

EVALUACIÓN DE ABONOS VERDES EN EL CULTIVO DE YUCA *Manihot sculenta* Krantz EN UN INCEPTISOL DE LA ZONA DE LADERA DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA, COLOMBIA

Mary Adriana Salazar Rosero¹, Martín Prager Mosquera² y José Enrique Ararat Rojas³

RESUMEN

*Se evaluó el corte y la distribución en el campo de varios abonos verdes, entre ellos: maíz - frijol; mucuna; sorgo; millo - frijol; millo, en un cultivo de yuca (*Manihot sculenta* Krantz) en un inceptisol de las laderas del Departamento del Cauca (Colombia), analizando los efectos de ellos sobre las propiedades del suelo, su capacidad para interferir la vegetación espontánea no deseable para el cultivo. Respecto a la incidencia sobre las propiedades físico-químicas del suelo, se observó que la porosidad presentó diferencias significativas por efecto de los diferentes abonos verdes evaluados; sobresaliendo la asociación maíz - frijol. En las propiedades químicas, calcio y magnesio presentaron diferencias significativas, siendo sus contenidos más altos cuando se empleó el abono verde mucuna, sobresaliendo por su capacidad de reciclar estos nutrientes. El sorgo fue el abono verde donde hubo la menor influencia de la vegetación espontánea por su lenta descomposición y también con el cual se obtuvo la mejor productividad del cultivo de yuca (17 t/ha). En general, todos los abonos verdes presentaron adecuadas cualidades para su empleo, como parte de una estrategia de manejo sostenible de este tipo de suelo.*

Palabras Claves: *Abonos verdes, yuca, inceptisoles, suelos de ladera, propiedades físicas, propiedades químicas de los suelos.*

ABSTRACT

EVALUATION OF GREEN FERTILIZERS IN CULTIVATION OF CASSAVA *Manihot Sculenta* Krantz IN AN INCEPTISOL IN A HILLSIDE ZONE OF THE DEPARTMENT OF CAUCA, COLOMBIA

*The cut and distribution in the field of various green fertilizers, including corn-red beans, mucuna, sorghum, mille- red beans, and mille, in the cultivation of cassava (*Manihot sculenta* Krantz), was evaluated in an inceptisol in a hillside zone of the Department of Cauca (Colombia), analyzing their effects on the properties of the soil and their capability to inhibit spontaneous vegetation undesirable for the crop. With respect to the physical-chemical properties of the soil, porosity varied significantly due to the effects of the different green fertilizers evaluated, with the corn-red beans mixture excelling. In terms of chemical properties, calcium and magnesium showed significant differences with their concentrations higher when mucuna green fertilizer was applied, excelling in its capacity to recycling these nutrients. Sorghum was the green fertilizer that had least effect on spontaneous vegetation due to its slow*

¹ Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 237 Palmira, Colombia. <canimal@palmira.unal.edu.co>

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 237 Palmira, Colombia <prager@palmira.unal.edu.co>

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 237 Palmira, Colombia. <canimal@palmira.unal.edu.co>

decomposition and also was the one that obtained the highest productivity of cassava production (17 t/ha.). In general, all green fertilizers presented adequate qualities for their use as part of a sustainable management strategy in this type of soil.

Key words: *Green fertilizers, cassava, inceptisols, hillside soils, physical properties, chemical properties of soils.*

INTRODUCCIÓN

La siembra e incorporación de abonos verdes, viene constituyéndose en una tecnología alternativa para la conservación y el mejoramiento de la fertilidad de los suelos. Esta práctica está siendo complementada con otras, como la utilización de la labranza mínima y la siembra directa y su uso se está impulsando en varios países de la región, como Brasil, Colombia y Honduras. Los abonos verdes contribuyen al incremento de la materia orgánica del suelo, el ciclaje de nutrientes y en algunos casos, tienen relación con la incidencia de algunos insectos, nemátodos, hongos y bacterias.

En el Norte del Cauca, Colombia, más específicamente en el municipio de Piendamó, uno de los principales cultivos de los agricultores es la yuca *Manihot sculenta* Krantz, la cual abastece principalmente la demanda de pequeñas agroempresas productoras de almidón. Sin embargo, dada la baja fertilidad de los suelos, al cabo de tres o cuatro cosechas continuas la productividad del cultivo desciende de una manera significativa, y por consiguiente su cultivo se torna poco rentable, por lo que es necesario dejar la tierra en descanso (Barbecho) por un periodo de hasta cinco años para recuperar su fertilidad. En consideración a que la tierra es un recurso escaso y los agricultores tienen bajos ingresos totales, la siembra e incorporación de abonos verdes podría ser acogida por los productores como una tecnología que se adapta a sus limitaciones y circunstancias de producción.

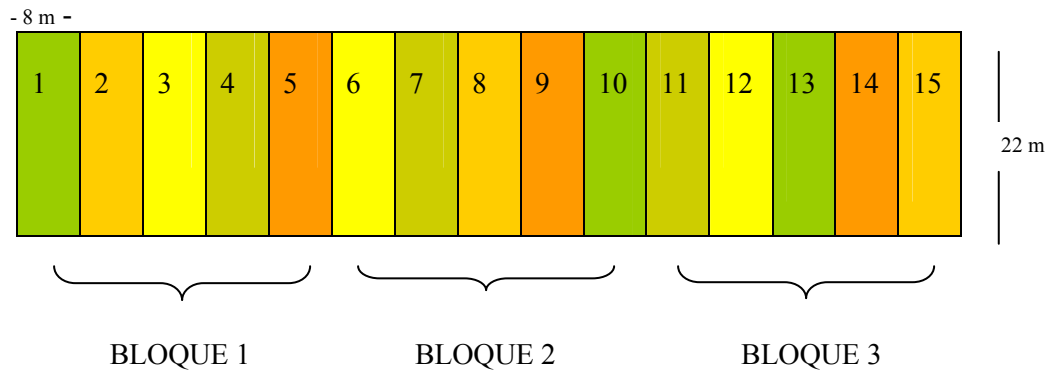
El objetivo general de esta investigación fue contribuir con el proceso de selección y adopción de varias especies vegetales para su uso como abonos verdes en cultivos comerciales de yuca en suelos de baja fertilidad de las laderas del Cauca, Colombia.

Entre los objetivos específicos se consideraron: (i) Estimar los efectos de cuatro especies de abono verde y algunas asociaciones sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo *Typic dystrandept*. (ii) Determinar la capacidad de descomposición de estas especies y su habilidad para disminuir la incidencia de la vegetación espontánea. (iii) Establecer la capacidad de mantener la productividad del cultivo de yuca con los abonos verdes evaluados.

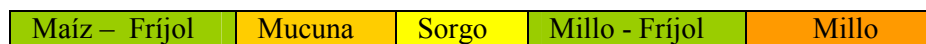
MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área experimental. El ensayo se realizó en la vereda La Independencia, municipio de Piendamó, en el departamento del Cauca (Colombia) a 1400 msnm; temperatura promedio de 22°C y precipitación anual de 1950 mm. La región se clasifica como bosque húmedo subtropical (Bh – St) y los suelos corresponden al orden inceptisol (Espinal 1963, citado por Ortiz 1982).

Los abonos verdes se sembraron en 15 parcelas de escorrentía de 22 m de largo por 8 metros de ancho en un lote experimental de 2640 m² perteneciente a la Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola – FIDAR. El lote tenía 35% de pendiente. El diseño utilizado para el ensayo fue Bloques Completos al Azar, con cinco tratamientos y 3 repeticiones (Figura 1).



Tratamientos:



→ dirección de la pendiente (35 %)

Figura 1. Distribución espacial del ensayo en campo para la evaluación de abonos verdes en yuca (Piendamó, Cauca-Colombia).

Los tratamientos correspondieron a la siembra, corte y distribución en el suelo de los siguientes abonos verdes: Maíz – frijol, mucuna (*Mucuna deeringiana* Bort.), sorgo, millo (*Panicum miliaceum* L.) – frijol, millo. Una vez que alcanzaron la prefloración, se cortaron, picaron y distribuyeron sobre la superficie del suelo y posteriormente se procedió al establecimiento del cultivo de yuca.

VARIABLES EVALUADAS

Medio edáfico. Se realizó un primer muestreo de suelos para determinar algunas variables físicas y químicas antes del corte de los abonos verdes y un muestreo final después de la cosecha del cultivo principal. El muestreo se realizó a una profundidad de 0-20 cm, utilizando barreno tipo sacabocado.

Propiedades físicas: Se determinó la densidad aparente por el método de cilindro o núcleo; la densidad real por el método del picnómetro (Cochrane, Barber, 1993); la estabilidad de agregados por el método de Yoder (Kemper y Rosenau, 1986) y el porcentaje de volumen total de poros mediante la fórmula:

$$VTP = 1 - \frac{d_a}{d_r} \times 100$$

El contenido de humedad del suelo se estableció mediante secado en estufa durante 72 horas a 80°C.

Propiedades químicas. El pH en agua se midió con una proporción de volumen suelo-agua de 1:1 (López y López, 1990). La materia orgánica se cuantificó por el método de Walkley y Black (Peech *et al.*, 1947), la capacidad de intercambio catiónico se dedujo por el método de extracción con acetato de amonio 1N, pH 7 (Chapman y Parker, 1961) y las bases Ca, Mg, K, y Na se determinaron mediante absorción atómica a partir de la extracción con acetato de amonio 1N, pH 7 (Motta *et al.*, 1990).

Descomposición de los abonos verdes y crecimiento de la vegetación espontánea. En cada parcela de esorrentía se definió un área de 6 m x 3 m para tomar muestras de los abonos verdes en diferentes momentos con el propósito de determinar su velocidad de descomposición y también muestras del

crecimiento de la vegetación espontánea para establecer la capacidad de control de los abonos verdes de dicha vegetación. Las muestras se tomaron a las semanas 2, 5, 20 y 30 después de sembrada la yuca; se estableció su peso seco, en estufa a 80°C durante 72 horas. Para su evaluación se utilizó un marco de madera de 0,5 x 0,5 m, el cual se lanzaba al azar en repetidas ocasiones sobre la parcela predeterminada.

La mayor parte de las variables evaluadas fueron analizadas estadísticamente y en aquellos casos que se encontró significancia se realizaron pruebas de comparación múltiple. La interpretación de las variables físicas y químicas de los suelos se realizó mediante análisis de covarianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas. En todos los tratamientos después de la cosecha de yuca, se aumentó el Índice de Estabilidad de Agregados (IEA); sin embargo, no se presentaron diferencias significativas entre los diferentes abonos verdes. La menor variación se obtuvo con el abono verde mucuna y la mayor con el empleo de sorgo (Tabla 1).

La densidad aparente disminuyó ligeramente en todos los tratamientos, lo cual significa un aumento del espacio poroso. Sin embargo, estos inceptisoles tienen densidades aparentes menores que 1 y en ningún caso se evidenciaron problemas de compactación. No se presentaron diferencias significativas en esta variable; la menor variación se obtuvo con el empleo del abono verde mucuna (3,2%) (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados promedio del análisis de algunas propiedades físicas del suelo utilizado para la evaluación de abonos verdes en yuca (Piendamó, Cauca-Colombia).

Abono verde	IEA		Da				Dr		EP		H	
			g /m ³						%			
	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F		
Maíz-Frijol	0,09	0,25 a	0,85	0,74 a	2,32	2,52 a	63,27	70,77 a	24,54	16,20 a		
Mucuna	0,32	0,47 a	0,93	0,90 a	2,28	2,26 a	59,16	60,31 b	15,42	11,08 a		
Sorgo	0,05	0,28 a	0,95	0,80 a	2,26	2,32 a	57,83	65,29 ba	16,51	13,28 a		
Millo-Frijol	0,06	0,32 a	0,92	0,79 a	2,31	2,21 a	60,14	64,01 b	34,61	11,29 a		
Millo	0,09	0,37 a	0,90	0,76 a	2,16	2,25 a	57,82	66,18 ba	24,13	14,32 a		

I = inicial (antes de siembra de yuca, ASY)

IEA = índice de estabilidad de agregados

Dr = densidad real

H = humedad

F = final (momento cosecha de yuca, MCY)

Da = densidad aparente

EP = espacio poroso

Las letras concordantes en una misma columna indican que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Duncan, $P \leq 0,05$).

El total de espacio poroso se incrementó en todos los tratamientos. Se registraron diferencias entre los abonos verdes evaluados, siendo la asociación maíz – frijol donde se obtuvo el valor más alto (71%);

posiblemente la rápida descomposición del material vegetal explique en buena parte este incremento (Tabla 1).

En relación al contenido de humedad en condiciones de pluviometría adecuada, el abono verde que más contribuye a su conservación es la asociación millo – frijol; sin embargo, esta asociación se descompone rápidamente y al evaluar el ciclo total del cultivo de yuca, la asociación maíz – frijol permite una mayor capacidad para preservar la humedad (Tabla 1).

Propiedades químicas. Una síntesis de los resultados obtenidos es presentada en la Tabla 2. En todos los tratamientos hubo un ligero incremento del pH. Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas de esta variable. El mayor porcentaje de incremento de pH entre la evaluación inicial y final se obtuvo con el empleo de la mucuna (10,6%) y el menor con el empleo del sorgo (3%). La mucuna se caracteriza por reciclar mayores cantidades de bases intercambiables, entre ellas calcio y magnesio.

En relación a la materia orgánica, se observó una importante disminución de su contenido, después del cultivo de yuca. El período vegetativo de este cultivo en la región es de 18 meses, y de acuerdo con información suministrada por los agricultores, se deduce que es un cultivo con alta capacidad de esquilmar el suelo. No se presentó diferencia significativa entre los valores obtenidos en los diferentes tratamientos.

El calcio también disminuyó después de la cosecha de yuca; en la zona se presenta una adecuada pluviometría y los suelos poseen excelentes características físicas, por lo que el lavado en el primer horizonte de este nutriente, junto con el magnesio es bastante alto. Se presentaron diferencias significativas entre los abonos verdes, sobresaliendo mucuna con el menor porcentaje de disminución de éste nutriente.

El magnesio tuvo un comportamiento muy similar al obtenido con el calcio; en todos los tratamientos bajó después de la cosecha de yuca. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, sobresaliendo el empleo de la mucuna, donde la disminución de éste nutriente fue de 4,6%.

En el sorgo se presentó el porcentaje mayor de pérdida de Ca y Mg. Posiblemente el consumo de estos minerales por parte de la planta es alto y el tiempo de ciclaje es lento, ya que esta gramínea se descompone lentamente.

El potasio también disminuyó después de la cosecha de yuca. Este es uno de los nutrientes más importantes para el cultivo por su alta demanda. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, el abono verde mucuna mostró una excelente habilidad para reciclar rápidamente este nutriente. Esta condición es muy importante en las áreas yuqueras por el alto consumo de potasio que hace el cultivo.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) bajó ligeramente en todos los tratamientos, excepto con la incorporación de millo, donde se incrementó en 3%. No se observó diferencia significativa en esta variable entre los abonos verdes evaluados. Los valores de CIC obtenidos se consideran bajos y reflejan en parte la pobre fertilidad del suelo.

Tabla 2. Resultados del análisis de algunas propiedades químicas del suelo utilizado para la evaluación de abonos verdes en yuca (Piendamó, Cauca – Colombia).

ABONO VERDE	pH		M.O.		CIC		Ca		Mg		K		Na	
	I	F	%		I	F	(c mol (+) Kg ⁻¹ suelo)				I	F	I	F
			I	F			I	F	I	F				
Maíz-Frijol	6,37	6,70 a	10,43	7,87 a	16,37	14,10 a	9,63	5,57 a	2,60	1,77 a	0,24	0,17 a	0,27	0,20 a
Mucura	6,03	6,67 a	10,37	9,23 a	17,03	15,97 a	7,60	6,50 a	217	2,07 a	0,42	0,39 a	0,22	0,19 a
Sorgo	6,00	6,17 a	11,47	10,13 a	16,97	15,13 a	8,20	4,33 b	2,77	1,33 b	0,38	0,21 a	0,22	0,22 a
Millo-Frijol	6,13	6,57 a	11,40	9,93 a	16,67	16,10 a	9,20	5,37 ba	2,90	1,83 a	0,41	0,18 a	0,19	0,22 a
Millo	6,23	6,63 a	11,07	8,63 a	18,03	18,67 a	8,50	4,87 ba	3,10	1,90 a	0,44	0,20 a	0,21	0,20 a

I = inicial (antes de siembra de yuca, ASY)

F = final (momento de cosecha de yuca, MCY)

Las letras concordantes en una misma columna indican que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Duncan, $P \leq 0,05$).

Capacidad de descomposición de los abonos verdes. El abono verde con mayor velocidad de descomposición fue mucuna, seguido por la asociación millo – frijol y millo. Al cabo de cinco semanas de haber tumbado y picado, se conservaba alrededor del 30% de su peso inicial, es decir, su descomposición total fue del 70%. De allí en adelante, para todos los abonos verdes, la descomposición fue más lenta. El material más difícil de descomponer fue el sorgo; pues al cabo de la quinta semana, se había descompuesto el 50% del peso del follaje aplicado al suelo y al cabo de la semana treinta, aún persistía alrededor del 20% del follaje (Figura 2). Esta característica convierte al sorgo en una buena cobertura con el propósito de regular el crecimiento de la vegetación espontánea y mantener la productividad del cultivo de yuca en suelos inceptisoles.

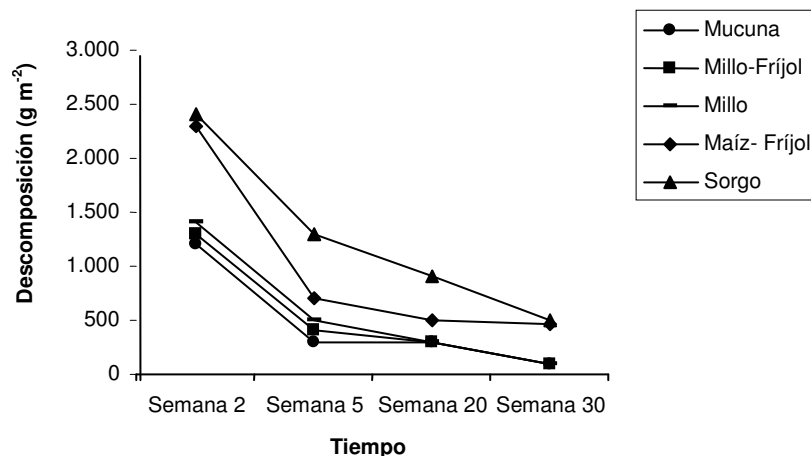


Figura 2. Dinámica de la descomposición de los abonos verdes en un cultivo de yuca establecido en suelos de ladera en el departamento del Cauca, Colombia.

Dinámica de la vegetación espontánea. En general, no se presentaron diferencias significativas para la vegetación de hoja ancha y angosta en los cuatro periodos evaluados, excepto en la semana 20, donde el abono verde millo, presentó uno de los valores más altos de hoja ancha (197 gm⁻²).

La utilización del abono verde maíz – frijol permitió un desarrollo equilibrado, tanto de vegetación de hoja ancha como de angosta; en la mucuna prevaleció el desarrollo de vegetación de hoja angosta; en el sorgo y en la asociación millo – frijol prevaleció la de hoja ancha.

En general, la vegetación espontánea aumentó hasta la semana 20 después de sembrada la yuca; luego se estabilizó y tendió a decrecer debido a la competencia por luminosidad que ejerce el cultivo, limitando su desarrollo.

El sorgo fue la cobertura que mejor controló el desarrollo de arvenses y en parte, este aspecto puede explicar, porque fue el abono verde con el cual, se obtuvo el mejor rendimiento de yuca (17 t/ha). La mucuna también tuvo un comportamiento adecuado en el control de arvenses (Figura 3).

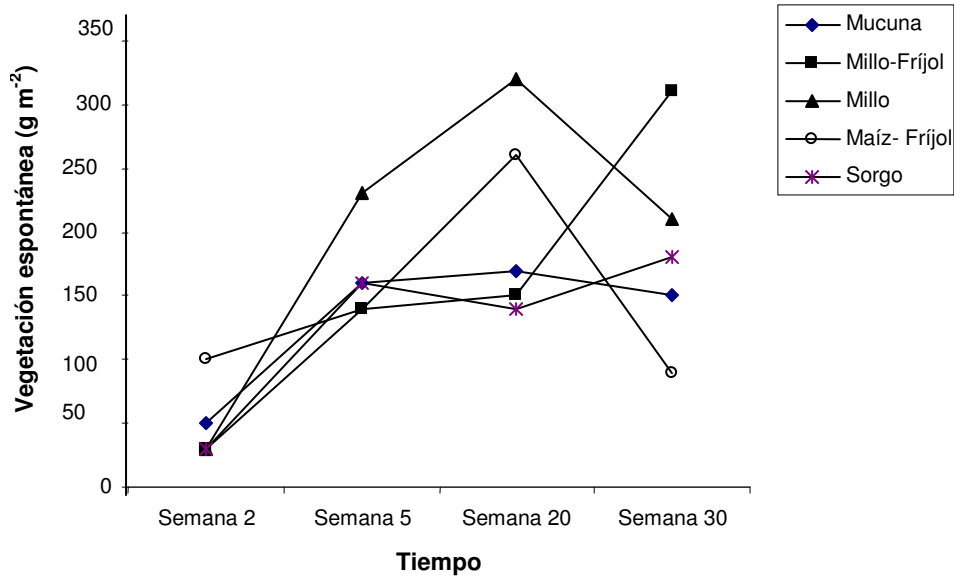


Figura 3. Dinámica de la vegetación espontánea en un cultivo de yuca establecido en suelos de ladera en el departamento del Cauca, Colombia.

Productividad del cultivo de la yuca. En general la productividad del cultivo correspondió a los promedios de la región y se consideran medios (15 t/ha). No se presentaron diferencias significativas entre los diferentes abonos verdes, pero la mayor productividad se obtuvo con sorgo y la asociación millo – frijol (17 t/ha), (Figura 4); quizá esta última asociación sea la mas conveniente, pues se tiene un producto adicional que es el frijol verde muy importante en la dieta de los agricultores de la zona de estudio.

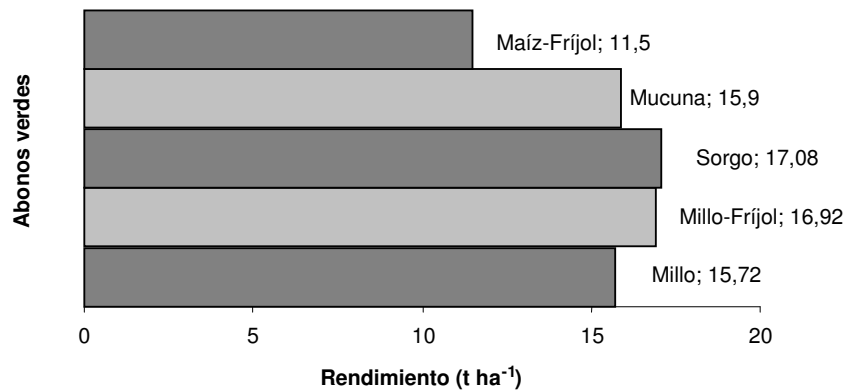


Figura 4. Rendimiento de la yuca con los diferentes abonos verdes en suelos de ladera en el departamento del Cauca, Colombia.

CONCLUSIONES

Entre las propiedades físicas de los suelos, las variables, densidad aparente y porcentaje de espacio poroso, permitieron diferenciar efectos entre los abonos verdes evaluados.

A partir de las propiedades químicas evaluadas, fue posible establecer diferencias entre los abonos verdes, mediante determinaciones de las bases intercambiables de calcio, magnesio y potasio.

Muy posiblemente los mejores resultados tanto, para la conservación de la fertilidad de los suelos como para lograr producciones aceptables del cultivo de yuca se alcanzan con la siembra e incorporación de una mezcla de abonos verdes que incluya las especies mucuna, sorgo y millo.

La incorporación de los abonos verdes en el calendario agrícola del cultivo de yuca resultó factible, aprovechando su siembra a principio de año, con poca humedad residual del suelo. Esto implica que los agricultores podrán reducir los periodos de barbecho del suelo sin sacrificar productividad.

La utilización de una mezcla de gramíneas y leguminosas como abono verde tiene como propósito buscar un equilibrio entre el aporte gradual de nutrientes y la conservación de la cobertura, para lograr conservar la humedad y disminuir el crecimiento y desarrollo de la vegetación espontánea.

Con base en el desempeño de las variables físicas y químicas del suelo se puede concluir que la práctica de los abonos verdes, constituye una opción para mantener la fertilidad de suelos tipo inceptisol y disminuir los períodos de barbecho, a través de un uso sostenible del suelo.

BIBLIOGRAFIA

CHAPMAN, H. and PARKER, F. Methods of analysis for soils: plants and waters. México: Trillas, 1961. 195 p.

COCHRANE, T. y BARBER, R. Análisis de suelos y plantas tropicales. Santa Cruz, Bolivia: CIAT, 1993. 226 p.

ESPINAL TASCON, Luis Sigifredo. Formaciones vegetales de Colombia: memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Colombia: IGAC, 1963. 201 p. + 4 mapas. Citado por ORTIZ, G. Estado de fertilidad de los suelos y necesidades de fertilizantes para el Distrito de Transferencia de Tecnología de Popayán, Cauca. Palmira: Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, 1982. 32 p.

KEMPER, W. and ROSENAU, R. "Aggregate stability and size distribution". En: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis: part 1, Physical and mineralogical methods. 2ed. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1986. p. 425 - 442.

LÓPEZ, J.; LÓPEZ, J. El diagnóstico de suelos y plantas: métodos de campo y laboratorio. 4ed. Madrid: Mundi Prensa, 1990. 363 p.

MOTTA, B. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. 5ed. Bogotá, D.C.: IGAC, 1990. 502 p.

ORTIZ, G. Estado de fertilidad de los suelos y necesidades de fertilizantes para el Distrito de Transferencia de Tecnología de Popayán, Cauca. Palmira: Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, 1982. 32 p.

PEECH, M. *et al.* Methods of soil analysis for soil: fertility investigations. s.l. : USDA, 1947. 757 p.
(USDA, Circular).