

✓ CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA
CORPOICA REGIONAL OCHO C.I LA LIBERTAD

INFORME FINAL PRONATTA 71

TITULO DEL PROYECTO:

✓ "RECUPERACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA INCORPORACIÓN
DE ABONOS VERDES EN SISTEMAS AGRÍCOLAS"

CÓDIGO DEL PROYECTO: ICA No. 969

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN : Agrícola

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Ajuste y validación

ÁREA TEMÁTICA DEL DESARROLLO CIENTÍFICO: Manejo de suelos, maíz asociado con leguminosas como abono verde.

AÑO DE INICIACIÓN: Enero de 1995

AÑO FINALIZACIÓN: Diciembre de 1997

LÍDER DEL PROYECTO:

- GLORIA ELENA NAVAS RÍOS, I.A Msc. Investigador CORPOICA Regional 8, C.I La Libertad, A.A 3129 Villavicencio, Meta, Colombia.
- ADOLFO CHACON, I.A investigador CORPOICA CRECED Ariari, A.A 3129 Villavicencio, Meta, Colombia.

COLABORADORES:

FRANCO HUMBERTO OBANDO, Agrólogo, PhD en Física de suelos.
JAIME HUMBERTO BERNAL RIOBO, I.A Msc Fisiología vegetal.
Personal CORPOICA Regional agrícola C.I La Libertad y CRECED Ariari
DANIEL CACERES, Propietario de la finca Santa Helena
PROFESORES y ESTUDIANTES del colegio agrícola La Holanda

1. DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La región del Ariari que hace parte del departamento del Meta comprende los municipios de Cubarral, Castillo, Lejanías, Vista Hermosa, Granada, Fuente de Oro, Puerto Lleras, La Macarena y Puerto Rico, tiene 35.800 Has de suelos clase I y 127.200 Has clase II, de buena fertilidad y características físicas adecuadas, para el establecimiento de una agricultura comercial con cultivos exigentes en nutrientes como maíz, arroz, plátano, cacao, algodón, soya, etc. (ICA, 1987, García, 1996). Esta agricultura intensiva de 2 cosechas al año se desarrolla especialmente en las vegas y vegones de los ríos Ariari, Upiá, Guatiquia y Negro, con un uso intensivo de la maquinaria agrícola, causando problemas de compactación subsuperficial manifiesto en la formación de "pisos de arados", pérdida de estructura, porosidad y erosión del suelo que unidos a las condiciones climáticas de las zonas de altas temperaturas, precipitaciones y a la condición genética de "fragilidad" de los suelos afectan negativamente el rendimiento de los cultivos (IGAC, 1978; IGAC, 1991; Obando, 1992).

De las 120.000 Has agrícolas en el departamento del Meta, se ha reportado que 80.000 Has están degradadas.

El desconocimiento de los factores limitantes de producción (físicos y químicos) impiden generar prácticas conservacionistas de manejo del suelo y los cultivos agrícolas para hacerlos más competitivos y sostenibles.

2. ANTECEDENTES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS

El abono verde es la práctica de incorporar al suelo la masa vegetal no descompuesta de plantas cultivadas, con el fin de conservar y/o recuperar la productividad del suelo. En la actualidad se define como abono verde la utilización de plantas en rotación o asociadas con los cultivos, incorporándola al suelo o dejándola en la superficie como protección superficial (Calegari et al, 1993). El frijol terciopelo o vitabosa (*Stilozolobium deeringianum*) se ha utilizado en el Urabá antioqueño para recuperar las tierras de colonización invadidas por la maleza guayacana (*Imperata contracta*) y al incorporarla como abono verde aportó al suelo entre 163 y 360 Kg de N/Ha, aumentó el contenido de P y la CIC del suelo y duplicó la producción del maíz allí sembrado (Mila, 1990). En un Ultisol de Santander de Quilichao, evaluando el efecto de las leguminosas crotalaria, cannalia y guandul como abono verde en el sistema de producción maíz-leguminosas (maíz-caupí, maíz-soya, maíz-frijol) se observó un efecto positivo de esta práctica sobre esta forma de

producción y la mejor respuesta se dió en el sistema maíz-caupí (Ángel, 1990). En el Valle del Cesar en 5 años de rotar el algodón con sorgo, maíz, ajonjolí, soya y frijol e incorporar crotalaria como abono verde, se observó aumentos en los valores de pH, M.O, P, Ca, Mg y K en el suelo y la mejor alternativa de rotación fue la de sembrar sorgo primer semestre, crotalaria en el intermedio y algodón en el segundo semestre (Villar, 1990). En el sur del Brasil en el sistema de producción trigo-soya se usaron como abono verde la Avena Strigilosa, Raphanus sativus var oleiferus y Lupinus albus, aportando al suelo 147, 135 y 90 Kg de N/Ha respectivamente, además con el uso de estas especies se reduce la presencia de enfermedades, la infestación por malezas y aumentan los rendimientos de los cultivos comerciales (Fundacao).

3. OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES:

⇒ Restaurar las condiciones de fertilidad y productividad de los suelos y el cultivo de maíz en la zona del Ariari.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ⇒ Determinar los limitantes físicos de los suelos de vega bajo cultivos en la zona del Ariari.
- ⇒ Ajustar y validar la práctica de incorporar leguminosas como abono verde para mejorar física y químicamente los suelos y la producción del cultivo.
- ⇒ Desarrollar práctica económica de manejo del suelo, tratando de mejorar y/o conservar su productividad en el tiempo.

4. HIPÓTESIS

- Los abonos verdes mejoran las propiedades físicas y químicas de los suelos.
- El uso de los abonos verdes disminuye en un 20% la demanda de fertilizantes nitrogenados en el cultivo.

5. METODOLOGÍA

Se seleccionaron dos sitios en la zona del Ariari para realizar las actividades del presente proyecto:

El primer sitio, una finca productora de maíz Santa Helena, propietario Daniel Càceres, ubicada en la Vereda San Ignacio del municipio de Granada (Meta). Se seleccionò esta finca por presentar problemas físicos del suelo como es la presencia de una capa compactada de 8 a 10 cm de espesor, a partir de los 10 cm de profundidad, la cual impide la percolación y el drenaje interno del agua, la oxigenación y el normal desarrollo radicular del cultivo y altos valores de resistencia de 0.6 Mpa en adelante, que limitan el desarrollo de la raíces, se ha reportado como nivel crítico para soya 0.3 Mpa y para el arroz 0.5 Mpa pero para el maíz no se conoce este valor (Tabla 1). Igualmente presentò problemas químicos, pues a pesar de ser un suelo de vega (Aquic dystropept) franco arcilloso, con pH àcido (4.9), presentò bajo contenido de M.O (1.3 %) y K (0.10 meg/100 g) y alto contenido de P, Fe y Mn (36, 111 y 17 p.p.m respectivamente).

Tabla 1: Medida de resistencia de suelo (Mpa)* a diferentes profundidades para el desarrollo radicular del maíz en monocultivo y asociado. Ariari. 1995A y 1996A.

PROFUNDIDAD (Cm)	RESISTENCIA (MPa)*			
	1995A Inicial	Monocultivo	1996A Con vitabosa	Con cannalia
0-6	0.64	0.42	0.52	0.45
6-12	1.45	0.80	0.91	0.99
12-18	2.38	1.12	1.18	1.11
18-24	3.02		1.39	
24-30	2.71			
30-36	2.24			

* Mpa = megapascal = kg. Fuerza x 0.0762

Con base en los análisis físicos y químicos del suelo se realizó la primera actividad o experimento denominado "INTRODUCCIÓN DE LEGUMINOSAS ANUALES EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ".

Como tratamientos se sembrò en el primer año 1995A una variedad de maíz en monocultivo y asociado con dos leguminosas: vitabosa y cannalia y tres niveles de N: 0,80 y 100 Kg/Ha y en el semestre B, la misma variedad de maíz en monocultivo con 100 Kg de N/Ha para ver efecto residual del abono verde, con diseño de bloques al azar con 3 repeticiones. Al segundo año 1996 en ambos semestres se sembrò la misma variedad y un híbrido de maíz en monocultivo aplicando los niveles de N en el semestre A y 100 Kg de N/Ha en

el semestre B, para observar comportamiento de los materiales y duración del efecto benéfico del abono verde incorporado al primer año, con diseño de parcelas divididas, con 3 repeticiones, donde la parcela principal de los genotipos de maíz y las subparcelas: los niveles de N. La variedad de maíz utilizada fue Sikvani ICA V-110 y los híbridos ICI - 550 y AG-612 amarillos, sembrados a 0.8 m entre surcos y 0.25 m entre plantas y dentro de los surcos de maíz se sembró la leguminosa a 0.50 m entre plantas, la fertilización de acuerdo al análisis inicial del suelo (80 y 100 Kg/Ha de N usando como fuente urea, 25 Kg/Ha de P₂O₅ fuente SFT, 50 Kg/Ha K₂O fuente KCL, 0.5 Kg/Ha de B fuente Borax y 1 Kg/Ha de Zn fuente sulfato de zinc) fue solo para maíz, se realizaron análisis físico y químicos del suelo, análisis químico del tejido vegetal del forraje a incorporar y se cosecharon los 2 surcos centrales de maíz para cuantificar rendimiento con sus respectivas variables.

Paralelo al trabajo principal en la finca Santa Helena se estableció en 1995A un experimento en el Colegio agrícola La Holanda, Granada (Meta), para evaluar " LAS DENSIDADES Y ÉPOCA DE SIEMBRA DE LA LEGUMINOSA VITABOSA (STIZOLOBIUM DEERINGIANUM) ASOCIADA CON MAÍZ SIKUANI ICA V-110".

El maíz se sembró a 0.9 m entre surcos y 0.5 m entre plantas, utilizando 3 semillas/sitio para dejar 2 plantas/sitio. Entre los surcos de maíz se sembró la vitabosa a la par con el maíz y a los 15, 30, 45 y 60 días de edad del maíz, con distancia de 0.5 m y 1 m entre plantas, sembrando 1 semilla/sitio para un total de 22,200 plantas y 11.100 plantas/Ha respectivamente.

De acuerdo al análisis del suelo del Colegio agrícola La Holanda pH ácido (5.3), muy bajo contenido de P (7.5 ppm), bajo contenido de materia orgánica (1.3%), K (0.15 meq/100g), B (0.18 ppm) y Zn (1ppm) y alto contenido de Fe (173 ppm) y Mn (24 ppm), se aplicó al maíz 100 KG/Ha de N (urea), 100 Kg/Ha de P₂O₅ (SFT), 50 Kg/Ha de K₂O (KCL), 0.5 KG/Ha de B (Borax) y 1 Kg/Ha de Zn (sulfato de zinc), aplicando todo el P, Zn y B al momento de la siembra y fraccionando en dos aplicaciones el N y K a los 15 y 35 días después de germinado el maíz. A finales de julio se cosechó el maíz y se dejó la leguminosa como fuente de semilla.

6. RESULTADO Y DISCUSIÓN

"INTRODUCCIÓN DE LEGUMINOSAS ANUALES EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ"

• **RENDIMIENTO, PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO**

En la primera cosecha de maíz Sikuaní ICA V-110 se observó respuesta altamente significativa (Tukey 0.01) de los sistemas monocultivo y asociación con los niveles de N en cuanto a producción de grano y forraje.

La producción de grano estuvo entre 433.3 y 2378.3 Kg/Ha muy baja, probablemente por la condición física del suelo, sin embargo se observó respuesta positiva hacia el nivel creciente de N, obteniéndose las mayores producciones 2378.3, 1839.3 y 1873.3 Kg/Ha de maíz en monocultivo y asociado con vitabosa y cannalia en el nivel de 100 Kg de N/Ha, tabla 2.

Tabla 2: Producción de maíz Sikuaní ICA V-110 (Kg/Ha) en monocultivo y asociado en dos leguminosas y tres niveles de N. Ariari 1995A.

NIVEL DE N (Kg/Ha)	RENDIMIENTO (KG/HA)*		
	Maíz Monocultivo	Con Vitabosa	Con Cannalia
0	607.0	433.3	1218.0
80	2178.3	1211.3	1334.7
100	2378.3	1839.3	1873.3

* Grano con 14% de humedad

Muy importante en este semestre fue la alta producción de forraje de 1.129 a 5.802 Kg de MS/Ha, siendo mayor ésta donde el maíz estuvo asociado con la leguminosa, tabla 3.

Con base al análisis químico del forraje de las socas del maíz, leguminosas y malezas, con relación al aporte de nutrientes al suelo hubo efecto altamente significativo (Tukey 0.01) de estos con el sistema monocultivo, asociación y niveles de N. En promedio el monocultivo del maíz aportó 20 de N, 2.5 de P, 19.5 de K, 9.6 de Ca y 9.3 de Mg Kg/Ha, en tanto que la asociación con vitabosa aportó 46.6 de N, 5.8 de P, 38.2 de K, 16.2 de Ca y 21.5 de Mg Kg/Ha y con cannalia aportó 47.5 de N, 5.6 de P, 46.7 de K, 29.1 de Ca y 20 Mg Kg/Ha, aportando más nutrientes con las leguminosas. De ellas la vitabosa aporta más P y Mg y la cannalia aporta más N, K y Ca, tabla 4.

Tabla 3: Producción de forraje: Socas de maíz leguminosas y malezas (materia seca Kg/Ha) de la variedad Sikuni en monocultivos y asociado con dos leguminosas y tres niveles de N. Ariari. 1995A.

NIVEL DE N Kg/Ha		FORRAJE (M.S Kg/Ha)		
		Maíz Monocultivo	Con Vitabosa	Con Cannavalia
0	Soca maíz	1776.0	286.0	1233.0
	Leguminosas.	0	405.3	1493.0
	Malezas	1045.3	1312.3	1437.3
	TOTAL	2821.3	2003.6	4168.3
80	Soca maíz	1700.0	651.0	640.0
	Leguminosas	0	912.7	552.7
	Malezas	780.0	1444.3	1111.7
	TOTAL	2480.0	3008.0	2304.3
100	Soca maíz	797.0	1591.7	1521.0
	Leguminosas	0	1586.0	1508.0
	Malezas	332.0	700.0	2773.0
	TOTAL	1.129.0	3877.7	5802.0

Tabla 4: Aportes de N. P. K. Ca y Mg (Kg/Ha) por las socas de maíz, leguminosas y malezas de la variedad Sikuni en monocultivo y asociada con dos leguminosas y tres niveles de N. Ariari. 1995A.

SISTEMA	NIVEL DE N(Kg/Ha)	N	P	K	Ca	Mg
		Kg/Ha				
Monocultivo	0	21.1	2.8	29.0	10.5	13.6
	80	24.7	3.2	19.4	12.9	12.9
	100	14.1	1.4	10.2	5.5	1.5
	Promedio	20.0	2.5	19.5	9.6	9.3
Con vitabosa	0	26.4	3.6	31.0	9.7	9.9
	80	55.0	5.8	40.7	16.8	20.2
	100	57.6	8.1	42.8	22.2	34.5
	Promedio	46.3	5.8	38.2	16.2	21.5
Con cannavalia	0	55.6	6.5	46.0	38.9	28.5
	80	21.8	3.2	29.0	13.1	10.0
	100	65.0	7.1	65.2	35.4	21.4
	Promedio	47.5	5.6	46.7	29.1	20.0

Con relación a los elementos menores sucedió igual, hubo efecto altamente significativo (Tukey 0.01) de éstos con los sistemas y niveles de N, aportando más nutrientes en la asociación con leguminosas; la vitabosa aportó más Zn y Fe y la cannavalia más Mn, Cu y B, tabla 5.

Tabla 5: Aporte de Mn, Zn, Cu, Fe, y B (Kg/Ha) por las socas de maíz, leguminosas y malezas de la variedad Sikuaní en monocultivo y asociado con dos leguminosas y tres niveles de N. Ariari. 1995A.

SISTEMA	NIVEL DE N(Kg/Ha)	Mn	Zn	Cu	Fe	B
		Kg/Ha				
Monocultivo	0	0.52	0.076	0.021	1.50	0.002
	80	0.47	0.134	0.024	1.89	0.002
	100	0.26	0.148	0.033	1.58	0.001
	Promedio	0.42	0.119	0.026	1.66	0.001
Con vitabosa	0	0.42	0.079	0.020	0.73	0.002
	80	0.73	0.152	0.036	1.34	0.003
	100	1.70	0.321	0.108	3.10	0.006
	Promedio	0.95	0.184	0.055	1.72	0.003
Con cannavalia	0	1.21	0.160	0.063	0.07	0.007
	80	0.51	0.139	0.096	0.10	0.003
	100	1.19	0.222	0.124	0.12	0.007
	Promedio	0.97	0.174	0.094	0.10	0.005

Para corroborar ese aporte de nutrientes al suelo, se realizó un análisis químico un mes después de la incorporación del forraje, reportándose aumentos en 0.7% de la M.O, 21.7 ppm de P y 0.04 meq de Mg y una disminución en 0.1 meq del Al intercambiable, en el monocultivo y la asociación, siendo mayor los aportes en la asociación con las leguminosas vitabosa y cannavalia (62 y 66 p.p.m de P, 0.20 y 0.23 meq de Mg respectivamente), tabla 6.

Tabla 6: Análisis químico del suelo (0-30 cm de profundidad) al inicio y un mes después de incorporado el forraje como abono verde. Ariari. 1995A y 1995B.

	SISTEMA	pH	M.O %	P p.pm	← meq/100q suelo →				
					AL	Ca	Mg	K	Na
1995A	Inicio	4.9	1.3	39	1.0	1.30	0.16	0.10	0.10
1995B	Monocultivo	4.8	2.0	54	0.9	1.00	0.18	0.10	0.09
	Con vitabosa	4.8	2.0	62	0.9	1.05	0.20	0.10	0.09
	Con cannalia	4.8	2.0	66	0.9	1.51	0.23	0.12	0.11

Este efecto benéfico en el suelo se observó en la segunda cosecha de maíz Sikuaní ICA V-110 a pesar de que no hubo diferencia significativa (Tukey 0.05) entre tratamientos, la producción fue de 1276.9 Kg/Ha para el monocultivo y de 2054.7 y 2010.7 Kg/Ha para la asociación con vitabosa y cannalia; comparada con la producción de la primera siembra se observó un aumento en 893.4 Kg/Ha en la asociación con vitabosa y en 534.8 Kg/Ha en la asociación con cannalia, tabla 7.

Tabla 7: Producción de maíz Sikuaní ICA V-110 (Kg-Ha) después de la incorporación de forraje como abono verde, en monocultivo y asociado con tres niveles de N. Ariari. 1995B.

NIVEL DE N (Kg/Ha)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)*		
	Maíz monocultivo	con vitabosa	con cannalia
0	1688.7	2092.7	1937.7
80	1781.3	2214.0	2109.0
100	1360.7	1857.3	1983.7
Promedio	1276.9	2054.7	2010.7

* Grano con 14% de humedad

Para observar cuánto tiempo duraba el efecto benéfico de la incorporación del forraje como abono verde en el suelo, en el segundo año se evaluó solo maíz en monocultivo, utilizando la misma variedad Sikuaní ICA V-110 y se sembró un híbrido ICI - 550 en el semestre A y AG-612 en el semestre B, para comparar comportamiento de éstos en suelos con problemas físicos. Al realizar el análisis químico del suelo en éste segundo año, solo se observó

diferencias significativas (Tukey 0.05) para el contenido de M.O, aumentando en 0.2% en el monocultivo, en 0.4% en la asociación con vitabosa y en 0.5 % en la asociación con cannalia; también se observó aumentos de 0.19, 0.15 y 0.56 meq de Ca en el monocultivo y las asociaciones con vitabosa y cannalia respectivamente y aumentos de 0.04 y 0.05 meq de Mg para el monocultivo y las asociaciones, aumentos del pH del suelo y disminución del AL intercambiable, tabla 8.

Tabla 8: Análisis químico del suelo (0-30 cm de profundidad) al inicio y un año después para los nutrientes mayores. Ariari. 1995A y 1996A.

	SISTEMA	pH	M.O %	P p.pm	AL Ca Mg K Na				
					meq/100 g suelo				
1995A	Inicio	4.9	1.3	39	1.0	1.30	0.16	0.10	0.10
1996A	Monocultivo	5.2	1.5b	33	0.7	1.49	0.20	0.08	0.16
	Con vitabosa	5.0	1.7ab	38	0.9	1.45	0.20	0.08	0.17
	Con cannalia	5.2	1.8a	34	0.7	1.86	0.21	0.08	0.16

Promedios con la misma letra no difieren significativamente entre si (Tukey 0.05)

Con relación a los elementos menores en el suelo solo se observó aumento en 0.10 p.pm de B en el monocultivo y asociaciones, tabla 9.

Tabla 9: Análisis químico del suelo (0-30 cm de profundidad) al inicio y un año después para los nutrientes menores. Ariari. 1995A y 1996A.

	SISTEMA	Fe	B	Cu	Mn	Zn
		p.pm				
1995A	Inicio	111	0.12	3.2	17	1.4
1996A	Monocultivo	110	0.22	2.8	14	1.3
	Con vitabosa	112	0.22	2.9	13	1.4
	Con cannalia	103	0.22	2.8	14	1.0

La producción de maíz, en este segundo año, presentó diferencias altamente significativas (Tukey 0.01) entre variedad e híbrido, niveles de N y sistema

monocultivo, asociación. La producción de maíz Sikuaní ICA V-110 en el semestre A, fue baja en general, estuvo entre 478.2 y 1761.4 Kg/Ha en el monocultivo, entre 705.1 y 2158.1 Kg/Ha en donde inicialmente hubo vitabosa y entre 1020.9 y 1650.4 Kg/Ha donde hubo cannavaia, pero aún se ve el efecto benéfico de la asociación con la leguminosa, ya que las producciones allí son mayores, en promedio 1498.9 y 1407.3 Kg/Ha para vitabosa y cananvalia respectivamente. Además se observa respuesta del maíz al nivel creciente de N, obteniéndose las mayores producciones de 1761.4 y 1650.4 Kg/Ha en el nivel de 100 Kg de N/Ha para el monocultivo y la asociación con cannavaia, en tanto que la asociación con vitabosa; la mayor producción 2158.1 Kg/Ha se dio en el nivel de 80 Kg de N/Ha, tabla 10.

Tabla 10: Producción de maíz Sikuaní ICA V-110 (Kg/Ha) en monocultivo y asociado con dos leguminosas y tres niveles de N. Ariari. 1996A.

NIVEL DE N (Kg/Ha)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)*		
	Maíz monocultivo	Con Vitabosa	Con cannavaia
0	478.2	705.1	1020.9
80	1734.2	2158.1	1550.6
100	1761.4	1663.4	1650.4
Promedio	1324.6	1498.9	1407.3

* Grano con 14% de humedad

El comportamiento del maíz híbrido ICI-550 fue muy similar al Sikuaní ICA V-110, la producción en el monocultivo estuvo entre 546.2 y 1710.2 Kg/Ha, entre 1435.1 y 2597.8 Kg/Ha en la asociación con vitabosa y entre 499.6 y 2106 Kg/Ha en la asociación con cannavaia; con relación al N, la mayor producción de 1710.2 y 2106 Kg/Ha del monocultivo y la asociación con cannavaia se obtuvo en el nivel de 80 Kg de N/Ha y de 2597.8 Kg/Ha en la asociación con vitabosa en el nivel de 100 Kg de N/Ha, tabla 11.

Tabla 11: Producción de maíz ICI-550 (Kg/Ha) en monocultivo y asociado con dos leguminosas y tres niveles de N. Ariari, 1996A

NIVEL DE N (Kg/Ha)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)*		
	Maíz monocultivo	Con Vitabosa	Con cannavalia
0	546.2	1435.1	499.6
80	1710.3	805.9	2106.0
100	976.5	2597.8	1483.8
Promedio	1077.7	1612.9	1363.1

* Grano con 14% de humedad

En el semestre B la producción de maíz Sikuaní ICA V-110 continúa siendo baja, su producción estuvo entre 810 y 1141.7 Kg/Ha en el monocultivo, entre 1125 y 2170 Kg/Ha en la asociación con vitabosa y entre 1360 y 2240 Kg/Ha en la asociación con cannavalia; se observa respuesta al nivel creciente de N para la vitabosa obteniéndose la mayor producción 2170 Kg/Ha en el nivel de 100 Kg de N/Ha, en tanto que las mayores producciones para el monocultivo 1885 Kg/Ha y para la asociación con cannavalia 2240 Kg/Ha se obtuvieron en el nivel de 80 Kg de N/Ha, tabla 12.

Tabla 12: Producción de maíz Sikuaní ICA V-110 (Kg/Ha) en monocultivo y asociado con dos leguminosas y tres niveles de N. Ariari. 1996B

NIVEL DE N (Kg/Ha)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)*		
	Maíz monocultivo	Con Vitabosa	Con cannavalia
0	1141.7	1125.0	1360.0
80	1885.0	1295.0	2240.0
100	810.0	2170.0	1960.0
Promedio	1278.5	1530.0	1853.0

* Grano con 14% de humedad

Con relación al comportamiento del híbrido AG-612, fue mejor en el monocultivo, estuvo entre 2515 y 4045 Kg/Ha, en la asociación con vitabosa

estuvo entre 1615 y 2845 Kg/Ha y en la asociación con cannavaia entre 1495 y 2015 Kg/Ha; se observò respuesta al nivel creciente de N solo para la asociación con cannavaia, obteniéndose la mayor producción 2015 Kg/Ha en el nivel de 100 Kg de N/Ha, en tanto que en el monocultivo y la asociación con vitabosa las mejores producciones de 4045 y 2845 Kg/Ha se obtuvieron en el nivel 0 Kg de N/Ha, es explicable porque en este segundo semestre B a todos los tratamientos en general se les aplicò 100 Kg de N/Ha y como la planta estaba àvida de N, ya que en el semestre A no fue aplicado èste, respondiò màs a la aplicación, tabla 13.

Tabla 13: Producción de maíz AG-612 (Kg/Ha) en monocultivo y asociado con dos leguminosas y tres niveles de N. Ariari. 1996B.

NIVEL DE N (Kg/Ha)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)*		
	Maíz monocultivo	Con Vitabosa	Con cannavaia
0	4045.0	2845.0	1770.0
80	2515.0	2010.0	1495.0
100	3335.7	1615.0	2015.0
Promedio	3298.6	2156.7	1760.0

* Grano con 14% de humedad

En la tabla 14, comparando la producción de maíz Sikuaní ICA V-110 durante los 2 años se observa la mayor producción 2954.7 y 2010.1 Kg/Ha en la asociación con vitabosa y cannavaia en 1995B, semestre donde se incorporò el forraje como abono verde y en los otros semestres continúan bajas las producciones, esto indica un beneficio inmediato de los abonos verdes como liberadores de nutrientes, los cuales son aprovechados por el cultivo principal en èste caso el maíz, ademàs indica la necesidad de continuar incorporando cada año màs material vegetal, para lograr mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, para que el cultivo alcance al menos la producción de 4.000 Kg/Ha que es lo que normalmente produce en un suelo bueno, tabla 14.

Tabla 14: Producción de maíz Sikuaní ICA V-110 (Kg/Ha) en monocultivos y asociado con dos leguminosas durante dos años, en suelos con problemas físicos. Ariari 1995 y 1996.

SISTEMA	RENDIMIENTO (Kg/Ha)*			
	1995 A	1995 B	1996 A	1996 B
Monocultivo	1721.2	1276.9	1326.4	1278.5
Con vitabosa	1161.3	2054.7	1498.9	1530.0
Con cannavalía	1475.3	2010.1	1407.3	1853.0

* Grano con 14% de humedad

• CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

Con relación a las características físicas del suelo, el efecto benéfico de los abonos verdes es a más largo plazo, pues se observa que los valores de resistencia del suelo para el desarrollo radicular al inicio del trabajo eran altos y estuvieron ente 0.64 y 3.02 Mpa, después de incorporado el material vegetal al iniciar la tercera siembra de maíz, estos valores disminuyeron pero continúan siendo altos, ya que para soya se reporta como valor crítico 0.02 Mpa y para arroz 0.5 Mpa, la resistencia para el monocultivo estuvo entre 0.42 y 1.12 Mpa, para la asociación con vitabosa estuvo entre 0.52 y 1.39 Mpa y con cannavalía entre 0.45 y 1.11 Mpa, marcando el aparato resistencia hasta los 18 cm de profundidad en el monocultivo y en la asociación con cannavalía y marcando resistencia hasta 24 cm en la asociación con vitabosa, de ahí en adelante el suelo está compactado, tabla 1.

Esto se confirma también con la medida de infiltración del agua en el suelo, la cual después de la incorporación del forraje es lenta, con valores ente 0.21 y 0.33 cm/ha, tabla 15.

Tabla 15: Tasa básica de infiltración del agua en el suelo (cm/hr), en el sistema maíz en monocultivo y asociado con dos leguminosas. Ariari. 1995B.

SISTEMA	TASA BÁSICA DE INFILTRACIÓN (cm/hr)	SIGNIFICADO IGAC,1990
Maíz monocultivo	0.21	lenta
Con vitabosa	0.28	lenta
Con cannavalia	0.33	lenta

Con relación a la densidad aparente y porosidad total del suelo, hubo diferencia altamente significativa (Tukey 0.01) con la profundidad, no así con los sistemas monocultivos, asociación y niveles de N. La densidad aparente inicial es alta entre 1.44 g/cc en los primeros 10 cm del suelo y 1.65 g/cc de los 10 a 20 cm de profundidad, donde se localiza la capa compacta, al año el valor de las densidades disminuyó pero todavía continúan siendo altos, el valor en el monocultivo estuvo entre 1.34 y 1.57 g/cc, en la asociación con vitabosa estuvo entre 1.41 y 1.56 g/cc y en la asociación con cannavalia, estuvo entre 1.37 y 1.59 g/cc, tabla 16.

Tabla 16: Densidad aparente del suelo (g/cc) a tres profundidades con maíz en monocultivo y asociado . Ariari. 1995 A y 1996A.

PROFUNDIDAD (cm)	DENSIDAD APARENTE (g/cc)			
	1995A	1996 A		
	Inicial	Maíz monocultivo	Con vitabosa	Con cannavalia
0-10	1.44 b	1.34 b	1.41 b	1.37 b
10-20	1.65 a	1.57 a	1.55 a	1.59 a
20-30	1.55 a	1.53 a	1.56 a	1.57 a

Promedios con la misma letra no difieren significativamente entre si (Tukey 0.05)

La porosidad total del suelo al inicio del trabajo estuvo entre 39.6 y 47.2%, al iniciar la tercera siembra del maíz la porosidad total aumentó y para el monocultivo estuvo entre 42.3 y 50.9%, para la asociación con vitabosa entre 42.7 y 48.3% y para la cannavalia estuvo entre 41.6 y 50%, tabla 17.

Tabla 17: Porosidad total del suelo (%) a tres profundidades con maíz en monocultivo y asociado. Ariari. 1995A y 1996A.

PROFUNDIDAD (cm)	POROSIDAD TOTAL (%)			
	1995A	1996 A		
	Inicial	Maíz monocultivo	Con vitabosa	Con cannavalia
0-10	47.2 a	50.9 a	48.3 a	50.0 a
10-20	39.6 b	42.3 b	43.3 b	41.6 b
20-30	43.2 b	43.8 b	42.7 b	42.5 b

Promedios con la misma letra no difieren significativamente entre sí (Tukey 0.05).

Probablemente se mejoraría en forma más rápida estas características físicas, si además de los abonos verdes se incluyera un tratamiento de labranza con cincel rígido o cincel vibratorio para que ayude a romper la capa compacta del suelo, airearlo y mejorar la tasa básica de infiltración, a la vez que proveerá un mejor medio físico para el desarrollo radicular y aprovechamiento más eficiente de los nutrientes de la solución del suelo.

"DENSIDADES Y ÉPOCAS DE SIEMBRA DE VITABOSA ASOCIADA CON MAÍZ SIKUANI ICA V-110"

Resultados preliminares en cuanto al rendimiento de maíz, indican que la vitabosa se puede sembrar asociada a el maíz, sin que ejerza competencia, cuando éste tenga entre 30 y 45 días de edad, distanciados entre si 0.5 m o 1 m, tabla 18.

Tabla 18: Producción de maíz sikuaní ICA V-110 (Kg/Ha)* solo y asociado con vitabosa en dos distancias de siembra. Colegio La Holanda. Ariari. 1995A.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (Kg/Ha)*	
	DISTANCIA ENTRE PLANTAS DE VITABOSA (m)	
	0.5	1.0
Maíz solo	1.500	990
Maíz + vitabosa m.s.m	650	1.100
Maíz + vitabosa 15 dds	960	1.040
Maíz + vitabosa 30 dds	1.990	1.360
Maíz + vitabosa 45 dds	1.410	1.850
Maíz + vitabosa 60 dds	1.600	1.500

* Grano con 14% de humedad
 msm = Al momento de la siembra del maíz
 dds = Días después de la siembra del maíz

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los abonos verdes contribuyen especialmente en la mejoría de las propiedades químicas del suelo, a través de la liberación de nutrientes para las plantas, pero también ayudan a la conformación de la estructura, porosidad e infiltración, lo cual se ve reflejado en las presentes conclusiones:

El maíz Sikuaní ICA V-110 en monocultivo y asociado con las leguminosas respondió a la aplicación de N, presentando la mayor producción en el nivel de 100 kg de N/Ha.

El comportamiento agronómico de la variedad Sikuaní ICA V-110 y los híbridos ICI 550 y AG-612 fue similar en este suelo con problemas físicos, con rendimientos muy bajos.

El forraje de la leguminosa vitabosa aporta más P, Mg, Fe y Zn que la cannabalia y ésta aporta más N, K, Ca, Mn, Cu y B que su antecesora.

La incorporación de las socas de maíz, leguminosas y malezas al suelo, aumentaron en 0.7% los contenidos de materia orgánica, en 21.7% p.p.m el P y en 0.04 meq el Mg y disminuyó en 0.1 meq el aluminio intercambiable.

La incorporación de los materiales vegetales al suelo como abono verde, aumentaron en 893.4 y 534.8 Kg/Ha la producción de maíz sikvani ICA V-110 en la asociación con vitabosa y cannavaia.

El efecto benéfico de los abonos verdes en las propiedades físicas del suelo como densidad aparente, porosidad total y resistencia es lento, ayudaría a acelerar este proceso, el incluir rompimiento de las capas compactas con cincel rígido o vibratorio.

Para asociar la vitabosa con maíz se recomienda sembrarla distanciada a 0.5 o 1 mts entre si, cuando el maíz tenga entre 30 y 45 días de edad.

BIBLIOGRAFÍA

ÁNGEL, S.D.I y PRAGER, M.M 1990. Evaluación de abonos verdes en el sistema de producción maíz - leguminosas. Suelos ecuatoriales 20 (2) 38-44.

CALEGARI, H.H y ALARCON, H.F. 1996. Efecto de la incorporación de caupi como abono verde sobre la eficiencia del arroz en el uso del fósforo en un oxisol de la Altillanura plana colombiana. Programa y resúmenes. VIII Congreso colombiano de la ciencia y el suelo. Manejo de suelos del trópico semiárido, región Caribe.73p.

DERPSEH y CELGARI, A. 1992. Plantas para adubacao.verde de invierno. Instituto agronómico de Paraná Londrina PR. Circular 73. Segunda edición. 77p.

FLOREZ, M. 1992. Uso práctico de los cultivos de cobertura ILEiA. Newsleher for low external input and sustainable agriculture. Vol 4. 15p.

GARCIA, G.E 1996. Apuntes para el estudio de la propiedad rural en el Meta, CEDER, Centro de estudios para el desarrollo regional. Villavicencio. 59p.

GUTIERREZ, P.D. 1992. Producción del sorgo de grano (Sorghum vicolor) bajo rotación de cultivos y uso de abonos verdes. Suelos ecuatoriales 22 (1): 106-111.

ICA, 1987. Diagnóstico y programa regional de producción. Distrito ICA CRECED PNR ARIARI. Hernando Suarez, Heberto Bonilla, Elías Correa, Jorge Ahumada, Manuel Rodríguez, Jaime Carvajal y Guillermo Velázquez. Regional 8. Villavicencio. 500p.

IGAC. 1991. Proyecto Orinoquia - Amozonia (ORAM). Informe sobre área muestra Villavicencio - Puerto López - Puerto Gaitan - Carimagua. Meta. Paisajes, suelos y los factores naturales que lo afectan (revisión preliminar en colaboración con Tropenbos y Colciencias). Bogotá, D.C.

IGAC, 1990. Propiedades físicas de los suelos Ed. Subdirección agroecológica. Bogotá, D:C 813p

IIE,E; HAMANDINA, L.K; Kufa, K. 1996. Efectos del *Mucana pruriensis* var *utilis* sobre el crecimiento del maíz (*Zea mayz*) en un Utisol en el Sudeste de Nigeria. *File crops research*. Vol 48. 135-140p.

MILA, P.À 1990. Estudio preliminar de la producción de biomasa del frijol terciopelo o vitabosa (*Stizolobium deeringianum*) y su efecto como abono verde en la fertilidad de un suelo CRI Tulenapa, Uraba Antioqueño. *Suelos ecuatoriales* 20 (2): 69-75p

PIAMONTE, R. 1996. Abonos verdes, material elaborado para taller de abonos verdes. Colegio altos estudios de Quirama, Rionegro, Antioquia. 7 al 8 de agosto. 19p.

FUNDACAO, ABC. Curso intensivo sobre plantío directo Na palha resumos. 103p.

8. LOGROS ALCANZADOS

OBJETIVOS GENERALES.

Con las actividades desarrolladas se cumplió con el objetivo general de restaurar las condiciones de fertilidad del suelo con aumentos de 0.7% de la M.O, 22 ppm de P y 0.04 meq de Mg y una disminución de 0.1 meq de AL intercambiable y un aumento de 756 Kg/Ha de la producción de maíz, al incorporar las leguminosas cannavalia y vitabosa como abono verde.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Con relación al primer objetivo se determinó como principal limitante físico de los suelos de vega bajo cultivos agrícolas, la presencia de una capa compacta a unos 10 cm de profundidad, corroborado con los altos valores de densidad aparente y baja porosidad total, que impide la aireación y drenaje del agua, la mineralización y descomposición de la materia orgánica y el buen desarrollo radicular y aprovechabilidad de nutrientes por el cultivo.
- En cuanto al segundo objetivo se desarrolló la práctica de incorporar leguminosas (cannavalia, vitabosa y caupi) como abono verde en los suelos con problemas físicos, donde se observó efectos benéficos a través de los aumentos en 0.7% de la M.O, 22 ppm de P y 0.04 meq de Mg y una disminución de 0.1 meq del AL intercambiable, disminuyó un poco la densidad aparente y aumentó la porosidad total del suelo y físicamente aumentó en 756 Kg/Ha la producción de maíz sikvani ICA V-110. Las leguminosas se siembran asociadas con el maíz, una vez cosechado el maíz, todos los estos materiales se incorporan al suelo como abono verde; es conveniente hacerlo anualmente, pues el efecto benéfico químico es muy rápido. Dentro de este objetivo específico se determinó que la leguminosas cannavalia, caupi y crotalaria se pueden sembrar a la par con el maíz en tanto que la vitabosa se debe sembrar cuando el maíz tenga entre 30 y 45 días de edad. Se aprovechó estos materiales para cosechar semilla, las cuales se están utilizando en ensayos de recuperación de suelos en Granada y Pompeya del grupo regional agrícola.
- El tercer objetivo de desarrollar una práctica de manejo de suelos a través del uso de las leguminosas como abono verde, se comprobó que se puede hacer asociada con el cultivo de maíz en el primero o segundo semestre, en tanto que para el cultivo de arroz, la leguminosa se sembrará en el segundo semestre como abono verde (cobertura) o como cultivo de rotación, ejemplo: arroz-soya.

9. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO Y PARTICIPACIÓN DE BENEFICIARIOS

Como producto alcanzado en este proyecto se tiene el uso de los abonos verdes especialmente leguminosas (cannavalia, crotalaria, caupi y vitabosa) en el cultivo de maíz, para cualquier tipo de productor (Pequeño, mediano y grande), puede ser incorporado a un sistema de información de tecnología agropecuaria, pues parte de esta información ya fué presentada en el VIII congreso de suelos en Santa Marta y fue publicado en la revista de suelos

ecuatoriales Vol. 27.1997; estos abonos verdes en el sistema de producción arroz, aún falta más investigación.

Participación de los beneficiarios: Productor de la finca, estudiantes y profesores del Colegio La Holanda participaron en las diferentes actividades, pero no en la toma de decisiones, todos los agricultores, asistentes técnicos y personal de UMATAS que asistían a las giras de campo.

10. VINCULACIÓN DEL PROYECTO A OTROS SECTORES

El proyecto estuvo directamente vinculado con el colegio agropecuario La Holanda en Granada.

11. SOSTENIBILIDAD Y AUTOSOSTENIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DESARROLLADA

Para llevar a cabo la tecnología de usar las leguminosas como abono verde en los sistemas de producción agrícola, es necesario que cada productor se concientice y produzca su propia semilla, ya que en el mercado hay poca disponibilidad de ella y a precios muy elevados, por ejemplo: 1 kg de crotalaria cuesta \$25.000. Con relación a la comercialización de esta semilla, los productores se pueden asociar para multiplicar semilla en forma más favorable y con menores costos. Los pequeños productores pueden acceder a esta semillas a través de los centros de investigación, los cuales les indicarán como multiplicarla, manejarla y a la vez ser ellos mismos transferidores a otros productores a través del aprendizaje en pequeñas parcelas en sus fincas; también se les puede informar de otros usos que tienen estos abonos verdes como en la alimentación humana, caso del caupí, o en la alimentación de bovinos como la vitabosa.

12. APRENDIZAJES OBTENIDOS CON EL PROYECTO

A través de la realización de este proyecto se ve que es necesario que en estos trabajos haya la participación de un grupo de personas de diferente disciplinas que de verdad actúen y participen con la comunidad. Es necesario antes de iniciar el proyecto, una reunión con la comunidad para discutir el

INSTITUTO COLOMBIANO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y ZOOTECNICAS

proyecto modificarlo si es necesario y que de verdad este trabajo ayude a la solución de la problemática y sea más participativo con el productor.

Estos proyectos para pequeños y medianos productores con prácticas que involucren el manejo del suelo, deben ser a más largo término, por ejemplo a 3 años en vez de a 2 años y ejecutarlos por lo menos en 3 localidades. También es necesario incluir en ellos un análisis de costos de las metodologías desarrolladas, saber si hubo adopción de la tecnología?, como la metodología afecta al productor y la comunidad?, etc.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusión son fundamentales estos proyectos que nacen de la necesidades reales de una comunidad, pero es necesario que el productor se involucre en forma directa y pueda tomar decisiones en la ejecución del mismo. Además debe contar con la colaboración de un grupo multidisciplinario que no solo se quede en la parte de producción, sino ver también comercialización, hubo adopción, como fue afectada la comunidad, etc.

Como recomendación, pienso que debe haber un grupo de apoyo que además de mirar si se está cumpliendo con lo programado, pueda asesorar y ayudar a corregir y mejorar lo que se está haciendo en la práctica. Antes de comenzar la ejecución del proyecto, el investigador responsable y colaboradores deben conocer la metodología de investigación participativa que está desarrollando el CIAT en el Cauca con bastante éxito, sería necesario un curso de inducción.

Finalmente para la presentación de informes es necesario desde un comienzo que se diga como hacerlo, en que fechas entregarlos, para llevar organizadamente y a feliz término trabajo e informes.

14. ANALISIS DE IMPACTO

Para un análisis de impacto es necesario conocer cuantos productores han adoptado la tecnología generada; esta tecnología como afecta al productor, su familia y comunidad, la tecnología protege recursos naturales no renovables y renovables, protege el medio ambiente?, es rentable y hace uso de la mano de obra familiar o hay que contratar personal extra?, etc.