

31674

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL

EL PROBLEMA DE LA EROSION EN LOS SUELOS DE MONDOMO, CAUCA,
COLOMBIA DEDICADOS AL CULTIVO DE LA YUCA Y SUS POSIBLES SOLUCIONES

3
LUIS FERNANDO CADAVID L.

REINHARDT H. HOWELER

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT
PALMIRA, 1987

TRABAJO ESPECIAL

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCION	1
1. REVISION DE LITERATURA	6
2. MATERIALES Y METODOS	48
2.1. Conceptos Generales	48
2.2. Clases de ensayos	57
2.2.1. Alternativas de labranza en yuca	57
2.2.2. Método de labranza y niveles de NPK en yuca	58
2.2.3. Prácticas para el control de la erosión en yuca	59
2.2.4. Prácticas para el control de la erosión en yuca	60
2.2.5. Control de erosión en yuca	62
2.2.6. Control de erosión en Mondomo	64
2.2.7. Control de la erosión en Mondomito	66
2.3. Metodología	68
3. RESULTADOS Y DISCUSION	70
3.1. Efecto de diferentes prácticas agronómicas sobre el rendimiento	70
3.1.1. Efecto del Método de preparación	70
3.1.1.1. Cero labranza	70
3.1.1.2. Labranza mínima	79
3.1.1.3. Labranza convencional	82
3.1.2. Efecto de barreras vivas	84
3.1.3. Efecto de cultivos asociados	89
3.1.4. Efecto del Mulch de maíz	91
3.1.5. Efecto de la fertilización	91

	Pag.
3.2. Efecto de diferentes prácticas agronómicas sobre la pérdida de suelo por erosión	95
3.2.1. Efecto del método de preparación	95
3.2.1.1. Cero labranza	95
3.2.1.2. Labranza mínima	97
3.2.1.3. Labranza convencional	97
3.2.2. Efecto de barreras vivas	98
3.2.3. Efecto de cultivos asociados	99
3.2.4. Efecto del Mulch de maíz	100
3.2.5. Efecto de la fertilización	100
4. CONCLUSIONES	102
5. RECOMENDACIONES	106
6. RESUMEN	108
Bibliografía	111
APENDICE	114

LISTA DE TABLAS

	Pag.
TABLA 1. Clasificación de los procesos erosivos en Colombia, debidas al agente agua.	12
TABLA 2. Efecto de la intensidad de la lluvia en la erosión en un suelo coluvial.	19
TABLA 3. Efecto de intercalar yuca con varios cultivos perennes sobre la cantidad de escorrentía y pérdida de suelos por erosión en un campo de 8-9% de pendiente al sur de la India.	20
TABLA 4. Cantidad de suelo perdido por erosión con varios cultivos en Taiwan.	23
TABLA 5. Efectos del cultivo y tipo de suelo sobre las pérdidas de suelo (t/ha/año) por erosión en Brasil.	30
TABLA 6. Escorrentía superficial y pérdida de suelo bajo diversos sistemas de cultivo múltiple en una pendiente de 8-9% en Trivandrum, India.	31
TABLA 7. Efecto de la aplicación de Mulch sobre pérdida de suelo en lotes con diferentes pendientes.	32
TABLA 8. Rendimiento de yuca y cantidad total de suelo erosionado con varias prácticas de conservación de suelo en San Emigdio (Valle).	34
TABLA 9. Efecto del manejo de residuos de cosecha sobre la erosión de suelo en una plantación de piña en la Costa de Marfil con 20% de pendiente.	35

	Pag.
TABLA 10. Efecto de "Mulch" de varios pastos y leguminosas sobre el rendimiento de maíz, caupí y yuca en un Alfisol en Nigeria.	35
TABLA 11. La pérdida de suelo por erosión en relación con la intensidad de la labranza en un Alfisol en Ghana.	37
TABLA 12. Arrastre anual medio de distintos elementos nutritivos según la clase de suelos en la RDA.	41
TABLA 13. Pérdidas promedio anual de suelos y elementos nutritivos causados por la escorrentía en suelos coluviales, con 45% de pendiente y diferentes manejos.	42
TABLA 14. Pérdida promedio anual de nutrientes por lixiviación en suelos de la unidad Chinchiná en lisímetros monolíticos, Cenicafé 1952-1955.	44
TABLA 15. Respuesta de yuca a la aplicación de varios niveles de NPK en cinco localidades de la región de Mondomo, Pescador, Cauca, Colombia. 1983.	46
TABLA 16. Efecto económico de la aplicación de NPK para yuca en la región de Mondomo-Pescador, Cauca, Colombia. 1983.	47
TABLA 17. Características químicas y físicas de los suelos de la región de Mondomo, Cauca, Colombia. 1979-1986.	50

	Pag.
TABLA 18. Pendientes y clasificación de la erosión.	53
TABLA 19. Limitantes agrícolas de la región de Mondomo y Pescador, Cauca, Colombia.	54
TABLA 20. Efecto de las alternativas de labranza sobre el rendimiento de 2 cv. de yuca en Mondomito, Cauca, Colombia (1981-1982).	73
TABLA 21. Efecto del manejo de suelo sobre el rendimiento en yuca y sobre la pérdida de suelo por erosión en la región de Mondomito, Cauca, Colombia. 1985-1986.	79
TABLA 22. Efecto de algunas prácticas agronómicas sobre el rendimiento en yuca y sobre las pérdidas de suelo por erosión en Tres Quebradas, Cauca, Colombia. 1985-1986.	88
TABLA 23. Efecto de algunas prácticas agronómicas sobre el rendimiento de tres cv. de yuca y sobre la pérdida de suelo por erosión en Agua Blanca, Mondomo, Cauca, Colombia. 1982-1983.	96
TABLA 24. Efecto de las alternativas de labranza sobre el rendimiento de dos cv. de yuca y sobre la pérdida de suelo por erosión en Mondomito, Mondomo, Cauca, Colombia. 1981-1982.	98
TABLA 25. Grados de riesgo de erosión con la ecuación universal de pérdidas de suelo.	103

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 1. Distribución porcentual de los procesos de erosión en Colombia.	10
FIGURA 2. Factores y efectos de la erosión de los suelos.	14
FIGURA 3. Pérdida potencial de nutrientes N y P de un Oxisol desprotegido de Hawaii calculado para varios gradientes de pendiente.	22
FIGURA 4. Efectos de la pendiente en la pérdida de suelo por escorrentía en lotes de igual área con suelos coluviales.	24
FIGURA 5. Porcentaje de cobertura de suelo en varios cultivos y sistemas de siembra.	28
FIGURA 6. El efecto de la aplicación de P sobre la producción de yuca cv CMC-92, en suelo erosionado y no erosionado en Modomito, Cauca, Colombia. 1984.	44
FIGURA 7. Diagrama ilustrativo que muestra las zonas de estudio en Mondomo, Cauca, Colombia.	49
FIGURA 8. Distribución de lluvias durante el año en Telecom, corregimiento de Mondomo, Cauca, promedio de los años 1980, 1981, 1982 y parte de 1983.	56
FIGURA 9. Distribución de lluvias en la región de Tres Quebradas, "Las Pilas" durante el año de 1984.	56
FIGURA 10. Método descriptivo para determinar la pendiente en un sitio determinado de un terreno.	69

	Pag.
FIGURA 11. Efecto de prácticas agronómicas sobre la var. Sata Dovio y sobre la cantidad total de suelo seco perdido en un Inceptisol de Tres Quebradas, Mondomo, Cauca, Colombia. 1983-1984.	74
FIGURA 12. Efecto de varias prácticas agronómicas sobre el rendimiento de dos cv. de yuca y sobre la pérdida de suelo por erosión en Tres Quebradas, Mondomo, Cauca, Colombia. 1985-1986.	75
FIGURA 13. Efecto de la labranza del suelo y el abonamiento sobre el rendimiento de 3 cv. de yuca y sobre la pérdida de suelo en un Inceptisol de Agua Blanca, Mondomo, Cauca, Colombia. 1982-1983.	76
FIGURA 14. Efecto de diferentes prácticas agronómicas sobre el rendimiento de 3 cv. de yuca y sobre el suelo seco perdido en un lote de Mondomito, Mondomo, Cauca, Colombia. 1985-1986.	78
FIGURA 15. Efecto del método de labranza sobre el rendimiento en cv. CMC-92 en la región de Mondomo, Cauca, Colombia. 1983-1984.	81
FIGURA 16. Efecto de manejo de suelo sobre el rendimiento de dos cv. de yuca y sobre la pérdida de suelo en Mondomo, Cauca, Colombia. 1981-1982.	85
FIGURA 17. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento de yuca cv. CMC-92 en Mondomo, Cauca, Colombia. 1983-1984.	92

FIGURA 18. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento
de cv. CMC-92 en Mondomiro, Mondomo, Cauca,
Colombia. 1983-1984.

LISTA DE FOTOS

		Pag.
FOTO 1.	Panorama que muestra los problemas de erosión en Mondomo, Cauca, Colombia.	16
FOTO 2.	La erosión en Mondomo, una cruel realidad.	16
FOTO 3.	Pendientes fuertes que incrementan los peligros de erosión.	17
FOTO 4.	Vista de un lote erosionado en Mondomito, Mondomo, Cauca, Colombia.	17
FOTO 5.	Suelo desnudo y desprotegido, fácil presa de la erosión.	18
FOTO 6.	Topografía quebrada de la región de Mondomo, Cauca, Colombia.	52
FOTO 7.	Pendientes fuertes (30-60%) incrementan los problemas de erosión.	52
FOTO 8.	Yunta de bueyes, tracción necesaria en la región de Mondomo.	71
FOTO 9.	Erosión muy severa en Tres Quebradas, Mondomo, Cauca, Colombia.	71
FOTO 10.	Vista de un lote en Mondomo en el que se muestra el tratamiento yuca alternando con franjas de Braquiaria humidicola.	86
FOTO 11.	Vista de la preparación con bueyes, mostrando como queda el suelo después de la preparación y el tamaño de los bloques o terrones de suelo en Mondomo, Cauca, Colombia.	94

INTRODUCCION.

Hace más de 2000 años, antes de la era cristiana, ya en el Perú se construían las primeras terrazas para conservar el suelo y en las islas Filipinas se comenzaban a realizar prácticas de conservación de suelos; Xenofón, historiador griego (430-355 a.C.) escribía "Entonces cualquiera de las malezas que estén en la superficie, al ser incorporadas en la tierra, enriquecen el suelo tanto como el estiercol" y Cato (234-149 a.C.) escribió un manual práctico en el cual recomendaba la labranza intensiva, rotación de cultivos, uso de leguminosas para mejorar el suelo; en México, los carmelitas, hace más de tres siglos introducían la terraza de banco para cultivar los terrenos de ladera.

Estos y otros ejemplos que nos ha dado la historia nos pone de manifiesto que, el hombre en su afán de conseguir alimento y ser auto-suficiente ha buscado las formas de conservar y preservar el suelo; pero también, debido al mal aprovechamiento de los mismos, han decaído las civilizaciones y otras han desaparecido del todo. "Un estudio realizado recientemente sobre el derrumbe de la civilización Maya en Guatemala, en torno al año 900 de nuestra era, sugiere que el crecimiento demográfico de este pueblo, seguido por un desmonte de las laderas de las colinas para roturar nuevas tierras de labranza

acrecentaron sus problemas de erosión. Hoy día sólo quedan allí ruinas abandonadas" reseña Kelley (1983).

Kelley (1983) escribe: "el mismo proceso de degradación de los suelos que destruyó las civilizaciones del pasado sigue en marcha hoy día", poniendo manifiesto que el hombre es uno de los factores más activos que participa en el mejoramiento o destrucción de uno de los recursos más grandes del Universo, el SUELO.

El suelo constituye un recurso natural no renovable que debe ser conservado y protegido para evitar su desaparición definitiva (Ortiz, 1986). Investigaciones hechas por la FAO (1984) han demostrado que para que se forme un centímetro de suelo a partir de un material arenoso es necesario que transcurran 200 a 400 años ó 3000 a 12000 años para que se desarrolle un suelo profundo apto para ser cultivado (Ortiz, 1986) y, es paradójico que en un lapso no mayor de 10 años, en un terreno con pendiente fuerte y sin ninguna práctica de conservación que lo proteja de la erosión, se pierda una capa de hasta un centímetro de espesor (Torrez, 1981).

El continuo incremento en la demanda de productos agrícolas contribuye a la erosión de los suelos en muchas regiones según Brown y Wolf (1984), reduciéndose así la productividad inherente de los mismos por disminución de sus nutrientes y degradación de la estructura física. También, y como consecuencia, se incrementan los costos de producción. Como resultado, la erosión del suelo puede ser

considerada hoy día como una epidemia en proporción (Brown y Wolf, 1984).

En Colombia tenemos casos concretos y alarmantes. Aproximadamente el 40% del territorio nacional consiste de zonas de ladera, donde vive el 15% de la población total y el 50% de la población agrícola según Posner y McPherson, citados por Howeler (1984). A su vez, los cultivos alimenticios se encuentran en zonas de ladera y no se puede ignorar el efecto que éstos tienen sobre la productividad del suelo.

Un ejemplo de los procesos de erosión en nuestro territorio se da en el alto Cauca en donde de los 2.200.000 hectáreas (área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, CVC), 1.800.000 hectáreas corresponden a la zona de ladera y 400.000 hectáreas a la zona plana y, ya en las laderas existen 800.000 hectáreas que presentan problemas de uso y manejo inadecuados de los suelos, muchos de ellos dedicados a la ganadería extensiva y cultivos limpios mal ubicados, en el sentido de la pendiente. Además, Mazuera (1984) señala que 100.000 hectáreas presentan erosión crítica, debida principalmente al uso irracional de cultivos, sobrepastoreo y quemas sucesivas.

Colombia tiene 114 millones de hectáreas, de las cuales 44 millones (38.6%) presentan alguna forma de erosión provocada por el viento, las lluvias, la gravedad y el hombre. En 4 millones de esas hectáreas (9%), la situación del suelo es grave, quizá de difícil recuperación según lo manifiestan Pérez y Porras (1982).

Valderrana (1981), citado por Howeler (1984), indica que en las zonas de ladera de la región Andina se produce el 85% de fríjol, 70% de maíz duro, 80% de trigo, 80% de yuca y 90% de papa y en la zona templada hay aproximadamente 150.000 hectáreas de maíz, 278.000 hectáreas de caña panelera, 260.000 hectáreas de plátano, 200.000 hectáreas de yuca y 50.000 hectáreas de fríjol.

Como se observa, la yuca juega papel importante en zonas de ladera ya que está considerada como alimento básico en la dieta en muchos áreas del trópico. En el país, un alto porcentaje de la producción de yuca está sembrada en zonas de ladera y en pendientes mayores del 15% lo que consecuentemente está acelerando la erosión de estas tierras pues los agricultores minifundistas siguen sembrando yuca como una "alternativa" de subsistencia debido a que este cultivo es de los pocos que se adaptan a condiciones adversas de clima y suelo.

La región de Mondomo, situada al norte del Cauca, Colombia, presenta una agricultura minifundista y con dedicación hacia el cultivo de la yuca. Este cultivo está siendo sembrado en pendientes superiores al 30% (El CIAT no recomienda sembrar yuca en terrenos con pendientes superiores al 10-15%, Howeler, 1984) y en suelos relativamente pobres e infértiles, en muchos casos degradados tanto física como químicamente.

No obstante, aún en las condiciones actuales, muchos de los suelos de la región pueden recuperarse e integrarse a la producción mediante prácticas agronómicas sencillas en el manejo del cultivo de la yuca y

y no en soluciones de ingeniería, que en general son costosas.

El objetivo del presente trabajo es que mediante una serie de alternativas de manejo y control de la erosión dados en diferentes ensayos en lotes de agricultores, se pueda cuantificar el problema que ha causado la siembra continua de yuca en la región, como también, dar las soluciones viables y económicas para la recuperación de los suelos en vía de degradación física como química. Además, se trata de elevar el promedio regional de producción de yuca, bastante bajo por los problemas establecidos.

1. REVISION DE LITERATURA.

La población mundial se incrementa día a día a pasos agigantados. Si en 1975, había cerca de 4000 millones de habitantes, para el año 2000 éstos pasarán de 6350 millones; la mayor parte del crecimiento demográfico se producirá en países menos capaces de alimentarse por sí mismos según estudios realizados por la FAO (Kelley, 1983). Naturalmente, se espera que aumente también la producción mundial de alimentos y, ésto, ocasionalmente aumentará la presión sobre los suelos ya que la agricultura y ganadería se han ido extendiendo de los valles a las montañas y laderas (Trueba et al, 1978).

Kelley (1983) afirma que no obstante los grandes adelantos tecnológicos en la producción agrícola, millones de seres en el mundo están desnutridos o mueren de hambre. Esta paradoja obedece a diversas causas, una de las cuales, la más alarmante, es la rapidez con que se está perdiendo la capacidad productiva de la tierra, menoscabada por el mal manejo de este recurso.

Aunque la erosión de los suelos siempre ha existido en la naturaleza y se denomina erosión geológica (pérdida natural de suelo), la humanidad ha acelerado esta pérdida destruyendo los

bosques y colocando en su lugar sistemas de producción para satisfacer sus necesidades alimenticias (Blomer, 1983; Donahue et al, 1981).

Kelley (1983) anota que la forma más grave de degradación del suelo es la provocada por la erosión acelerada, y por desgracia, son muchas las malas prácticas de explotación agrícola y forestal que fomentan este proceso y, lo peor para el agricultor y también para los consumidores, es que se reduce el rendimiento de los cultivos y aumentan los costos de producción de los mismos. También, la mala explotación de los suelos reduce su fertilidad potencial y/o su estructura física. Por ello, es muy lógico lo que escribe Palomino (1984) en su trabajo sobre Clasificación Tentativa de los Factores de Erosión, presentado en el Primer Seminario sobre Manejo y Conservación de Suelos en la ciudad de Cali, Colombia, "Cuando el hombre en su proceso evolutivo necesita producir alimentos en gran escala, actúa sobre el equilibrio biológico de la naturaleza y, generalmente, produce sus alimentos y libera fuerzas destructivas".

Brown y Wolf (1984) manifiestan que la erosión es un proceso físico, y aunque su efecto inmediato es económico, el efecto final es social. El ejemplo más diciente está en el Africa, donde existe la más alta rata de mortalidad, especialmente en la población infantil.

Históricamente, la erosión ha sido un problema local, pero hoy en día, es un problema mundial. La superficie arable en el mundo es de 1400 millones de hectáreas, de las cuales se estima (Tolba, 1983

citado por Anaya, 1986) que 21 millones de hectáreas se degradan cada año con una pérdida anual de 25 millones de toneladas de suelo superficial.

Nos basta, para realmente alarmarnos, con observar los datos dados por Brown y Wolf (1984) y Kelley (1983): en los Estados Unidos, de 168 millones de hectáreas se han perdido 1700 millones de toneladas; en la Unión Soviética, de 248 millones de hectáreas se han perdido 2500 millones de toneladas; en la India, de 138 millones de hectáreas se han perdido 4700 millones de toneladas; en China, de 98 millones de hectáreas se han perdido 4300 millones de toneladas. En Africa al norte de Ecuador, la erosión causada por el agua afecta a 11.6% de la superficie total y la erosión eólica, al 22.4%. En el Cercano Oriente, el 17.1% de la superficie total está afectada por erosión debida al agua, el 35.5% por erosión eólica y el 8% por salinidad. En Argentina, la erosión por el agua menoscaba el 13% de las tierras de labranza y la erosión eólica afecta el 16% de esas tierras. En Perú, la erosión se estima que afecta cerca de 50-60% de la superficie total. Hoyos (1984) manifestó que en Colombia, la región natural más asediada por los procesos erosivos es la Andina; la región del Caribe, aunque ofrece una topografía menos abrupta que la Andina, también está fuertemente sometida a los fenómenos erosivos, especialmente debido a la existencia de períodos largos de sequía seguido de lluvias cortas y torrenciales; la región de Orinoquia también se está viendo afectada por este proceso a causa de la quema de las sabanas. En el Alto Cauca, 100.000 hectáreas presentan erosión crítica de grado severo a muy severo según datos de Suárez

(1984). Howeler (1986), indica que en un estudio de las Naciones Unidas se ha estimado que en Colombia se pierden cada año 426 millones de toneladas de suelo según datos suministrados por Brown (1978), lo cual corresponde a 3.7 t/ha de superficie del territorio nacional.

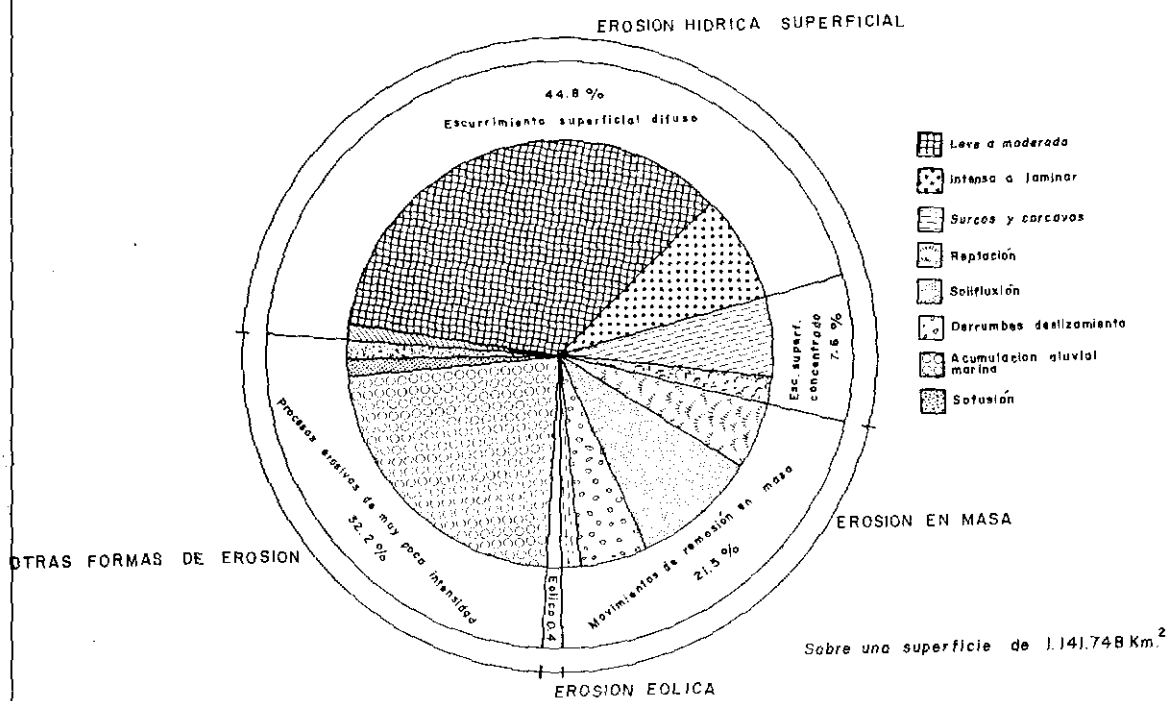
En la Figura 1, distribución porcentual de los procesos de erosión en Colombia (Ortiz, 1986), se da una idea clara de lo que este fenómeno está causando en nuestro territorio.

Según Gómez y Alarcón (1975); Torrez (1981); Kirkby y Morgán (1984) la erosión del suelo se define como la remoción y pérdida del material superficial del suelo de su lugar de origen y es ocasionado por acción del agua, viento, temperatura, agentes biológicos.

Existen dos clases de erosión. La erosión geológica o natural que ha modificado algunos lugares de la tierra y en los que intervienen los agentes de erosión como el agua de las lluvias, las corrientes fluviales y marinas, el viento, la temperatura y la gravedad y, la erosión acelerada o "antrópica" que es la propiciada por el hombre al romper el equilibrio entre los suelos, la vegetación, el agua y/o el viento (Donahue et al, 1981); Gómez y Alarcón, 1975; Torres, 1981)

Señalan Gómez y Alarcón (1975) que, el hombre favorece la acción erosiva del agua y el viento, especialmente en zonas pendientes, al usar prácticas inadecuadas en los cultivos, tala de bosques, quema de vegetación, al realizar obras o vías de comunicación, etc.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS PROCESOS DE EROSION EN COLOMBIA.



(Valores establecidos a partir del mapa que acompaña el artículo)

Figura 1. Distribución porcentual de los procesos de erosión en Colombia. Fuente: Ortiz (1986)
Instituto Geográfico Agustín Codazzi

Según los agentes erosivos más importantes que actúan en la erosión acelerada, se conocen dos tipos de erosión: la producida por el agua o hídrica y la producida por el viento o eólica. La erosión hídrica, puede ocurrir en tres formas consignan Gómez y Alarcón (1975): La erosión pluvial (salpicadura), golpe de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo; erosión por escurrimiento la cual se subdivide de acuerdo a la pendiente, la cantidad de agua lluvia, clase de suelo, en: escurrimiento difuso; erosión laminar o escurrimiento difuso intenso que es el arrastre uniforme y casi imperceptible de delgadas capas de suelo por mantos de agua; erosión en surcos, causada por el escurrimiento concentrado del agua en surcos más o menos paralelos e independientes; erosión en cárcavas; erosión regresiva o remotante y terracetas o patas de vaca, causada por sobrepastoreo. La última forma de erosión hídrica es la remoción en masa que es un movimiento de una masa de suelo, causado por infiltración del agua y la acción de la gravedad. Las principales formas en que se presentan son: deslizamientos, derrumbes, coladas de barro, solifluxión, hundimientos, desprendimientos y desplome.

En Colombia, según Alarcón (1984), la lluvia es el principal agente activo de erosión, la vegetación es el agente temperante y el suelo es el agente pasivo. "La erosión es pues, una resultante de la relación agua, suelo, planta: al perderse el suelo, disminuye la capacidad de crecimiento de las plantas y se altera la regulación de las aguas y su aprovechamiento".

En la Tabla 1 se observan los principales procesos erosivos en Colombia que tienen relación con el agua o erosión hídrica (Fuente: Ortiz, 1986 Instituto Geográfico Agustín Codazzi).

TABLA 1. Clasificación de los procesos erosivos en Colombia debidos al agente agua (erosión hídrica). Datos recopilados y adaptados por Luis Fernando Cadavid L. Fuente, Ortiz, (1986).

EROSION HIDRICA				
EROSION PLUVIAL	EROSION POR ESCURRIMIENTO		REMOCION EN MASA	
% en el país	Subclase	% en el país	Subclase	% en el país
1.2% de la superficie del país. Se presenta en sectores planos de la Sabana de Bogotá, llanuras del Valle del Cauca y Cauca, Risaralda y Huila.	Escurremientto difuso.	44.8% de la superficie total.	Solifluxión	13.8% del territorio Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Risaralda, Antioquia, Córdoba, Boyacá, Meta, Caquetá, Norte de Santander y Santander.
	Escurremientto difuso intenso o hipodérmico.	1.31% del territorio. Generalizado en regiones con lluvias abundantes y suelos ricos en materiales arcillosos con presencia de una capa impermeable.	Golpes de cuchara, derrumbes, desprendimientos y deslizamientos.	7.1% de la superficie. La zona cafetera entre los 1000 y 1900 msnm y la zona entre los 2000 y 2600 msnm muestran los mayores índices.
	Concentrada o erosión en surcos y cárcavas.	7.6% de la superficie total del país.		

Según Torres (1981), la erosión eólica es especialmente importante en zonas semiáridas, áridas y desérticas. Esta forma de erosión es grave después de que el hombre ha suprimido o agotado la vegetación, escribe Palomino (1984) y su efecto más significativo es sobre el cambio en la textura del suelo.

Se llaman factores de erosión a aquellos componentes que frenan o aceleran la acción de los agentes de erosión de los suelos agrícolas, forestales y de pastos (Ortiz, 1986; Gómez y Alarcón, 1975). Según Ortiz (1986), éstos se dividen en factores bióticos (con vida): vegetación natural y cultivos, suelos, fauna (macro y micro); factores abióticos (sin vida) como el relieve, la composición mineralógica y estructural de los suelos, clima (especialmente lluvia y temperatura); factores antrópicos de tipo social, cultural, tipo económico, tipo técnico como uso y manejo del suelo, tala de bosques, quemas, establecimiento de ciudades y otros.

En la Figura 2 dada por Gómez y Alarcón (1975) se observan claramente estos factores.

Menciona Howeler (1984) que en el trópico húmedo la erosión del suelo se debe principalmente a la acción del agua lluvia que puede desprender y arrastrar partículas de suelo especialmente en pendientes fuertes.

Al observar los datos de lluvia de estaciones climatológicas cercanas a Popayán, El Tambo, Riohondo, Mondomo, Tulua y Cali (Suárez, 1984),

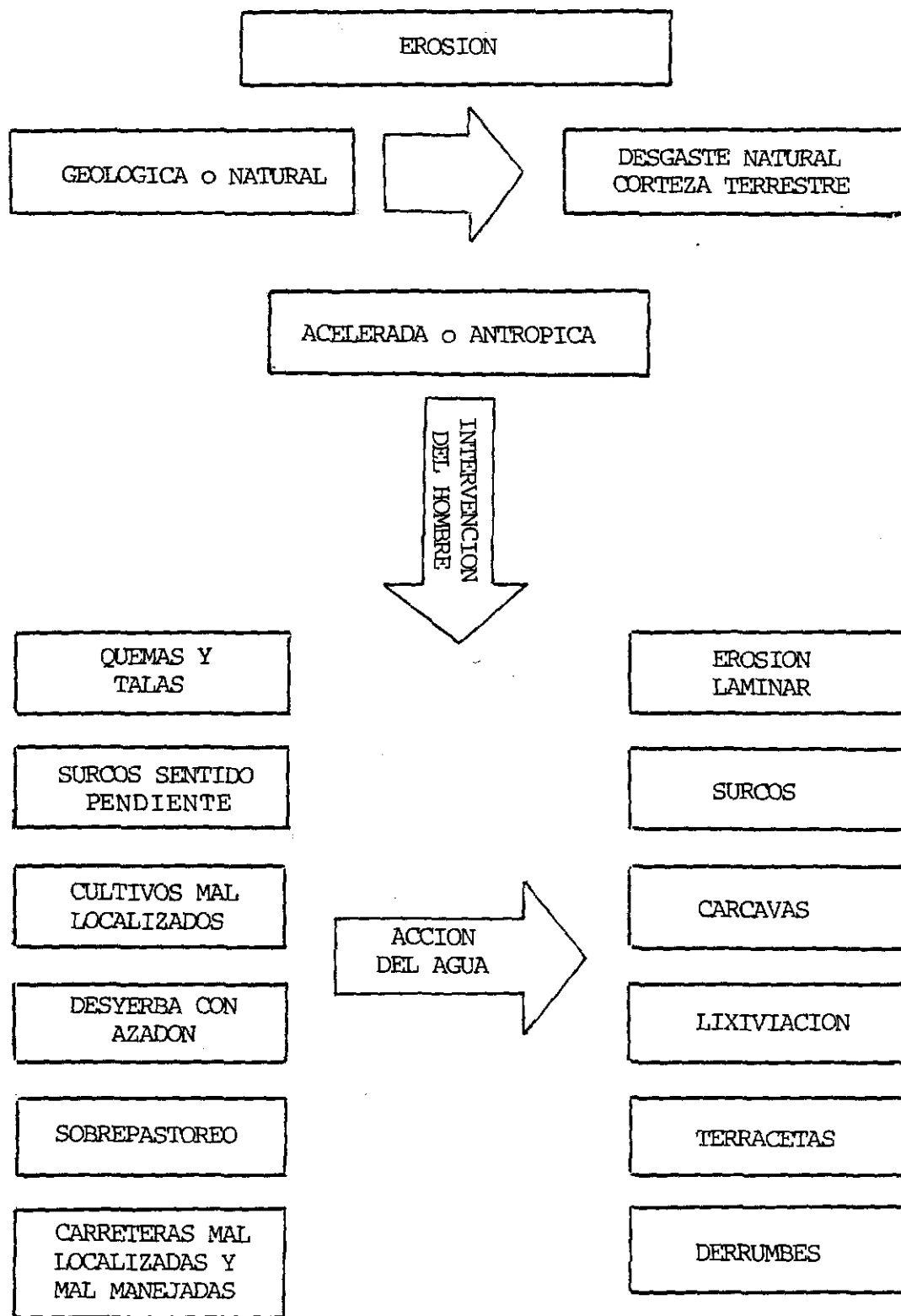


Figura 2. Factores y efectos de la erosión de los suelos.
(Fuente: Gómez y Alarcón, 1975).

los resultados muestran precipitaciones intensas en poco tiempo alternando con períodos largos de sequía; es decir, que la distribución de lluvias es mala y de carácter agresivo, como consecuencia, repercute en la pérdida sistemática de los suelos.

En la región de Mondomo, Cauca, es muy notable las consecuencias debidas a este fenómeno, donde las lluvias torrenciales arrasan terrenos importantes que han sido erosionados por la acción negativa del hombre en años anteriores.

Según Suárez (1984), en la región de Mondomo y otras del Valle del Cauca y Cauca, como en Bugalagrande, Cuenca del Río Calima, Piedemonte de la Cordillera Central, todo el costado oriental de la Cordillera Occidental, los fenómenos erosivos identificados corresponden a escurrimiento difuso, laminar o concentrado cuyos grados de afección varían desde el desgaste superficial progresivo hasta el afloramiento del material rocoso y el cárcavamiento intenso en algunos sitios por acción concentrada del agua.

En Mondomo, Cauca, Colombia, escribe Suárez (1984) la mala distribución de las lluvias ocasiona procesos de erosión en suelos que progresivamente han sido menoscabados por la acción intensiva y destructiva del hombre (Fotos 1, 2, 3, 4, 5). Así por ejemplo, mientras en la estación climatológica La Gitana en Tulua en el año de 1980 cayeron 1400 mm de lluvia repartidos en 168 días, en Mondomo en el mismo año, cayeron 1569 mm de precipitación en 77 días, o sea, que



FOTOS 1. Problemas de erosión en Mondomo, Cauca, Colombia.



FOTO 2. La erosión en Mondomo. Una cruel realidad.



FOTO 3. Pendientes fuertes que incrementan los peligros de erosión.



FOTO 4. Lote erosionado en Mondonito.



FOTO 5. Suelo desnudo. Fácil presa de la erosión.

esta región tiene una distribución de lluvias irregular y de grado agresivo.

En todos los sitios en donde se han analizado registros climatológicos en el Valle y Cauca, ocurren lluvias diarias mayores de 10 mm según datos de Suárez (1984). El rango de 10 mm diarios, lo da la organización meteorológica mundial (OMM), como normal para el desarrollo de todos los cultivos (10 l/m^2), pero una cantidad mayor puede infiltrarse, percolarse y contribuir a remociones masales o perderse por escorrentía y consecuente arrastre de suelo.

Gómez y Alarcón (1975) nos muestran en la Tabla 2 el efecto de la intensidad de la lluvia en la erosión en un suelo coluvial y en la Tabla 3 (Kabeerathumma et al, 1985 citados por Howeler, 1986) nos

TABLA 2. Efecto de la intensidad de la lluvia en la erosión en un suelo coluvial. Cenicafé.

LLUVIA TOTAL MILIMETROS	INTENSIDAD MAXIMA MILIMETROS EN 5 MINUTOS	EROSION EN TONELADAS POR HECTAREA
20,6	7,9	7,35
21,4	5,0	1,74
21,8	2,2	0,47
22,0	1,0	0,06

Fuente: Suárez y Rodríguez (1962) citados por Gómez y Alarcón (1975).

TABLA 3. Efecto de intercalar yuca con varios cultivos perennes sobre la cantidad de escorrentía y pérdida de suelos por erosión* en un campo de 8-9% de pendiente al sur de India (Kabeerathumma et al, 1985).

Sistema de cultivo	Escorrentía mm	Pérdida de suelo t/ha
Suelo desnudo	21.6	2.37
Yuca monocultivo	12.4	0.85
Banano monocultivo	11.0	0.75
Eucalipto monocultivo	11.5	0.73
Leucaena monocultivo	12.6	0.53
Yuca bajo banano	8.1	0.33
Yuca bajo eucalipto	7.8	0.33
Yuca bajo leucaena	9.2	0.25

* Determinación de escorrentía y pérdida de suelo durante 6 meses a partir de la siembra de yuca. Los cultivos perennes se habían sembrado un año antes. La precipitación fue 252 mm durante el período de medición.

Fuente: Howeler (1986).

muestran el efecto de intercalar yuca con varios cultivos perennes sobre la cantidad de escorrentía y pérdida de suelo por erosión en un lote con 9% de pendiente al sur de la India. Se observa que el suelo desnudo presenta una pérdida de suelo de 2.4 t/ha y que la mayor escorrentía corresponde al suelo desnudo seguido de los cultivos limpios (monocultivo); mientras que, los cultivos asociados presentan menor escorrentía y por consiguiente menor pérdida de suelo.

En los estudios de erosión de la CVC en los departamentos del Valle y del Cauca, Suárez (1984) señala que el 90% de las tierras de las cuencas hidrográficas, corresponden a vertientes y colinas de relieves ondulados y en donde el grado de las pendientes es variable, pero con predominio de pendientes fuertes. Junto con el clima (precipitación), éste es el factor que está causando más pérdidas del suelo por escurrimiento, tanto laminar o difuso como concentrado o en cárcavas.

La pendiente tiene dos factores que influyen en la erosión: la inclinación (grado) y la longitud (Gómez y Alarcón, 1975; Howeler, 1984).

Howeler (1984), indica que la pérdida de suelo aumenta exponencialmente con el aumento de la pendiente, mientras que la longitud de la pendiente tiene un efecto similar dependiendo de si ésta es cóncava o convexa. La Figura 3 nos muestra la pérdida potencial de suelo de un Oxisol desprotegido de Hawaii calculado para varios gradientes de pendiente.

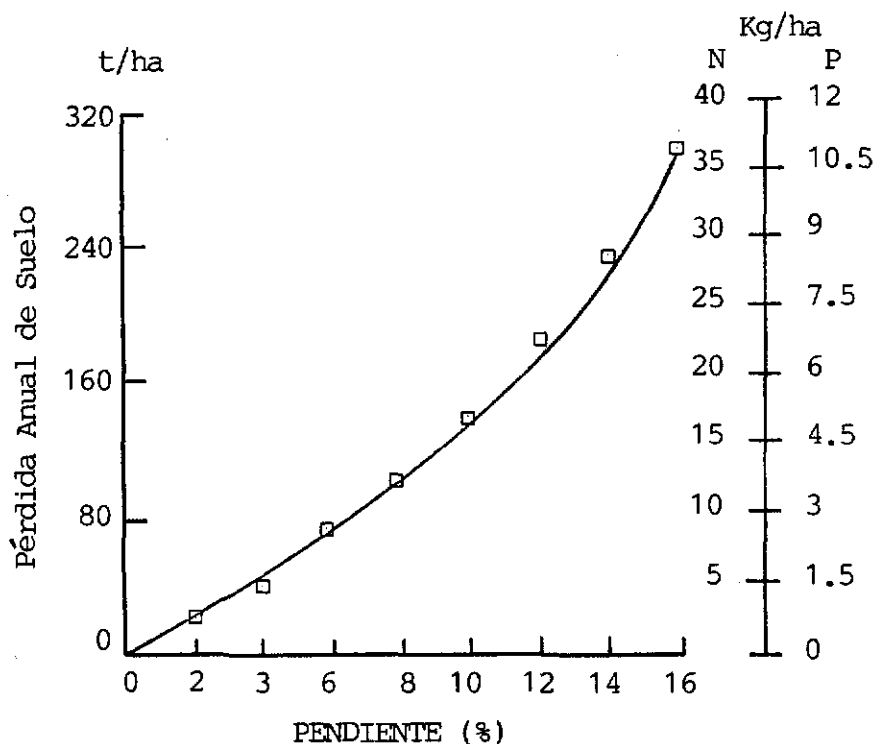


Figura 3. Pérdida potencial de suelo y nutrimentos N y P de un Oxisol desprotegido de Hawaí calculado para varios gradientes de pendiente, con una longitud standard de 22 m y un índice de erosividad (R) de 350.

(Fuente: El-Swaify y Dangler, 1982 citados por Howeler, 1984).

Las pendientes fuertes que caracterizan gran parte de la región de cordilleras de Colombia no sólo acentúan el efecto de la gravedad sino que favorecen el escurrimiento rápido de las aguas superficiales como también la velocidad y arrastre de materiales según manifiesta Ortiz (1986).

El efecto de la pendiente en la pérdida de suelo por escorrentía nos lo presenta Sheng (1982), citado por Howeler (1984), como también Gómez y Alarcón (1975) (Tabla 4, Figura 4, respectivamente) en que se muestra la cantidad de suelo perdido por erosión de acuerdo al cultivo, longitud y grado de la pendiente. La tendencia es que a medida que aumenta el grado de la pendiente, aumenta la pérdida de suelo por erosión y que está en relación directa con el cultivo.

TABLA 4. Cantidad de suelo perdido por erosión con varios cultivos en Taiwan (precip. anual = 2,500 mm).

	Pendiente %	Suelo erosionado t/ha/año
Piña - cultivos en la pendiente	20	62
Banana - con cultivo limpio	28	92
Yuca - con cultivo limpio	52	128
Batata - en caballones	22	172
Cultivos en rotación (sorgo, maní, batata, soya y maíz) - con cultivo limpio	32	208

Fuente: Sheng, 1982 citado por Howeler (1984).

El factor suelo juega papel importante sobre la erosión ya que según Howeler (1984), algunos suelos son más susceptibles que otros, dependiendo de sus propiedades físicas y químicas como textura, estabilidad de sus agregados, contenido de materia orgánica, contenido de sesquióxidos de Fe y Al, estructura, etc.

González (1983) cita como la estructura de los suelos y su estabilidad ha sido considerada de importancia en el manejo de los suelos y de su influencia en el crecimiento de las plantas.

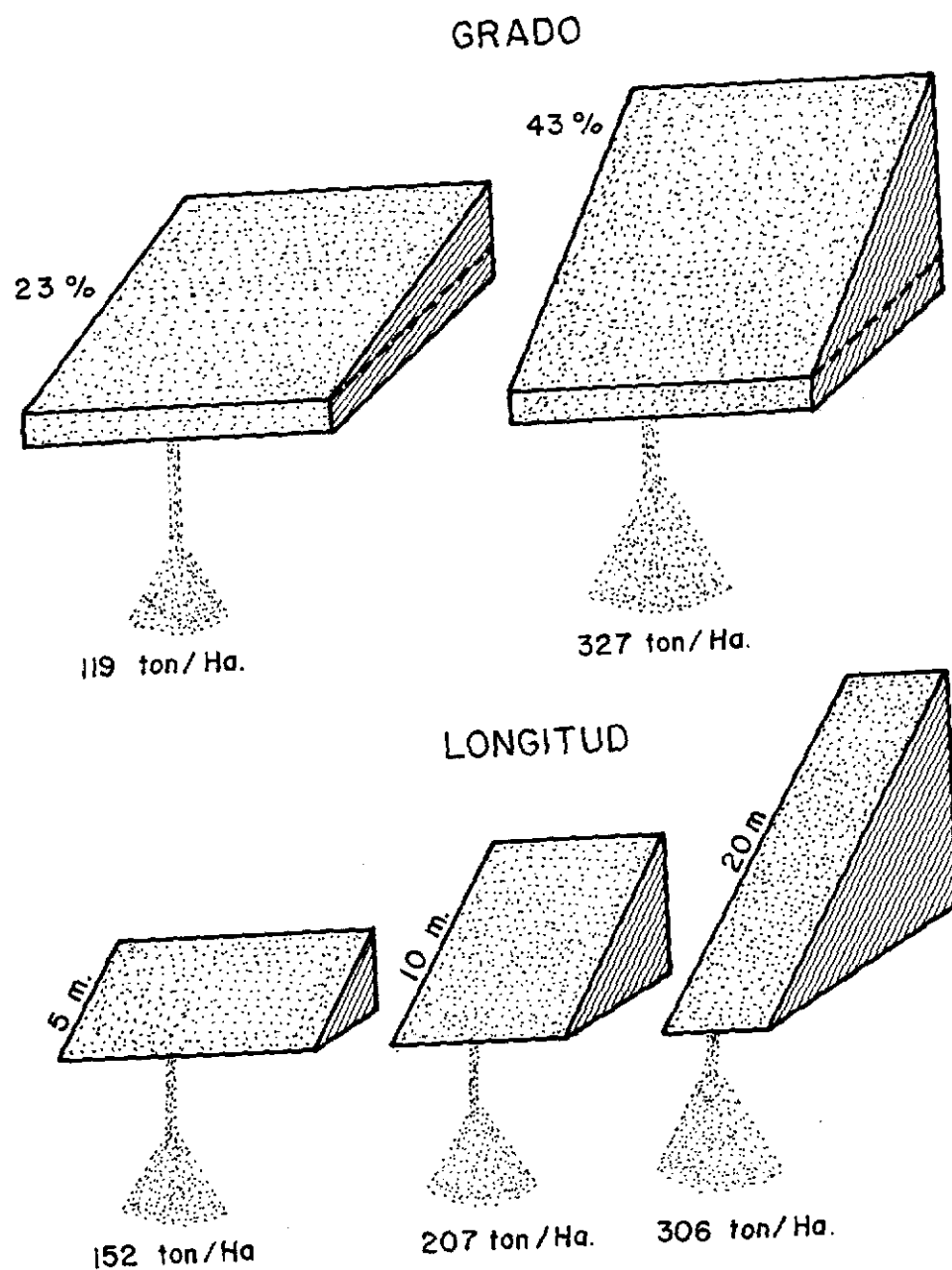


Figura 4. Efectos de la pendiente en la pérdida de suelo por escorrentía en lotes de igual área con suelos coluviales (cenicafé 1949-1956) precipitación promedio anual - 2.701 mm.

Fuente: Gómez y Alarcón (1975)

Cada clase de suelo tiene un comportamiento agrícola diferente y su uso y manejo adecuado está en razón directa con este comportamiento y su composición mineralógica. Una roca ígnea, escribe Ortíz (1986) como el granito tiene un comportamiento diferente en regiones húmedas y frías, donde se comporta como roca dura, de difícil alteración fisioquímica, mientras que en regiones secas y cálidas sufre una meteorización fuerte de todos los minerales que la componen haciéndola de fácil desintegración, como consecuencia, incide en la formación de suelos minerales, pobres en materia orgánica y que limitan el establecimiento de la vegetación.

Según Gómez y Alarcón (1975), la meteorización produce efectos sobre las rocas y suelos, preparándolos para la erosión mediante su fragmentación y descomposición. Por ejemplo, en jurisdicción de la CVC en el Valle del Cauca y Cauca, existe una mezcla de materiales metamórfico-ígneos y sedimentario, con rocas de diversa composición química y mineralógica. Estas condiciones, escribe Suárez (1984) provocan estados actuales o potenciales de inestabilidad con grados de afección que varían de acuerdo a la interacción de otros factores. Existen por ejemplo, grupos de rocas volcánicas (diabasas, basaltos, andesitas) que aparentemente son estables (tal vez por ser material relativamente joven), pero que al sufrir ligero metamorfismo, se desequilibran con gran facilidad formándose deslizamientos y derrumbes cuando la roca está cubierta por ceniza volcánica; pero donde no hay ceniza y el suelo es arcilloso, la erosión por escorrentía cobra especial importancia, menciona Suárez (1984).

Luna (1969) escribe "La geología en Colombia es compleja y variada, se encuentran presentes rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. En la Cordillera Occidental, predomina material sedimentario; en la Cordillera Central, las formaciones ígneas y metamórficas ocupan una extensión considerable y en la Oriental hay predominio de material sedimentario con manchas ígneo-metamórficas aisladas".

Los suelos derivados de ceniza volcánica son de gran importancia en Colombia, ya que una extensión considerable de ellas se encuentra sobre las cordilleras andinas y tienen como material parental ceniza, tobas y lava volcánica, en donde los fenómenos de erosión (escurrimiento, solifluxiones y coluviación) han influido notoriamente sobre el desarrollo de los suelos (Luna, 1969).

Howeler (1984) menciona que por su alto contenido de óxidos e hidróxidos de Fe y Al, los suelos Oxisoles y Ultisoles, en general tienen buen drenaje interno y son relativamente resistentes a los procesos erosivos, mientras que los Inceptisoles, Mollisoles y Alfisoles son más susceptibles.

Rose (1960) y Epstein - Grant (1967), citados por Kirkby y Morgán (1984) observaron que había mayor desprendimiento de las partículas de suelo por las gotas de lluvia a medida que aumentaba el contenido de arcilla de los suelos. Bennett (1926) citado por Kirkby y Morgán (1984) hace notar que las arcillas con proporciones de sílice-sesquóxido mayores a dos son erosionables y Bryan (1971), citado por Kirkby y Morgán (1984), considera que el tipo de material arcilloso

es un factor importante para controlar la estabilidad de los agregados del suelo y por lo mismo la erodibilidad.

Según Kirby y Morgán (1984), a menudo, el perfil del suelo determina la severidad de la erosión. Los horizontes debajo del horizonte de labranza (A_p) son de por sí más compactos y menos erosionables.

El uso y manejo de los suelos, así como la vegetación, tipo de cultivo, su localización y manejo son factores que influyen en la erosión y conservación de los suelos.

Según Gómez y Alarcón (1975); Howeler (1984), el factor más importante que influye en la erosión es el cultivo y su manejo, pues determina el porcentaje de cobertura del suelo y el grado de protección contra el impacto de la lluvia. Hay cultivos que son exigentes en deshierbas y labores que ofrecen poca protección al suelo, mientras que otros, permiten mayor cobertura y protección como puede observarse en la Figura 5.

Ortíz (1986), afirma que la discontinuidad y desigual estratificación de los diferentes tipos de vegetación existentes en Colombia favorecen la actividad de la erosión. "En la región Andina, por ejemplo, a medida que se asciende, el tamaño y la cobertura de la vegetación va disminuyendo y, por ende, aumenta la superficie de tierras desprotegidas o desnudas".

- | | |
|-----------|-------------------------|
| □ Soya | ● Yuca-Maíz intercalado |
| ○ Guandul | ★ Yuca monocultivo |

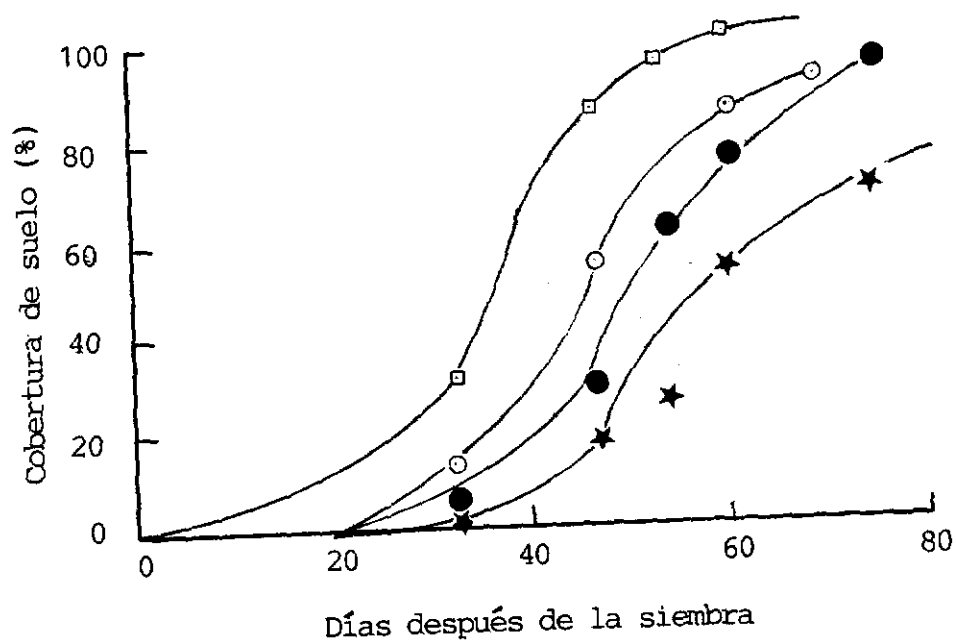


Figura 5. Porcentaje de cobertura de suelo en varios cultivos y sistemas de siembra.

(Fuente: Aina, Lal y Taylor, 1979, citados por Howeler, 1984).

La vegetación es el medio más eficaz de protección del suelo contra la erosión (Howeler, 1984 y Ortíz, 1986). Por un lado, ella intercepta con su follaje la violencia de las gotas de lluvia al impedir el choque directo de éstas con las partículas del suelo y en segunda instancia, mediante su concentración y formación de humus y materia orgánica, mejora la estructura de los suelos aumentando la porosidad y permeabilidad del agua.

Escribe Ortíz (1986), que el paso del escurrimiento difuso leve a laminar se produce rápidamente en la medida que disminuye la cobertura vegetal, aumenta la pendiente del terreno y se emplean técnicas inadecuadas de cultivos (siembra de algodón en terrenos pendientes, por ejemplo).

La forma menos costosa, según Kelley (1983), de impedir que el suelo sea arrastrado por el agua o el viento es mantenerlo cubierto. "En la mayoría de los lugares, la vegetación debe cubrir al menos el 70% de la superficie del suelo para protegerla debidamente contra la erosión".

En las Tablas 3, 4 se presenta el efecto del tipo de cultivo sobre la erosión y en la Tabla 5 tomada de Howeler (1984), se muestra que en términos generales, los cultivos anuales causan mucho más erosión que los cultivos perennes o los pastos, debido a sus requerimientos de roturación del suelo, deshierbas, cosechas, etc.

TABLA 5. Efectos del cultivo y tipo de suelo sobre las pérdidas de suelo (t/ha/año) por erosión en Brasil.

Cultivo	Suelo Arenoso	Terra Roxa
Cultivos anuales	21.3	9.5
Cultivos perennes	1.0	0.6
Pastos	1.2	2.7

Fuente: Marques et al (1961), citados por Howeler (1984)

Navas (1982), citado por Howeler (1986) al comparar varios tipos de cobertura del suelo, registró que el bosque natural es el mejor protector del suelo, seguido de pastos como Micay y Brachiaria; mientras que, un cultivo como el maíz es altamente erosivo, dependiendo de su manejo. También, la yuca tiende a acrecentar la erosión, especialmente a la siembra y después de la cosecha (Howeler, 1981). Gómez (1975) citado por Howeler (1981) calculó un índice de erosión de 9.8 para la yuca en comparación con 1.0 para el pasto forrajero, 1.1 para la caña de azúcar, 1.7 para la piña y 11.8 para el café en un suelo de ceniza volcánica con un 60% de pendiente en Colombia.

Según Howeler (1984), cultivos de ciclo corto como soya y guandul llegan a su cobertura máxima entre los 45 y 60 días d.s., mientras que la yuca se demora entre tres a cuatro meses.

Kabeerathumma et al (1985) escriben "Se cree que la yuca erosiona los suelos. En Kerala, India, el cultivo se siembra generalmente en pendientes, con lluvias en la etapa de crecimiento". Para controlar

la erosión en esta región, la yuca es sembrada como componente de un cultivo mixto. De esta forma, Kabeerathumma et al (1985) reportaron una pérdida mínima de suelo de 0.25 t/ha con la asociación yuca-leucaena, mientras que en la yuca monocultivo, las pérdidas fueron de 0.85 t/ha como se puede observar en la Tabla 6, pero las mayores pérdidas se produjeron en barbecho.

TABLA 6. Escorrentía superficial y pérdida de suelo bajo diversos sistemas de cultivo múltiple en una pendiente de 8-9% en Trivandrum, India.^a

Tratamientos	Escorrentía (mm)	Pérdida de suelo cada seis meses
Barbecho	21.6	2.37
Yuca	12.4	0.85
Banano	11.0	0.75
Eucalipto	11.5	0.73
Leucaena	12.6	0.53
Banano + yuca	8.1	0.33
Eucalipto + yuca	7.8	0.33
Leucaena + yuca	9.2	0.25

a. Precipitación en este período (julio a diciembre) = 252 mm

Fuente: Kabeerathumma et al (1985)

Aina et al (1970), citados por Blomer (1983) reportaron en la región de Monción, República Dominicana, como el sistema yuca intercalada con maíz causaba menos erosión y menos impacto de la lluvia que yuca en monocultivo porque la asociación yuca-maíz tenía una mayor cobertura del suelo.

Estudios en Nigeria han mostrado que yuca sembrada en suelos con pendiente del 1% reportaron pérdidas de suelo de 3 t/ha/año; cuando

la pendiente es del 5%, la rata de pérdida era de 87 t/ha/año; mientras que con una pendiente del 15% o más, las pérdidas por año eran de 221 t/ha. La asociación yuca-maíz reducía estas pérdidas pero la relación entre el suelo perdido y la pendiente era la misma (Brown y Wolf, 1984).

Cita Howeler (1984 y 1986) que la protección del suelo contra el impacto de la lluvia también se consigue con la aplicación del "mulch" o cobertura vegetal muerta como rastrojo de maíz, pasto, frijol, paja de arroz, hojas de plátano, etc. Lal (1977), citado por Howeler (1984-1986) ha mostrado que la aplicación de 2-6 t/ha de mulch elimina la erosión aún en pendiente del 15% como se observa en la Tabla 7 (efecto de la aplicación de "mulch" sobre la pérdida de suelo en lotes con diferentes pendientes).

TABLA 7. Efecto de la aplicación de "mulch" sobre pérdida de suelo en lotes con diferentes pendientes.

Aplicación de Mulch (t/ha)	Pérdida de suelo erosionado (t/ha)			
	Pendiente (%)			
	1	5	10	15
0	0.43	8.68	11.98	12.20
2	0.25	0.01	0.03	0.08
4	0.00	0.02	0.01	0.01
6	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Lal (1977), citado por Howeler (1984 y 1986).

Howeler (1986) cita como la siembra de yuca en franjas siguiendo curvas de nivel y la aplicación de mulch, redujeron considerablemente la erosión y aumentaron los rendimientos. Para reducir la erosión en San Emigdio, municipio de Palmira, Valle, Colombia, García (1984) registró que lo más efectivo fue la aplicación de mulch de maíz ya que redujo las pérdidas de suelo a sólo 0.3 t/ha aunque afectó ligeramente el rendimiento de la yuca. En la Tabla 8 se pueden observar estos resultados.

Datos de Lal et al (1978), citados por Howeler (1986), indican que el mulch suministra nutrimentos, aumenta la humedad del suelo, disminuye la temperatura del suelo, aumenta drásticamente la actividad de la macrofauna y mejora la tasa de infiltración del agua. Este efecto benéfico del mulch se observa claramente en la Tabla 9 dada por Howeler (1986) y tomada de Lal et al (1978) como también en la Tabla 10 de Roose y Asseline (1978), citados por Howeler (1986).

Negrete et al (1978) reportaron disminución en las pérdidas de suelo (18.8 kg/ha) al aplicar 6 t/ha de rastrojo como cobertura al suelo, para el cultivo del maíz, en México, demostrando que esta práctica es adecuada para reducir los efectos de la erosión.

Mediante el empleo de abonos verdes, no sólo se tienen ocupados los suelos sino que se está proporcionando materia orgánica, se mejora la estructura al incorporarlos y se controlan ciertas malezas. En un estudio realizado en un Ultisol de Santander de Quilichao, Cauca, Colombia, Cadavid (1985) demostró como se aumentaron los rendimientos

TABLA 8. Rendimiento de yuca y cantidad total de suelo erosionado con varias prácticas de conservación de suelo en San Emigdio (Valle).
Fuente: A. García (1984).

Tratamiento	Rendimiento* Yuca (t/ha)	Suelo seco # erosionado (t/ha)
1. Preparación de todo el terreno con pica; aplicación abono, siembra yuca a 80x80 cm.	24.1	3.2
Preparación con pica de franjas de 5 metros sembrados con yuca a 80 x 80 cm, alternados con franjas de 1 metro sin preparar.	20.1	2.0
3. Preparación con pica; aplicación abono; siembra dos surcos de yuca alternados con 1 surco de <u>Brachiaria humidicola</u> .	9.7	2.6
4. Preparación con pica; aplicación abono y mulch de maíz; siembra a 80 x 80 cm.	18.7	0.3
5. Preparación con pica; franjas de 1 metro con doble surco de yuca, alternados con 1 metro sin preparar.	30.5	2.2
6. Sin preparación, con abono; siembra con barreton a 80 x 80 cm.	21.6	1.9
7. Preparación con pica; aplicación abono; siembra dos surcos de yuca alternados con 1 surco de pasto imperial.	18.9	1.7
8. Sin preparación, sin abono; siembra con barreton a 80 x 80 cm.	6.5	2.4

* Promedio dos variedades

Durante 13 meses entre siembra y cosecha de yuca.

de la yuca en unas 10 t/ha/año con la incorporación de Gualdul (Cajanus cajan), maní variedad ICA-Tatui (Arachis hypogaea) y kudzú tropical (Pueraria phaseoloides).

TABLA 9. Efecto del manejo de residuos de cosecha sobre la erosión de suelo en una plantación de piña en la Costa de Marfil con 20% de pendiente, Roose & Asseline (1978), citados por Howeler (1986).

Manejo de residuos vegetales	Cantidad de suelo perdido t/ha
Suelo desnudo	253.0
Residuos quemados	16.7
Residuos incorporados	9.7
Residuos dejados en la superficie (Mulch)	0.007

TABLA 10. Efecto de "mulch" de varios pastos y leguminosas sobre el rendimiento de maíz, soya, caupí y yuca en un Alfisol en Nigeria (Lal et al, 1978), citados por Howeler (1986).

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

También, otra práctica de control de la erosión ha sido el empleo de barreras vivas a base de pastos como elefante (Pennisetum purpureum), king grass (Saccarum sinensi), Arachis pintoi, Brachiaria decumbens,

Brachiaria humidicola, limoncillo (A. scoparius) e imperial según Howeler (1986), y García (1984).

Según García (1984), la barrera viva con Imperial fue muy efectiva para reducir la erosión en San Emigdio, pero con Brachiaria humidicola fue menos efectiva y la competencia con la yuca fue muy alta, disminuyendo su rendimiento de 30.5 t/ha a 9.7 t/ha; demostrándose que este pasto no debe sembrarse dentro del cultivo de la yuca por su fuerte competencia (Tabla 8).

Otra de las formas para controlar o disminuir la erosión es mediante la preparación de los suelos. Howeler (1986), afirma que en un Alfisol en Ghana, la pérdida de suelo por erosión disminuyó de 4.0 a 0,2 t/ha a medida que se redujo la intensidad de la preparación como se demuestra en la Tabla 11. Además, no solo reduciendo la intensidad de la preparación se controla este proceso, sino también, reduciendo el área preparada, dejando franjas sin preparar o preparando solo el sitio de siembra (cajuelas), ya que son técnicas que han disminuido la erosión sin afectar significativamente los rendimientos de la yuca afirma Howeler (1986).

Según Howeler (1984-1986), la siembra de yuca sin ninguna preparación es factible siempre y cuando se controlen bien las malezas. Esta práctica de mínima labranza es muy efectiva en controlar la erosión ya que las malezas y rastrojo protegen el suelo y mantienen una capa orgánica sobre el suelo, favoreciéndose la infiltración del agua. Además, esta práctica se puede complementar con el uso de herbicidas

TABLA 11. La pérdida de suelo por erosión en relación con la intensidad de la labranza en un Alfisol en Ghana. (Bafoe-Bonnie y Quansah, 1978, citados por Howeler (1986).

Método de labranza	Pérdida de suelo (t/ha)
Labranza intensiva	4.0
Labranza intermedia	0.9
Labranza mínima	0.2
Preparación manual	1.4

como Karmex + Lazo y/o Gramoxone para controlar malezas (Howeler, 1984).

Kelley (1983) señala que el sistema de mínima labranza es muy apropiado para muchos suelos tropicales pues en ellos la labranza intensiva lleva a la descomposición acelerada de la estructura del suelo y a la pérdida de humedad.

García (1984), escribe que "un sistema de labranza será exitoso desde el punto de vista de conservación, en la medida en que las pérdidas de agua y suelo se reduzcan bien por la cobertura protectora dejada sobre el suelo o por el efecto que el micro-relieve del terreno presenta a los agentes erosivos agua y viento".

García (1984) y Howeler (1986) reseñan que en terrenos con pendientes mayores del 15% no se deben usar tractores ya que trabajan en el sentido de la pendiente y causan mucha erosión. El método más efectivo para estos suelos es con yunta de bueyes y el arado de yugo y en algunos casos, se debe complementar manualmente con el azadón.

Cuando el uso de maquinaria o de implementos agrícolas es continuo por el número exagerado de pases, se va aumentando paulatinamente el deterioro del suelo productivo hasta llegar a condiciones irreversibles evidenciándose por escurrimiento difuso y laminar, reducción de la capa agrícola con la formación de calvas y destrucción de la estructura del suelo como consecuencia de la pulverización (García, 1984).

Según Kramer (1983), cero labranza quiere decir sembrar en suelo sin preparar con poco movimiento de tierra, es decir, haciendo sólo un hoyo suficientemente ancho para la semilla. En el sistema de labranza mínima también se mueve la tierra lo menos posible, sóloamente se labora en el sitio donde se va a sembrar, por ejemplo, donde queda la estaca de yuca.

Kramer (1983) afirma que son pocos los trabajos reportados sobre labranza mínima en yuca; sin embargo, Phillips (1980), citado por Kramer (1983) hizo pruebas de cero labranza con varios cultivos y encontró resultados muy positivos (yuca sembrada en un Ultisol de Monrovia/Liberia, 14,9 t/ha); mientras que en otro estudio realizado por Burity (1983), citado por Kramer (1983), los rendimientos de yuca fueron superiores en los tratamientos de laboreo convencional en comparación con los de no labranza. En la India, Thansuraj (1978), citado por Kramer (1983), registró que los rendimientos de raíces frescas en yuca resultaron más bajos en el sistema de cero labranza; pero al agregar mulch de hojas de plátano, los rendimientos aumentaron al aumentar la actividad microbial del suelo.

Kramer (1983), afirma que las investigaciones de cero y mínima labranza no han dado resultados satisfactorios por los bajos rendimientos reportados y aunque contribuyen a disminuir las pérdidas de suelo, los rendimientos son bajos por el inadecuado manejo de las malezas en el cultivo de la yuca, especialmente en la etapa de crecimiento (uno a cuatro meses d.s.).

En Costa Rica, Burity et al (1979) al trabajar con la variedad de yuca "Valencia" encontraron que la práctica de manejo convencional del suelo tuvo rendimientos superiores al no laboreo y que los rendimientos de yuca monocultivo fueron significativamente superiores al obtenido en el sistema asociado, aunque, el manejo tradicional mostró una tendencia a compactar el suelo, debido a un aumento de los espacios porosos no capilares, mientras que sin laboreo, los espacios porosos capilares se incrementaron y hubo una disminución de los no capilares.

En el trópico es muy importante la pérdida de nutrimentos asociados con la pérdida de suelo por erosión menciona Howeler (1984), como se puede observar en la Figura 3.

Gómez y Alarcón (1975) señalan que la pérdida de productividad de los suelos como consecuencia de la erosión puede ocurrir por arrastre o por lixiviación de elementos nutritivos, y por disminución del espesor de la capa superficial del terreno.

Lal (1976), citado por Howeler (1984) ha demostrado que la pérdida de 10 cm de suelo superficial, redujo los rendimientos de maíz y caupí a menos de la mitad.

Según Gómez y Alarcón (1975), la erosión por escorrentía disminuye el espesor de la capa superficial. Esta disminución de la profundidad efectiva del suelo ocasiona una pérdida de productividad y las plantas crecerán en suelos con condiciones adversas por su baja fertilidad.

En un estudio de doce suelos diferentes de la RDA, Wise (1981) indicó que el arrastre de los distintos elementos nutritivos osciló en dependencia del tipo de suelo. Así, el arrastre de nitrógeno fue entre 1 y 20 kg/ha; el del Magnesio, de 6 a 32 Kg/ha/año; el del Potasio de 1 a 56 kg/ha/año y el del Calcio de 20 a 124 kg/ha/año. En la Tabla 12 (adaptada por Luis F. Cadavid), se observa el arrastre anual medio de los diferentes nutrimentos según la clase de suelo en RDA.

Gómez y Alarcón (1975) citan como la escorrentía arrastra gran cantidad de nutrimentos minerales del suelo o los fertilizantes aplicados, debido a su alta solubilidad (caso de los nitratos), o por arrastre directo como ocurre con los superfosfatos. En la Tabla 13 se presenta la cantidad de suelo perdido por escorrentía y también la cantidad de nutrimentos en suelos coluviales, con 45% de pendiente y diferentes manejos en experimentos realizados en Cenicafé durante 1949-1956.

TABLA 12. Arrastre anual medio de distintos elementos nutritivos según la clase de suelos en la RDA (Adaptación de L.F. Cadavid).

Clase de Suelo	Pérdida de Nutrimentos kg/ha/año			
	N	K	Ca	Hg
Arenoso	13.7	29.7	101.6	9.7
Franco Arcilloso	8.5	2.3	71.2	12.7
Forestal	10.2	5.7	92.0	23.9
Arcilloso	6.7	3.0	93.0	8.8

Fuente: Weise (1981)

TABLA 13. Pérdidas promedio anual de suelos y elemento nutritivos causados por la escorrentía en suelos coluviales, con 45% de pendiente y diferentes manejos (Cenicafé 1949-1956). Precipitación promedio anual 2.701,5 mm.

Tratamiento	Suelo Perdido kg/ha	Nitrógeno Total kg/ha	Fósforo kg/ha	Potasio kg/ha	Calcio kg/ha	Magnesio kg/ha
Suelo desnudo (Azadon)	31.200	25,24	0,98	24,03	238,63	151,66
Potrero Micay	250	6,58	0,15	5,58	24,83	26,39
Cafetal joven sombrío denso Desyerba azadon	4.760	8,57	0,06	2,14	4,71	5,09
Cafetal joven sombrío denso Cobertura añil Desyerba machete	560	2,21	0,08	2,35	5,33	4,90

Fuente: Suárez, F. y Rodríguez, A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Federación Nacioanl de Cafeteros de Colombia, Bogotá, 1962. 473p., citados por Gómez y Alarcón (1975).

También, es frecuente la pérdida de nutrimentos por lixiviación como puede observarse en la Tabla 14 y precisamente, el mulch y raicillas de las plantas ofrecen cierta resistencia a este proceso de lavado de nutrientes hacia capas inferiores.

En un ensayo en Mondomo, Cauca, Colombia, con la variedad de yuca CMC-92 (Algodona), Howeler y Cadavid (1984) registraron que cuando no se aplicó P a un suelo erosionado, el rendimiento promedio fue de 7.7 t/ha y 22.6 t/ha en suelo no erosionado del mismo campo (Figura 6); con la aplicación de 50 kg P/ha como superfosfato triple, los rendimientos fueron 18.3 y 30.0 t/ha, respectivamente. Esto indica, según Howeler (1984), que el estado de erosión del suelo fue lo más determinante en el rendimiento y que la aplicación de P no puede restablecer del todo la productividad de estos suelos ya degradados.

Los agricultores consideran que la yuca empobrece el suelo ya que no sólo puede causar erosión sino que extrae nutrimentos del mismo y con ello, contribuye aún más al desgaste químico de suelos erosionados o en vía de degradación física.

Howeler (1981) indica que en promedio la yuca extrae aproximadamente 2.3 kg de N, 0.5 kg de P, 4.1 kg de K, 0.6 kg de Ca y 0.3 kg de Mg por tonelada de raíces cosechadas.

Una de las muchas prácticas para controlar la erosión puede ser mediante la fertilización. El efecto de ésta, naturalmente, depende del cultivo y la fertilidad natural del suelo señala Howeler (1986).

TABLA 14. Pérdida promedio anual de nutrientes por lixiviación en suelos de la unidad Chinchiná en lisímetros monolíticos, Cenicafé 1952-1955. Precipitación anual promedio 2752 mm.

Tratamiento	Nitrogeno	Fósforo Kg/ha	Potasio Kg/ha	Calcio Kg/ha	Magnesio Kg/ha
	Mineral Kg/ha				
Suelo desnudo	361,88	0,29	235,21	983,20	268,61
Mulch	305,05	0,15	190,75	760,21	212,50
Añil rastrero	76,32	0,11	114,52	710,70	208,06

Fuente: Suárez, F y Rodríguez, A. Movimiento del agua en el suelo (estudio de lisímetros monolíticos). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Boletín Técnico 2 (19): 1-18, 1958, citados por Gómez y Alarcón (1975).

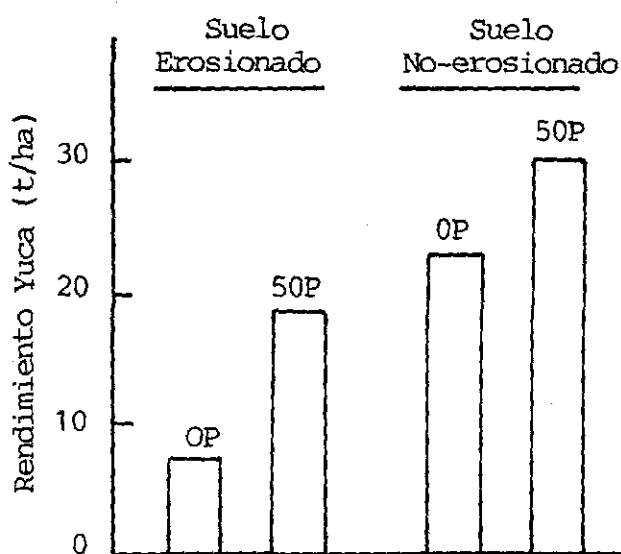


Figura 6. El efecto de la aplicación de P sobre la producción de yuca cv CMC-92, en suelo erosionado y no erosionado en Mondomito, Cauca, Colombia.

Fuente: Howeler y Cadavid (1984).

En Colombia, escribe Howeler (1986), los agricultores fertilizan bien algunos cultivos como la papa y las hortalizas, pero disminuyen esta práctica con el frijol y el maíz y rara vez fertilizan la yuca.

Howeler (1984) indica que la fertilización de la yuca no sólo aumenta el rendimiento sino que produce plantas más vigorosas y con mayor área foliar y con ello, se protege el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia y además, no dejan prosperar las malezas.

Aunque la yuca se ha cultivado tradicionalmente sin el uso de fertilizantes, se sabe que la planta responde bien a la fertilización señala Howeler (1981), citado por Cadavid y Howeler (1984).

En varios ensayos de NPK en diferentes lugares del país, Cadavid (1980); Cadavid y Howeler (1981); Cadavid y Howeler (1984) han reportado respuesta significativa en Oxisoles de los Llanos Orientales, Ultisoles de Santander de Quilichao y en Inceptisoles de Mondomo y Pescador.

En un ensayo de NPK en un suelo ácido erosionado (pendiente mayor del 45%) de Mondomo, Cauca, Colombia, Howeler (1981) - citado por Cadavid y Howeler (1984) reseñó como se obtuvieron buenos rendimientos (30 t/ha) con 100 kg N/ha, 225 kg P_2O_5 /ha y 240 kg K_2O /ha.

En un ensayo llevado a cabo en la región de Mondomo en las veredas de Mondomito, Agua Blanca, Tres Quebradas, Telecom y otro en la vereda El Socorro, municipio de Pescador, Cadavid y Howeler (1984)

encontraron una marcada respuesta a la fertilización química, especialmente al fósforo y potasio como puede observarse en las Tablas 15 y 16. También, en la Tabla 8, García (1984) nos reseña como la fertilización es un componente de la lucha contra la erosión al combinarla con otras prácticas de manejo del suelo.

TABLA 15. Respuesta de yuca a la aplicación de varios niveles de N, P, K en cinco localidades de la región de Mondomo, Pescador, Cauca, Colombia. 1983.

No.	Fertilización*	Mondo- mito	Agua Blanca	Tele- com	Tres Que- bradas	Pesca- dor	Promedio
<hr/>							
		<hr/> Rendimiento raíces frescas t/ha <hr/>					
1	N ₀ P ₀ K ₀	8.5	12.7	13.0	10.2	3.3	9.5
2	N ₀ P ₂ K ₂	11.0	25.5	25.9	16.5	12.6	18.3
3	N ₁ P ₂ K ₂	13.6	20.5	21.8	18.4	13.1	17.5
4	N ₂ P ₂ K ₂	11.0	24.8	27.1	23.2	16.2	20.5
5	N ₃ P ₂ K ₂	13.8	29.7	27.3	29.2	19.7	23.9
6	N ₂ P ₀ K ₂	8.0	13.2	16.0	9.3	6.0	10.5
7	N ₂ P ₁ K ₂	14.3	25.2	23.5	21.5	15.0	19.9
8	N ₂ P ₃ K ₂	12.0	24.6	26.4	24.7	19.6	21.5
9	N ₂ P ₂ K ₁	10.6	25.5	23.1	14.8	7.4	16.3
10	N ₂ P ₂ K ₁	14.3	24.9	25.9	17.8	16.5	19.8
11	N ₂ P ₂ K ₃	14.4	26.3	24.6	24.8	16.7	21.4
12	N ₃ P ₃ K ₃	18.5	28.0	27.3	29.9	12.3	23.2
X	Prom trats.	12.5	23.4	23.5	20.0	13.2	18.5

N ₀ = 0	N ₁ = 50	N ₂ = 100	N ₃ = 200 kg N/ha como úrea
P ₀ = 0	P ₁ = 50	P ₂ = 100	P ₃ = 200 kg P/ha como SFT
K ₀ = 0	K ₁ = 50	K ₂ = 100	K ₃ = 200 kg K/ha como KCl

Fuente: Cadavid Y Howeler (1984)

TABLA 16. Efecto económico de la aplicación de N P K para yuca en la región de Mondomo - Pescador, Cauca, Colombia. 1983.

No.	Fertilización*	Rendimiento t/ha	Costos abonos	Ingresos \$	Beneficio neto	B/C
1	N ₀ P ₀ K ₀	9.0	0	76.000	76.000	-
2	N ₀ P ₂ K ₂	18.3	15.960	146.400	130.440	3.4
3	N ₁ P ₂ K ₂	17.5	18.175	140.000	121.825	2.5
4	N ₂ P ₂ K ₂	20.5	20.390	164.000	143.610	3.3
5	N ₃ P ₂ K ₂	23.9	24.820	191.200	166.380	3.6
6	N ₂ P ₀ K ₂	10.5	7.950	84.000	76.050	0
7	N ₂ P ₁ K ₂	19.9	14.170	159.200	145.030	4.9
8	N ₂ P ₃ K ₂	21.5	32.830	172.000	139.170	1.9
9	N ₂ P ₂ K ₁	16.3	16.870	130.400	113.530	2.2
10	N ₂ P ₂ K ₁	19.8	18.630	158.400	139.770	3.4
11	N ₂ P ₂ K ₃	21.4	23.910	171.200	147.290	3.0
12	N ₃ P ₃ K ₃	23.2	40.780	185.600	144.820	1.7
X	Prom trats.	18.5				

* Precios abonos:

N = \$ 44.30 kilo, bulto úrea \$1.018.00

P = \$124.40 kilo, bulto SFT \$1.250.00

K = \$ 35.20 kilo, bulto KC1 \$ 880.00

Precio yuca: \$8.00 por kilo yuca fresca

Beneficio : Ingresos - costos

B/C : B con abono - B sin abono
costo abono

Fuente: Cadavid y Howeler (1984)

2. MATERIALES Y METODOS.

2.1. Conceptos Generales.

Los ensayos se llevaron a cabo desde 1979 hasta 1986 en campos de agricultores en el corregimiento de Mondomo, Municipio de Santander de Quilichao, al norte del Departamento del Cauca, Colombia, entre las veredas de Mondomito a 2 kms de la carretera PanamERICANA y Agua Blanca, a 9 kms de Mondomito (Figura 7).

Por organización de los análisis de suelos de la región base de estudio, ésta se dividió en seis zonas (Figura 7) en las cuales se dan las principales características químicas y físicas como se puede observar en la Tabla 17.

Estas zonas en su orden son:

1. Mondomito
2. Telecom
3. El Turco
4. "Las Pilas" en Tres Quebradas
5. Tres Quebradas
6. Agua Blanca

Es de anotar, que esta división se hizo para poder ordenar los

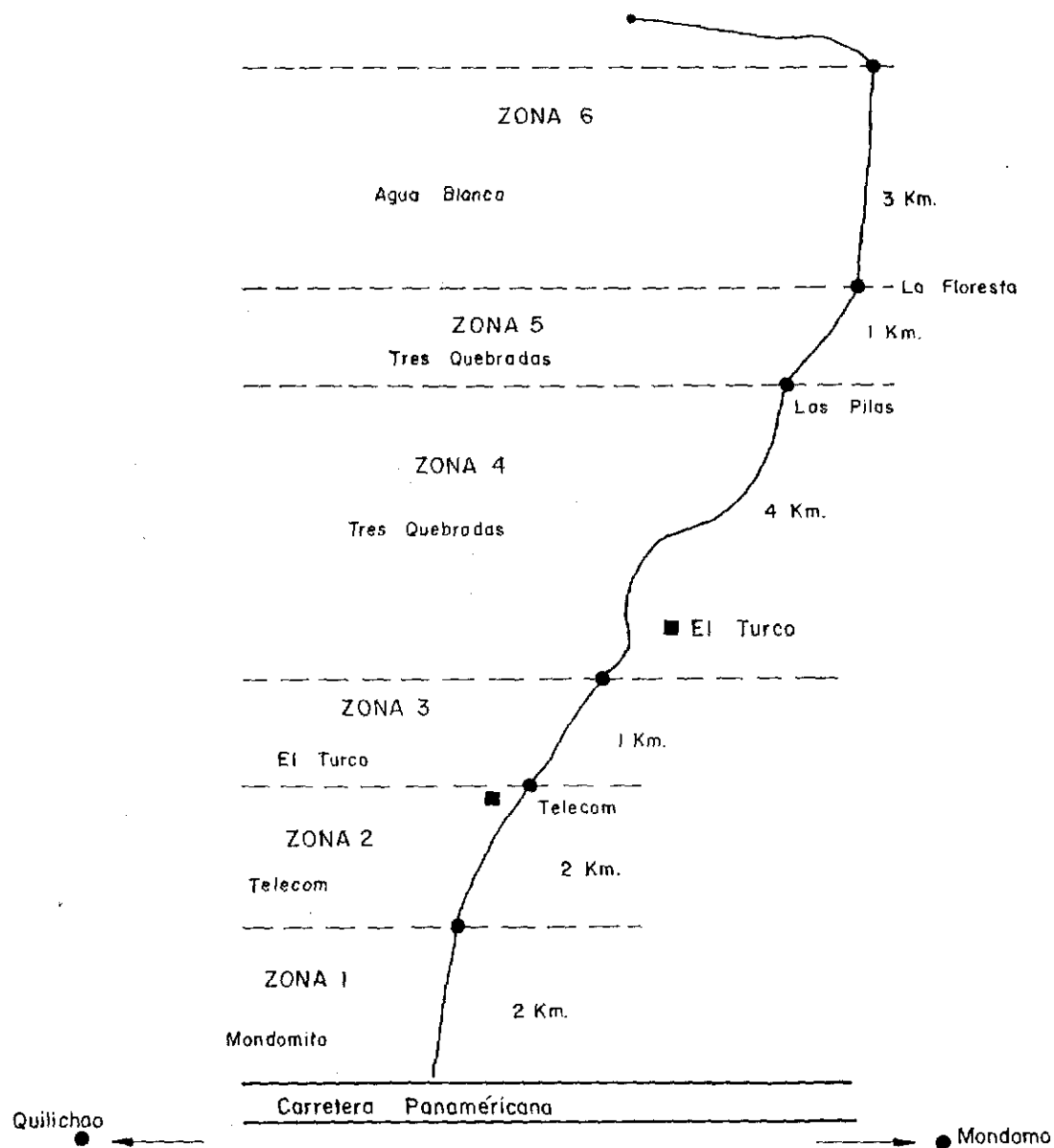


Figura 7. Zona de estudio Mondomo, Cauca, Colombia.

TABLA 17. Características químicas y físicas de los suelos de la región de Mondomo, Cauca, Colombia.
1979-1986.

ZONA DE ESTUDIO	No.	Pendiente %	% M.O.	Bray II P ppm	pH 1:1	Al	Ca meq/100	Mg suelo	K	Sat Al %	Textura Bouyoucus	Densidad aparente (g/cc)* Núcleo
MONDOMITO	1	15-20	6.17	2.26	4.36	3.87	0.58	0.19	0.15	81	Arcilloso	0.85
TELECOM	2	40	5.63	0.96	4.30	8.30	0.61	0.12	0.13	91	-	-
EL TURCO	3	35	5.93	1.63	4.39	11.58	1.06	0.47	0.29	86	Arcilloso	-
LAS PILAS	4	40	13.57	2.30	5.38	0.64	0.90	0.27	0.26	31	Franco Arcilloso	0.81
TRES QUEBRADAS	5	20-30	6.59	2.10	4.40	3.50	0.75	0.43	0.44	68	Arcilloso	-
AGUA BLANCA	6	45	5.34	1.32	4.37	6.29	0.81	0.34	0.12	83	Arcilloso	0.95
PROMEDIO REGION		35-40	7.21	1.76	4.53	5.70	0.79	0.30	0.23	73	Arcilloso	0.87

$\frac{\text{Peso seco}}{\text{Volumen suelo}}$: g/cc (densidad aparente)
en base a peso seco en la estufa
(105° c)

resultados de 40 análisis de suelos realizados en los sitios en donde el Programa Suelos-Yuca del CIAT realizó pruebas con agricultores de la región; pero tan sólo en las zonas de Mondomito, Agua Blanca y "Las Pilas" se llevaron a cabo los ensayos sobre erosión y manejo del suelo descritos en este trabajo.

Como se puede observar en la Tabla 17, son suelos con relieve quebrado (fotos 6 y 7), con predominio de pendientes fuertes a muy fuertes, que presentan problemas de erosión de grado severo (3) a muy severo (4) según clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Tabla 18.

En términos generales, se muestra que la fertilidad de estos suelos es muy variable, según el grado de erosión de la zona, presentándose un contenido alto de materia orgánica, fuertemente ácidos y con niveles de saturación de aluminio que oscilan entre 60 y 92%, muy bajos en fósforos (hay problemas de fijación) y con niveles de bases de cambio muy variables, frecuentemente bajos. Son suelos de textura arcillosa y con una densidad aparente cercana a 0.90 g/cm^3 (método del núcleo) debido posiblemente al contenido de M.O. y a la presencia de ceniza volcánica.

Los suelos de la región están clasificados como Inceptisoles de acuerdo a la clasificación dada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1976) y, las zonas de estudio están tipificadas



FOTO No. 6. Topografía quebrada de la región de Mondomo.



FOTO No. 7. Pendientes fuertes (30-60%) incrementan la erosión.

TABLA 18. Pendientes y clasificación de la erosión.

Símbolo	Pendientes %	Erosión
a	0 - 3	
b	3 - 7	1. Ligera
c	7 - 12	2. Moderada
d	12 - 25	3. Severa
e	25 - 50	4. Muy severa
f	Mayor 50	

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1976).

por la Asociación Dominguillo-Tresquebradas (DT). La Unidad está compuesta por el Conjunto Dominguillo (Typic Dystrandept) y Tres Quebradas (Oxic Dystropept) y, aparecen en el mapa del Estudio General de Suelos de los municipios de Buenos Aires, Cajibío, Santander de Quilichao, Caldono, Morales y Piendamó, Departamento del Cauca (1976) con los símbolos de DTd, Dtde, DTef y Dtf, ocupando una extensión de 20.280 hectáreas.

Son suelos derivados de ceniza volcánica y materiales ígneo básicos; con relieve ondulado a fuertemente ondulado, con evidencias de procesos de erosión severa; son profundos, bien drenados, de texturas medias a pesadas, con niveles de fertilidad muy bajos.

En su mayor parte, los suelos de estos conjuntos están dedicados a la ganadería extensiva, rastrojo y cultivos de yuca con rendimientos bajos, menores de 8-10 t/ha. Además, según Cadavid y Howeler (1984), la región base de estudio presenta los limitantes agrícolas descritos en la Tabla 19.

TABLA 19. Limitantes agrícolas de la región de Mondomo y Pescador, Cauca, Colombia.

-
1. Alto porcentaje de suelos de ladera con pendientes fuertes.
 2. Suelos extremadamente ácidos y pobres en P.
 3. Alta erosión potencial.
 4. Siembra de yuca en ladera aumentando la erosión.
 5. La yuca se siembra rústicamente y sin técnica.
 6. Ninguno ó poco empleo de fertilizantes
 7. Poca ó ninguna selección del material de siembra
 8. Mal manejo del suelo.
-

Fuente: Cadavid y Howeler (1984).

El conjunto Tres Quebradas (Oxic Dystropept), presenta un epipedón ócrico, un horizonte diagnóstico cámbico, régimen de humedad údico, saturación de bases menor de 50%, presenta una meteorización bastante avanzada y efectos extremos de un proceso de laterización. Los factores de formación que han influido en estos suelos han sido: material parental, relieve, clima y tiempo. Los procesos de formación que han influido son:

Descomposición, lixiviación y laterización.

El conjunto Domínguillo (Typic Dystrandept) presenta un epipedón úmbrico, un horizonte diagnóstico cámbico, régimen údico y saturación de bases menor del 50%. Como factores y procesos de formación han influido: Material parental, clima, relieve y vegetación, lixiviación, melanización y descomposición, respectivamente.

La región tiene una altitud entre 1400 y 1600 m.s.n.m., una temperatura media anual de 18 a 20 grados centígrados y una precipitación media anual entre 1200 y 1400 mm con distribución de lluvias bimodal como se puede observar en las Figuras 8 y 9 respectivamente.

Según Howeler y Cadavid (1984), por la topografía tan quebrada (pendientes entre 10 y 60%), los agricultores preparan los suelos con bueyes, normalmente dando dos pasos o preparando cajuelas con pica o pala y siembran una o dos estacas/sitio en posición horizontal; no usan fertilizantes químicos y aunque siembran yuca continua por 2-3 años o más, dejan los lotes en descanso con rastrojo entre 3 y 15 años.

Las variedades locales son Algodona o CMC-92 (M Col 1522), Barranqueña, Batata (M Col 2258), Americana (M Col 2257), Selección 40 (M Col 2259), Regional negrita (M Col 2260), Blanquita, Valluna (M Col 113), Regional Amarilla (M Col 2060)

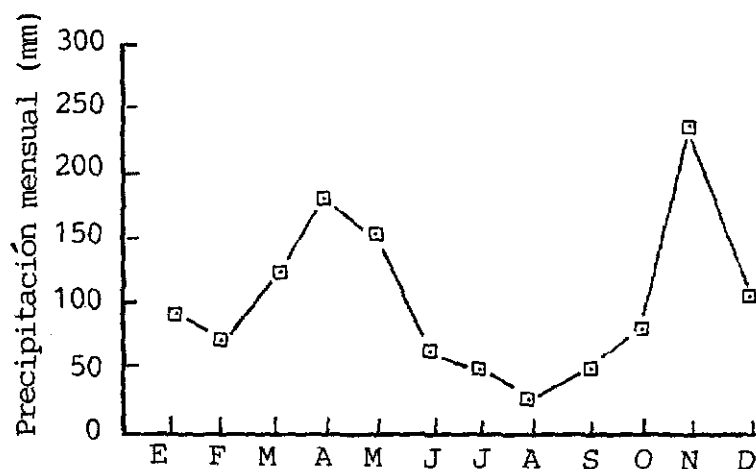


Figura 8. Distribución de lluvias durante el año en Telecom, corregimiento de Mondomo, Cauca; los datos son promedios de los años 1980, 1981, 1982 y parte de 1983.

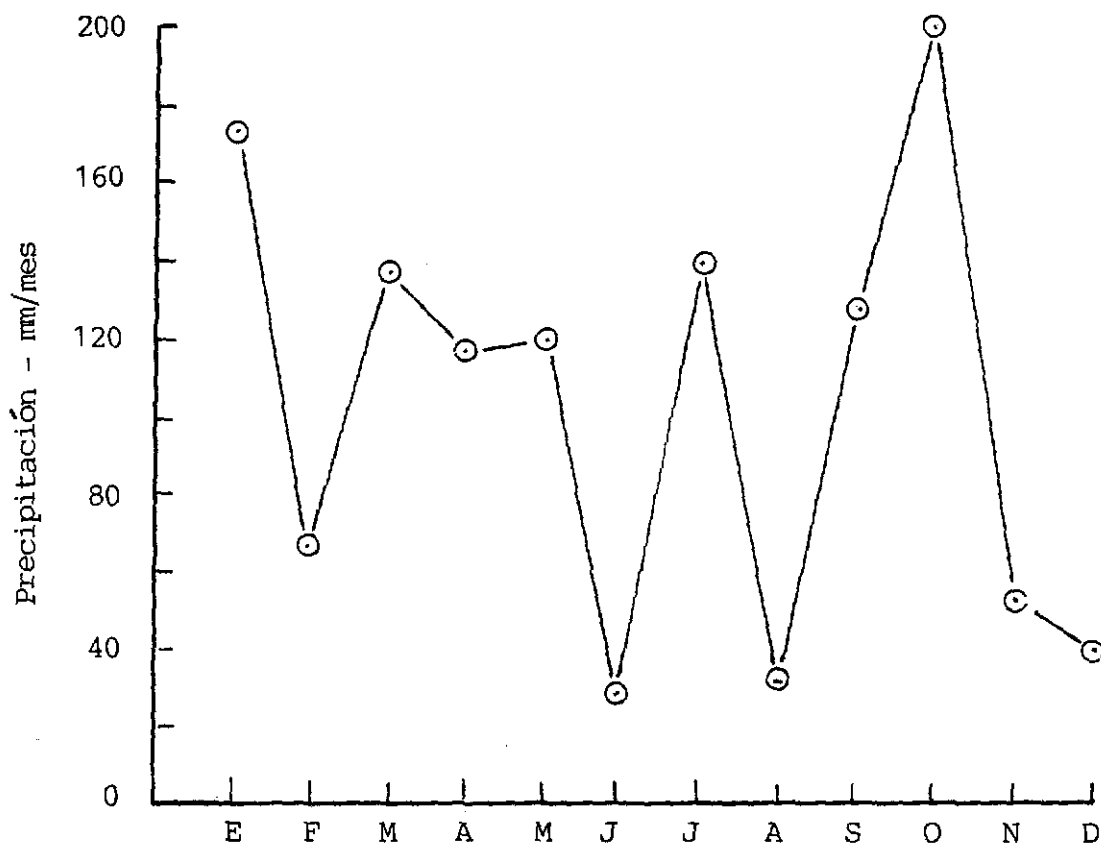


Figura 9. Distribución de lluvias en la región de Tres Quebradas, "Las Pilas" durante el año de 1984.

y Vajuna negra (M Col 2479) con una producción promedio de 4 a 8 t/ha (Howeler, 1986), la cual es generalmente, usada para extracción de almidón, consignan Howeler y Cadavid (1984).

2.2 Clases de Ensayos.

2.2.1. Alternativas de labranza en yuca.

Lugar: Mondomito

Pendiente: 10%

Cultivares: Valluna y CMC-92 de la colección CIAT Palmira y Mondomito, respectivamente.

Densidad: 18600 plantas/ha

Tratamientos:

1. Sin preparación, sembrando con barreton y controlando malezas con herbicidas, machete y azadón.
2. Preparación manual de huecos de 20 x 20 cm; control de malezas con herbicidas, machete y azadón.
3. Preparación con bueyes.
4. Preparación con bueyes y aporque manual (caballones)
5. Preparación con tractor y rotovator.
6. Preparación con tractor y rotovator + caballones.
7. Preparación con pica en franjas de 1 metro dejando 1 metro en pasto entre franjas preparados.
8. Preparación con tractor de franjas de 1 metro dejando 1 metro entre franjas preparadas.

Nota: La yuca se sembró a una población de aproximadamente 18.518.5 plantas/ha, ajustando la distancia entre plantas con la distancia entre surcos. En tratamientos 7 y 8 se sembró la

yuca en doble surco de 60 cms entre surcos y 60 cms entre plantas.

El ensayo tuvo una aplicación presiembra de cal (1/2 t/ha como Cal dolomita del 24% de Ca y 12% de Mg más 1/2 t/ha como Cal Agrícola del 76% de CaCO_3 equivalente) al voleo y, posteriormente, una aplicación de una t/ha de 10-30-10 más 1 kg B/ha como Rasorite 65 (22% de B) en banda a la siembra.

Fecha de siembra: Marzo 14, 1981

Fecha cosecha: Febrero 11/82 para el CV. Valluna y
Mayo 7/82 para el CV. CMC-92 o sea, a
los 12 y 14 meses d.s.,
respectivamente.

Diseño estadístico: Bloques al azar, cuatro repeticiones.

2.2.2. Método de labranza y niveles de NPK en yuca.

Lugar: Mondomito

Pendiente: 10%

Cultivares: CMC-92 de la región

Densidad: 15.625 plantas/ha (0.8 x 0.8 m)

Tratamientos:

- En parcela principal:

A. Preparación con pica ó azadón

B. Preparación con rotavator (2 pases)

C. Preparación con bueyes (1 pase)

D. Preparación en cajuelas

- En sub-parcelas:

1. Sin abono
2. 250 kg/ha de 10-30-10 (25N, 33P, 21K)
3. 500 kg/ha de 10-30-10 (50N, 66P, 42K)
4. 750 kg/ha de 10-30-10 (75N, 99P, 63K)

Se incorporaron 500 kg/ha de Cal Dolomita más 20 kg/ha de Aldrín 2.5% y 20 kg Mg/ha como Sulfato de magnesio (10% de Mg).

Fecha de siembra: Mayo 24/83

Fecha de cosecha: Abril 24/84, o sea, a los once meses d.s.

Diseño: Parcelas divididas, con métodos de labranza en parcela principal y nivel de fertilización química en subparcela, cuatro repeticiones.

2.2.3. Prácticas para el control de la erosión en yuca.

Lugar: Mondomito

Pendiente: 25-30%

Cultivares: Valluna (CIAT Palmira) y CMC-92 de Mondomito

Densidad: En tratamientos 1, 2, 3, 6 (15.625 plantas/ha) y en tratamientos 4,5 yuca sembrada en doble surco, 60 cm entre surcos y 60 cm entre plantas.

Tratamientos:

1. Dos pases de bueyes.

2. Dos pases bueyes y empleo de 10 t/ha (seco) de mulch de maíz.
3. Dos pases de bueyes, siembra de yuca intercalada con caupí, variedad TVX 1193-059 D.
4. Dos pasos de bueyes; yuca en doble surco intercalados con 4 surcos de caupí.
5. Dos pasos de bueyes; yuca en doble surco alternados con 1 metro de Brachiaria humidicola.
6. Dos pasos de bueyes; construcción de caballones a mano.

Como fertilización constante, se incorporó 500 kg/ha de Cal Dolomita y a la siembra, 500 kg/ha de 10-30-10 en banda (se fertilizó la yuca y el caupí).

Fecha de siembra: Marzo 27/81

Fecha de cosecha: Junio 3/82, o sea, aproximadamente a los 14 meses d.s.

Diseño: Bloques al azar, sin repeticiones (parcelas demostrativas).

2.2.4. Prácticas para el control de la erosión en yuca.

Lugar: Agua Blanca

Pendiente: 45%

Cultivares CMC-92 y Regional Amarilla del CIAT Palmira y Batata de la región.

Tratamientos:

1. Testigo absoluto sin abono, preparación con 1 paso de

bueyes, con cal.

2. Preparación con 1 paso de bueyes, con aplicación de abono
3. Preparación con 1 paso de bueyes, aplicación de abono y suelo cubierto con mulch de maíz.
4. Preparación con azadón en franjas de 1 metro, separado por 1 metro sin preparar; yuca sembrada en doble surco.
5. Preparación con 1 paso de bueyes; yuca sembrada en doble surco de 1 m. alternado con 1 m con pasto de corte imperial.
6. Preparación con 1 paso de bueyes; yuca sembrada en doble surco de 1 m. alternado con 1 m de *Brachiaria humidicola*.
7. Sin preparar, yuca sembrada con barretón.

NOTA: a) En todos los tratamientos se aplica abono con excepción del tratamiento 1.

b) En tratamientos 1, 2, 3 y 7 se siembra la yuca con distribución normal de 80 x 80 cm (población = 15.625 plantas/ha); en tratamientos 4, 5, 6 se siembra la yuca en doble surco de 60 cm. entre surcos, 64 cm entre plantas y 1.40 entre doble surcos (población = 15.625 plantas/ha).

El mulch de maíz se aplicó en dosis de 2 t/ha en base seca, a los 20 días después de sembrada la yuca.

Como fertilización constante se aplicó 500 kg/ha de Cal Dolomita y 750 kg/ha de 10-30-10 (75-98-62 kg/ha de NPK respectivamente) en banda al momento de la siembra.

Fecha de siembra: Abril 20/82
Fecha de cosecha: Junio 20/83, o sea, aproximadamente a los 14 meses d.s.
Diseño: Bloques al azar, sin repeticiones (parcelas demostrativas).

2.2.5. Control de erosión en yuca.

Lugar: "Las Pilas"
Pendiente: 40%
Cultivares: Sata Dovio (M Col 2059), traída de Popayán.

Tratamientos:

1. Suelo sin preparar, siembra con barreton, con fertilización y cal.
2. Preparación de cajuelas, con fertilización y cal.
3. Preparación con bueyes y surcador, con fertilización y cal, yuca en doble surco a 60 x 65.
4. Preparación con bueyes y arado, con fertilización y cal.
5. Preparación de franjas de 1 metro con azadón, 1 metro sin preparar yuca sembrada en doble surco, con fertilización y cal.
6. Preparación con bueyes y arado, siembra convencional a 80 x 80 y cada 5 metros un surco de limoncillo, con fertilización y cal.
7. Preparación con bueyes y arado, yuca sembrada en doble surco alternada con 1 metro de 2 surcos de frijol con fertilización y cal para la yuca y frijol (2 t/ha cal Ag.

para frijol).

8. Preparación con bueyes y arado, siembra convencional sin abono ó cal).
9. Como 4 pero desyerbando con azadón.
10. Como 4 pero control de malezas con herbicidas (Karmex + Lazo).
11. Como 4 pero sembrando una franja de 2 metros de *Brachiaria decumbens* cada 4 metros de yuca en curva de nivel. Se aplica fertilizante a la yuca y al pasto.
12. Como 4 pero sembrando una franja de 2 metros de Pasto Imperial cada 4 metros de yuca en curva de nivel. Se aplica cal y fertilizante al Imperial.

NOTA: Arada con bueyes = un paso

1) En todos los tratamientos se aplica cal y abono, excepto en tratamiento 8; 2) en tratamientos 1, 2, 4, 6, 8, 9 y 10 se siembra la yuca con distribución normal de 80 x 80 cm (población = 15.625 plantas/ha); en tratamientos 5, 3, 7 se siembra la yuca en doble surco de 60 cm. entre plantas y 1.40 entre doble surco (población = 15.625 plantas/ha). En tratamientos 11 y 12 se siembra la yuca a 80 x 65 para obtener la misma población de 15.625 plantas/ha; 3) en todos los tratamientos se controlan las yerbas con machete excepto en tratamientos 9 y 10.

Fertilización constante. (Excepto tratamiento 8) 500 kg/ha CaCO_3 como cal agrícola + Aldrín; 750 kg/ha 10-30-10 en banda a la siembra + 25 kg Mg/ha como sulfato de Magnesio.

Como clones de frijol se sembraron BAT 1297 y BAT 1370

(Noviembre 22/83) y se cosecharon en Febrero 22/84.

Diseño: Bloques al azar, sin repeticiones
(parcelas demostrativas).

Fecha de siembra yuca: Noviembre 16/83

Fecha cosecha yuca: Enero 25/85, o sea, aproximadamente a
los 14 meses d.s.

2.2.6. Control de erosión en Mondomo.

Lugar: "Las Pilas"

Pendiente: 40%

Cultivares: Regional Amarilla y CMC-92 de la
colección CIAT Palmira y como
variedades de frijol, BAT 1297 y
Carioca.

Tratamientos:

1. Control agricultor: Dos pasos con bueyes y surcado; siembra sin abono; deshiera con azadón. Franja 2 m Arcachis pintoí.
2. Dos pasos con bueyes; sin abono; con azadón.
3. Un paso con bueyes; sin abono; con azadón.
4. Un paso con bueyes; con abono; con azadón.
5. Preparación franjas de 1 metro con bueyes; con abono; con azadón; siembra en doble surco.
6. Cajuelas grandes (estilo agricultor) para dos estacas, sin abono, deshiera con azadón.
7. Cajuelas grandes, con abono, con azadón.
8. Sin preparación, con abono, con azadón.

9. Un paso con bueyes, con abono, deshiera con machete y herbicidas.
10. Un paso con bueyes; con abono; franja de 2 metros con Imperial, cada 4 metros de yuca, con azadón.
11. Un paso con bueyes; con abono; franja de 2 metros con King grass; con azadón.
12. Un paso con bueyes; con abono; yuca en doble surco intercalado con frijol; con azadón.

NOTA:

- 1) El control de malezas es con azadón, con excepción del 9 donde se aplica herbicida pre-emergentes*, después se controla con machete hasta los 6 meses y con Gramoxone* de 6-12 meses aproximadamente.
- 2) La yuca se siembra a 80 x 80 cm, excepto en tratamientos 5 y 12 donde se siembra en doble surco de 60 cm entre plantas y 1.40 entre doble surco (población 15.615 plantas/ha); en tratamientos 10 y 11 se siembra la yuca a 80 x 64 para obtener la misma población de 15.625 plantas/ha.
- 3) Los tratamientos sin abono tienen sólo efecto residual del abono del año pasado.
- 4) Se aplican fertilizantes a los pastos de corte y al frijol en la misma dosis como a la yuca; a las franjas de frijol se les aplica 1 t/ha de cal dolomítica (más el efecto residual de 2 t/ha del año pasado).

* Herbicidas pre-emergentes: Karmex (Diuron), más Lazo (Alaclor), una dosis de 1.5 kg/ha y 2.5 l/ha, respectivamente.

Fertilización constante: (Excepto tratamientos 1, 2, 3, 6)

1 t/ha de 10-30-10 en banda a la siembra.

500 kg/ha de cal dolomítica al voleo e incorporación (en tratamiento 8 se aplica al voleo y se incorpora en la deshierba, con azadón antes de la siembra).

Gramoxone (Paraquat dicloruro) en dosis de 2.5 l/ha.

Fecha de siembra yuca: Septiembre 30/85

Fecha de cosecha yuca: Octubre 29/86, o sea,
aproximadamente a los 13 meses
d.s.

Fecha de siembra frijol: Septiembre 30/85

Fecha de cosecha frijol: Enero 24/86

Diseño : Bloques al azar, sin repeticiones
(parcelas demostrativas).

2.2.7. Control de la erosión en Mondomito.

Lugar: Mondomito

Pendiente: 10-15%

Cultivares: Regional Amarilla, CMC-92 y Selección 40 de la
región.

Tratamientos:

1. Un paso con bueyes; sin abono.
2. Un paso con bueyes; con abono.
3. Preparación de franjas de 1 metro con bueyes; con abono;
siembra en doble surco.

4. Sin preparación; con abono.
5. Un paso con bueyes; con abono; franja de 2 metros con Imperial cada 4 metros de yuca.
6. Un paso con bueyes; con abono; yuca en doble surco intercalada con frijol.

NOTA:

- 1) El control de malezas es con azadón.
- 2) La yuca se siembra a 80x80 cm., excepto en tratamientos 3 y 6 donde se siembra en doble surco de 60 cm y 64 cm, entre plantas con 1.40 entre doble surcos (población 15.615 plantas/ha); en tratamiento 5 se siembra yuca a 80 x 64 para obtener la misma población de 15.625 plantas/ha.
- 3) El tratamiento sin abono tiene sólo efecto residual del abono de Q-83-12.
- 4) Se aplican fertilizantes al Imperial y al frijol en la misma dosis como a la yuca; a las franjas de frijol se les aplican 2 t/ha de cal dolomítica (más el efecto residual de 0.5 t/ha en 1983).

Fertilización constante: (Excepto tratamiento 1).

500 kg/ha de cal dolomítica al voleo e incorporado (en tratamiento 4 se aplica al voleo y se incorpora en la deshierba con azadón antes de la siembra; en tratamiento 3 se aplica toda la cal en las franjas de yuca).

Fecha de siembra yuca: Septiembre 25/85

Fecha de cosecha yuca: Octubre 28/86, o sea a los 13 meses

d.s.

Fecha de siembra fríjol: Septiembre 30/85

Fecha de cosecha fríjol: Enero 14/86

Diseño : Bloques al azar, sin repeticiones
(parcelas demostrativas).

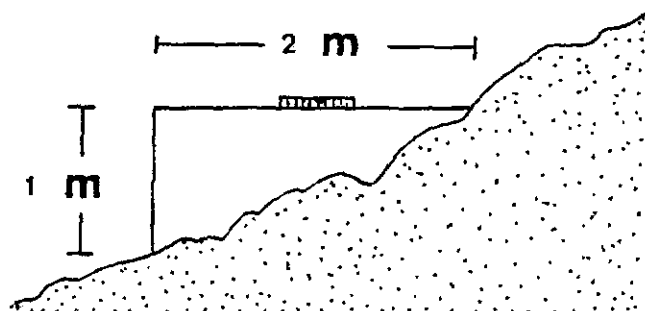
2.3. Metodología.

Para los ensayos demostrativos de erosión, se sembraron parcelas de 20 x 20 m y de 15 x 10 m, situadas con su longitud perpendicular a la pendiente; a lo largo y abajo de cada parcela se hizo un canal de aproximadamente 40 a 50 cm de ancho, 30 a 40 cm de profundidad y de 18 a 22 m de largo dependiendo del ancho de la parcela. Los canales tenían un talud de aproximadamente 30° y estaban cubiertos con un plástico para recoger el suelo erosionado.

Cada mes se recolectó y pesó el suelo húmedo y se determinó el porcentaje de humedad gravimétrica para luego convertir la pérdida de suelo húmedo por parcela a pérdida de suelo seco por hectárea; ésto se consiguió multiplicando el porciento de peso seco de la muestra enviada al laboratorio (muestra secada en la estufa a 105 grados centígrados por 24 horas) por el peso húmedo total recolectado en cada canal del tratamiento respectivo.

También, en cada lote demostrativo se determinó la pendiente.

El método seguido fue el descrito en la Figura 10.



$$P = \frac{1}{2} \times 100$$

$$P = 50 \%$$

Figura 10. Método descriptivo para determinar la pendiente en un sitio determinado de un terreno. Ejemplo ilustrativo.

En cada lote, se tomaban varios puntos, se determinaba la pendiente y se promediaba.

Los datos de rendimiento por parcela se llevaron a rendimiento de raíces frescas en t/ha.



FOTOS 8. Yunta de bueyes. Mondomo



FOTO 9. Erosión severa, Tres Quebradas, Mondomo, Cauca, Colombia.

dependen ante todo de la variedad a sembrar; de la clase de suelo, su uso anterior, su estructura, así como también del control eficiente de las malezas ya que éstas compiten con la yuca por luz, agua y nutrientes. En la zona existen algunas malezas muy agresivas como el pasto gordura (Melinis minutiflora), guardarocio (Digitaria sanguinalis), la paja garrapatera y la papunga.

La Tabla 20 muestra el efecto de diferentes alternativas de labranza sobre el rendimiento de CV. CMC-92 y M Col 113 en Mondomito. Se observó un efecto significativo de los tratamientos para CMC-92 y altamente significativo para M Col 113 (ANEXO 1).

En ambas variedades, la no labranza redujo los rendimientos significativamente en comparación con los mejores tratamientos de preparación.

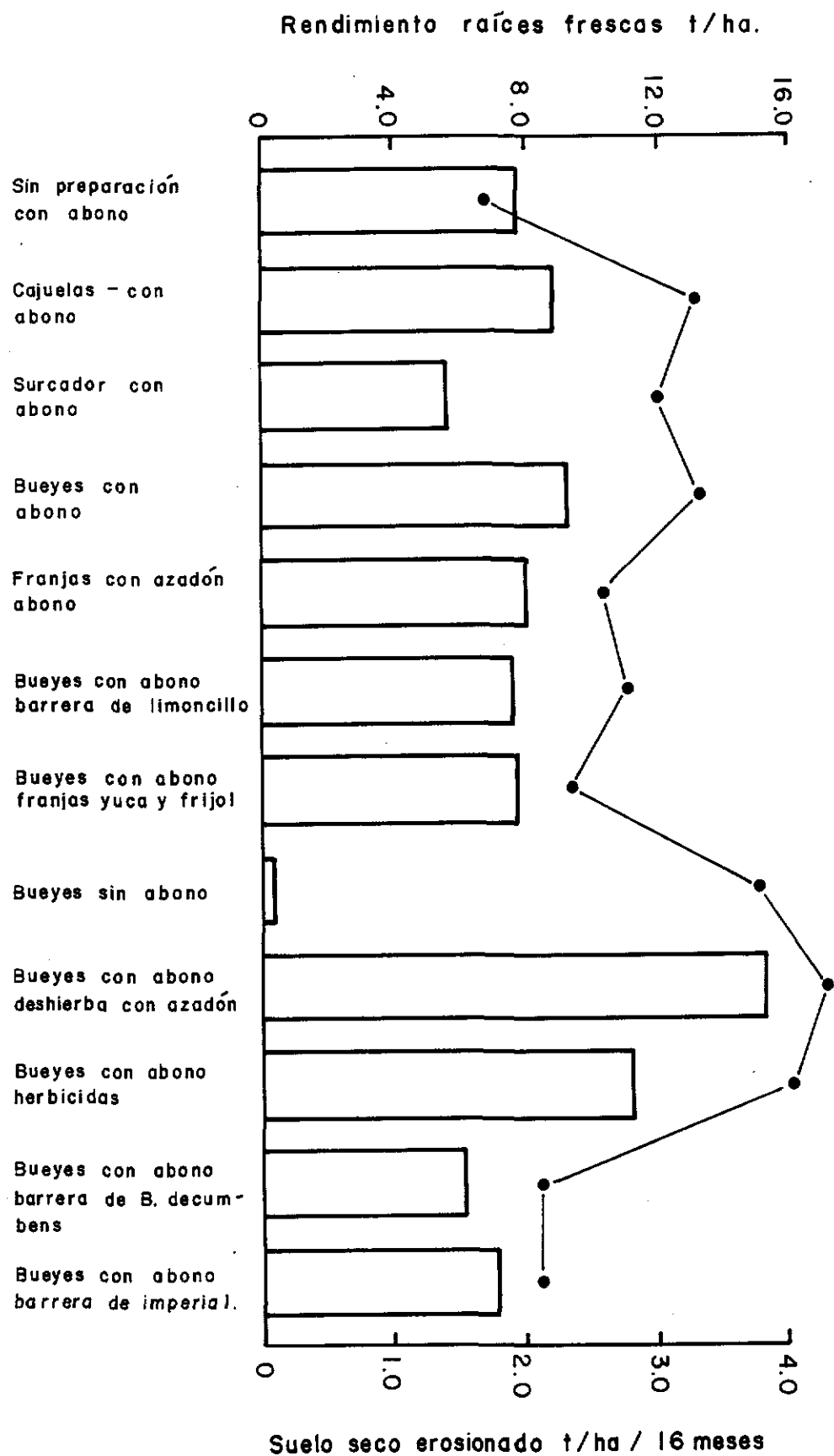
En un ensayo demostrativo en Tres Quebradas (1983-1984), en "Las Pilas" más concretamente, con el CV. Sata Dovia (introducido de Popayán), el rendimiento con cero labranza fue muy bajo (8 t/ha) si se le compara con el tratamiento con bueyes y deshierba con azadón (15.3 t/ha) como se observa en la Figura 11. También, y en el mismo sitio (1985-1986) con los CV. Regional Amarilla y CMC-92 (Figura 12) el rendimiento con cero labranza fue bajo (13 t/ha) con relación a los tratamientos convencionales.

TABLA 20. Efecto de las alternativas de labranza sobre el
rendimiento de 2 cv. de yuca en Mondomito, Cauca,
Colombia. Pendiente 10-15% (1981-1982).

TRATAMIENTOS		Rendimiento Yuca t/ha		
		CMC 92	M Col 113	\bar{X}
1	Sin Preparación	10.8	10.4	10.6
2	Preparación de cajuelas	17.9	12.3	15.0
3	Preparación con bueyes	16.0	11.6	13.8
4	Bueyes y construcción caballones	15.0	10.0	12.5
5	Preparación con rotovator	15.7	14.1	14.9
6	Rotovator y construcción caballones	16.8	10.9	13.9
7	Franjas de 1 metro, preparación con pica	12.2	9.7	10.9
8	Franjas de 1 metro, preparación con rotovator	13.5	9.5	11.5

En la Figura 13 se muestra el efecto de cero labranza sobre el rendimiento de tres cultivares de yuca en Agua Blanca (1982-1983). Se observa que con cero labranza los rendimientos de Batata fueron superiores con relación a los demás tratamientos, mientras que con Regional Amarilla y CMC-92 no hubo diferencias, excepto cuando no se abonó. El CV Batata presentó el mayor rendimiento (28 t/ha).

Figura 11. Efecto de las prácticas agronómicas sobre la var. Sata. Dario y sobre la cantidad total de suelo seco perdido en un Inceptisol de tres Quebradas, Mondomo, Cauca, Colombia 1983-1984.



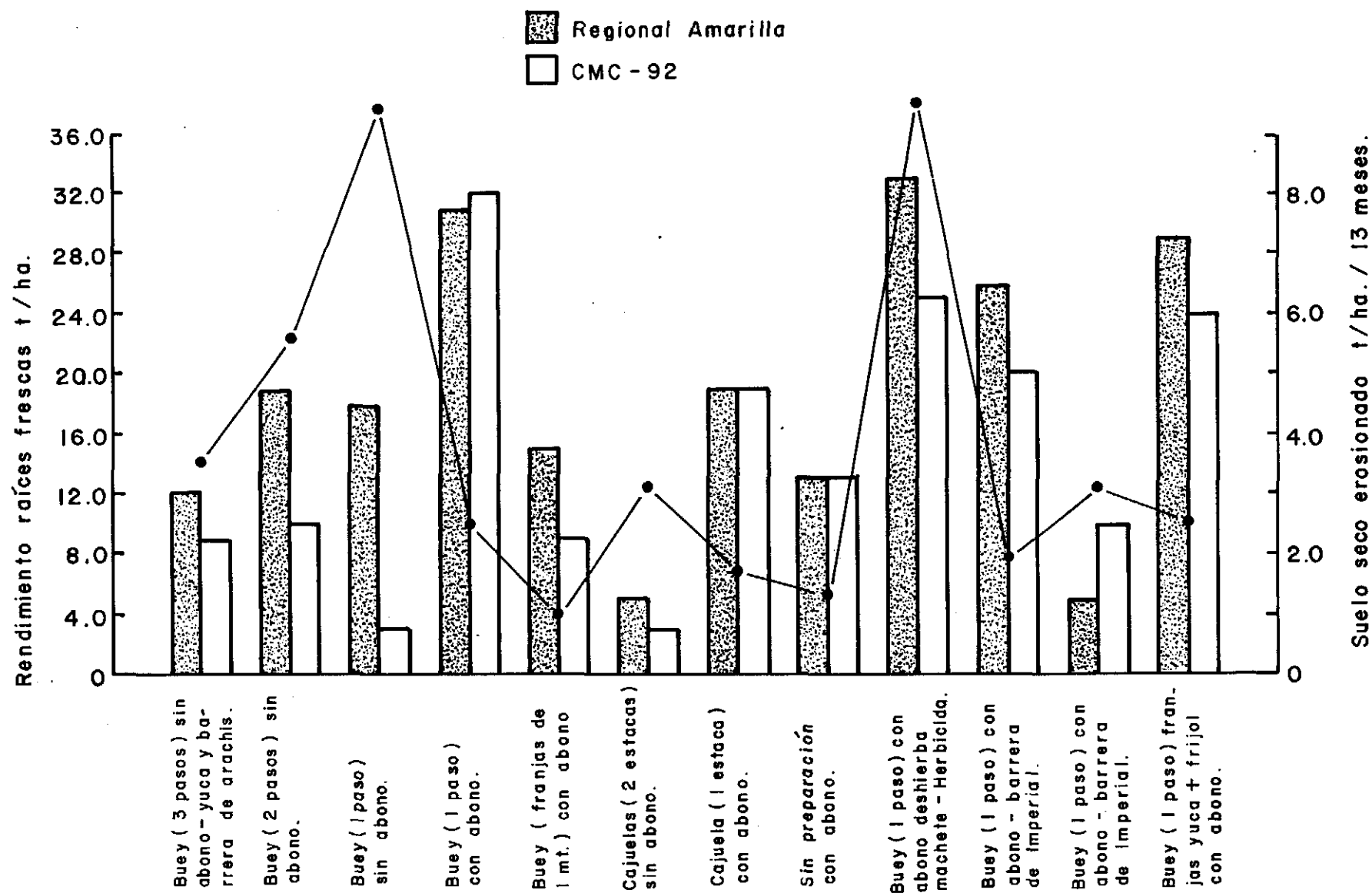


Figura 12. Efecto de varias prácticas agronómicas sobre el rendimiento de dos cvs. de yuca y sobre la pérdida de suelo por erosión en la región de Tres Quebradas, Mondomo, Cauca, Colombia Con 40 % de pendiente 1985 - 1986.

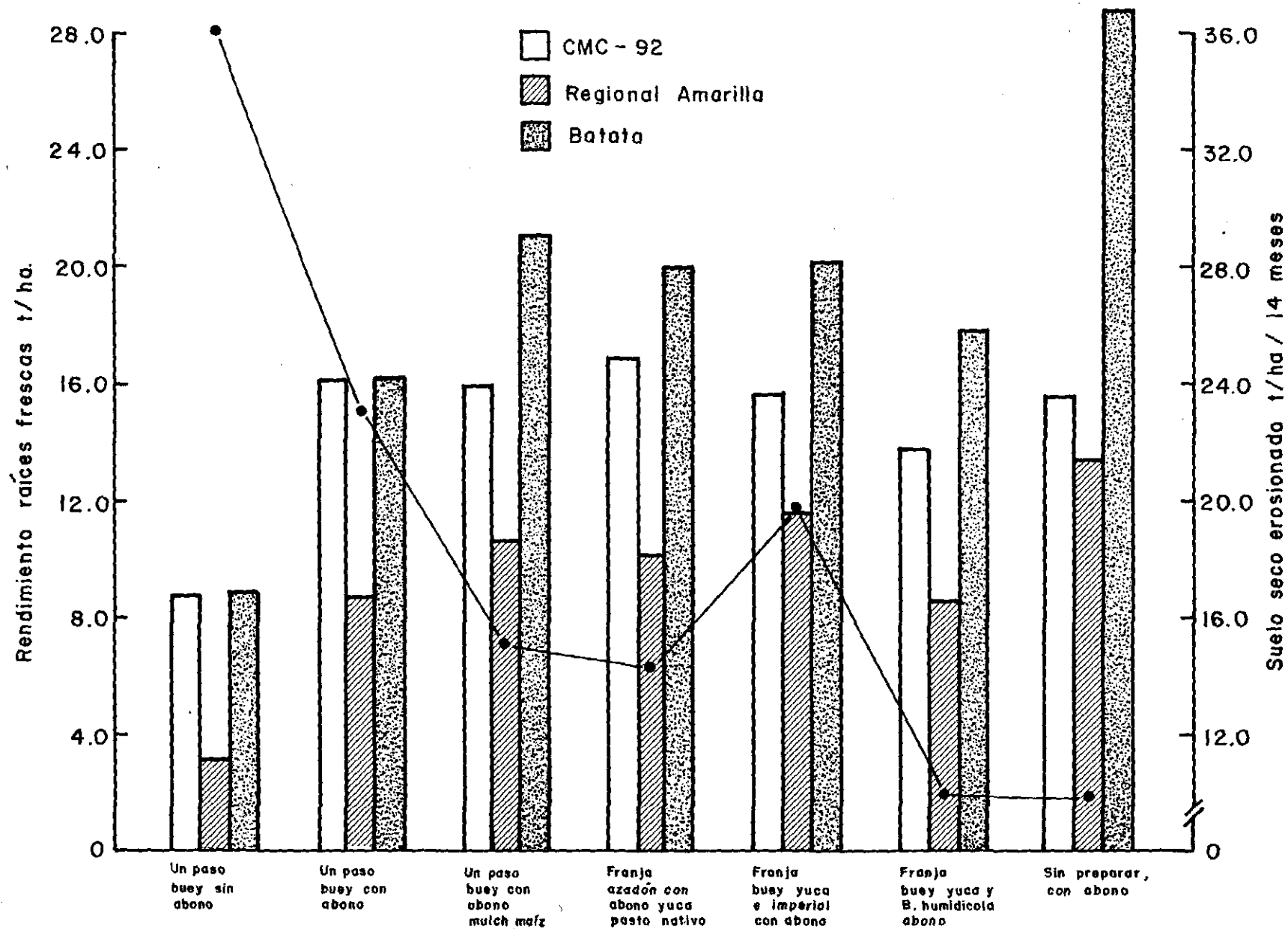


Figura 13. Efecto de la labranza del suelo y el abonamiento sobre el rendimiento de tres cvs. de yuca y sobre la pérdida de suelo en un Inceptisol de agua Blanca, Mondomo, Cauca, Colombia con — pendiente de 45 % 1982 - 1983.

En otro ensayo en la zona de Mondomito (1985-1986), con los cultivares Regional Amarilla, Selección 40 y CMC-92, con cero labranza resultó en un aumento de los rendimientos con relación a la labranza convencional y otras alternativas como se observa en la Figura 14. El rendimiento promedio fue muy satisfactorio (25.8 t/ha) como se indica en la Tabla 21.

La experiencia en estos lotes nos indica que el manejo de cero labranza puede tener una relación directa con la estructura del suelo y el manejo anterior del mismo, así como también con la clase de cultivar a sembrar. Parece ser que cuando el suelo no ha sufrido todavía ningún grado de erosión, conserva aún la capa vegetal y una buena estructura no hay necesidad de prepararlo como se observó en el suelo de Agua Blanca (Figura 13) en donde los rendimientos fueron altos, especialmente con Batata.

También, en Mondomito (1985-1986), los rendimientos fueron altos ya que este lote anteriormente (1983) había sido abonado con fertilizante químico más gallinaza y estiércol y se preparó con rotovator (dos pases). Luego, el manejo anterior influyó en el tratamiento con cero labranza. Caso contrario ocurrió en "Las Pilas", Tres Quebradas, en donde los rendimientos fueron muy bajos pues este lote estuvo con rastrojo por algunos años y presentaba problemas de erosión. O sea, que en esta clase de suelos es necesaria la labranza para soltar el suelo abajo de la capa arable ya degradada tanto física como químicamente y conseguir con ello que los rendimientos de la yuca se mejoren.

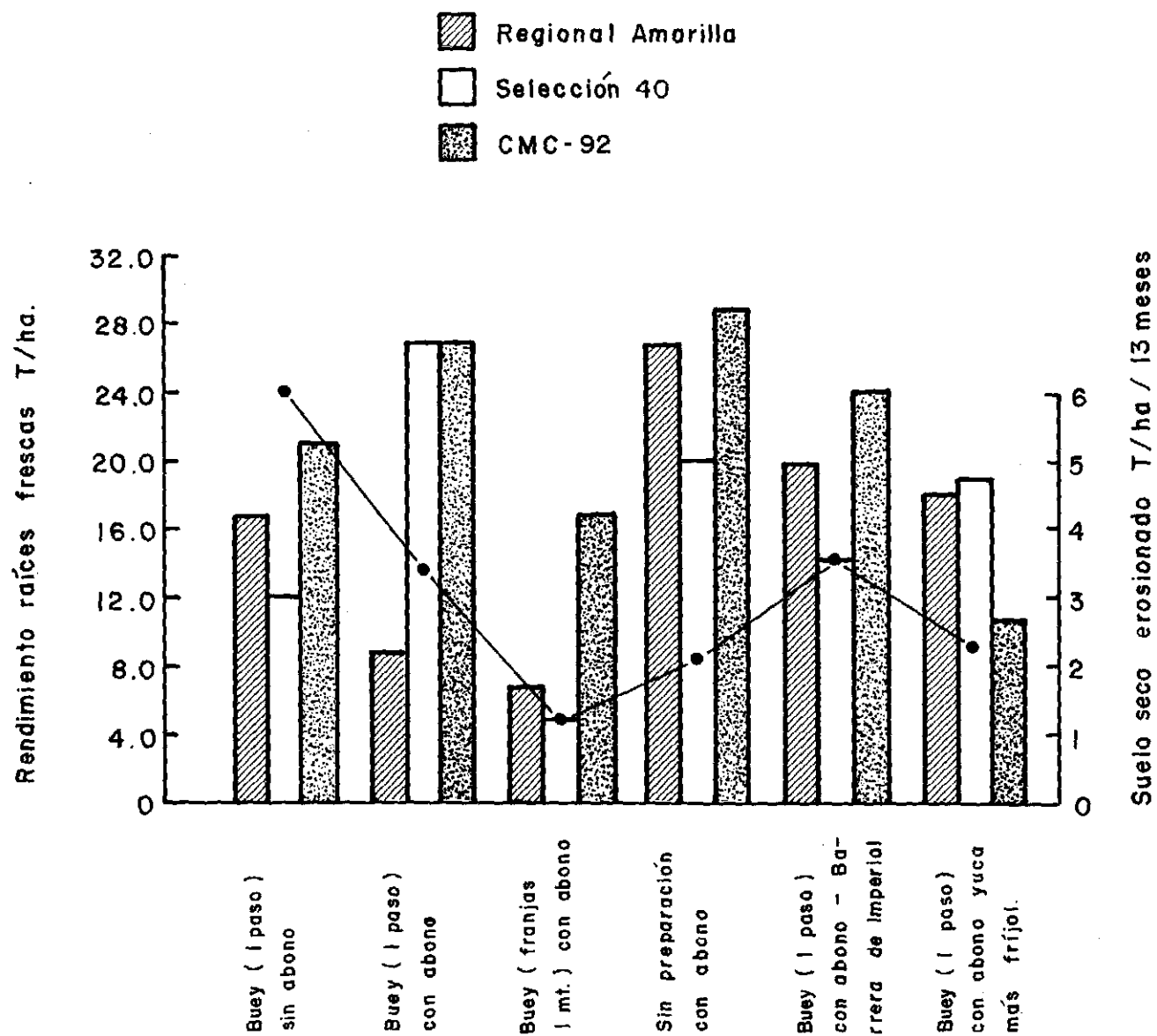


Figura 14. Efecto de diferentes prácticas agronómicas sobre el rendimiento de 3 cv de yuca y sobre el suelo seco perdido en un lote con 30 % de pendiente en Mondomito, Mondomo, Cauca, Colombia 1985 - 1986.

Tabla 21. Efecto del manejo de suelo sobre el rendimiento en yuca y sobre la pérdida de suelo por erosión en la región de Mondomito, Cauca, Colombia en un lote con pendiente de 30% (1985-1986).

Sistemas de Manejo	Pérdida de suelo seco ^{1/} t/ha	Rendimiento t/ha			
		Cultivar ^{2/}			\bar{X}
		1	2	3	
Bueyes (un paso) sin abono	6.0	17.0	12.4	21.2	16.9
Bueyes (un paso) 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 imperial	3.5	20.4	14.4	24.1	19.6
Franja yuca, con abono, alternando con frijol	2.3	18.6	19.0	11.3	16.3

^{1/} 13 meses después de la siembra

^{2/} 1 Regional Amarilla, 2 Selección 40 y 3 CMC-92 (algodona).

3.1.1.2. Labranza mínima. Disminuyendo la intensidad de la labranza, se puede reducir el área preparada y ésto se puede conseguir mediante el método ya tradicional seguido por los agricultores de la región, que consiste en romper únicamente el sitio en donde se va a sembrar la estaca o estacas de yuca, haciendo cajuelas de 20 x 20 cm con pica o azadón. El peligro de este método consiste en la no eliminación de las malezas; por este motivo, los rendimientos pueden ser bajos. En la Tabla 20 se indica como con cajuelas, los rendimientos aumentaron en Mondomito, especialmente con el CV. CMC-92 (18 t/ha), pero

no hubo diferencias significativas con los métodos de preparación de toda el área (bueyes, bueyes más caballones, rotovator y rotovator más caballones) aunque sí la hubo con respecto a cero labranza y preparación en franjas (ANEXO 2).

También, en la misma zona, en otro ensayo de métodos de labranza, no hubo diferencias significativas entre los métodos de labranza: azadón, rotovator, bueyes y cajuelas de 20 x 20 cm como se observa en la Figura 15, aunque el rendimiento promedio fue más bajo con este último sistema. Sin embargo, es de anotar que hubo una interacción bien marcada entre el método de labranza y la fertilización química (ANEXO 3) en donde la respuesta al abono químico es bien marcada con los métodos tradicionales de labranza, pero con cajuelas, hubo respuesta altamente significativa al primer incremento del fertilizante, mientras que con niveles mayores la respuesta no fue significativa (ANEXO 4).

Se observa también, que con el nivel más alto de fertilización, hubo diferencias altamente significativas entre los métodos de labranza.

Las figuras 11 y 12 indican los datos de rendimiento en la zona de Tres Quebradas, "Las Pilas" durante los años 1983-1984 y 1985-1986 respectivamente.

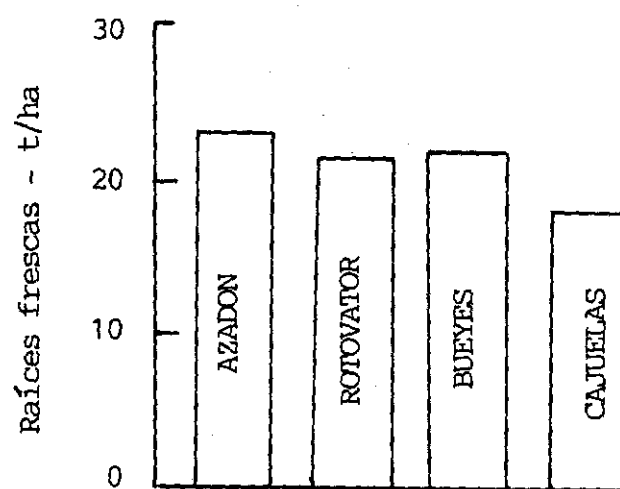


Figura 15. Efecto del método de labranza sobre el rendimiento en yuca cv. CMC-92 en la región de Mondomo, Cauca, 1984.

En el primer ensayo (Figura 11), con el CV. Sata Dovio, aunque los rendimientos no fueron satisfactorios, con el sistema de cajuelas los rendimientos fueron iguales o superiores al resto de prácticas agronómicas experimentadas, excepto bueyes con abono químico y empleo de azadón y/o herbicidas para controlar malezas donde se consiguieron los rendimientos más altos. En el segundo ensayo y en el mismo sitio (Figura 12), se ve la diferencia tan marcada con este sistema cuando se emplea abono químico ya que hubo un incremento notorio del rendimiento, cercano a los 16 t/ha cuando a la cajuela se le aplicó abono químico. Este tratamiento con respecto a las otras prácticas de manejo tuvo un comportamiento intermedio y aceptable (19 t/ha) muy semejante al de otros sistemas de labranza con excepción del manejo convencional con bueyes (rendimiento cercano a 30 t/ha).

Por los datos recopilados en las dos zonas, se puede aceptar que con el método de cajuelas se está preparando únicamente entre un 10 al 15% del área total y que los rendimientos son aceptables dependiendo del manejo anterior del terreno, del grado de degradación del mismo, del control eficiente de malezas, del empleo de abonos químicos y la cantidad aplicada.

3.1.1.3. Labranza convencional. La Tabla 20 muestra el efecto de las diferentes alternativas de labranza sobre el rendimiento de CMC-92 y M Col 113 en Mondomito (1981-1982), en un lote con 10-15% de pendiente. Se observó una diferencia significativa entre tratamientos de labranza

convencional, cero labranza y franjas de yuca alternando con franjas de pasto nativo para el cv. CMC-92, pero entre ellos, no hubo diferencias significativas. Para el cv. M Col 113, se presentó una diferencia altamente significativa entre los tratamientos de labranza convencional y cero labranza como también con labranza en franjas.

En términos generales, no hay diferencia entre los tratamientos de labranza con bueyes y rotovator y los caballones no tuvieron un efecto benéfico sobre el rendimiento.

En otro ensayo en la región de Mondomito (1983-1984), en un lote con 10-15% de pendiente, se encontró que para el cv. CMC-92 no hubo diferencias significativas entre la preparación con bueyes, azadón o rotovator como lo indica la Figura 15.

En resumen y analizando los datos de la Tabla 20 y Figura 15, se puede decir que la preparación convencional ya sea usando rotovator, bueyes y/o azadón es igual a la preparación en cajuelas y que cualquiera de estos métodos es factible en pendientes menores de 15% y, que posiblemente dependiendo de la clase de suelo, de su grado de degradación, de su vegetación y de los costos, la mejor alternativa sería el empleo de bueyes y/o cajuelas sin que los rendimientos se afecten o disminuyan drásticamente con relación al método de preparación con tracción mecánica que, es costoso y difícil de encontrar en la región.

Ahora bien, en suelos con pendientes mayores a 15% y que son la mayoría en Mondomo, no se debe emplear la tracción mecánica porque se acrecientan los problemas de erosión. En su defecto, se debe emplear la tracción animal (yunta de bueyes) y/o la mano de obra (pica, azadón) con lo que se cree disminuyen los riesgos de erosión.

En las Figuras 11, 12, 13, 14 y 16 se puede observar que con la preparación con bueyes (un pase generalmente), se consignan los más altos rendimientos y que la diferencia con otros tratamientos radica únicamente en si hubo abono o no y en el tipo de control de malezas. También, influye el tipo de material a sembrar ya que cultivares como CMC-92, Batata y Selección 40 son excelentes, mientras que Regional Amarilla y Sata Dovia son intermedios.

3.1.2. Efecto de Barreras vivas.

Con este método se pretende reducir el área preparada a un 50%, caso de las franjas de yuca sembrada a doble surco y franjas de pasto nativo sin preparar o se prepara todo el lote y se intercalan otras gramíneas o leguminosas en franjas de uno y/o dos metros alternando con las franjas de yuca sembradas a doble surco (FOTO 10). Las franjas deben ir según curvas a nivel y en sentido contrario de la pendiente.

En Mondomito (Tabla 20), el tratamiento de franjas de un metro preparadas con pica y rotovator fueron estadísticamente

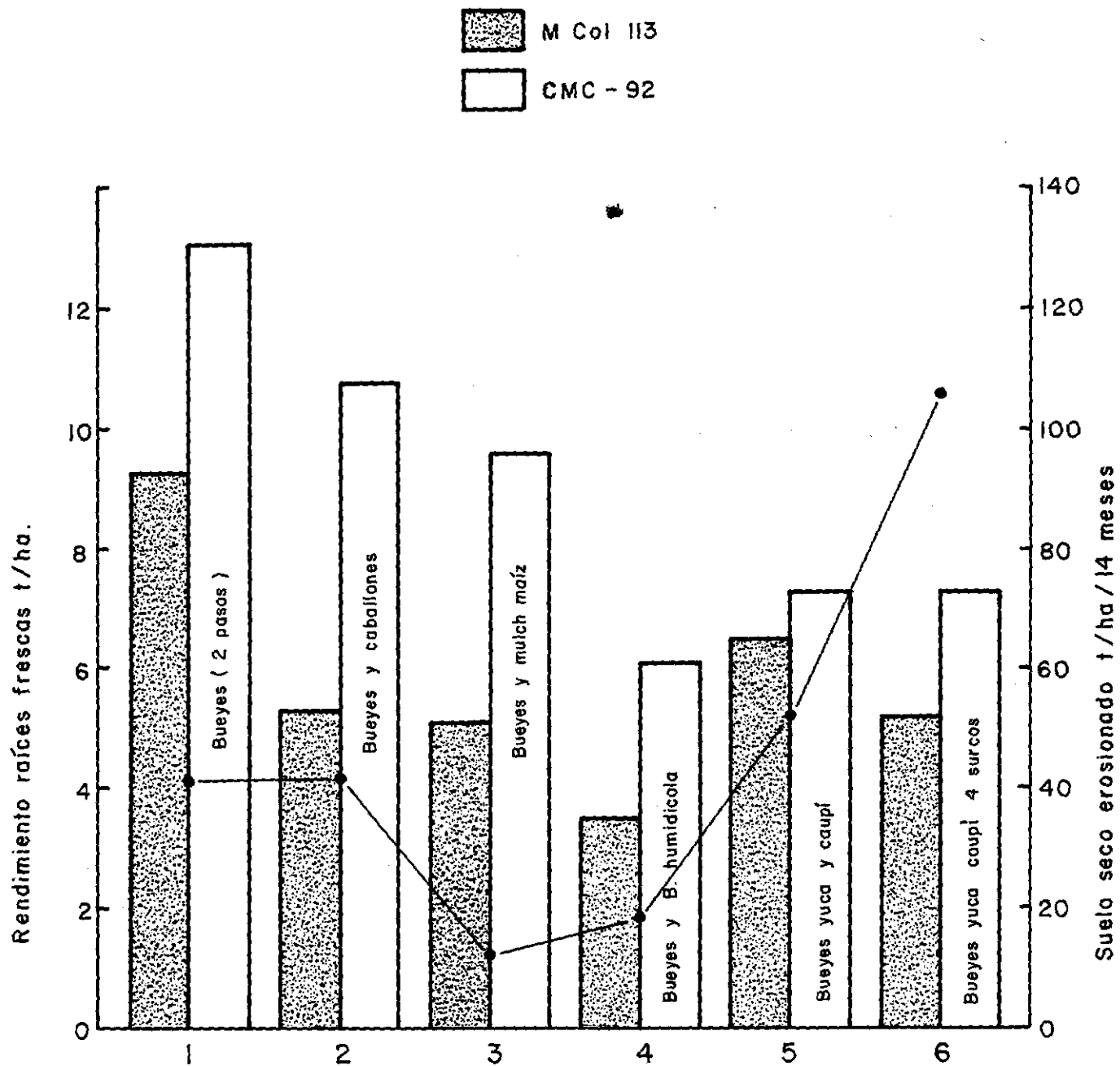


Figura 16. Efecto de manejo de suelo sobre el rendimiento de dos cv de yuca (M Col 113 y CMC-92) y sobre la pérdida de suelo en la región de Mondomo , Cauca , Colombia 1981 - 1982 .



Foto 10. Vista de un lote en Mondomo, Cauca, Colombia, en el que se muestra el tratamiento de yuca alternando con franjas de *Braquiaria humidicola*.

iguales a cero labranza y se consignan los rendimientos más bajos con relación a las otras alternativas de labranza.

En la Figura 16, se observa que en Mondomito el método de franjas de un metro de yuca alternando con franjas de un metro de *Braquiaria humidicola* redujo sustancialmente los rendimientos de CMC-92 y M Col 113 por fuente competencia, ya que este pasto

es muy agresivo, difícil de erradicar una vez establecido y costoso de controlar.

En otro ensayo en Tres Quebradas (Figura 11), al comparar los diferentes tratamientos de franjas, se encontró que franjas de yuca a 1 m alternando con franjas de 1 m de pasto nativo y yuca intercalada con limoncillo, respectivamente, tuvieron mejor efecto sobre el rendimiento de Sata Dovio que yuca más franjas de 2 m de pasto imperial y *Braquiaria decumbens*, respectivamente, en donde los rendimientos fueron muy bajos por la alta competencia de estas dos gramíneas.

En otro ensayo en el mismo sitio, año 1985-1986 (Figura 12), la yuca alternando con barrera de imperial resultó en un efecto más positivo sobre el rendimiento y esto se debió a un mejor manejo del pasto de corte, con relación a yuca más barrera de King Grass y franjas de yuca alternando con pasto común. El King Grass tuvo una alta competencia por luz y, de ahí, los bajos rendimientos reportados (7 t/ha en promedio) con relación a 23 t/ha en promedio, conseguidos por yuca - imperial y de 30 t/ha para el mejor tratamiento de bueyes más abono como se reporta en la Tabla 22.

En Agua Blanca (Figura 13), no hubo diferencias entre franjas con azadón y siembra de yuca alternando con pasto nativo y franjas con bueyes y yuca alternando con franjas de 2 m de imperial. Con estos sistemas de labranza, se aumentaron los

Tabla 22. Efecto de algunas prácticas agronómicas sobre el rendimiento en yuca y sobre las pérdidas de suelo por erosión en la región de Tres Quebradas, Cauca, Colombia, en un lote con 40% de pendiente (1985-1986).

TRATAMIENTOS	Cultivares 1/			Suelo perdido t/ha 2/
	1 t/ha	2 t/ha	X t/ha	Peso Seco
1 Bueyes (3 pasos) yuca				
Sin abono. Arachis (2 mt)	12.1	8.8	10.5	3.5
2 Bueyes (2 pasos). Sin abono	19.3	9.9	14.6	5.6
3 Bueyes (1 paso). Sin abono	17.9	3.1	10.5	9.4
4 Bueyes (1 paso). Con abono	31.3	32.1	31.7	2.5
5 Bueyes - Franjas 1 mt				
doble surco con abono	14.9	9.1	12.0	1.0
6 Cajuelas grandes con abono	4.7	3.0	3.9	3.1
7 Cajuelas - Con abono	18.8	18.6	18.7	1.7
8 Sin preparar - Con abono	13.5	13.5	13.5	1.3
9 Bueyes (1 paso), machete	33.2	25.3	29.3	9.5
10 Bueyes + Imperial	25.8	20.8	23.3	1.9
11 Bueyes + King grass	4.9	9.7	7.3	3.1
12 Bueyes + fríjol	28.9	23.8	26.4	2.5

1/ 1 Regional Amarilla

2 CMC 92

2/ A los 13 meses después de la siembra.

rendimientos con relación al sistema yuca - barrera de Braquiaria humidicola, pero los rendimientos promedio se elevaron con relación a otros ensayos, por un buen manejo de las gramíneas, especialmente el imperial.

En Mondomito (Figura 14), el método yuca-imperial resultó en

mejores rendimientos con relación a yuca-pasto nativo con rendimiento promedio cercano a 20 t/ha con respecto a 10 t/ha, respectivamente, demostrándose una vez más que este sistema de labranza no perjudica la producción de yuca, siempre y cuando se tenga un buen manejo del pasto y de la yuca.

Como se puede observar y analizando estos resultados, esta alternativa de labranza es buena y no perjudica los rendimientos de la yuca. Lo más importante es el adecuado manejo de la gramínea que acompañe a la yuca. Imperial parece ser un pasto que aunque compite por luz, si se le maneja bien puede sembrarse como barrera viva de doble propósito; mientras que *Braquiaria decumbens* y *humidicola* y King Grass compiten fuertemente con la yuca por nutrimentos, luz, agua y no se recomiendan como acompañante de la yuca ya que causan descensos drásticos de los rendimientos. Franjas de yuca alternando con franjas de pasto nativo es una alternativa intermedia, pero pienso que se está dejando de utilizar un 50% del terreno y esto incide en la baja productividad, además de que muchas veces este pasto es agresivo, competitivo y de difícil control.

3.1.3. Efecto de cultivos asociados.

En Mondomito (Figura 16) al sembrar yuca en franjas de 1 m alternando con franjas de 1 m de caupí y yuca alternando con franjas de 2 m de caupí, se encontró que los rendimientos de la yuca fueron muy bajos con relación a los consignados con el sistema convencional con bueyes y que el rendimiento de caupí,

no alcanzó los 0.2 t/ha por su pobre establecimiento a causa de bajas temperaturas, dejando el suelo desnudo y subutilizado.

En otro ensayo en "Las Pilas" (Figura 11) en el que se sembró yuca alternando con franjas de fríjol, los rendimientos de la yuca fueron aceptables y no hubo diferencia con los restantes sistemas de labranza a excepción del sistema de preparación con bueyes y deshierba con azadón y/o herbicidas en donde se reportaron mejores rendimientos. Además, las dos variedades de fríjol se comportaron satisfactoriamente, tuvieron excelente vigor, dieron mayor cobertura y un rendimiento bueno (BAT 1297, 0.6 t/ha y BAT 1370, 0.4 t/ha en base a cultivos asociados).

En el mismo sitio (1985-1986) se sembró yuca alternando con las variedades de fríjol BAT 1297 y Carioca. Se indica en la Figura 12 que el rendimiento de Regional Amarilla y CMC-92 fue satisfactorio y superior con respecto a otros sistemas de labranza. Las variedades de fríjol registraron un rendimiento aceptable considerando la asociación yuca más fríjol. Es así como BAT 1297 rindió 0.9 t/ha y Carioca, 1.4 t/ha.

En Mondomito (1985-1986), se registra una situación similar, en donde la asociación yuca-fríjol fue aceptable (Figura 14), aunque otras alternativas de labranza como el empleo de bueyes fue más efectiva para elevar los rendimientos de yuca.

Con este método y dependiendo del cultivo acompañante, se pueden lograr buenos rendimientos de yuca y el cultivo asociado. Además, se tiene ocupada toda el área durante los primeros meses de establecimiento de la yuca.

3.1.4. Efecto del Mulch de maíz.

En los ensayos en donde se empleó este método, hubo aumentos positivos en la producción de yuca con relación a otras prácticas agronómicas como se indica en las Figuras 13 y 16. Sin embargo, hubo diferencias en cuanto al manejo del "Mulch" ya que en Mondomito (Figura 16) se aplicaron 10 t/ha secas de maíz al momento de la siembra y, esta cantidad inhibió la germinación de las dos variedades de yuca; mientras que en Agua Blanca (Figura 13), se utilizaron 2 t/ha de mulch de maíz seco y se aplicó un mes después de la siembra de la yuca. Este manejo del mulch fue más positivo y benéfico para la yuca, menos costoso y elevó sustancialmente los rendimientos.

3.1.5. Efecto de la fertilización.

El efecto directo de esta práctica depende de la especie a sembrar, del cultivar de yuca a sembrar y de la fertilidad natural del suelo.

En las Figuras 17 y 18 se observa el efecto de la fertilización sobre el rendimiento del cv. CMC-92 en la región de Mondomito (1983-1984).

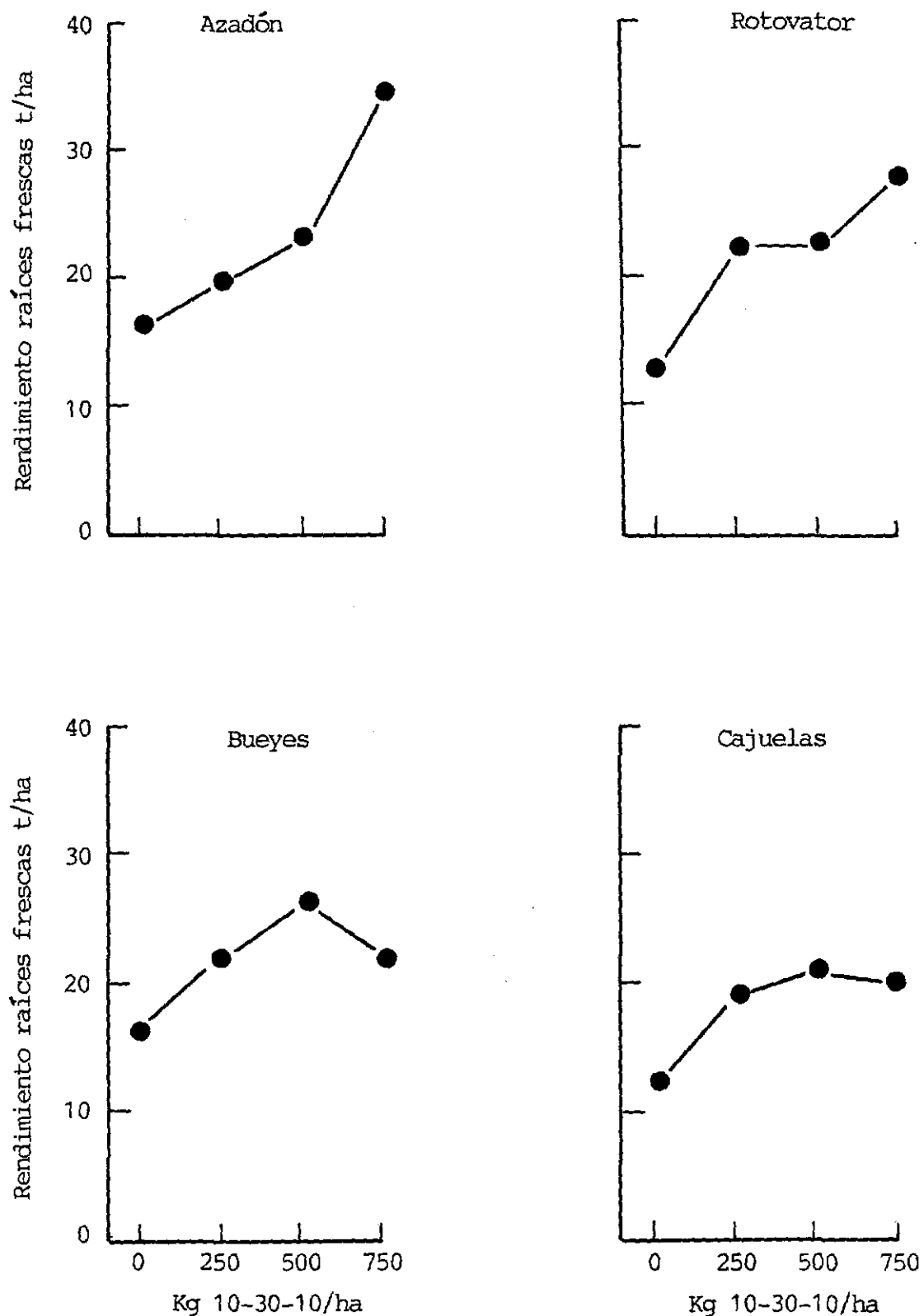


Figura 17. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento en yuca cv. CMC-92 en la región de Mondomo, Cauca, Colombia, 1983-1984.

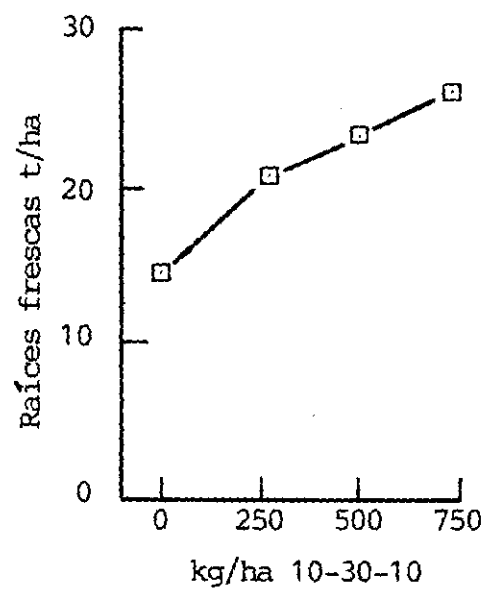


Fig. 18. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento promedio en yuca cv. CMC-92 en la región de Mondomo, Cauca, Colombia, 1984.

Hubo una respuesta altamente significativa a la aplicación de abono químico, independientemente del método de labranza, pero con el empleo de bueyes y cajuelas, el rendimiento se redujo con el nivel de 750 kg/ha de 10-30-10, posiblemente por una alta concentración del fertilizante al lado de las estacas de yuca para la preparación con cajuelas o una mala distribución del mismo, caso de la preparación con bueyes (un paso), en donde el suelo queda muy terrenudo (FOTO 11).

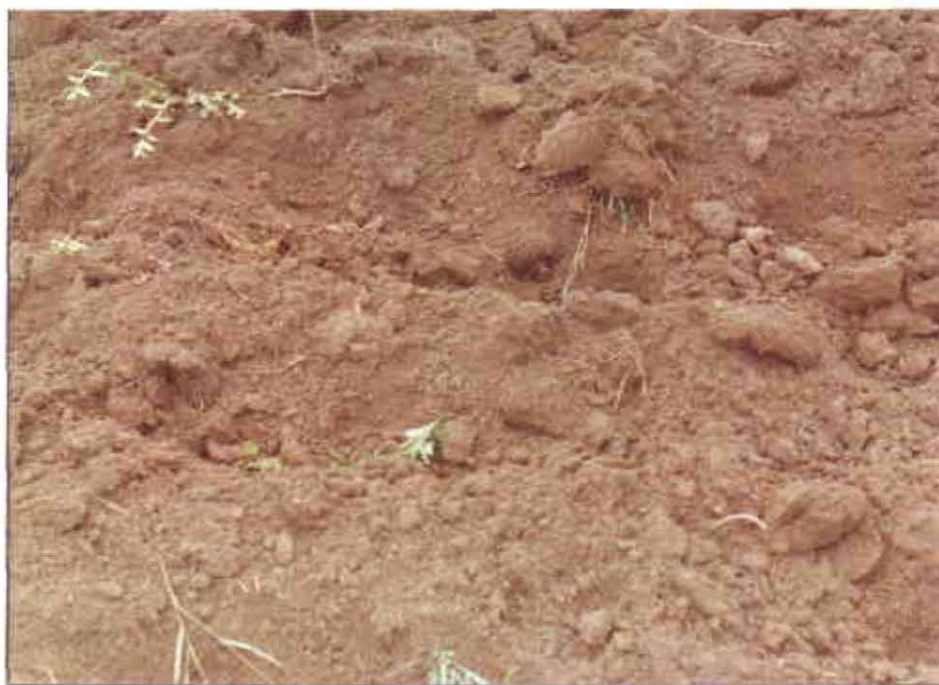


FOTO 11. Vista de la preparación con bueyes, mostrando como queda el suelo después de la preparación y el tamaño de los bloques o terrones de suelo en Mondomo, Cauca, Colombia.

Se observa (ANEXO 4) que hasta los 500 kg/ha de 10-30-10 no hay diferencias significativas entre métodos de labranza, pero con 750 kg/ha sí hubo una diferencia altamente significativa, excepto en los sistemas bueyes y cajuelas que son iguales entre sí.

Ahora bien, en todos los ensayos demostrativos realizados en Mondomito, Tres Quebradas y Agua Blanca, la fertilización tuvo un efecto altamente benéfico sobre el rendimiento, independientemente de la variedad sembrada y del método de labranza como se observa en las Figuras 11, 12, 13, 14.

En resumen, la fertilización química no solo incrementó los rendimientos sino que también produjo plantas más sanas, vigorosas y que protegen el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia y además, controlan en parte las malezas. También, la fertilización restituye al suelo parte de lo que la yuca extrae, elevando su productividad y evitando su degradación química.

3.2. Efecto de diferentes prácticas agronómicas sobre la pérdida de suelo por erosión.

3.2.1. Efecto del método de preparación.

3.2.1.1. Cero labranza. Los datos de la Tabla 23 indican que en un Inceptisol de Agua Blanca, Mondomo, Cauca, Colombia, las pérdidas de suelo por erosión disminuyeron de 36 t/ha a 9.8 t/ha a medida que se redujo la intensidad de la labranza.

Tabla 23. Efecto de algunas prácticas agronómicas sobre el rendimiento de 3 cv. de yuca y sobre la pérdida de suelo por erosión en Agua Blanca, Mondomo, Cauca, Colombia en un lote con 45% de pendiente (1982-1983).

No.	TRATAMIENTOS	Rendimiento t/ha			\bar{X} 3 Var.	Pérdida total de suelo seco t/ha 1/
		CMC-92	Regional Amarilla	Batata		
1	1 paso buey. Sin abono					
	Solo cal.	8.8	3.1	8.9	6.9	36.1
2	1 paso buey. Con abono					
	y cal.	16.1	8.6	16.1	13.6	22.9
3	1 paso buey. Abono +					
	cal + Mulch. Maíz.	15.9	10.6	21.1	15.9	15.1
4	Franjas de metro con					
	azadón. Abono + cal	16.9	10.1	19.9	15.6	14.1
5	1 paso buey. Abono +					
	cal. Franjas de metro					
	Yuca vs. Imperial	15.6	11.6	20.1	15.8	19.8
6	1 paso buey. Abonos +					
	cal. Franjas de yuca					
	y de B. humidicula	13.7	8.5	17.8	13.3	9.8
7	Sin preparar. Barreton.					
	Abono- cal superfi-					
	cial	15.6	8.5	28.8	17.6	9.8
\bar{X}_t	Promedio tratamientos	14.7	8.7	19.0	14.1	

1/ A los 14 meses después de la siembra.

En la Figura 11, en Tres Quebradas, se indica como las pérdidas de suelo por erosión se redujeron de 4 t/ha con el empleo de bueyes a casi 2 t/ha cuando el suelo no se preparó. En el mismo sitio (1985-1986), las pérdidas de suelo se redujeron sustancialmente con el sistema de cero labranza, según se consigna en la Figura 12.

En Mondomito (1985-1986), el efecto de la no labranza fue benéfico ya que las pérdidas por erosión fueron mínimas (2 t/ha) comparadas con el sistema de labranza convencional con bueyes según se indica en la Figura 14.

3.2.1.2. Labranza mínima. Con el empleo de cajuelas se consiguió reducir un poco las pérdidas de suelo por erosión. Con labranza convencional, las pérdidas fueron mayores (Figuras 11 y 12).

3.2.1.3. Labranza convencional. Por los datos de los ensayos en los tres sitios o zonas de estudio, se observa (Tabla 24, Figuras 11, 12, 13 y 14) que las mayores pérdidas de suelo se dan con la labranza con bueyes dependiendo en mayor o menor cuantía de la fertilización y/o el tipo de deshierba, pues parece ser que cuando se desmaleza con azadón se suelta mucho el suelo y éste es arrastrado si hay un aguacero fuerte. También, depende del tipo de suelo y el grado de la pendiente.

Tabla 24. Efecto de las alternativas de labranza sobre el rendimiento de 2 cv. de yuca y sobre la pérdida de suelo por erosión en Mondomito, Mondomo, Cauca, Colombia, en un lote con 30 de pendiente (1981-1982).

TRATAMIENTOS	Suelo erosionado t/ha*	Rendimiento Yuca t/ha		
		MCol 113	CMC 92	X
Preparación con bueyes	40.7	9.3	13.1	11.2
Preparación con bueyes y construcción de caballones	41.6	5.3	10.8	8.0
Preparación con bueyes y aplicación de mulch de maíz	11.8	5.1	9.6	7.3
Preparación con bueyes y franjas de Brachiaria	18.0	3.5	6.1	4.8
Preparación con bueyes y yuca intercalada con caupí	52.0	6.5	7.3	6.9
Preparación con bueyes y yuca en doble surco, alternando con 4 surcos de caupí.	106.0	5.2	7.3	6.2

* A los 14 meses después de la siembra.

3.2.2. Efecto de barreras vivas.

En Mondomito, en un lote con pendiente del 30%, la Tabla 24 indica que franjas de yuca alternando con franjas de Braquiaria humidicola redujeron las pérdidas de suelo por erosión de 40.7 t/ha (labranza convencional con bueyes) a 18 t/ha.

En Agua Blanca (Figura 13), los tratamientos con franjas disminuyeron los riesgos de erosión, especialmente con B. humidicola.

En Tres Quebradas (1983-1984) la alternativa de sembrar yuca en franjas de 1 m alternando con franjas de 1 m de pasto nativo, yuca intercalada con limoncillo, yuca alternando con franjas de 2 m de pasto imperial y *B. decumbens* fue muy efectiva para contrarrestar los efectos de la erosión como se observa en la Figura 11. También, en el mismo lugar (1985-1986), en la Figura 12 se consigna que la práctica de sembrar yuca alternando con barreras vivas de pasto nativo, imperial, *Arachis pinto* y/o King Grass fue positiva para reducir las pérdidas de suelo. Con este sistema se redujeron las pérdidas de suelo de 10 t/ha para el manejo convencional hasta 2 t/ha aproximadamente. Con *Arachis* las pérdidas fueron intermedias.

La Figura 14 en Mondomito, muestra que la siembra de yuca alternando con franjas de 1 m de pasto nativo disminuyó la pérdida de suelo de 6 t/ha a 1.2 t/ha.

3.2.3. Efecto de cultivos asociados.

En las Figuras 11, 12 y 14, se observa que con esta práctica se reducen algo las pérdidas de suelo por erosión comparado con el método convencional, pero los métodos de cero labranza y franjas de yuca alternando con franjas de gramíneas fueron más eficientes en contrarrestar la erosión. También, influye algo el tipo de frijol a sembrar, su vigor y crecimiento inicial.

El tratamiento con cuatro surcos de caupí alternando con la yuca y yuca intercalada con caupí (Figura 16), causaron las mayores pérdidas de suelo por erosión (106 y 52 t/ha respectivamente), especialmente durante los primeros meses. Esto se debió esencialmente al mal desarrollo y un pobre vigor del caupí a causa de las bajas temperaturas en la región. Como consecuencia, quedaron franjas de 2 m de suelo preparado pero prácticamente desnudo y desprotegido.

3.2.4. Efecto del "Mulch" de maíz.

La aplicación del mulch de maíz fue efectiva en reducir las pérdidas de suelo como se aprecia en las Figuras 13 y 16, pero aún así, no es el mejor tratamiento por los costos del transporte y también depende del manejo que se le da al mulch.

3.2.5. Efecto de la fertilización.

El efecto de la fertilización sobre las pérdidas de suelo está relacionado directamente con el vigor y cobertura que impiden el impacto de las gotas de lluvia con el suelo o sea, que entre más denso sea el cultivo, habrá menos posibilidades de pérdida de suelo. Esto se observó con detalle en todos los tratamientos con bueyes en donde se aplicó abono comparado con el mismo sistema de labranza pero sin abono.

En Agua Blanca (1982-1983), por ejemplo (Figura 13), la mayor pérdida correspondió al tratamiento con bueyes y sin abono (36 t/ha). Cuando se abonó, las pérdidas de suelo se redujeron a 23 t/ha.

En Tres Quebradas (1983-1984), el tratamiento sin abono fue de los más altos en cuanto a pérdida de suelo (4-5 t/ha); mientras que con abono, las pérdidas se redujeron a 3 t/ha (Figura 11).

4. CONCLUSIONES.

4.1. Con Cero labranza y labranza mínima (cajuelas) se consignan rendimientos entre regulares y/o buenos, dependiendo de la clase de suelo, su estructura, manejo anterior, fertilidad potencial; de la clase de cubierta vegetal; de la variedad a sembrar y del grado de erosión o degradación tanto física como química. Además, con este sistema, las pérdidas de suelo por erosión fueron mínimas, especialmente con cero labranza que es una práctica agronómica altamente eficiente para evitar degradación física de los suelos de Mondomo. Con esta práctica, los riesgos de pérdida de suelo pueden disminuir de 50-100 t/ha/año (grado alto) a menos de 10 t/ha/año (grado muy débil, según los datos de Curiel, 1986 consignados en la Tabla 25). También, esta clase de manejo requiere poco costo.

4.2. Con la labranza convencional con tracción mecánica, animal o a mano (azadón), independiente de la pendiente del terreno, se consignan los más altos rendimientos de yuca (por encima de 20-25 t/ha), pero es un sistema poco eficiente para disminuir pérdidas de suelo por erosión; esto debido posiblemente al método empleado para controlar malezas. También, influye el cultivar y su vigor inicial, como su cobertura total. Los cultivares CMC-92, Batata, Selección 40 y Regional Amarilla son más vigorosos y más productivos que M Col 113 y Sata Dovio que son materiales introducidos.

Tabla 25. Grados de riesgo de erosión con la ecuación universal de pérdidas de suelo.

Pérdida ton/ha/año	Grado
10	1 muy débil
10 - 20	2 débil
20 - 100	3 moderado
100 - 300	4 alto
300	5 muy alto
	0 daño irreversible

Fuente: Curiel (1986)

4.3. Con la práctica agronómica de Barreras vivas, según curvas a nivel, los rendimientos promedios de yuca fueron muy bajos, excepto con el sistema de yuca alternando con franjas de 2 m de pasto imperial o yuca intercalada con limoncillo, donde se lograron rendimientos promisorios.

Los bajos rendimientos son debidos a la fuerte competencia que gramíneas como *Braquiaria decumbens*, *B. humidicola* y King Grass ejercen sobre el cultivo de yuca; mientras que yuca alternando con franjas de pasto nativo es un tratamiento intermedio, pero el suelo queda sub-utilizado y, de ahí que los rendimientos no sean tan altos.

Paradójicamente, esta práctica agronómica es de las más eficientes para contrarrestar los efectos de la erosión, especialmente la barrera con *B. humidicola*. El pasto imperial por su lento establecimiento inicial, tiene un efecto intermedio en el control de pérdidas de suelo por erosión.

4.4. Con el método de yuca alternando con frijol, los rendimientos de la yuca y el frijol son aceptables y el control de la pérdida de suelo intermedio. Pero, con caupí, las cosas son diferentes ya que tanto el rendimiento de la yuca como del caupí fueron muy bajos y, las pérdidas de suelo altísimas (52-106 t/ha).

4.5. Con el empleo de "Mulch" de maíz, se mejora sustancialmente la labranza con bueyes en el que se pierde mucho suelo por erosión. Es un sistema mixto que permite excelentes rendimientos de la yuca y disminuye los riesgos de erosión en un 60 a 70%, pero tiene dos serios inconvenientes: a) si no se maneja bien el mulch (caso de Mondomito, Figura 16), los rendimientos son bajos y b) es un método costoso por el transporte.

4.6. Indudablemente, la práctica agronómica que más influye sobre el rendimiento de la yuca es la fertilización. Su efecto es altamente benéfico para este cultivo que es exigente en nutrimentos, esencialmente potasio y que agota muy rápido la productividad de estos suelos, especialmente cuando no se fertiliza.

En cuanto a su efecto sobre la pérdida de suelo por erosión, es más o menos aceptable, aunque hay mejores sistemas como ya se enumeró. De todas formas, contribuye a disminuir los riesgos de erosión y, esto depende mucho del estado del suelo y de su productividad.

5. RECOMENDACIONES.

- 5.1. Sembrar yuca en las áreas menos pendientes y si estos suelos aún no presentan problemas de erosión o ésta es débil, emplear el sistema de cero labranza o de cajuelas (pica, azadón) para la siembra de yuca.
- 5.2. Si los suelos son poco productivos y presentan problemas de erosión, emplear el sistema de bueyes (un pase) con el que se pueden conseguir buenos rendimientos.
- 5.3. El método de bueyes se puede complementar con aplicación de 2-3 t/ha de mulch de maíz, aplicado 20-30 días después de la siembra. También, se puede modificar, alternando la yuca con franjas de 2m de pasto Imperial o alternando la yuca con franjas de 1m de fríjol cv. Carioca u otro regional que sea productivo.
- 5.4. Sembrar los mejores materiales de la región (Algodona, Selección 40, Batata) y hacer selección de las estacas de siembra.
- 5.5. Recurrir a la fertilización química ya que se comprobó que aumenta el rendimiento regional (6-8 t/ha) hasta 20-30 t/ha.
- 5.6. Emplear el método de control de malezas con azadón y complementar con herbicidas o machete, dependiendo de los costos.

5.7. Seguir con las investigaciones de control de erosión haciendo incapié en empleo de "Mulch" de las mismas malezas o quemando estas con herbicidas. También emplear abonos verdes para incorporar o como cobertura viva, sembradas 15-20 días antes de la yuca.

6. RESUMEN.

La región de Mondomo, situada al norte del Departamento del Cauca, Colombia, presenta una agricultura de minifundio con dedicación hacia el cultivo de la yuca, pero con rendimientos muy bajos (menos de 8 t/ha), debido a la falta de manejo del mismo cultivo y de los suelos. Además, siembran en áreas con pendientes fuertes en donde los riesgos de erosión son latentes y existen grandes problemas de erosión.

El objetivo del presente trabajo es el de dar una serie de alternativas de manejo para minimizar los riesgos de erosión o contrarrestar la ya existente al sembrar yuca y, a su vez, elevar el rendimiento regional de este cultivo. Para el efecto, se instalaron una serie de ensayos en las veredas de Mondomito, Tres Quebradas y Agua Blanca, en los que se cuantificó las pérdidas de suelo por erosión, las mejores alternativas de manejo comparadas con las tradicionales y el rendimiento de la yuca, medido en t/ha de raíces frescas.

Se registró como en pendientes menores del 15% no hubo diferencias significativas entre los métodos de preparación con tracción mecánica, tracción animal (bueyes) y mano de obra (cajuelas con pica y/o azadón), dependiendo del estado productivo del suelo, del grado de degradación existente, del manejo anterior del suelo y otros factores. Se recomienda que en este tipo de suelos y si aún no han comenzado los riesgos de

erosión, se emplee la labranza mínima o la cero labranza y se complemente con el uso de abono químico.

En áreas con pendientes fuertes y que presentan algún grado de erosión, se probaron varias alternativas de manejo. El tratamiento con bueyes fue el mejor en cuanto a rendimiento en todos los ensayos, pero donde proporcionalmente más suelo se pierde por erosión, especialmente cuando no se emplea el abonamiento químico. Si este sistema se complementa con abono químico y además mulch de maíz (2 t/ha seco), los rendimientos son muy buenos y disminuye el riesgo de erosión en un 40 a 60%.

Con el método de cero labranza y/o cajuelas, dependiendo de la degradación de estos suelos, su manejo anterior o su productividad, los rendimientos pueden ser aceptables y los riesgos de erosión se minimizan.

El mejor tratamiento para contrarrestar las pérdidas de suelo por erosión fue yuca alternando con franjas de pastos introducidos (Imperial, *Brachiaria decumbens*, B. *humidicola*, King Grass) o yuca y franjas de pasto nativo, pero los rendimientos fueron muy bajos por la fuerte competencia. Solamente, con pasto Imperial y dependiendo de su manejo, se obtienen excelentes rendimientos.

Otra alternativa efectiva contra la erosión es la siembra de yuca alternando con frijol (la variedad Carioca parece ser

promisoria en la zona); mientras que con cultivos como caupí, los riesgos de erosión son altísimos (se perdieron entre 52 y 106 t/ha de suelo seco en 14 meses en Mondomito) ya que el suelo queda desnudo y desprotegido contra el impacto de las gotas de lluvia.

Siguiendo algunas de estas técnicas o sistemas de manejo, no sólo se eleva el rendimiento promedio regional de yuca en la región de Mondomo, sino que se evitan los riesgos de erosión o se trata de restituir parte de lo que se ha perdido.

BIBLIOGRAFIA.

1. ALARCON, C.H. Prácticas de conservación de suelos para cultivos permanentes. R. H. Howeler. Cali, Colombia, 1984. pp. 29-32.
2. ANAYA, G.M. Problemas de erosión y desertificación en suelos de América Latina. Suelos Ecuatoriales. Bogotá, Colombia, 1986. V. XVI, No. 1, pp. 7-21.
3. BLOMER, E. Erosión y yuca. Resultado de un estudio de campo sobre el sistema de cultivo de la yuca y la erosión en Monción. Monción, República Dominicana, 1983. 31 p.
4. BROWN, L.R. The Worldwide Loss of Cropland. Worlwatch paper No. 24. 1978. 48 p.
5. BROWN, L.R. y WOLF, E.C. Soil Erosion: Quiet Crisis in the World Economy. Worldwatch Paper 60, 1984. 49 p.
6. BURITY, H.A., ZAFFARONI, E. SHENK, M., LOCATELLI, E. Efecto en el suelo y en los rendimientos de los sistemas de yuca (Manihot esculenta Crantz) y yuca asociada con frijol (Phaseolus vulgaris L.) de cinco manejos previos a la siembra en Turrialba, Costa Rica, 1983. 21 p.
7. CADAVID, L.F. El uso de rocas fosfóricas en el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz). Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Seminario Interno, Serie SE-18, 1980. 20 p.
8. CADAVID, L.F., HOWELER, R.H. Fertilización de la yuca (Manihot esculenta Crantz) y su efecto a largo plazo sobre la fertilidad del suelo. 1981. 16 p.
9. ———, ———. La fertilización de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en la región de Mondomo y Pescador, Cauca. Suelos Ecuatoriales. Bogotá, Colombia, V. XIV, No. 1., 1984. pp. 199-207.
10. CADAVID, L.F. Abonos verdes en suelos agotados dedicados a la siembra de yuca (Manihot esculenta Crantz). Cali, Colombia, 1985. 15 p. (en imprenta).
11. CURIEL, B.M.C.A. Degradación y conservación de los suelos forestales. Suelos Ecuatoriales, V. XVI, No. 1, 1986. pp. 32-40.
12. DONAHUE, R.L., MILLER, R.W. y SHICKLUNA, J.C. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Joyce U Miller. Editorial Prentice/Hall Internacional, impreso en Cali, Colombia, 1981. 624 p.

13. GARCIA, S. A. Ensayo de manejo y conservación de suelos con cultivo de yuca. Suelos Ecuatoriales, Bogotá, Colombia, V. XIV, No. 1., 1984. pp. 216-220.
14. GOMEZ, A. A. y ALARCON, C.H. Erosión y Conservación de Suelos en Colombia. Manual de conservación de suelos de ladera. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Chinchiná, Caldas, Colombia, 1975. 267 p.
15. GONZALEZ, A.M. Anotaciones sobre Física de Suelos. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, 1983. 108 p.
16. HOYOS, L.A. Cartografía y Clasificación de suelos erosionados. Manejo y Conservación de Suelos de Ladera. R.H. Howeler. Cali, Colombia, 1984. pp. 6-16.
17. HOWELER, R.H. Nutrición mineral y fertilización de la yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, 1981. 55 p.
18. _____. Producción de yuca en laderas utilizando prácticas de conservación de suelos. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Seminario Interno SE-6-84, 1984. 22 p.
19. _____. Prácticas de conservación de suelos para cultivos anuales. En Manejo y Conservación de Suelos de Ladera. R. H. Howeler. Cali, Colombia, 1984. pp. 77-93.
20. _____. CADAVID, L.F. Prácticas de conservación de suelos para producción de yuca en ladera. Suelos Ecuatoriales. Bogotá, Colombia, 1984. V. XIV, No. 1, pp. 303-310.
21. _____. El control de la erosión con prácticas agronómicas sencillas. Suelos Ecuatoriales. Bogotá, Colombia, 1986. V. XVI, No. 1. pp. 70-84.
22. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos de los municipios de Santander de Quilichao, Piendamó, Morales, Buenos Aires, Cajibío y Caldono, Cauca, Bogotá, Colombia, 1976. 471 p.
23. KABEERATHUMMA, S., GHOSH, S.P. y LAKSHMI, K. R. Erosión del suelo y escorrentía superficial: una comparación entre sistemas de cultivo múltiple. Yuca, Boletín Informativo. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, 1985. V. 9, No. 2. 11 p.
24. KELLEY, H.W. Mantengamos viva la tierra: causas y remedios de la erosión del suelo. Boletín de Suelos FAO, 1983. 77 p.
25. KIRKBY, M. J., MORGAN, R.P. Erosión de Suelos. Editorial

Limusa S. A., Mexico. Primera edición, 1984. 375 p.

26. KRAMER, M. Labranza mínima en el cultivo de la yuca. Centro Norte de Desarrollo Agropecuario, CENDA. La Herradura, Santiago de los Caballeros, República Dominicana, 1983. 61 p.
27. LUNA, Z.C. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina: Aspectos genéticos de "Andolsoles" en Colombia. Centro de Enseñanza e Investigación del IICA, Turrialba, Costa Rica, 1969. pp. A 3.1-3.13.
28. MAZUERA, G.O.E. Manejo y conservación de suelos de laderas: Discruso Inaugural. R. H. Howeler (editor). Cali, Colombia, 1984. 146 p.
29. NEGRETE, C.R., ANAYA, G.M. y TOVAR, S.J. Avances en la enseñanza y la investigación: Efecto de las prácticas de manejo del suelo en los cultivos de maíz, maíz-fríjol y cebada, para reducir la erosión en zonas agrícolas de temporal. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, 1978. pp. 212.
30. ORTIZ, M.A.P. Colombia: sus gentes y regiones: La erosión. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAG. Bogotá, Colombia, 1986. pp. 16-39.
31. PALOMINO, O. G. Manejo y conservación de suelos de ladera: Clasificación tentativa de los factores de erosión. R. H. Howeler (editor). Cali, Colombia, 1984. pp. 17-27.
32. PEREZ, P. A., PORRAS, R. O. Colombia está erosionada. El País. Página agrícola, 1982.
33. SUAREZ, V.F.M. Manejo y conservación de suelos de ladera: Factores y procesos físicos de la erosión. R. H. Howeler, editor. Cali, Colombia, 1984. pp. 33-46.
34. TORRES, R. E. Manual de conservación de suelos agrícolas. Editorial Diana, México, primera edición, 1981. 164 p.
35. TRUEBA, C. A., TRUEBA, C.S., GONZALEZ, M. A. y ANAYA, G.M. Avances en la enseñanza y la investigación: Evaluación de cuatro prácticas para el control de la erosión en terrenos agrícolas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 1978. pp. 215.
36. WEISE, K. Suelos y Agroquímica: El arrastre de las sustancias nutritivas de los distintos suelos. Centro de Información y Documentación Agropecuario. La Habana, Cuba, 1981. V. 5, No. 2(17). pp. 21-22.

A P E N D I C E

ANEXO 1

ANALISIS GLOBAL DE VARIANZA PARA CV. CMC-92.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Calculado	F	
					1%	5%
Repetición	3	306.4	102.1	14.6	4.87	3.07**
Tratamiento	7	162.4	23.2	3.3	3.65	2.49*
Error	21	147.4	7.0			
TOTAL	31	616.2				

CV = 18% DS = 2.65 DMS 0.05 = 3.89 \bar{X} = 14.7 t/ha

ANALISIS GLOBAL DE VARIANZA PARA CV MCOL 113

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	Calculado		
					1%	5%
Repetición	3	15.2	5.1	3.4	4.87	3.07*
Tratamiento	7	69.1	9.9	6.6	3.65	2.49**
Error	21	31.0	1.5			
TOTAL	31	115.3				

CV = 11% DS = 1.22 DMS 0.05 = 1.8 \bar{X} = 11.1 t/ha

ANEXO 2

ALTERNATIVAS DE LABRANZA EN YUCA

TRATAMIENTOS		Rendimiento Yuca t/ha		
		CMC 92	M Col 113	\bar{X}
1	Sin preparar	10.8 bc	10.4 bc	10.6
2	Preparación de cajuelas	17.9 a	12.3 ab	15.0
3	Preparación con bueyes	16.0 ab	11.6 b	13.8
4	Bueyes y construcción caballones	15.0 ab	10.0 bc	12.5
5	Preparación con rotavator	15.7 ab	14.1 a	14.9
6	Rotavator y construcción caballones	16.8 ab	10.9 bc	13.9
7	Franjas de 1 metro, preparación con pica	12.2 bc	9.7 c	10.9
8	Franjas de 1 metro, preparación con rotavator	13.5 bc	9.5 c	11.5

DMS 0.05 = 3.89 DMS 0.05 = 1.8

ANEXO 3

ANALISIS DE VARIANZA LABRANZA x ABONO QUIMICO

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Observado	F	
					Requerido	
					5%	1%
Parcelas labranza x						
abono químico	63	1219.26				
Parcelas de labranza	15	512.12				
Repetición	3	96.77	32.26	0.92	3.86	6.99
Labranza	3	100.57	33.52	0.95	3.86	6.99
Error (a)	9	314.78	34.98			
Abono químico	3	495.27	165.09	163.46	2.86	4.38
L x AQ	9	175.47	19.50	19.31	2.15	2.94
Error (b)	36	36.4	1.01			

CVa = 43.8%

DS a = 5.91

Promedio = 21.1 t/ha

CVb = 7.4%

DS b = 1.00

ANEXO 4

METODO DE LABRANZA Y NIVELES DE NPK

ORDENAMIENTO DE MEDIAS

Métodos de Labranza	ABONO QUIMICO				Medias del Método L
	Sin AQ	250 kg/ha	500 kg/ha	750 kg/ha	
Azadón	10.3 c	12.6 c	14.7 b	22.0 a	14.9 a
Rotovator	7.9 c	14.3 b	14.3 b	18.1 a	13.6 a
Bueyes	10.8 c	14.1 b	16.8 a	14.3 b	14.0 a
Cajuelas	7.8 b	12.1 a	13.3 a	12.8 a	11.5 a
Medias del AQ	9.2	13.3	14.8	16.8	

DMS 0.05 = 1.44

DMS 0.05 = 4.60

Métodos de Labranza	ABONO QUIMICO				Medias del Método L
	Sin AQ	250 kg/ha	500 kg/ha	750 kg/ha	
Azadón	10.3 a	12.6 a	14.7 a	22.0 a	14.9
Rotovator	7.9 a	14.3 a	14.3 a	18.1 b	13.6
Bueyes	10.8 a	14.1 a	16.8 a	14.3 c	14.0
Cajuelas	7.8 a	12.1 a	13.3 b	12.8 c	11.5
Medias del AQ	9.2 d	13.3 c	14.8 b	16.8 a	
DMS 0.05 = 0.72					
DMS 0.05 = 3.51					