

CAPÍTULO 6

Conservación del Suelo Dedicado a la Yuca

Luis Fernando Cadavid L.*

Aspectos Generales

El cultivo de la yuca se considera rústico y de amplia adaptación a una gama de suelos, climas, además de soportar largos períodos de sequía. Se siembra en suelos con textura arenosa, hasta arcillosa, pasando por los francos y en altitudes desde el nivel del mar hasta los 1700 m, temperatura promedio de 24 °C y humedad relativa cercana al 72%.

El Cuadro 6-1 reseña las principales características químicas y físicas de los suelos donde se siembra yuca en Colombia. Como se observa, un alto porcentaje de estos suelos, que ocupan un área grande de nuestro territorio nacional, presentan bajos contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, B y Zn (Figura 6-1). Esto es una limitante para el desarrollo y crecimiento del



* Ingeniero agrónomo, M.Sc., Suelos, Sistemas de Producción de Yuca, CLAYUCA, Cali, Colombia.
E-mail: l.cadavid@cgiar.org

cultivo, de acuerdo con los niveles críticos de parámetros del suelo establecidos en el Capítulo 5.

Por lo regular, este cultivo se ha sembrado en áreas planas o en regiones con pendientes menores que 15%; sin embargo, por la presión del hombre sobre la tierra para producir alimentos, se han involucrado tierras de ladera para sembrar yuca y cambiar así su uso potencial. Según Cadavid L (1987-1990/97) y Howeler y Cadavid L (1984), el resultado ha sido desalentador al incrementarse la deforestación y, por ende, la pérdida de suelo por erosión (erosión hídrica o antrópica), pérdida de nutrientes del suelo por escorrentía y alta extracción por el cultivo (desgaste químico).

En las últimas décadas, la erosión del suelo ha aumentado alarmantemente, debido al mal uso de este recurso. Esta degradación de los suelos (tanto física como química, especialmente en ladera) producida por el hombre, ha causado una pobreza generalizada entre los habitantes del campo y, como consecuencia, se ha dado una masiva migración de esta población hacia las grandes ciudades, creándose así más cinturones de miseria (Cadavid L, 1990).

Colombia tiene 114,179,000 ha, de las cuales 49.5% presentan alguna forma de erosión, siendo las más críticas la moderada y la ligera. En 9,705,150 de estas hectáreas (8.52%), la situación del suelo es grave, quizá de difícil recuperación, según datos reseñados en el Cuadro 6-2 (IGAC, 1987, citado por Cobo, 1998).

Howeler (1986) indica que, según un estudio de las Naciones Unidas, en Colombia se pierden cada año 426 millones de toneladas de suelo, lo

Cuadro 6-1. Características químicas y físicas de los suelos donde se siembra yuca en Colombia.

Sitio	Depto.	pH 1:1	M.O. (%)	Al	Na	Ca	Mg	K	Sat. Al (%)	Sat. Na (%)	P	S	Zn (ppm)	B	Mn	CE ^a (mmhos/ cm)	Textura Bouyoucos ^b	DA (g/cm ³)
Nus	Antioquia	5.1	4.0	0.70	—	1.60	0.70	0.10	22.6	—	7.0	—	2.00	0.10	—	—	FARa	1.40
Luruaco	Atlántico	7.5	2.7	—	0.39	22.10	10.10	0.45	—	1.18	42.5	—	—	—	—	—	Ar	1.5
Malambo	Atlántico	6.2	0.6	—	0.17	1.67	1.00	0.06	—	5.86	4.2	—	—	—	—	—	A	—
Caloto	Cauca	5.7	10.4	—	—	21.40	12.00	0.20	—	3.0	3.0	—	—	—	—	—	Ar	—
S. de Quilichao	Cauca	4.3	8.1	2.73	—	1.95	0.82	0.22	47.7	—	10.5	—	2.40	0.46	—	—	Ar	1.00
Paz de Ariporo	Casanare	4.7	0.9	1.40	0.10	0.18	0.06	0.10	76.1	5.43	3.5	—	0.26	—	0.86	0.07	FA	1.50
Paz de Ariporo	Casanare	4.5	2.2	2.00	0.11	0.10	0.06	0.16	82.3	4.53	2.0	—	0.27	—	3.09	0.10	FA	1.50
Yopal	Casanare	4.5	1.9	3.70	0.10	1.40	0.90	0.20	58.7	1.58	97.0	1.5	4.90	0.10	—	F	—	—
Avapel	Córdoba	4.8	2.8	2.20	—	0.30	0.20	0.05	80.0	—	3.0	—	1.00	0.20	—	—	ArA	1.30
Ricaurte	C/marca	7.5	2.2	—	0.16	26.55	3.00	0.48	—	0.53	215.0	—	—	—	—	—	FARL	1.50
Armenia	Quindío	5.8	1.6	0.15	0.22	4.63	0.86	0.49	2.4	3.46	21.0	7.0	5.80	0.04	0.18	—	FA	1.40
Barragán	Quindío	5.6	2.9	0.18	0.10	4.50	1.40	0.45	2.7	1.50	36.0	9.0	16.0	0.01	—	—	FL	1.20
Montenegro	Quindío	5.5	2.1	0.08	0.28	3.17	0.86	0.83	1.5	5.36	30.0	8.0	7.00	0.10	0.25	—	FA	1.43
Villavicencio	Meta	4.7	4.6	2.86	—	0.49	0.17	0.13	78.4	—	11.8	—	0.30	—	—	—	Ar	1.30
La Tebaida	Quindío	6.0	1.1	—	0.09	5.10	2.36	0.59	—	1.11	9.0	0	7.70	0.01	0.41	—	FA	1.40
Montenegro	Quindío	5.5	0.7	0.12	0.09	4.45	1.11	0.74	1.8	1.38	26.0	3.0	0.30	0.01	0.50	—	FA	1.40
Candelaria	Valle	6.9	1.4	—	0.46	11.30	4.62	0.39	—	2.74	83.0	—	—	—	—	—	FARa	1.35
El Zulia	Norte de Sant.	6.3	2.9	—	—	0.77	1.70	0.60	—	—	108.0	—	2.60	—	—	—	ArA	—
El Zulia	Norte de Sant.	6.9	2.7	—	—	4.20	1.40	0.32	—	—	15.0	—	4.50	—	—	—	FARa	1.50
San Cayetano	Norte de Sant.	5.2	1.9	0.20	—	1.30	0.60	0.14	8.9	—	2.0	—	14.80	—	—	—	ArA	—
LQ1 CIAT	Valle	6.8	2.8	—	0.17	14.90	7.32	0.36	—	0.74	41.5	15.0	3.70	0.56	—	—	ArL	1.49
LN3 CIAT	Valle	6.9	6.1	—	0.17	9.21	7.60	0.85	—	0.95	79.0	35.5	—	0.62	—	—	FAR	1.60
Jamundi	Valle	4.7	6.0	1.59	—	3.24	0.71	0.39	26.8	—	6.3	127.4	3.20	0.49	—	—	Ar	1.10
B/bermeja	Santander	4.8	2.4	1.47	—	1.25	0.37	0.06	16.7	—	2.8	—	0.40	0.20	2.60	—	FARa	1.34
El Zulia	Norte de Sant.	6.1	1.0	—	0.08	2.50	0.42	0.13	—	2.56	5.0	5.0	2.10	0.32	27.30	—	FAR	1.35
LP3 CIAT	Valle	7.2	2.2	—	0.26	12.62	8.36	0.77	—	1.18	53.5	0.33	4.83	0.78	0.69	—	ArL	1.60
Jamundi	Valle	5.0	6.0	0.26	—	5.86	1.47	0.72	3.1	—	5.3	95.5	3.28	0.54	—	—	Ar	1.10
Buga	Valle	6.3	1.4	—	0.22	8.33	5.56	0.11	—	1.55	40.2	42.0	4.08	0.35	—	—	FAR	1.58
Caicedonia	Valle	5.5	2.6	0.21	—	5.42	0.74	0.38	3.1	—	49.8	46.2	9.47	0.39	—	—	FARa	1.35
Ortega	Tolima	7.4	1.4	—	0.23	19.90	4.10	0.56	—	0.93	44.9	—	0.70	—	52.6	—	FA	1.50
Purificación	Tolima	6.8	0.5	—	0.17	11.30	3.90	0.42	—	1.08	40.9	—	2.30	—	37.3	—	FA	1.50
Agua Azul	Casanare	5.5	0.8	0.09	1.09	3.76	1.21	0.46	1.4	16.5	47.0	15.0	6.60	0.03	41.0	0.42	FA	—
Sardinata	Norte de Sant.	5.1	1.8	0.40	—	0.90	0.40	0.08	22.5	—	18.0	—	—	—	36.2	—	FAR	1.35
Espinal	Tolima	6.0	0.3	—	0.33	4.50	1.10	0.17	—	5.40	23.3	—	0.10	—	—	—	FAR	1.40
Mondomo	Cauca	4.5	7.2	5.70	—	0.79	0.30	0.23	73.0	—	1.76	—	—	—	—	—	Ar	0.87
Pescador	Atlántico	4.6	8.5	3.10	—	0.47	0.15	0.11	81.0	—	3.10	—	—	—	—	—	Ar	—
Santo Tomás	Atlántico	5.8	1.5	—	—	1.43	0.41	0.11	—	—	—	—	—	—	—	—	Ar	—
Media Luna	Magdalena	6.1	0.2	—	—	0.87	0.28	0.05	—	—	8.3	—	—	—	—	—	A	1.50

a. CE = conductividad eléctrica.

b. A = arenoso, FA = franco arenoso, Ar = arcilloso, FAR = franco arcilloso, FARa = franco arcillo-arenoso, ArA = arcilloso arenoso, FARL = franco arcillo-limoso, ArL = arcilloso limoso.

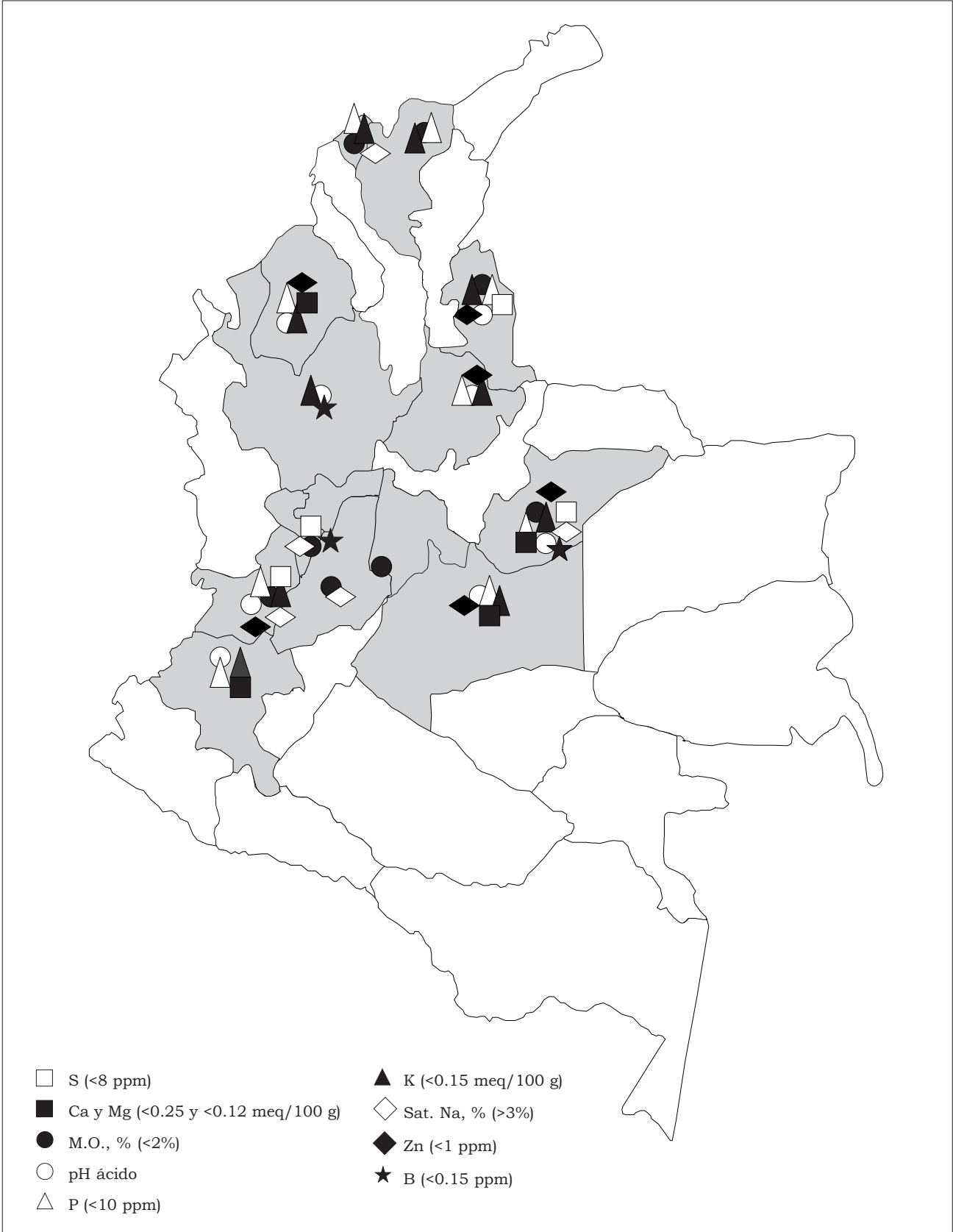


Figura 6-1. Problemas nutricionales del cultivo de la yuca por regiones en Colombia.

Cuadro 6-2. Registros de erosión en Colombia.

Intensidad	Intensidad actual de la erosión en Colombia	
	Area afectada (ha)	Relación con superficie del país (%)
Muy severa	829,575	0.73
Severa	8,875,575	7.79
Moderada	14,706,795	12.90
Ligera	26,337,546	23.11
Muy ligera	5,675,950	4.96
Sin erosión	55,508,310	48.53
Otras áreas ^a	2,259,049	1.98
Total	114,174,800	

a. Corresponden a ciénagas, pantanos, ríos y zonas urbanas.

FUENTE: Cobo, 1998.

que corresponde a 3.7 t/ha de superficie del territorio nacional. Un ejemplo lo tenemos en el alto Cauca, donde según Suárez (1984), citado por Cadavid L (1987-1990), de las 2,200,000 ha (área de jurisdicción de la CVC), 800,000 presentan problemas de erosión, y de ellas, 100,000 tienen erosión crítica de grado severo a muy severo (Cuadro 6-3).

Es importante resaltar que, en el país, un alto porcentaje de yuca está sembrado en la zona de ladera, en pendientes superiores a 15%, en suelos infértiles y con un manejo inadecuado. Por citar algunos casos, en la región de Mondomo, Pescador, San Antonio, al norte del Cauca; áreas de ladera del norte del Valle del Cauca; muchas zonas del Quindío, Risaralda, Tolima y Norte de Santander, se siembra yuca con el sistema actual de producción, o sea, monocultivo, dos o más siembras continuas y sin prácticas agronómicas de manejo.

Cuadro 6-3. Grados de erosión con la ecuación universal de pérdida de suelo.

Pérdida (t/ha por año)	Grado
10	1 muy débil
10 a 20	2 débil
20 a 100	3 moderado
100 a 300	4 alto
300	5 muy alto
	0 daño irreversible

FUENTE: Curiel (1986), citado por Cadavid L, 1987.

Exceptuando los suelos de Quindío, Risaralda y Norte de Santander, muchas de estas regiones presentan suelos con muy bajos contenidos de P, K, Ca, Mg, Zn (Cuadro 6-1), presentándose deficiencias especialmente de fósforo y potasio y, por ende, rendimientos por debajo de 10 t/ha, como lo indica la Figura 6-2 (Cadavid L, 1997). Allí se observa cómo el estado de erosión del suelo fue determinante en el rendimiento y que la sola aplicación de P no puede restablecer la productividad del suelo perdido por esta causa (Howeler, 1984).

Debido a prácticas inadecuadas de manejo del suelo y del cultivo de la yuca en un suelo clasificado como Inceptisol (Typic dystrandep) en Mondomo, Cauca, Colombia (Andosol en la reciente clasificación), se perdieron alrededor de 100 t/ha de suelo seco en una siembra de yuca que alternaba con caupí (*Vigna sinensis*), después de 10 meses, como se observa en la Figura 6-3 (Howeler, 1984, Cadavid L, 1990). También, en el mismo suelo, cuando la yuca se sembró en monocultivo y sin prácticas agronómicas de manejo, se perdieron alrededor de 40 t/ha de suelo seco en un ciclo de 10 meses (Figura 6-3).

El Cuadro 6-4 indica la pérdida de suelo, según su manejo, en un campo en Agua Blanca, Mondomo, Cauca, Colombia, sembrado con yuca (cv. CMC 92, Batata y Regional Amarilla) durante un ciclo de 14 meses. Como se observa,

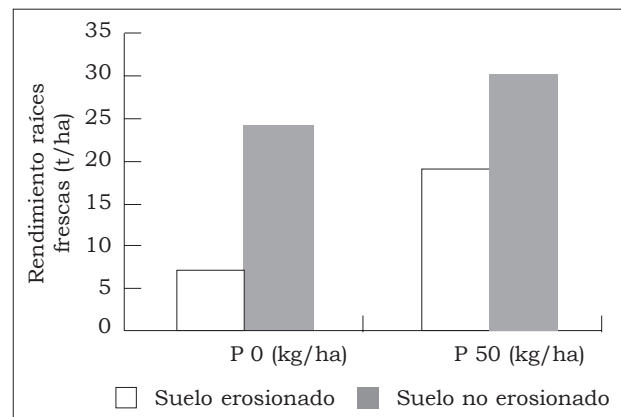


Figura 6-2. Efecto de la aplicación de P sobre la producción de yuca cv. CMC-92, en suelo erosionado y no erosionado en Mondomito, Cauca, Colombia.

FUENTE: Howeler y Cadavid L (1984), citados por Cadavid L, 1997.

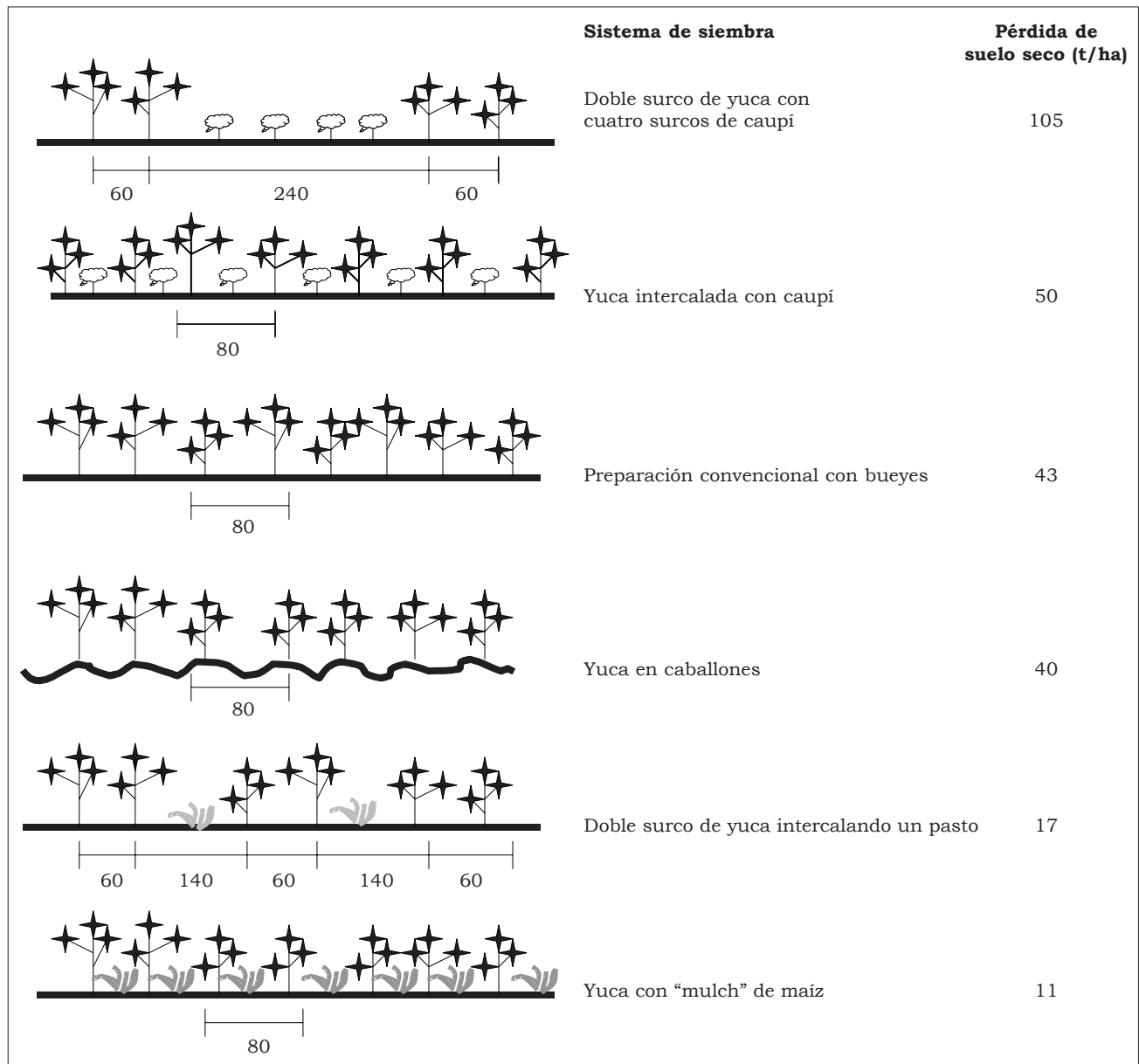


Figura 6-3. Efecto de varios sistemas de siembra de yuca, en Mondomito, en la pérdida de suelo por erosión durante 10 meses.

FUENTE: Howeler y Cadavid L, 1982.

las pérdidas de suelo son altas a medida que se intensifica la labor de preparación y se incrementan aún más cuando no se aplican fertilizantes.

Debido a estas y otras prácticas inadecuadas de uso y manejo del suelo, la región de Mondomo y otras similares en el territorio nacional, muestran síntomas de erosión hídrica, degradación química (alta extracción por el cultivo y escorrentía) y degradación biológica en grado severo (Figura 6-4).

Según estos resultados alarmantes, se ha demostrado que para que se forme 1 cm de suelo a partir de un material arenoso se requiere que transcurran de 200 a 400 años o 3000 a 12,000 años para que se desarrolle un suelo profundo, apto para ser cultivado (Ortiz, 1986). Sin embargo, es paradójico que en un lapso no mayor a 10 años, en un terreno con pendiente fuerte y sin ninguna práctica de conservación que lo proteja de la erosión, se pierda una capa hasta de 1 cm de espesor (Torres, 1981).

Cuadro 6-4. Rendimiento de yuca y cantidad total de suelo erosionado que recibe varias prácticas de conservación de suelo en Agua Blanca, Cauca, Colombia.

Tratamiento	Rendimiento ^a yuca (t/ha)	Suelo seco ^b erosionado (t/ha)
1. Preparación con bueyes; aplicación de cal, sin abono, siembra a 80 x 80 cm	6.9	35.9
2. Preparación con bueyes; aplicación de cal y abono, siembra a 80 x 80 cm	13.6	22.9
3. Preparación con bueyes; aplicación de cal y abono; aplicación de mulch de maíz; siembra a 80 x 80 cm	15.9	15.1
4. Preparación con azadón de franjas de 1 m con doble surco; 1 m sin preparar	15.6	14.1
5. Preparación con bueyes; doble surco: yuca alternando con 1 m de pasto imperial	15.8	19.8
6. Preparación con bueyes; doble surco: yuca alternando con 1 m de pasto <i>Brachiaria</i>	13.3	9.8
7. Sin preparación; siembra con barretón a 80 x 80 cm; aplicación de cal y abono	17.6	9.8

a. Promedio de tres variedades: CMC 92, Batata y Regional Amarilla.

b. Durante 14 meses entre siembra y cosecha de yuca.

FUENTE: Howeler, 1984.



Figura 6-4. Daño severo de erosión en la región de Mondomar, Cauca, Colombia.

FUENTE: Cadavid L, 1987.

Manejo Productivo de Suelos Dedicados al Cultivo de la Yuca

A pesar de las limitantes ya mencionadas, existen alternativas que pueden ser viables para recuperar, conservar y aumentar la fertilidad y productividad de los suelos dedicados al cultivo de la yuca, e incrementar el rendimiento en términos de raíces tuberosas, mayor calidad de éstas y material de siembra de excelente vigor.

Manejo de suelos de ladera

Con el actual manejo de los suelos de ladera destinados al cultivo de la yuca, los agricultores

obtienen rendimientos muy bajos y causan daños irreversibles al suelo por la alta tasa de erosión. Se sugiere intensificar el cultivo y volverlo más rentable al aumentar el rendimiento por hectárea; esto, a su vez, hace factible la reducción en el área de siembra y en los sistemas de preparación, dejando los suelos más pendientes en barbecho o para uso forestal (Howeler, 1984).

La idea es cambiar el esquema de agricultura migratoria o de subsistencia predominante en muchas áreas del trópico americano y llegar a una agricultura sostenible, más rentable y competitiva.

Para lograr este objetivo, el Cuadro 6-5 reseña algunas alternativas de manejo que pueden ser viables; están apoyadas en varios trabajos de investigación sobre el tema.

Efecto de la preparación del suelo

Por lo general se cree que para que el cultivo de la yuca tenga éxito en su germinación, crecimiento y desarrollo, es necesario el empleo indiscriminado de maquinaria agrícola (arados, rastrillos, rotovator) para roturar el suelo y dejarlo lo más suelto posible para la siembra. Esto proporciona consecuencias negativas no sólo en la estructura, agregación y compactación del suelo, sino que permite la posterior pérdida de suelo por erosión (Cadavid, 1987).

Cuadro 6-5. Prácticas para mejorar el manejo de suelos de ladera y aumentar los rendimientos del cultivo de la yuca.

1. Mejorar el material de siembra mediante selección y tratamiento de las estacas.
2. Reducción del área sembrada empleando mejores técnicas de cultivo y disminuyendo la siembra en pendientes fuertes.
3. Reducción en la preparación de la tierra (cero y mínima labranza).
4. Preparar el suelo y sembrar según curvas de nivel.
5. Uso de una fertilización adecuada.
6. Sembrar franjas de barreras vivas.
7. Cubrir el suelo con mulch de caña, de maíz o de las mismas malezas.
8. Siembra de abonos verdes e incorporación de los mismos.

En suelos con pendientes superiores a 10%, normalmente se emplea la yunta de bueyes y el azadón, pero por la presión que los agricultores ejercen sobre estas tierras para sembrar yuca, y su desconocimiento de técnicas adecuadas de manejo, se observan daños severos en la estructura y pérdida de materia orgánica y de nutrientes por erosión hídrica (Cuadros 6-6, 6-7 y 6-8).

Las pérdidas de suelo por erosión pueden disminuir si se reduce la intensidad de la labranza sin afectar significativamente la producción de yuca, y además, siguiendo curvas a nivel, dejando franjas sin preparar, preparando únicamente el sitio de siembra o sin labranza, tal como lo describen los Cuadros 6-9, 6-10 y la Figura 6-5 (Cadavid L, 1987-1990/95; Howeler, 1982/84).

La labranza cero y la mínima labranza son sistemas en los cuales las pérdidas de suelo por erosión son mínimas: pueden disminuir de 50 ó 100 t/ha de suelo seco a menos de 10 t/ha (Figura 6-3), el costo es menor y su implementación tiene una relación directa con la estructura del suelo y con el grado y la clase de cobertura vegetal (el contenido de materia orgánica es un factor importante); con el manejo anterior del suelo (por ejemplo, cantidad de abonos químicos y estiércol aplicado en siembras anteriores); con el grado de erosión, grupo o clase de suelo y su fertilidad natural y potencial; con el tipo y grado de malezas y con la variedad que se sembrará (Cadavid L, 1987-1990; Howeler, 1984).

Cuadro 6-6. Pérdida total de suelo seco (t/ha) por erosión después de sacar en esa tierra ocho especies durante el periodo (1989-93) en Sri Racha, Tailandia. El suelo es franco arenoso y tiene 7% de pendiente.

	Ciclos de cultivo (no.)	Primer período (28 meses)	Segundo período (22 meses)	Total (50 meses)
Yuca para producción de raíces	4	168.5 a	142.8 a	311.3
Yuca para producción de follaje	2	138.5 ab	68.8 b	207.3
Maíz	5	35.5 cd	28.5 d	64.0
Sorgo	5	46.1 cd	42.9 c	89.0
Maní	5	36.2 cd	37.6 cd	73.8
Frijol mango	6	55.3 cd	70.9 b	126.2
Piña ¹	2	21.3 d	31.4 cd	52.7
Caña de azúcar ²	2	94.0 bc	—	—
Prueba de F		**	**	
CV (%)		42.7	11.4	

1. El segundo ciclo es cultivo por retoño.
2. Solamente durante un segundo período de 28 meses.

FUENTE: Putthacharoen et al. (1998), citados por Howeler, 2001.

Cuadro 6-7. Nutrientes hallados en los sedimentos erosionados de lotes de yuca que recibieron diversos tratamientos, en Tailandia y en Colombia.

Sitio y tratamiento	Pérdida de suelo seco (t/ha por año)	Nutrientes perdidos (kg/ha por año)			
		N ^a	P ^b	K ^b	Mg ^b
Yuca, 7% de pendiente, en Sri Racha, Tailandia ^c	71.4	37.1	2.18	5.15	5.35
Yuca, 5% de pendiente, en Pluak, Daeng, Tailandia ^d	53.2	22.3	1.25	3.27	—
Yuca plantada, 7% al 13% de pendiente, en Quilichao, Colombia ^e	5.1	11.5	0.16	0.45	0.45
Yuca con cobertura de especie leguminosa, en Quilichao, Colombia ^e	10.6	24.0	0.24	0.97	0.81
Yuca con barreras de pasto, en Quilichao, Colombia ^e	2.7	5.8	0.06	0.22	0.24
Yuca plantada en una pendiente de 12% a 20%, en Mondomo, Colombia ^e	5.2	13.3	1.09	0.45	0.36
Yuca con cobertura de especie leguminosa, en Mondomo, Colombia ^e	2.7	6.5	0.04	0.24	0.20
Yuca con barreras de pasto en Mondomo, Colombia ^e	1.5	3.5	0.02	0.13	0.10

a. N total.

b. P disponible y K y Mg intercambiables.

FUENTES: c. Putthacharoen et al., 1998; d. Tongglum et al., 2000; e. Ruppenthal et al. (1997), citados en Howeler, 2001.

Cuadro 6-8. Efecto de dos tratamientos contrastantes de manejo (T₁ y T₂)^a del suelo y del cultivo, tanto en la escorrentía y las pérdidas de suelo por erosión como en los nutrientes perdidos en la escorrentía y en los sedimentos erosionados durante 2 años de cultivo de yuca en una pendiente de 7% a 13%, en Santander de Quilichao y de 13% a 20% en Mondomo, ambos sitios en Colombia, en los años agrícolas 1987-88 y 1988-89.

Variable o elemento	Santander de Quilichao				Mondomo			
	1987-88		1988-89		1987-88		1988-89	
	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂
Escorrentía (m ³ /ha)	950	1750	1400	2420	340	1470	540	1000
Nutrientes perdidos por escorrentía (kg/ha)								
P total	0.16	0.33	0.22	0.47	0.08	0.39	0.13	0.26
K total	1.49	2.79	1.58	3.08	0.61	3.26	1.47	3.96
Ca total	2.67	3.50	2.96	5.45	1.29	5.11	2.88	7.56
Mg total	0.43	0.58	0.30	0.75	0.14	1.22	0.20	1.01
Pérdida de suelo seco (t/ha)	3.00	30.40	5.10	68.00	1.50	33.80	2.60	12.60
Nutrientes perdidos en sedimentos erosionados (kg/ha)								
P de intercambio	0.08	0.41	0.07	1.12	0.01	0.44	0.03	0.18
K de intercambio	0.34	2.73	0.42	5.05	0.17	3.04	0.27	1.11
Ca de intercambio	4.08	32.83	6.94	73.44	2.58	31.10	4.47	11.59
Mg de intercambio	0.25	2.92	0.33	7.08	0.10	3.00	0.19	0.61

a. T₁ = yuca plantada siguiendo curvas de nivel; T₂ = yuca plantada en hileras que siguen la pendiente.

FUENTE: Adaptado de Reining (1992), citado por Howeler, 2001.

Efecto de las barreras vivas

Las barreras vivas son franjas o hileras de plantas permanentes, de crecimiento denso y que se siembran a través de la pendiente. El objetivo de éstas es disminuir la velocidad del

agua de escorrentía, evitando el arrastre del suelo y la consecuente pérdida de nutrientes.

Con este método se pretende reducir el área preparada a 50%. Un ejemplo es el caso de franjas de yuca sembradas en doble surco y de

Cuadro 6-9. Rendimiento de yuca y cantidad total de suelo erosionado aplicado varias prácticas de conservación de suelo en San Emigdio, Valle, Colombia.

Tratamiento	Rendimiento ^a de yuca (t/ha)	Suelo seco ^b erosionado (t/ha)
1. Preparación de todo el terreno con pica; aplicación de abono, siembra de yuca a 80 x 80 cm	24.1	3.2
2. Preparación con pica de franjas de 5 m sembradas con yuca a 80 x 80 cm, alternadas con franjas de 1 m sin preparar	20.1	2.0
3. Preparación con pica; aplicación de abono; siembra de dos surcos de yuca alternados con 1 surco de <i>Brachiaria humidicola</i>	9.7	2.6
4. Preparación con pica; aplicación de abono y 'mulch' de maíz; siembra a 80 x 80 cm	18.7	0.3
5. Preparación con pica; franjas de 1 m con doble surco de yuca, alternadas con 1 m sin preparar	30.5	2.2
6. Sin preparación y con abono; siembra con barretón a 80 x 80 cm	21.6	1.9
7. Preparación con poca aplicación de abono; siembra de dos surcos de yuca alternados con 1 surco de pasto imperial	18.9	1.7
8. Sin preparación y sin abono; siembra con barretón a 80 x 80 cm	6.5	2.4

a. Promedio de dos variedades.

b. Durante 13 meses entre la siembra y la cosecha de yuca.

FUENTE: García (1984), citado por Howeler, 1986.

Cuadro 6-10. Efecto del manejo del suelo en el rendimiento de yuca y en la pérdida de suelo por erosión, en la región de Mondomito, Cauca, Colombia, en un lote con pendiente de 30% (1985-86).

Sistemas de manejo	Pérdida de suelo seco ^a (t/ha)	Rendimiento (t/ha) del cultivar ^b			
		1	2	3	\bar{x}
Bueyes (un pase) sin abono	6.0	17.0	12.4	21.2	16.9
Bueyes (un pase) con abono	3.4	9.3	27.8	27.3	21.5
Franjas, alternadas con franjas sin preparar, con abono	1.2	7.1	4.8	17.2	9.7
Sin preparación, con abono	2.1	27.5	20.5	29.4	25.8
Bueyes, con abono, barrera de imperial	3.5	20.4	14.4	24.1	19.6
Franja de yuca, con abono, alternando con frijol	2.3	18.6	19.0	11.3	16.3

a. 13 meses después de la siembra.

b. 1 = Regional amarilla, 2 = Selección 40; 3 = CMC-92 (Algodona).

FUENTE: Cadavid L, 1987.

franjas de pasto nativo sin preparar. Se puede preparar también toda el área y se intercalan gramíneas o leguminosas en franjas de 1 ó 2 m, alternando con franjas de yuca sembradas en doble surco según las curvas de nivel y a través de la pendiente.

Las Figuras 6-6, 6-7, 6-8, 6-9 y 6-10 reseñan los resultados de investigaciones sobre el efecto de barreras vivas en la producción del cultivo de la yuca y sobre la pérdida de suelo por erosión en la región de Mondomito, Cauca, Colombia (suelos clasificados como Inceptisoles).

Como se puede observar, esta alternativa de manejo es adecuada y no perjudica el rendimiento del cultivo. Lo más importante es el manejo de la franja o hilera acompañante.

Imperial (*Axonopus scoparius*) y braquiaria (*B. decumbens* y *B. humidicola*) son pastos que, aunque compiten por luz, sus resultados como barrera son aceptables —y el rendimiento de la yuca intercalada es aceptable— comparados con King Grass (*Saccharum sinense*), que causó un descenso drástico en la producción.

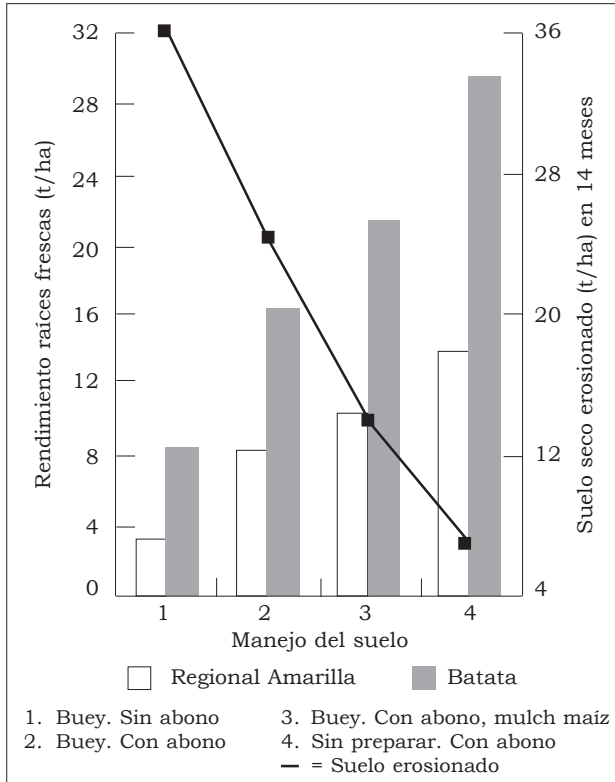


Figura 6-5. Efecto de la labranza del suelo y del abonamiento sobre el rendimiento de tres cultivares de yuca y sobre la pérdida del suelo, en un Inceptisol en Agua Blanca, Mondomo, Cauca, Colombia (45% de pendiente), en 1982-83.

FUENTE: Adaptada de Cadavid L (1990).

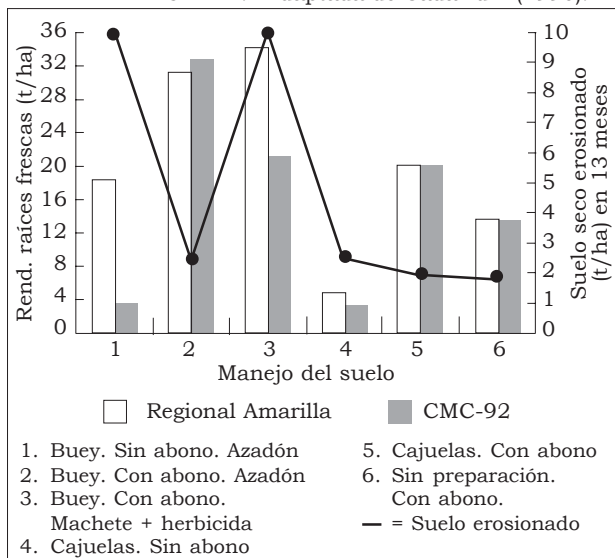


Figura 6-6. Efecto del método de preparación con deshierba y fertilización sobre el rendimiento de dos cultivares de yuca y sobre la pérdida de suelo por erosión, en Tres Quebradas, Mondomo, Cauca, Colombia (40% de pendiente), en 1985-86.

FUENTE: Cadavid L (1990).

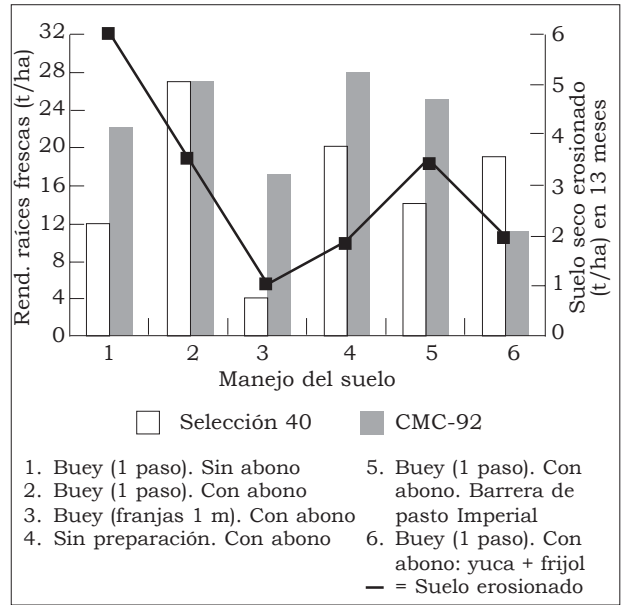


Figura 6-7. Efectos de diferentes prácticas agronómicas sobre el rendimiento de tres cultivares de yuca y sobre el suelo seco erosionado en un lote con 30% de pendiente, en Mondomito, Mondomo, Cauca, Colombia, en 1985-86.

FUENTE: Cadavid L (1987), citado por Cadavid L (1990).

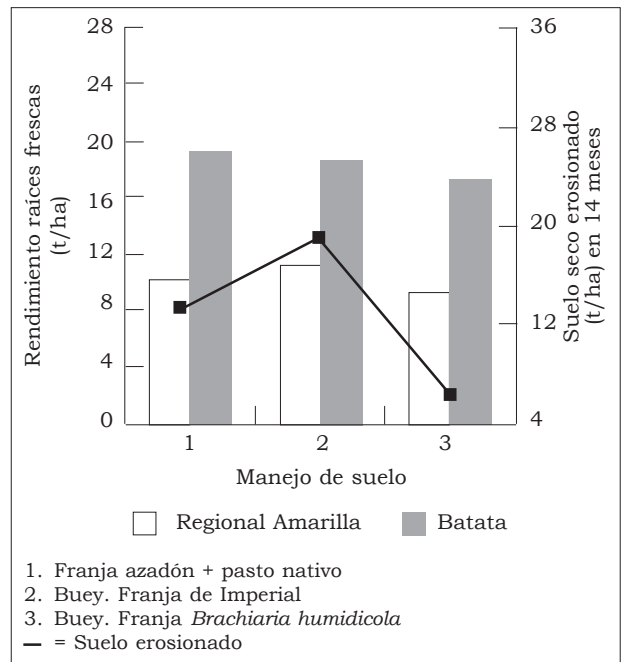


Figura 6-8. Efecto de barreras vivas en el rendimiento de tres cultivares de yuca y en la pérdida de suelo en un Inceptisol de Agua Blanca, Mondomo, Cauca, Colombia (45% de pendiente), en 1982-83.

FUENTE: Adaptada de Cadavid L (1990).

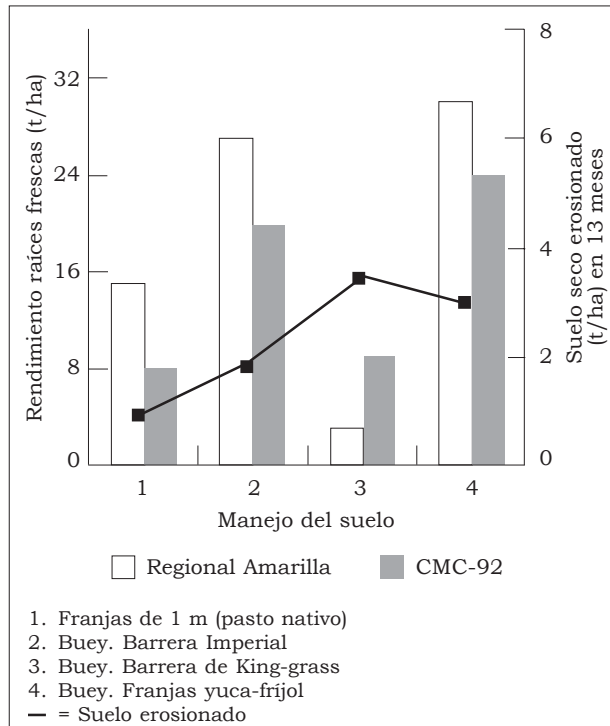


Figura 6-9. Efecto de las barreras vivas y de los cultivos asociados en el rendimiento de dos cultivares de yuca y en la pérdida de suelo por erosión en la región de Tres Quebradas, Mondomo (Cauca, Colombia), 40% pendiente en 1985-86.

FUENTE: Cadavid L (1990).



Figura 6-10. Yuca que alterna con franjas de *Brachiaria humidicola* en la región de Mondomo, Cauca, Colombia.

FUENTE: Cadavid L (1987).

Las franjas de yuca que alternan con franjas de pasto nativo (*Pennisetum* sp., *Pennisetum purpureum*, *Paspalum notatum*) son una alternativa intermedia, pero hay que controlar

su agresividad y competitividad. Otras plantas aconsejables para formar barreras vivas son: vetiver (*Vetiveria zizanioides* Nash), limoncillo (*Cymbopogon citratus*) y citronella (*C. winterianus*), según Ruppenthal, 1995 (Cuadro 6-11).

Efecto de la fertilización

Sin lugar a dudas, ésta es una de las prácticas agronómicas de manejo que más impacto tiene sobre la fertilidad y productividad de un suelo y sobre los rendimientos del cultivo de la yuca.

Howeler (1986-2001) y Cadavid (1987-1997) indican que la fertilización de este cultivo no sólo aumenta el rendimiento, sino que produce plantas más vigorosas y con mayor área foliar. Con ello se protege el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia y se disminuye el riesgo de erosión (ver Cuadro 5-19 y Figura 5-11).

Este tema ya se trató ampliamente en el Capítulo 5.

Efecto de coberturas muertas o 'mulch'

Howeler (1984; 1986) y Cadavid (1987; 1990; 1997) reportan que la protección del suelo contra el impacto de la lluvia también se consigue con la aplicación de 'mulch' o cobertura vegetal muerta, como rastrojo de maíz, pasto, frijol, paja de arroz, hojas de plátano, etc.

El mulch, a través del tiempo, suministra nutrientes, aumenta la humedad del suelo, disminuye la temperatura del mismo, aumenta la actividad de la macrofauna (lombrices) y mejora la tasa de infiltración del agua. Este efecto benéfico sobre el suelo y el cultivo se observa en los Cuadros 6-9 y 6-12 y en la Figura 6-5.

Según Cadavid (1990; 1997), es un sistema mixto que permite excelentes rendimientos de la yuca y disminuye los riesgos de erosión de 60% a 70%, pero puede tener dos serios inconvenientes: (1) si no se maneja bien el 'mulch', los rendimientos son bajos, y (2) es un método que puede ser costoso por el transporte del 'mulch', a no ser que se disponga de él en la finca (ejemplo, residuos de maíz o de frijol o las mismas malezas como brachiaria o guinea).

Cuadro 6-11. Rendimiento en raíces frescas de algunos sistemas de cultivo de la yuca en Santander de Quilichao y en Mondomo durante los primeros 4 a 5 años del experimento¹.

Sistema de cultivo	Rendimiento (t/ha) en:						
	Quilichao ² en periodo:				Mondomo ² en periodo:		
	1987-89 ³	1989-90 ⁴	1990-91	1991-92	1988-89 ⁵	1990-91	1991-92
Monocultivo							
En curvas de nivel	30.7 a	28.4	35.6 a	23.3 a	15.3 a	15.4 abc	13.4 a
En surcos con la pendiente	28.3 a	—	—	—	15.4 a	—	—
En terreno plano	31.9 a	28.5	35.7 a	22.7 ab	19.7 a	18.4 a	13.5 a
Labranza mínima	7.7 c	—	—	—	15.7 a	—	—
Con residuos (mulch)	—	30.9	—	—	—	—	—
Con barreras de pasto							
Yuca + <i>V. zizanioides</i>	—	—	28.6 a ⁶	23.5 a	—	12.4 bc	12.2 a
Yuca + <i>P. purpureum</i>	30.2 a ⁷	24.4	23.6 a	16.2 ab	18.2 a	12.8 abc	11.0 a

- Entre los valores que llevan letras iguales, en una misma columna, no hay diferencia significativa.
- En los periodos de cultivo de 1990-91 y 1991-92, la yuca se cosechó a los 11 meses de edad en Quilichao y a 8 y 9 meses en Mondomo.
- Media de dos periodos de cultivo. Se plantó la variedad de yuca CM 523-07 (Reining, 1992).
- Información recibida de L.F. Cadavid, investigador del CIAT, desde Santander de Quilichao, Colombia. Se plantó la variedad de yuca CM 507-37.
- De la variedad de yuca MCOL 1522 (Algodona). Datos de Reining, 1992.
- Yuca de 10 meses de edad.
- Sólo en los 2 primeros años; se sembró *Paspalum notatum* como barrera de pasto siguiendo las curvas del nivel.

FUENTE: Ruppenthal, 1995.

Cuadro 6-12. Efecto de “mulch” de varios pastos y leguminosas sobre el rendimiento del maíz, soya, caupí y yuca en un Alfisol en Nigeria.

Mulch	Rendimiento (t/ha)			
	Maíz	Soya	Caupí	Yuca
Testigo sin “mulch”	2.1	0.51	0.43	8.0
<i>Panicum maximum</i>	1.7	0.50	0.62	3.5
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	3.8	1.14	1.04	17.4
<i>Melinis minutiflora</i>	3.4	0.77	0.87	18.8
<i>Centrosema pubescens</i>	3.7	0.75	0.76	15.0
<i>Pueraria phaseoloides</i>	3.4	0.80	0.79	19.5
<i>Stylosanthes guianensis</i>	3.1	0.91	0.67	19.8

FUENTE: Lal et al. (1981), citados por Howeler, 1986.

Manejo de suelos planos

Preparación del suelo y coberturas muertas

Hulugalle et al., 1987 (citados en Cadavid L et al., 1993) reseñan que la literatura sobre el sistema óptimo de labranza en el cultivo de la yuca es escasa, ya que se han realizado pocos estudios al respecto.

Según Cadavid L et al. (1993), un alto porcentaje de suelos del trópico presentan baja

fertilidad, caracterizada por suelos muy ácidos con bajos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio; además, existen condiciones físicas indeseables, caracterizadas por un pobre drenaje, baja capacidad de retención de agua, alta temperatura del suelo y tasa de infiltración rápida. A estos factores adversos se agrega la pérdida de nutrientes por escorrentía y lixiviación por erosión hídrica y eólica, y por alta compactación causadas por un mal manejo del suelo, como ya se comentó anteriormente.

Se han realizado pocas investigaciones sobre el sistema óptimo de labranza en yuca. Sin embargo, algunas experiencias en diferentes clases de suelo en Africa y otras regiones tropicales han sido reportadas en los últimos 13 años y pueden servir como ejemplo en los diferentes suelos donde se siembra yuca en Colombia.

En un estudio realizado en un suelo arcilloso (Typic paleodult) y muy meteorizado, en el sudeste de Nigeria, el cultivo de la yuca fue afectado por la labranza y el tiempo, según Gnahoua y Kabrah (1988). En el primer año de siembra, la labranza convencional (subsolar-rastrillar-arar) incrementó el rendimiento en

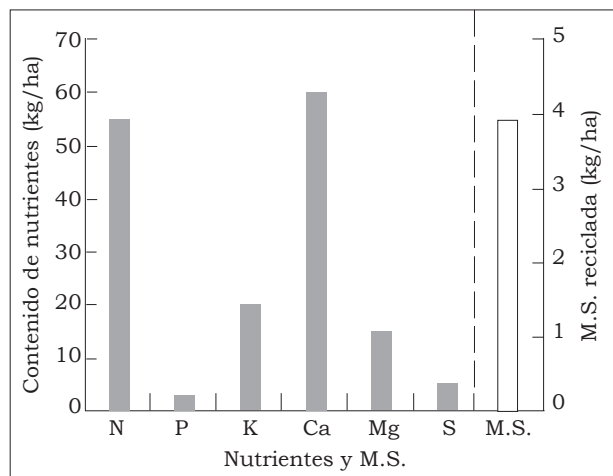


Figura 6-11. Reciclaje de nutrientes (hojas y peciolas caídos) a los 10 meses después de la siembra en plantas de yuca fertilizadas (cv. CM 523-7) en un suelo de Santander de Quilichao, Cauca, Colombia.

FUENTE: Cadavid L (1988).

10 t/ha al compararlo con cero labranza (28.6 y 18.6 t/ha, respectivamente).

Es importante resaltar que, en el mismo estudio, los autores reseñan que después de 4 años consecutivos, el efecto positivo de la labranza convencional desapareció y, como resultado, disminuyó el rendimiento (28.6 a 16.8 t/ha), mientras que sin labranza el rendimiento se mantuvo constante (alrededor de 18 t/ha).

En un Ultisol ácido e infértil (Typic paleudult) de Nigeria, Hulugalle et al. (1990), citados en Cadavid L et al. (1995), estudiaron el efecto de la labranza, la cobertura sobre las propiedades del suelo y el rendimiento de la yuca durante 5 años consecutivos. Encontraron que los niveles de K, Ca y Mg intercambiable fueron superiores con la cobertura; el rendimiento se incrementó con la aplicación de mulch, pero no con la labranza.

Hulugalle et al. (1985) y Wade y Sánchez, (1982), citados en Cadavid L et al. (1993) reseñan que, en Ultisoles del trópico y sin fertilización química, los rendimientos de los cultivos pueden aumentar cuando se combina la labranza y la aplicación de mulch al incrementarse la absorción de nutrientes, especialmente de potasio; también minimizan el encostramiento del suelo, reducen la temperatura del mismo y

mejoran la infiltración del agua, dando mayor protección al suelo.

Según la FAO, en un suelo arenoso, clasificado como Cambic arenosol y sembrado por 8 años consecutivos con yuca en Media Luna, Magdalena, Colombia, el empleo de 'mulch' y el método de preparación tuvieron un efecto benéfico, altamente significativo sobre la fertilidad y productividad del suelo y sobre el rendimiento del cultivo de la yuca (Cadavid L et al., 1993-95; 1998).

Los Cuadros 6-13, 6-14, 6-15 y la Figura 6-11 reseñan estos resultados (ver también el Cuadro 5-23).

Efecto de abonos verdes

Los abonos verdes son cultivos, generalmente de leguminosas, que se siembran y antes de su floración son incorporados al suelo, con el fin de mejorarlo química y físicamente.

Algunas leguminosas constituyen el mejor abono verde ya que, al ser incorporadas, incrementan la cantidad de materia orgánica y de nitrógeno asimilable en el suelo.

Según Cadavid L (1995) y Howeler et al. (2000a), se establecieron varios ensayos en Santander de Quilichao (Cauca) y en Media Luna (Magdalena), Colombia, durante varios años, con resultados altamente significativos, según lo indican los Cuadros 6-16 a 6-21 y la Figura 6-12, donde se comprueban los efectos benéficos de los abonos verdes en el cultivo de la yuca.

El empleo de materiales verdes incorporados al suelo es una excelente alternativa para mejorar las condiciones químico-físicas de los suelos dedicados a la siembra de yuca; materiales como Zornia, Kudzú, Centrosema, Desmodium, Guandul, Maní, Indigofera (ver Cuadro 6-16), *Sesbania rostrata* y *Crotalaria juncea*, se deben seleccionar para este propósito, aunque con un incremento de peso seco en cada uno de ellos.

También se debe buscar la posibilidad de establecer bancos de abono verde sembrando áreas pequeñas para este propósito, con materiales que resistan varios cortes para tal fin.

Cuadro 6-13. Efecto de labranza, mulch y abonamiento químico en las características químicas de un suelo arenoso en Pivijay, Magdalena, Colombia, durante un período de 6 años.

Manejo	Con 330 kg/ha de 15-15-15						Sin fertilización química						Tiempo
	M.O. (%)	pH (1:1)	P (ppm) Bray II	Ca (meq/100 g suelo)	Mg (meq/100 g suelo)	K (meq/100 g suelo)	M.O. (%)	pH (1:1)	P (ppm) Bray II	Ca (meq/100 g suelo)	Mg (meq/100 g suelo)	K (meq/100 g suelo)	
Suelo antes de manejo ^a	—	—	—	—	—	—	0.18	6.10	8.38	0.87	0.28	0.05	1988-89
Manejo convencional	1.20	5.40	18.88	0.34	0.08	0.05	1.10	5.35	8.25	0.34	0.07	0.04	1993-94
Manejo convencional + mulch	1.33	6.25	23.43	0.79	0.38	0.13	1.45	6.50	13.65	0.86	0.49	0.17	
Manejo cero labranza	1.05	5.53	17.30	0.36	0.08	0.05	1.08	5.30	9.43	0.36	0.07	0.04	
Manejo cero labranza + mulch	1.48	6.28	27.03	0.77	0.45	0.16	1.45	6.43	14.50	0.80	0.46	0.16	

a. Cultivo anterior: yuca, maíz y ajonjolí.

FUENTE: Cadavid L et al., 1995.

Cuadro 6-14. Respuesta, en promedio, de la biomasa aérea, del rendimiento y del contenido de M.S. de la yuca (en 8 años de pruebas) y del HCN total de las raíces (en 5 años de pruebas) a las siguientes prácticas del cultivo: 'mulch' de residuo vegetal en la superficie, fertilización y labranza, en suelos arenosos del norte de Colombia. Ensayo en las fincas iniciado en 1988-89 en Media Luna, Magdalena, Colombia.

Tratamiento principal	Con fertilización ^a						Sin fertilización					
	Rend. raíces ^b (P.S., t/ha)	Biomasa aérea (P.S., t/ha)	Raíces raíces ^b (M.S.,%)	HCN en raíz aérea (P.S., mg/kg)	Rend. raíces ^b (P.S., t/ha)	Biomasa aérea (P.S., t/ha)	Raíces raíces ^b (M.S.,%)	HCN en raíz aérea (P.S., mg/kg)	Rend. raíces ^b (P.S., t/ha)	Biomasa aérea (P.S., t/ha)	Raíces raíces ^b (M.S.,%)	HCN en raíz aérea (P.S., mg/kg)
Labranza convencional	5.51	3.18	30.2	158	2.19	1.43	30.1	227	4.66	2.93	30.6	149
Labr. convencional + mulch	5.92	3.98	30.9	146	1.93	1.43	29.2	224	4.66	2.95	30.4	158
Ninguna labranza	4.42	2.77	29.5	150	3.36	2.19	30.1	189	1.93	1.43	30.4	158
Ninguna labranza + mulch	6.11	3.85	31.0	140	4.66	2.19	30.1	189	4.66	2.19	30.1	189
Promedio	5.49	3.45	30.4	148	3.36	2.19	30.1	189	3.36	2.19	30.1	189
LSD 5% Duncan ^d	0.26	0.31	NS ^c	12	0.35	0.49	0.77	0.32	0.35	0.49	0.77	0.32
LSD 5% Duncan ^e	0.77	0.68	0.88	18	0.35	0.49	0.77	0.32	0.35	0.49	0.77	0.32

a. Se aplicaron dosis iguales (por tratamiento) de N, P y K (50, 21 y 41 kg/ha, respectivamente), a los 30 y los 60 días después de plantar la yuca.

b. P.S. = peso seco; M.S. = materia seca.

c. NS = no es significativo el dato al nivel de probabilidad del 5%.

d. Comparación entre tratamientos de fertilización.

e. Comparación entre medios de tratamientos de fertilización.

FUENTE: Cadavid L et al., 1998.

Cuadro 6-15. Respuesta, en promedio, del contenido de nutrientes del suelo (en 4 años: 1993 a 1996) a las siguientes prácticas del cultivo: 'mulch' de residuo vegetal en la superficie, fertilización y labranza, en suelos arenosos del norte de Colombia. Ensayo en las fincas iniciado en 1988-89, en Media Luna, Magdalena, Colombia.

Tratamiento principal	Con fertilización ^a					Sin fertilización						
	C (mol/kg de S.S.) ^b	P	K	Ca	Mg	pH suelo	C (mol/kg de S.S.) ^b	P	K	Ca	Mg	pH suelo
Labranza convencional	0.54	0.56	0.49	1.85	0.46	4.99	0.50	0.22	0.37	1.78	0.43	4.91
Labranza convencional + mulch	0.62	0.68	1.14	3.64	1.70	5.76	0.69	0.37	1.36	3.85	2.04	5.93
Ninguna labranza	0.52	0.50	0.41	1.79	0.42	5.01	0.56	0.26	0.38	1.71	0.37	4.87
Ninguna labranza + mulch	0.67	0.65	1.25	3.62	1.85	5.73	0.66	0.40	1.41	3.57	1.97	5.89
Promedio	0.59	0.60	0.83	2.73	1.11	5.37	0.60	0.31	0.88	2.73	1.20	5.40
LSD 5% Tukey ^d	NS ^c	0.04	NS	NS	NS	NS						
LSD 5% Tukey ^e	0.14	NS	0.14	0.89	0.25	0.31	0.06	0.08	0.30	1.01	0.39	0.36

a. Se aplicaron dosis iguales (por tratamiento) de N, P y K (50, 21 y 41 kg/ha, respectivamente), a los 30 y a los 60 días después de plantar yuca.

b. S.S. = suelo seco.

c. NS = no es significativo al nivel de probabilidad del 5%.

d. Comparación entre tratamientos de fertilización.

e. Comparación entre medios de tratamientos de fertilización.

FUENTE: Cadavid L et al., 1998.

Cuadro 6-16. Contenido de nutrientes de ocho leguminosas incorporadas en un suelo agotado de Santander de Quilichao, Cauca, Colombia. (Corregido y adaptado de Cadavid L, 1987).

Leguminosas	Concentración (%)			Cantidad (kg/ha) aportada al suelo de: ^d					
	N	P	K	P.S. (t/ha)	NT	NF	NA	P	K
<i>Stylobium</i> spp. ^a	2.16	0.24	1.10	2.0	43.2	28.0	15.2	4.8	22.0
<i>Zornia latifolia</i> 728	1.65	0.22	0.78	0.6	9.9	8.4	1.5	1.3	4.7
<i>Centrosema pubescens</i> 438	3.50	0.21	1.25	0.9	31.5	12.6	18.9	1.9	11.3
<i>Cajanus cajan</i> ^b	1.48	0.20	0.55	2.0	29.5	28.0	1.6	4.0	11.0
Maní ICA tatui	1.74	0.15	0.87	1.8	31.3	25.2	6.1	2.7	15.7
Caupí TVX 1193-059 D	1.29	0.18	0.98	0.5	6.5	7.0	-0.5	0.9	4.9
<i>Indigofera hirsuta</i> 700	1.93	0.20	0.70	1.9	36.7	26.6	10.1	3.8	13.3
<i>Pueraria phaseoloides</i> ^c	2.27	0.37	1.60	1.0	22.7	14.0	8.7	3.7	16.0

a. Terciopelo negro.

b. Guandul.

c. Kudzú.

d. P.S. = peso seco; NT = nitrógeno total; NF = nitrógeno fijado en el Humus (Torres, 1981); NA = nitrógeno aprovechable (NT-NF, según Torres, 1981).

FUENTE: Cadavid L, 1995.

Cuadro 6-17. Efecto del abono verde sobre el rendimiento (raíces frescas, t/ha) de dos cultivares de yuca en un suelo agotado de Santander de Quilichao, Cauca, Colombia, durante 2 años consecutivos (1983-84 y 1984-85).

Tratamiento	Peso raíces (t/ha)			
	MCOL 1684		CM 91-3	
	1er ciclo	2o. ciclo	1er ciclo	2o. ciclo
Sin abono verde	16.9	13.6	16.5	10.3
Terciopelo	19.9	19.0	18.4	17.0
Zornia	24.1	22.3	23.7	14.2
Centrosema	25.2	15.2	20.5	12.2
Guandul	28.6	18.8	25.4	12.0
Maní	29.4	24.6	29.6	15.6
Caupí	19.0	19.5	15.0	11.4
Indigofera	25.7	12.7	27.6	9.5
Kudzú	26.9	13.8	30.5	11.5

FUENTE: Cadavid L, 1995.

En un suelo de Santander de Quilichao, Cauca, Colombia, se estableció un ensayo para probar el efecto de varios cortes en varias leguminosas y en una gramínea forrajera, y observar su persistencia a través del tiempo, con el fin de evaluar su calidad como abono verde en el cultivo de la yuca (Cuadro 6-21).

Las conclusiones del ensayo pueden resumirse así:

1. La mayor parte de estos materiales se adaptan a condiciones de acidez del suelo y fueron probados en varios ensayos (ya reseñados) como abonos verdes.
2. El maní y el caupí no permiten varios cortes (uno solo), aunque el maní, por su alto contenido de nutrientes, se recomienda como abono verde.
3. La mayoría de estos materiales tienen una concentración de nutrientes de media a alta y su aporte en peso seco al suelo es bueno al igual que su persistencia, ya que resisten varios cortes; se destacan especialmente Indigofera, Kudzú, Zornia, Braquiaria, y los géneros *Stylosanthes*, *Codariocalyx*, *Desmodium* y *Stylobium*.

Con este estudio y dados los beneficios reportados en el cultivo de la yuca, se concluye que es recomendable esta práctica de manejo y que es necesario validar esta tecnología para hacer un mejor uso del recurso suelo (Cadavid L, 1995; Howeler et al., 2000).

Cuadro 6-18. Peso seco (P.S.) y contenido de nutrientes (kg/ha) de abonos verdes incorporados en un suelo agotado de Santander de Quilichao, Cauca, Colombia^a.

Abono verde incorporado	P.S. (t/ha)	Cantidad (kg/ha) del nutriente aportada al suelo							
		NT	NF	NA	P	K	Ca	Mg	S
<i>Zornia latifolia</i>	2.83	63.4	39.5	23.9	4.2	23.2	16.4	8.8	5.7
<i>Pueraria phaseoloides</i>	2.68	84.4	37.5	46.9	5.6	36.7	18.5	8.3	5.6
<i>Arachis pintoi</i>	1.30	30.4	18.2	12.2	2.2	11.3	21.8	8.5	3.1
<i>Macroptilium glabre</i>	1.28	40.8	17.9	22.9	2.8	16.1	10.1	4.7	2.7
<i>Centrosema acutifolium</i>	2.70	75.6	37.8	37.8	4.6	28.1	19.7	6.8	6.2
<i>Desmodium ovalifolium</i>	3.00	50.4	42.0	8.4	4.2	22.5	18.9	8.4	5.4
<i>Paspalum</i> sp.	3.50 ^b	39.2	49.0	-9.8	4.9	21.7	16.1	3.9	3.2

a. Abonos verdes sembrados en el mismo lote agotado y con permanencia en el suelo por 2 años consecutivos; después se incorporaron y a los 6 meses se sembró la yuca (CM 507-37). NT = nitrógeno total; N = nitrógeno fijado en el Humus (Torres, 1981); NA = nitrógeno aprovechable por la planta.

b. Varios cortes en el sitio.

FUENTE: Cadavid L, 1995.

Reciclaje de Nutrientes

La yuca extrae del suelo grandes cantidades de nitrógeno, potasio y calcio, lo que indica que dentro de la planta se reciclan grandes cantidades de estos nutrientes a través de todo su ciclo de crecimiento.

Según el CIAT, esto se traduce en que en un cultivo de ciclo de crecimiento largo como la yuca existe la posibilidad, no solamente de que los nutrientes sean reciclados dentro de la planta, sino que grandes cantidades de ellos vuelvan al suelo y luego sean tomados nuevamente por el cultivo; esto último se obtiene, en parte, por las hojas y los pecíolos caídos durante el ciclo de crecimiento.

La yuca, en promedio, comienza a perder sus hojas a partir del tercer mes después de la siembra y lo hace progresivamente hasta que termina su ciclo de desarrollo, en el cual la planta pierde más de 80% de su área foliar.

En la Figura 6-11 se indica cómo la fertilización química ejerce un efecto altamente benéfico sobre la producción de hojas y pecíolos caídos.

La producción de biomasa que puede ser reciclada por esta vía, corresponde aproximadamente a 8% y 9% del rendimiento final (toda la planta) para las plantas con o sin fertilización química, respectivamente.

La Figura 6-11 consigna el contenido medio de nutrientes en hojas y pecíolos caídos del cv. CM 523-7 en un suelo de Quilichao, Cauca, durante 10 meses de crecimiento.

Los nutrientes que más aportan a estos órganos de la planta son el Ca y el N. El Mg y el K contribuyen con un contenido intermedio, mientras que el aporte más pobre viene del S y del P, como se indica en la Figura 6-11.

En sí, la sola acumulación de nutrientes en estos dos órganos representa recuperar una pérdida altísima de nutrientes del suelo; sería difícil de recuperar si no se hiciera una adecuada fertilización de mantenimiento.

Está claro, sin embargo, que nunca en la cosecha final se tiene en cuenta el aporte de todos los nutrientes acumulados en hojas y pecíolos caídos en el ciclo de desarrollo, y en hojas y pecíolos aportados por la planta en la cosecha, los cuales, al ser devueltos al suelo, contribuyen con un aporte de nutrientes para el suelo y la misma planta mediante el reciclaje.

Howeler y Cadavid L (1983) escriben que una buena parte del N removido del suelo puede retornar al mismo suelo con la incorporación de hojas y tallos. CIAT (1981) afirma que cantidades considerables de este nutriente son devueltas al suelo por hojas caídas durante el ciclo de crecimiento de la yuca.

El aprovechamiento de este material muerto (mulch) y los nutrientes que aporta están

Cuadro 6-19. Producción de M.S. de diversos abonos verdes (AV) y efecto que causa su incorporación en el suelo y en el rendimiento de la yuca (cv. MCOL 1684) cultivada con aplicaciones de fertilizantes químicos¹ o sin ellas, en la estación CIAT-Quilichao, en los años agrícolas 1983-84 y 1984-85.

Tratamiento de abono verde	M.S. del AV (t/ha)	Fertilidad del suelo en 1983 ²				Fertilidad el suelo en 1984 ³				Rendimiento (t/ha) de raíces frescas ⁴			
		pH	M.O. (%)	P (ppm)	K (meq/100 g)	P (ppm)	K (meq/100 g)	1983-84		1984-85			
								Sin fert.	Con fert.	Sin fert.	Con fert.		
1. Sin AV	—	4.1	5.5	3.8	0.10	3.6	0.08	16.9 c ⁶	31.9 abcd	13.6 b	31.4 bcd		
2. Caupi	0.45 ⁵	4.0	5.5	5.2	0.12	5.5	0.08	18.9 bc	26.5 cd	19.5 ab	32.2 abcd		
3. Maní	1.75 ⁵	4.1	5.9	5.1	0.14	6.2	0.09	29.3 a	39.0 a	24.6 a	30.0 cd		
4. Guandul	1.95	4.1	6.0	4.6	0.13	6.6	0.07	28.6	33.8 abc	18.8 ab	38.9 a		
5. Frijol terciopelo	1.95	4.1	5.6	5.5	0.12	5.8	0.08	19.9 bc	23.6 d	18.9 ab	31.9 abcd		
6. <i>Zornia latifolia</i>	0.55	4.1	5.6	5.2	0.12	5.1	0.07	24.1 abc	41.1 a	22.3 ab	28.6 d		
7. <i>Centrosema pubescens</i>	0.90	4.1	5.9	4.6	0.11	5.9	0.08	25.1 abc	36.7 ab	15.2 ab	40.0 a		
8. <i>Indigofera hirsuta</i>	1.90	4.1	5.8	5.5	0.13	6.7	0.08	25.7 ab	29.7 bcd	12.6 b	34.8 abcd		
9. <i>Pueraria phaseoloides</i>	1.00	4.1	5.6	7.7	0.15	5.4	0.08	26.9 ab	40.4 a	13.7 b	37.3 abc		
Promedio								23.9 b	33.6 a	17.7 b	33.9 a		
Prueba de F:								Efecto del fert. **	**	Efecto del fert. *	*		
								Efecto del AV **	**	Efecto del AV	NS		
								Fert. × AV	NS	Fert. × AV	**		

1. Aplicación: 500 kg/ha del fertilizante 10-30-10 (N-P₂O₅-K₂O) en los dos cultivos de yuca. M.S. = materia seca. M.O. = materia orgánica.
2. Antes de plantar el primer cultivo de yuca en 1983. Promedio de tratamientos con fertilización y sin ella.
3. Antes de plantar un segundo cultivo de yuca en 1984. Promedio de tratamientos con fertilización y sin ella.
4. No hay diferencia significativa entre los datos seguidos por una misma letra, según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5%; fert. = fertilización.
5. Efecto residual de los abonos verdes sembrados en 1983 en el rendimiento de la yuca obtenida en 1984-85.
6. Rendimiento adicional: 520 kg/ha de maní y 420 kg/ha de guandul (medido como grano seco sin vainas).

FUENTE: Howeler et al., 2000.

Cuadro 6-20. Producción de M.S. de algunos abonos verdes nativos y su efecto de cobertura del suelo ('mulching'), EM, en la fertilidad del suelo y en el rendimiento de la yuca (cv. MVEN 25), cultivada con aplicación de fertilizantes y sin ella en un suelo arenoso de Media Luna, en la costa norte de Colombia, en 1984-85.

Tratamiento de abono verde	M.S. del abono verde (t/ha)	EM al momento de plantar la yuca, en:				EM 2 meses después de plantar la yuca, en:				Rendimiento (t/ha) de raíces frescas					
		pH	M.O. (%)	P (ppm)	Cationes (meq/100 g S)	Macronutrientes (ppm)		Cationes (meq/100 g S)		Sin fert.	Con fert.				
						NH ₄ -N	NO ₃ -N	Ca	Mg			P	Ca	Mg	K
1. Sin abono verde	—	5.2	0.70	6.4	0.43	0.11	0.04	3.5	1.5	5.7	0.40	0.10	0.03	19.5	34.3
2. Malezas nativas	4.73	5.5	0.82	4.6	0.54	0.18	0.06	4.9	2.4	4.7	0.64	0.22	0.05	34.4	30.7
3. Cauquí	2.93	5.3	0.77	5.9	0.52	0.16	0.07	3.1	1.7	5.6	0.48	0.15	0.04	27.6	32.5
4. Maní	6.56	5.3	0.97	6.1	0.45	0.13	0.07	3.3	2.1	5.7	0.50	0.17	0.05	32.0	24.8
5. Guandul	3.93	5.1	1.15	8.4	0.54	0.17	0.07	3.3	1.9	6.8	0.47	0.15	0.04	30.2	29.7
6. Frijol terciopelo	2.50	5.5	0.80	5.1	0.47	0.13	0.05	3.3	2.1	6.3	0.45	0.13	0.03	31.9	34.8
7. <i>Crotalaria juncea</i>	1.71	5.3	0.85	5.7	0.46	0.13	0.06	3.4	1.7	4.8	0.50	0.15	0.04	24.6	32.6
8. <i>Canavalia ensiformis</i>	3.29	5.0	0.85	8.0	0.56	0.17	0.09	4.6	2.6	7.3	0.71	0.20	0.06	34.0	32.9
9. <i>Indigofera hirsuta</i>	6.00	5.2	0.82	6.1	0.49	0.14	0.06	3.3	2.5	5.4	0.46	0.14	0.04	30.9	34.8
Promedio														29.4	32.3

a. Fertilización con 500 kg/ha de 15-15-15.

FUENTE: Howeler et al., 2000.

Cuadro 6-21. El uso de abonos verdes para yuca en suelos de Santander de Quilichao, Cauca, Colombia.

Abono verde	Análisis foliar (%)			P.S. (t/ha) en corte: ^a				P.S. acumulado (t/ha)
	N	P	K	1	2	3	4	
<i>Stylobium</i> spp.	2.16	0.24	1.10	4.9	3.1	1.3	SS	9.3
<i>Cajanus cajan</i>	1.48	0.20	0.55	2.9	1.2	0.6	—	4.7
<i>Indigofera hirsuta</i>	1.93	0.20	0.70	6.0	4.2	2.4	0.6	13.2
<i>Pueraria phaseoloides</i>	2.27	0.37	1.60	4.0	2.8	1.8	2.1	10.7
<i>Zornia latifolia</i>	1.65	0.22	0.78	4.0	4.4	2.5	0.4	11.3
<i>Stylosanthes guianensis</i>	1.54	0.22	1.38	2.6	2.8	1.9	2.3	9.6
<i>Macroptilium glabre</i>	1.62	0.27	0.83	0.9	2.7	1.1	0.4	5.1
<i>Codariocalyx gyroides</i>	1.32	0.15	0.88	3.1	5.5	2.7	2.7	14.0
Mani ICA-Tatui	1.74	0.15	0.87	1.0	2.4	2.7	NS	6.1
<i>Desmodium ovalifolium</i>	1.32	0.17	0.60	3.7	6.4	3.6	5.9	19.6
Caupí cv. TVX 1193 059	1.29	0.18	0.98	0.3	2.3	2.6	SS	5.2
<i>Canavalia</i> sp.	2.60	0.25	1.71	6.8	1.1	1.2	—	9.1
<i>Brachiaria humidicola</i>	1.12	0.13	0.32	9.6	14.4	3.7	8.1	35.8

a. Cortes: 1 = 6 meses después de siembra (MDS); 2 = 11 MDS; 3 = 14 MDS; 4 = 19 MDS.
En los cortes 1 y 2 la siembra se repitió tres veces. SS = no se sembró el abono verde.

FUENTE: Cadavid L (1995).

directamente relacionados con la actividad microbiana, la descomposición rápida a través del tiempo, la tasa de mineralización, las pérdidas que puedan tener los nutrientes por lavado, y otros factores inherentes al suelo.

Bibliografía

Burger D; Carvalho E. 1986. A produção de adubos orgânicos no sistema “cultivo em faixas”. En: Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na amazônia oriental. Relatório final do convênio EMBRAPA-CPATU-GTZ, Belém, Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Brasil. p. 223-243.

Burbano H. 1989. Las enmiendas orgánicas en el suelo: una visión sobre sus componentes orgánicos. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. p. 386-422.

Cadavid L LF; Howeler RH. 1987. El problema de la erosión en los suelos de Mondomo, Cauca, Colombia, dedicados al cultivo de la yuca y sus posibles soluciones. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional, sede Palmira, Colombia. 129 p.

Cadavid L LF. 1987. Abonos verdes en suelos agotados dedicados a la siembra de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Suelos Ecuatoriales 17(2):178-183.

Cadavid L LF. 1988. Efecto de la fertilización y humedad relativa sobre la absorción y distribución de nutrimentos en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis (Maestría). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional, sede Palmira, Colombia. 200 p.

Cadavid L LF. 1990. Investigaciones realizadas para la conservación de los suelos de ladera. Suelos Ecuatoriales 20(1):136-144.

Cadavid L LF; Acosta A; El-Sharkawy M. 1993. Manejo de un suelo arenoso en Pivijay, Magdalena, dedicado a la producción de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Suelos Ecuatoriales 23(1/2):155-161.

Cadavid L LF. 1995. Utilización de abonos verdes en suelos dedicados a la siembra de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 17 p.

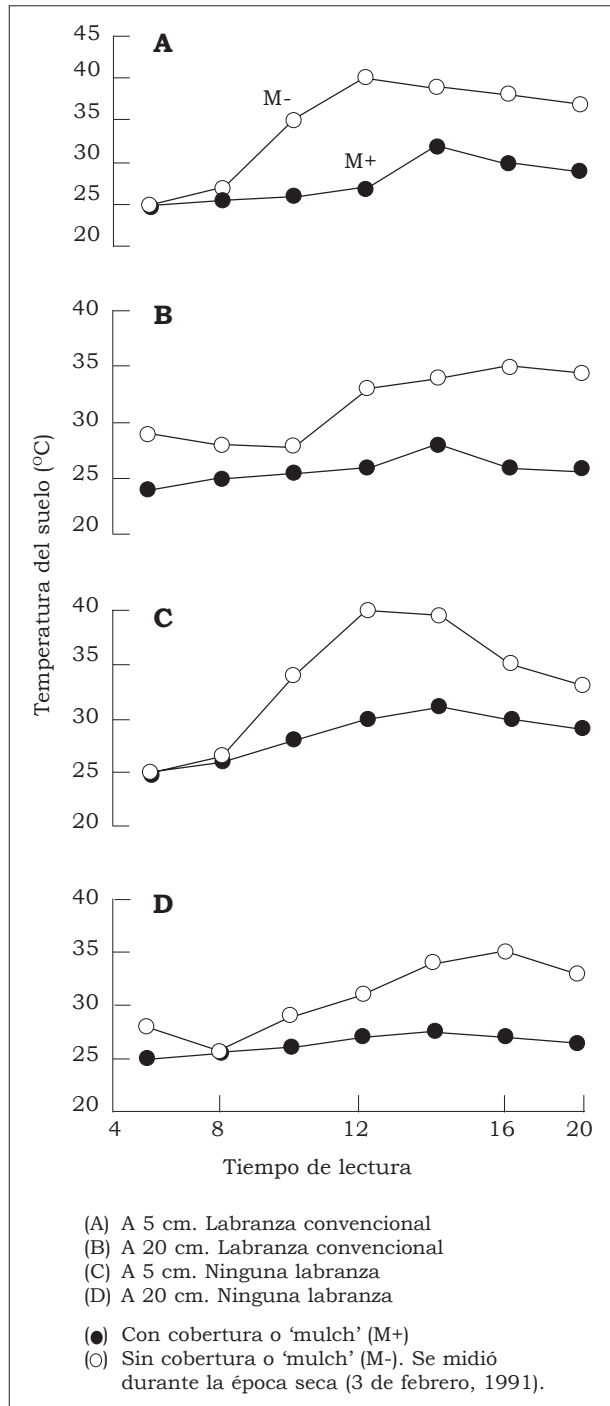


Figura 6-12. Temperatura del suelo en un cultivo de yuca (MCOL 1505) en que el suelo arenoso se cubrió con un 'mulch' superficial, en la costa norte de Colombia.

FUENTE: Cadavid L et al., 1998.

Cadavid L LF; Acosta A; El-Sharkawy MA. 1995. Efecto de preparación, mulch y abonamiento en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en suelos arenosos de Colombia. Suelos Ecuatoriales 25:7-10.

Cadavid L LF. 1997. Manejo productivo de suelos de ladera cultivados con yuca (*Manihot esculenta* Crantz). En: Fertilidad del suelo y su potencial productivo: fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Memorias del Seminario sobre fertilidad del suelo y su potencial productivo, Palmira, Colombia, 1995. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS), Bogotá D.C., Colombia. p. 134-143.

Cadavid L LF; Calle CF. 1997. La fertilización de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). 13 p. (Multicopiado.)

Cadavid L LF; El-Sharkawy MA; Acosta A; Sánchez T. 1998. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. Field Crops Research 57:45-56.

Caicedo G JA. 1993. Respuesta de cuatro cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) a la modificación del estado hidrico del suelo. Tesis. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia. 177 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1993. Cassava Program: Agronomy in Asia. Working Document no. 91. Report 1987-1988. p. 417-430.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1981. Utilización de la yuca. En: Programa de Yuca, Informe Anual 1981. Cali, Colombia. p. 231-250.

Cobo QL. 1998. Diseño, construcción y evaluación de un minisimulador portátil de lluvia para estudios de susceptibilidad a erosión de laderas. Tesis. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad del Valle y Universidad Nacional, sede Palmira, Colombia. 64 p.

El-Sharkawy MA; Cadavid L LF. 2000. Genetic variation within cassava germplasm in response to potassium. Experimental Agriculture 36(3):323-334.

- Gnahoua G; Kabrah Y. 1988. Cassava yield trend and the dynamics of soil chemical parameters in Southeastern Côte d'Ivoire. En: VIII Symposium of the International Society for Tropical Roots Crops. Bangkok, Tailandia. p. 237-242.
- Gómez AA; Alarcón C. 1975. Prácticas culturales de conservación. En: Manual de conservación de suelos de ladera. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Chinchiná, Colombia. p. 93-119.
- Howeler RH; Cadavid L LF. 1982. El cultivo de la yuca con conservación del suelo en la región de Mondomo. 7 p. (Multicopiado.)
- Howeler RH; Cadavid L LF. 1983. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during a 12-month cycle of cassava. Field Crops Research (Holanda) 7:123-139.
- Howeler RH; Cadavid L LF. 1984. Prácticas de conservación de suelos para producción de yuca en ladera. Suelos Ecuatoriales 14(1):303-310.
- Howeler RH. 1984. Prácticas de conservación de suelos para cultivos anuales. En: Howeler RH, ed. Manejo y conservación de suelos de ladera. Memorias. Seminario sobre Manejo y Conservación de Suelos, Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 77-93.
- Howeler RH. 1986. El control de la erosión con prácticas agronómicas sencillas. Suelos Ecuatoriales 16(1):70-84.
- Howeler RH; Cadavid L LF. 2000. El cultivo de yuca con conservación del suelo en la región de Mondomo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 2 p. (Multicopiado.)
- Howeler RH; El-Sharkway MA; Cadavid L LF. 2000. The use of grain and forage legumes for soil fertility maintenance and erosion control in cassava in Colombia. 30 p. (En impresión.)
- Howeler RH. 2001. Nutrient input and losses in cassava-based cropping system: examples from Vietnam and Thailand. Presentado en el Workshop on Nutrient Balances for Sustainable Production and Natural Resource Management in Southeast Asia, Bangkok, Tailandia, febrero 2001. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Regional Cassava Office, Dept. of Agriculture, Chatuchak, Bangkok. 30 p.
- Ortiz RG; Quintero DR. 1997. Fertilidad del suelo y su potencial productivo. En: Ortiz RG; Quintero DR (eds.). Seminario Fertilidad del Suelo y su Potencial Productivo, 1995. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Comité Regional del Valle, Palmira, Colombia. 209 p.
- Prager M; Angel S DI. 1989. Contribución de los abonos verdes al mejoramiento de la calidad de los suelos. Centro Latinoamericano de Tecnología y Educación Rural, Cali, Colombia. 45 p.
- Ruppenthal M. 1995. Soil conservation in Andean cropping systems: soil erosion and crop productivity in traditional and forage-legume based cassava cropping systems in the South Colombian Andes. Margraf Verlag, Weikersheim, Alemania. 110 p.
- Torres E. 1981. Manual de conservación de suelos agrícolas. Editorial Diana, México. p. 123-135.