
Media				238,1 A**				151,6 A				196,3 A	
Fósforo	172.000	15,2 bcd	3,7 a	1,5 a	20,4 abc	19,0 ab	1,4 b	1,1 abc	21,5 ab	19,9 a	-	-	19,9 bc
	86.000	21,0 ab	3,4 a	1,3 ab	25,7 a	12,9 cde	1,3 b	0,8 c	15,0 cd	7,6 abc	-	-	17,6 bcd
	60.000	12,7 ed	3,5 a	1,3 ab	17,5 bcd	9,3 e	1,7 b	0,8 bc	11,8 d	15,4 abcd	-	-	15,4 cd
Media				21,2 A				16,1 A				17,6 A	
Potasio	172.000	102,1 abc	22,8 a	8,0 a	132,8 ab	14,5 ab	6,6 b	6,7 a	127,8 abc	126,9 a	-	-	126,9 abc
	86.000	122,8 ab	19,3 a	7,6 a	149,7 a	80,2 cde	7,3 b	5,9 a	93,3 d	101,8 abc	-	-	101,8 bcd
	60.000	71,1 ed	20,6 a	7,6 a	99,3 cd	55,7 e	9,5 b	5,9 a	71,1 d	94,3 abcd	-	-	94,3 d
Media				127,3 A				97,4 A				107,7 A	
Calcio	172.000	30,7 ab	8,6 a	3,1 b	42,4 a	33,0 ab	2,7 c	1,9 c	37,5 ab	38,4 a	-	-	38,4 ab
	86.000	24,4 bc	6,6 ab	4,0 a	34,9 ab	31,4 ab	3,6 c	1,3 c	36,4 ab	36,6 a	-	-	36,6 ab
	60.000	17,3 c	7,3 a	3,0 b	27,6 bc	16,0 c	4,7 bc	1,5 c	22,3 c	36,4 a	-	-	36,4 ab
Media				35,0 A				32,1 A				37,1 A	
Magnesio	172.000	10,0 a	2,5 a	0,08 ab	12,6 a	11,5 a	0,6 c	0,06 bc	12,2 a	11,5 a	-	-	11,5 ab
	86.000	10,6 a	1,1 b	0,09 a	11,8 a	9,7 a	0,9 c	0,05 c	10,6 ab	9,7 a	-	-	9,7 bc
	60.000	6,2 b	2,1 ab	0,07 abc	8,3 bc	5,4 b	1,0 c	0,05 c	6,4 c	9,6 a	-	-	9,6 bc
Media				10,9 A				9,7 A				10,3 A	

*Medias con letras minúsculas distintas indican diferencias significativas según prueba Duncan al 5%.

** Promedios con letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas según prueba Tukey al 5%.

con 86.000 plantas/ha se recicla más P que con 60.000 plantas; es así como en plantaciones con la primera densidad se reciclan 25,7kg de P/ha/año frente a 17,5kg de P/ha/año en la segunda. Alpizar *et al.* (5) y Akondé (4), afirman que los residuos de *C. cajan* tienen la capacidad potencial de reciclar entre 14,0 y 22,0kg de fósforo por hectárea.

En *C. juncea* se presentaron diferencias significativas en los contenidos de P, a altas densidades de siembra, siendo éstos valores mayores (21,5kg/ha) comparados con los registrados a medias y bajas densidades, 15,0 y 11,8kg, respectivamente. Navas y Bernal (32), Thor *et al.* (43) y Niang *et al.* (33), encontraron contenidos de P en la biomasa de *C. juncea* de 15,0 a 22,0 kilogramos.

La biomasa seca de *T. candida* tiene el potencial para reciclar entre 15,4 y 19,9kg de P/ha. De acuerdo con las pruebas de comparación Duncan al 5%, la densidad de siembra no afectó el contenido de fósforo. Ikpe *et al.* (24), indican que los contenidos de P en la biomasa seca de *T. candida* pueden oscilar entre 14,9 y 22,0 kilogramos.

El resultado de la prueba de comparación (Tukey al 5%), entre los contenidos medios de P en la biomasa seca total producida por cada una de las especies leguminosas, no mostró diferencias estadísticas entre especies.

- **Potasio (K).** El contenido de K es estadísticamente igual al establecer *C. cajan* con 172.000 y 86.000 plantas/ha, encontrándose que con tres podas al año se reciclan en promedio 141,3kg de K/ha, mientras que con 60.000 plantas/ha se recicla menos K en comparación con cultivos de leguminosas con medias y altas densidades. Niang *et al.* (33), Rao y Gill (37), Akondé *et al.* (4) y Crespo y Fraga (13), encontraron contenidos de K en la materia seca producida por *C. cajan* en un período de doce meses de 25,7; 7,3; 40,0 y 44,0kg, respectivamente.

En *C. juncea* se observó diferencia estadística en el contenido de K entre la densidad de siembra de 172.000 plantas/ha y las otras dos densidades. Con 172.000 plantas se reciclan 127,8kg de K/ha/año en las tres podas al año, y con densidades de 86.000 y 60.000 plantas/ha, se reciclan en promedio 82,2kg de K/ha/año; Georgel *et al.* (20), obtuvieron 14,6kg de K/ha en residuos de *C. juncea*.

No se observaron diferencias estadísticas entre las tres densidades de siembra de *T. candida* en cuanto al reciclaje de N en los residuos vegetales obtenidos de un solo corte. *T. candida* recicló en promedio 107,7kg de N/ha/año. Ikpe *et al.* (24) y Rutunga *et al.* (38), informan sobre transferencias de K por la biomasa seca de *T. candida* de 38,2 y 100,0 kilogramos por hectárea.

El contenido medio de K en la biomasa seca total producida por *C. cajan* fue de 127,3kg, en *C. juncea* de 97,4kg y en *T. candida* de 107,7kg. De acuerdo con las pruebas de comparación de Tukey al 5%, no hay diferencia estadística en el contenido medio de K de la biomasa seca producida por las tres especies leguminosas (letras mayúsculas en la Tabla 5).

- **Calcio (Ca).** La materia seca producida por *C. cajan* con 172.000 plantas/ha, contiene más Ca (42,4kg/ha) que la materia seca producida con 60.000 plantas/ha (27,6kg). Con una densidad de siembra de 86.000 plantas/ha no hubo diferencias estadísticas al compararla con cultivos de esta especie en densidades altas y bajas. Akondé *et al.* (4) y Crespo y Fraga (13), reportan contenidos de Ca en la biomasa seca de *C. cajan* de 16,0 y 30,0kg, respectivamente.

La prueba de comparación Duncan (5%) entre los contenidos medios de Ca en la materia seca producida por *C. juncea* en

las tres densidades de siembra, indican diferencia estadística entre la menor densidad de siembra (22,3 kg) y las otras dos densidades (37,5 y 36,4kg de Ca). Navas y Bernal (32), obtuvieron transferencias de Ca en *C. juncea* de 62,0kg/ha.

La biomasa seca de *T. candida* tiene el potencial para reciclar entre 36,6 y 38,4kg de Ca/ha, de acuerdo con las pruebas de comparación de Duncan al 5%. La densidad de siembra no afectó el contenido de Ca. Rutunga *et al.* (38) e Ikpe *et al.* (24), encontraron contenidos de Ca en la materia seca de *T. candida* de 74,0 y 57,6kg, respectivamente.

El resultado de la prueba de comparación de Tukey al 5%, de los contenidos medios de Ca en la biomasa seca total producida por cada especie leguminosa no mostró diferencias estadísticas entre especies.

- **Magnesio (Mg).** Las pruebas de comparación de Duncan al 5%, no mostraron diferencia estadística en el reciclaje de Mg al establecer *C. cajan* con 172.000 y 86.000 plantas/ha, es decir, con estas densidades de siembra y tres cortes o podas al año se reciclan en promedio 12,2kg de Mg/ha en *C. cajan*. Crespo y Fraga (13) obtuvieron contenidos de Mg en material seco de *C. cajan* de 3,8 a 6,0kg, mientras que Akondé *et al.* (4), obtuvieron 15,0 kilogramos.

En *C. juncea* se presentaron diferencias estadísticas en el contenido de Mg entre las densidades de siembra de 172.000 y 86.000 plantas/ha y 60.000 plantas/ha. Con las densidades alta y media se reciclan en promedio 11,4kg de Mg/ha/año con tres podas, y con 60.000 plantas/ha se reciclan 6,4kg de Mg/ha/año. Navas y Bernal (32), registraron un reciclaje de Mg por la biomasa seca de *C. juncea* de 5 a 14kg/ha.

No se observaron diferencias estadísticas entre las tres densidades de siembra de *T. candida* en cuanto al reciclaje de Mg por los residuos vegetales con un solo corte (10,2kg de Mg/ha). Ikpe *et al.* (24) y Rutunga *et al.* (38), reportan para esta especie reciclajes de 12,9 y 17,0kg de Mg/ha por los residuos vegetales.

El contenido medio de Mg en la biomasa seca total producida por *C. cajan* fue de 10,9kg, en *C. juncea* de 9,7kg y en *T. candida* de 10,3kg; de acuerdo a las pruebas de comparación de Tukey (al 5%) no hay diferencia estadística entre los promedios en el contenido medio de Mg de la biomasa seca producida por las tres especies leguminosas (letras mayúsculas en la Tabla 5).

Interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA). Los resultados de la interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) ejercida por las leguminosas se presentan en la Tabla 6.

Café intercalado con *Cajanus cajan*. Los coeficientes de correlación (0,52 a 0,70) entre la edad de siembra de la leguminosa y el porcentaje de interceptación de RFA indican una relación lineal positiva entre estas dos variables, es decir que el nivel de sombreado aumenta al incrementarse el número de días de siembra de *C. cajan*.

Café intercalado con *Crotalaria juncea*. El coeficiente de correlación (r) entre la edad de la crotalaria (días después de la siembra) y el porcentaje de interceptación de RAF en la máxima densidad de siembra (172.000 plantas/ha) fue de -0,22; evidenciándose una relación inversa entre estas dos variables, lo cual indica que el porcentaje de interceptación de RAF disminuye al incrementarse la edad del cultivo así como el número de cortes afecta negativamente el desarrollo

del follaje disminuyendo el porcentaje de la RFA interceptada (Tabla 3).

Café intercalado con *Tephrosia candida*. Debido a los problemas discutidos anteriormente, en cuanto al deficiente rebrote de *T. candida* después del primer corte, solo se registró el porcentaje de interceptación de RFA por esta especie al intercalarse con café al inicio del experimento y 150 días después de establecida.

Efecto de la interceptación de la RFA por las leguminosas sobre el desarrollo del cafeto.

-Sobre el número de días a la floración del café. El efecto de la interceptación de RFA por cada especie leguminosa para cada densidad de siembra, sobre el número de días a la primera y segunda floración del café, se presenta en la Tabla 7.

Durante las evaluaciones las plantas de café presentaron un período de floración entre los 364 y los 367 días después del trasplante (primera floración), y una segunda floración entre los 455 y los 457 días; sin embargo, según estudios realizados por Arcila (7), la floración del cafeto se ve influenciada por la fecha de siembra y las condiciones ambientales de cada localidad y, suele ocurrir

aproximadamente a los 330 días después de la siembra definitiva en el campo.

La prueba de contraste Dunnet (al 5%) efectuada entre el café sin intercalar (testigo) y el café intercalado con las leguminosas, indicó que intercalar *C. cajan* y *C. juncea* en cualquiera de las tres densidades de siembra estudiadas, tuvo un efecto negativo sobre el número de días a primera floración del café, mostrando una diferencia de 2 a 3 días, entre la floración del testigo y los tratamientos con leguminosas. En la segunda floración se presentó un comportamiento similar y la diferencia fluctuó entre 1 y 3 días. Suárez de Castro *et al.* (40), afirman que no ocurren diferencias significativas en el número de días después de siembra a floración cuando el café se cultiva al sol o bajo sombrío.

Sobre la altura de las plantas de café. El efecto de la interceptación de RFA ejercido por cada especie leguminosa en cada densidad de siembra, sobre la altura de las plantas de café, se presenta en la Tabla 8.

La prueba de contraste (Dunnet al 5%), indicó que intercalar *C. cajan* en cualquiera de las tres densidades de siembra estudiadas, tuvo un efecto negativo sobre la altura de las plantas de café, mientras la altura del café sin intercalar fue de 79,8cm, y el promedio

Tabla 6. Porcentaje de interceptación de Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) de tres especies leguminosas intercaladas con café, en tres densidades de siembra y en cuatro épocas de evaluación.

Densidad (plantas/ha)	Evaluación (Días después de siembra)														
	<i>C. cajan</i>					<i>C. juncea</i>					<i>T. candida</i>				
	90	150	270	360	r	90	150	270	360	r	90	150	270	360	r
172.000	30,2	94,9	94,5	94,1	0,70	38,3	97,6	17,4	55,1	-0,22	36,0	98,8	0	0	ND
86.000	20,8	95,5	86,1	83,5	0,59	27,9	90,7	32,6	59,2	0,05	26,7	97,8	0	0	ND
60.000	19,2	92,6	82,0	74,2	0,52	10,8	87,8	42,3	49,0	0,17	33,0	98,2	0	0	ND

ND: Información no determinada; r: Coeficiente de correlación

de la altura de los cafetos intercalados con *C. cajan* fue de 62,6cm. El intercalar *C. juncea* con café no tuvo efecto sobre la altura de los cafetos y sólo cuando se intercaló *T. candida*, a una densidad de 172.000 plantas/ha, se tuvo un efecto negativo sobre la altura del cultivo, encontrándose una diferencia de 18,4cm a favor del testigo. Suárez de Castro *et al.* (40), sostienen que en los primeros años de vida del café la

altura de la planta es menor en cafetales al sol que bajo sombrío.

Sobre el número de ramas primarias de café. La prueba de contraste Dunnet al 5% realizada entre el testigo y café intercalado con las leguminosas, indicó que al intercalar *C. cajan* y *T. candida* en cualquiera de las tres densidades de siembra evaluadas se tuvo un efecto negativo sobre el número de ramas

Tabla 7. Número de días a floración del café intercalado con *C. cajan*, *C. juncea* y *T. candida* en tres densidades de siembra.

Tratamientos	Densidad (Plantas/ha)	Número de días de siembra a floración del café			
		Primera floración	Dunnet 5%	Segunda floración	Dunnet 5%
Café// <i>C. cajan</i>	172.000	367	***	457	***
Café// <i>C. cajan</i>	86.000	367	***	457	***
Café// <i>C. cajan</i>	60.000	367	***	458	***
Café// <i>C. juncea</i>	172.000	366	***	457	***
Café// <i>C. juncea</i>	86.000	366	***	456	***
Café// <i>C. juncea</i>	60.000	366	***	456	***
Café// <i>T. candida</i>	172.000	364		455	
Café// <i>T. candida</i>	86.000	364		457	***
Café// <i>T. candida</i>	60.000	364		456	
Café sin leguminosa		364		455	

// intercalado

*** Tratamientos que presentan diferencia estadística según prueba Dunnet 5%, comparados con el testigo

Tabla 8. Altura de la planta y número de días de siembra a floración del café intercalado con *C. cajan*, *C. juncea* y *T. candida*, en tres densidades de siembra.

Tratamientos	Densidad (Plantas/ha)	Altura plantas de café		Ramas primarias	
		cm	Dunnet 5%	Nº	Dunnet 5%
Café// <i>C. cajan</i>	172.000	56,8	***	8,5	***
Café// <i>C. cajan</i>	86.000	63,8	***	9,1	***
Café// <i>C. cajan</i>	60.000	67,3	***	10,2	***
Café// <i>C. juncea</i>	172.000	73,3		12,3	
Café// <i>C. juncea</i>	86.000	77,5		12,2	
Café// <i>C. juncea</i>	60.000	77,8		13,1	
Café// <i>T. candida</i>	172.000	61,4	***	10,1	***
Café// <i>T. candida</i>	86.000	69,5		11,5	***
Café// <i>T. candida</i>	60.000	71,3		11,7	***
Café sin leguminosa		79,8		14,6	

// Intercalado

*** Tratamientos con diferencia estadística según prueba Dunnet 5%, comparados con el testigo

primarias de las plantas de café (Tabla 8), observándose que el número de ramas en el cultivo de café solo fue de 14,6, mientras que en aquellos lotes de café intercalados con *C. cajan* presentaron en promedio 9,2 ramas y aquellos con *T. candida* un número de 11,1 ramas. El intercalar *C. juncea* en las tres densidades de siembra no tuvo efecto sobre el número de ramas primarias del café. En los primeros años de vida del café el número de ramas primarias y su longitud son menores en cafetales al sol que bajo sombrío, según las observaciones de Suárez de Castro *et al.* (40); en general Kimemia *et al.* (27), sostienen que la altura de la planta, el diámetro al nivel del pecho (DAP), el número de ramas y nudos primarios en café, no se ven afectados significativamente cuando se intercala *Leucaena leucocephala*, *Sesbania sesban*, *Calliandra calothyrsus*, *Medicago sativum* y *Cajanus cajan*, como abonos verdes.

Consideraciones Generales

-El número de días de siembra a floración para la realización del primer corte o poda fue de 167 días en *C. cajan*, de 137 días en *C. juncea* y de 152 días en *T. candida*.

-La producción de materia seca total fue de 7,65ton/ha en *C. cajan* y 4,16ton/ha en *C. juncea*; *T. candida* con un solo corte en al año produjo 5,43 toneladas por hectárea.

-El intercalamiento de *C. cajan* en cualquiera de las tres densidades de siembra tuvo un efecto negativo sobre el número de días a primera floración del café, sobre la altura de las plantas y sobre el número de ramas primarias. *C. juncea* y *T. candida* tuvieron efecto negativo sobre el número de días a primera floración y sobre el número de ramas primarias, respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la doctora Esther Cecilia Montoya R. de la Disciplina de Biometría; a los doctores Jaime Arcila P. y Argemiro Moreno B., de la Disciplina de Fitotecnia; al doctor Celso Arboleda V., jefe de la Estación Central Naranjal y al personal de apoyo de la misma Estación.

LITERATURA CITADA

1. ABREU, X. Evaluación de cuatro leguminosas como barbecho mejorado durante dos épocas del año para ser usadas como cultivos de cobertura. Revista VeneSuelos 4 (1-2):8-13. 1996.
2. AGUÍN, J.L.; BARAHONA F., M.; ALEMÁN, R. Manejo de la sombra temporal en Tephrosia (*Tephrosia vogelii*) en plantaciones jóvenes de café en Guatemala y Honduras. Noticias sobre cultivos de cobertura, Boletín No. 14. 2003. 5 p.
3. AKANVOU, R.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J.; GOUDRIAAN, J.; BECKER, M. Characterization of growth, nitrogen accumulation and competitive ability of six tropical legumes for potential use in intercropping systems. Journal of Agronomy and Crop Science 187(2):111-120. 2001
4. AKONDÉ, T.P.; KÜHNE, R.F.; STEINMÜLLER, N.; LEIHNE, D. E. Alley cropping on an Ultisol in subhumid Benin. Part 3: Nutrient budget of maize, cassava and trees. Agroforestry Systems 37:213-226. 1997.
5. ALPIZARO, L.A.; FASSBENDER, H.W.; HEUVELDOP, J.; ENRIQUEZ C., G.A.; FOLSTER, H. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. I. Biomasa y reservas nutritivas. Turrialba 35(3):233-242. 1985.
6. ÁLVAREZ, M.; GARCÍA, M.; TRETO, E. Los abonos verdes: una alternativa natural y económica para la agricultura. Cultivos Tropicales 16(3):9-24. 1995.
7. ARCILA P., J. Fisiología del café: Crecimiento, desarrollo, floración y producción. Chinchiná, Cenicafé, 2002. 16 p.

8. ARGÜELLO, H. Cambios en la composición bioquímica y su aplicabilidad en el uso de follajes verdes como fuente de materia orgánica y nutrimentos en sistemas agroforestales. *Agronomía Colombiana* 12 (2):169-181. 1995.
9. BERNAL E., J. Pastos y forrajes tropicales; producción y manejo. 2. ed. Bogotá, Banco Ganadero, 1991. 543 p.
10. BUSTAMANTE, C.; OCHOA, M.; RODRÍGUEZ, M. I.; MARTÍNEZ, J. C. Crecimiento y producción de biomasa por *Canavalia ensiformis* intercalada con cafetos cultivados bajo sombra en suelos pardos sin carbonatos. *In: SEMINARIO Científico, 10. Programa y Resúmenes.* 1996. La Habana, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 1996. p. 69-70.
11. CALEGARI, A., Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná. Londrina, Instituto Agronomico do Paraná, 1995. 117 p. (Circular IAPAR No. 80).
12. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Anuario meteorológico cafetero 2002. Chinchiná, Cenicafé, 2004. 536 p.
13. CRESPO, G.; FRAGA, S. Aporte de hojarasca y nutrientes al suelo por las especies *Cajanus cajan* (L.) Millsp y *Albizia lebeck* (L.) Benth en sistemas silvopastoriles. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 36(4). 2002. 397 p.
14. CHÁVEZ D., J. Nutrição, adubação e calagem do cafeeiro. Londrina, Instituto Agronómico do Paraná, 1986. 24 p. (Circular IAPAR No.48).
15. DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. WASHINGTON. ESTADOS UNIDOS. The National Organic Program. The NOP Final Rule. Read the National Standards on Organic Agricultural Production and Handling. View the Final Regulations. Washington, USDA, 2000. 120 p.
16. FARFÁN V., F.; ARIAS H., J. J.; RIAÑO H., N. M. Desarrollo de una metodología para medir sombrión en sistemas agroforestales con café. *Cenicafé* 54(1):24-34. 2003.
17. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Estudio de suelos del departamento de Caldas, Ecotopo 206A. Bogotá, FNC, 1998. 76 p.
18. FREIRE, M.; FERNANDES, M.; CASTRO, C. Cultivo orgánico do café. *Recomendações técnicas.* 1ª ed. Brasil, EMBRAPA, 2002. 101 p.
19. GATHUMBI, S. M.; CADISCH, G.; GILLER, K. E. Improved fallows: effects of species interaction on growth and productivity in monoculture and mixed stands. *Forest Ecology and Management* 187(2):267-280. 2004
20. GEORGEL, T. S.; GREGORY, P. J.; ROBINSON, J. S.; BURESH, R. J.; JAMA, B. Utilization of soil organic P by agroforestry and crop species in the field, western Kenya. *Plant and Soil* 246:53–63. 2002
21. GESELLSCHAFT FÜR RESSOURCENSCHUTZ mbH – GfRS. Servicio de Información. Reglamento (CEE) 2092/91 y sus modificaciones, “La Producción Ecológica”. Göttingen, GfRS, 1996. 80 p.
22. GICHURU, M. P. Residual effects of natural bush, *Cajanus cajan* and *Tephrosia candida* on the productivity of acid soil in southeastern Nigeria. *Plant and Soil* 134:31-36. 1991
23. GIRALDO A., N.; DUQUE O., H.; FARFÁN V., F. Análisis económico de la caficultura orgánica. Chinchiná, Cenicafé, 2000. 41 p.
24. IKPE, F. N.; OWEYE, L. G.; GICHURU, M. P. Nutrient recycling potential of *Tephrosia candida* in cropping systems of southeastern Nigeria. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67(2):129-136. 2003.
25. INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS – IFOAM. Normas básicas para la producción y el procesamiento ecológico acordadas por la Asamblea General de IFOAM en Mar del Plata, Argentina, Noviembre de 1998. Okozentrum Imsbach, IFOAM, 1999. 68 p.
26. KADIATA, B. D.; MULONGOT, K.; ISIRIMAH, N. O.; AMAKIRI, M. A. Screening woody and shrub legumes for growth, nodulation and nitrogen-fixation potential in two contrasting soils. *Agroforestry Systems* 33(2):137-152. 1996
27. KIMEMIA, J. K.; CHWEYA, J. A.; NYABUNDI, J. O. The effect of green manure application to coffee plants growth, yield and quality in Kenya. *In: Colloque Scientifique International sur le Café,* 18. Helsinki, Agosto 2-6, 1999. París, ASIC, 2000. p. 426-429.

28. LI, Y; STOFFELLA, P. Using cover crops to improve vegetable production. *In: Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*, 48. Octubre 7-11, 2002. Tegucigalpa, Honduras.
29. MAFONGOYA, P. L.; CHINTU, R.; CHIRWA, T. S.; MATIBINI, J.; CHIKALE, S. *Tephrosia* spp. and provenance's for improved fallows in southern Africa. *Agroforestry Systems* 59(3):279. 2003.
30. MARTÍN, G. M.; RIVERA, R. Mineralización de dos especies promisorias de abonos verdes en suelo ferralítico rojo mediante el método de incubación aeróbica. Online Internet. Disponible en: <http://lead.virtualcenter.org/es/en/BTJ%20Taller/martingloria.htm>. (Consultado en junio de 2003).
31. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. BOGOTÁ. COLOMBIA. Resolución No. 0074 del 04 Abril de 2002. Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaque, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. Bogotá, El Ministerio, 2002. 21 p.
32. NAVAS, G. E; BERNAL, J. H. Caracterización de leguminosas como abono verde para los sistemas de producción del piedemonte llanero y la altillanura plana colombiana. *Boletín Técnico* No. 16:1-35. 1999.
33. NIANG, A. I.; AMANDALO, B. A.; DE WOLF, J.; GATHUMBI, S. M. Species screening for short-term planted fallows in the highlands of western Kenya. *Agroforestry Systems* 56(2):145-154. 2002.
34. ORTIZ G., S.; SÁNCHEZ O., M. Etapas de crecimiento de la planta y madurez de semillas de dos accesiones de Guandul (*Cajanus cajan*) (L) Millps. *Acta Agronómica*. Colombia. 47(2). 1997.
35. OSEI B., K.; ANIM K., G. J.; AMOAH, F. M. Evaluation of some leguminous species for the establishment of Robusta coffee in Ghana. *In: Colloque Scientifique International sur le Café*, 18. Helsinki, Agosto 2-6, 1999. París, ASIC, 2000. p. 438-440.
36. PRICE, M. L. Pigeon pea. Echo Technical Note, ECHO, Durrance Rd., North Ft. Myers FL, USA. 1990. 3 p.
37. RAO D., L. N.; GILL, H. S. Biomass production and nutrient recycling through litter from pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) *Bioresource Technology* 54 (2):123-128. 1995.
38. RUTUNGA, V.; KARANJA, N. K.; GACHENE, CH. K. K.; PALM, CH. Biomass production and nutrient accumulation by *Tephrosia vogelii* (Hemsley) A. Gray and *Tithonia diversifolia* Hook F. fallows during the six-month growth period at Maseno, Western Kenya. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 3(4): 237-246. 1999.
39. SCHMIDT A., FAST. Formación y recuperación de pasturas. Pasturas de América. Online Internet. Disponible en: www.pasturasdeamerica.com/main.asp (Consultado en Agosto 26 de 2004).
40. SUÁREZ DE C., F.; MONTENEGRO, L.; AVILES P., C.; MORENO M. M.; BOLAÑOS M. Efecto del sombrío en los primeros años de vida de un cafetal. *Café. Servicios Técnicos de Café y Cacao* 3 (10): 81-102. 1961.
41. SUÁREZ V., S. Estudio de adaptación y fijación simbiótica de nitrógeno de algunas leguminosas tropicales. *Cenicafé* 26 (1):27-37. 1975.
42. SUÁREZ V., S. Programa de selección de leguminosas de bajos requerimientos nutricionales para la zona cafetera. *In: SEMINARIO Internacional Cobertura de Leguminosas en Cultivos Permanentes*. Santa Bárbara del Zulia, Octubre 1-2, 1998. Compendio. Santa Bárbara del Zulia, Universidad del Zulia, 1998. p. 133-150.
43. THOR S., B.; TIESSEN, H.; BURESH, R. J. Short fallows of *Tithonia diversifolia* and *Crotalaria grahamiana* for soil fertility improvement in western Kenya. *Agroforestry Systems* 55:181-194. 2002.
44. TIAN, G.; KOLAWOLE, G. O.; KANG, B. T.; KIRCHHOFL, G. Nitrogen fertilizer replacement indexes of legume cover crops in the derived savanna of West Africa. *Plant and Soil* 224: 287-296, 2000.
45. THURSTON, H. D. Sustainable practices for plant disease management in traditional farming systems. Oxford, Westview Press, 1992. p. 86-98.
46. VÉLEZ Z., J. C. Formulación de un paquete tecnológico para la utilización del guandul (*Cajanus cajan*) Millsp. Cali, Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, 1996. 200 p. (Tesis: Ingeniero Agrícola)