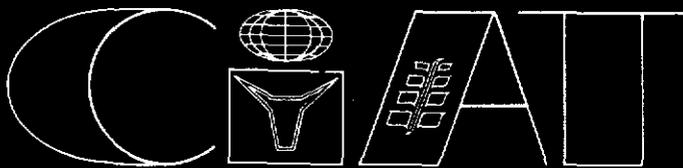


CIAT (Colombia) 000076 C-2



Centro Internacional de Agricultura Tropical

SE-6-84

Abril 27 de 1984

BIBLIOTECA

PRODUCCION DE YUCA EN LADERAS UTILIZANDO PRACTICAS
DE CONSERVACION DE SUELOS

R. H. Howeler

Por su tolerancia a suelos ácidos e infértiles la yuca se siembra con frecuencia en zonas de ladera, donde los suelos son poco productivos debido a la pérdida de su capa orgánica causada por la erosión. En estas áreas la yuca es muchas veces el único cultivo que todavía produce algo y el agricultor la sigue sembrando porque no tiene otra alternativa para su subsistencia. Desafortunadamente la yuca es un cultivo que puede causar una aceleración de la erosión debido a un crecimiento inicial muy lento; además requiere de 2-3 deshierbas y bastante remoción del suelo al momento de la cosecha. Por lo tanto el CIAT no recomienda sembrar yuca en terrenos con pendientes mayores de 10-15%. Sin embargo,

por la presión de la tierra y la necesidad de dejar descansar grandes áreas después de varias cosechas de yuca, el agricultor se ve obligado a cultivar lotes cada vez con mayor pendiente y menos aptos para sembrar este cultivo. Para evitar estos problemas se ha tratado de buscar prácticas culturales que permitan el cultivo de yuca en suelos de ladera sin causar mayor daño al suelo, conservando este recurso tan importante. Con este objetivo se ha desarrollado un programa de investigación del cultivo de yuca en la región de Mondomo, Cauca, sobre cultivares adaptados, fertilización adecuada, métodos de preparación de suelo y prácticas para el control de la erosión.

Factores que influyen en la erosión

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. En los EE.UU. se ha desarrollado una Ecuación Universal de Pérdida de Suelo para tratar de cuantificar los factores más importantes que influyen en la erosión. Esta ecuación normalmente se escribe así:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad \text{donde}$$

- A = pérdida de suelo por erosión (t/ha/año)
- R = factor lluvia (erosividad)
- K = factor suelo (erodabilidad)
- L y S = longitud y gradiente de la pendiente
- C = factor cultivo ó manejo
- P = factor prácticas de conservación

Comparando con áreas templadas, en los trópicos húmedos las lluvias son de mayor intensidad y por lo tanto son más erosivas. Como datos de comparación, se ha determinado un valor "R" de 144 para Bogotá, 1655 para Carimagua, 150-650 para EE.UU., y 2207 para Jakarta (Indonesia). El factor suelo también es de importancia ya que algunos suelos son más susceptibles que otros, dependiendo de su textura, la estabilidad de los agregados, el contenido de materia orgánica, etc. Por su alto contenido de óxidos e hidróxidos de Fe y Al, los suelos Oxisoles y Ultisoles en general tienen un buen drenaje interno y son relativamente menos susceptibles a la erosión que los Inceptisoles, Mollisoles y Alfisoles (El-Swaify y Dangler 1982). La longitud y el gradiente de la pendiente también son determinantes en la erosión. La pérdida de suelo aumenta exponencialmente con el aumento en la pendiente, mientras que la longitud de la pendiente tiene un efecto similar dependiendo de si la pendiente es convexa o concava. La Figura 1 muestra la relación entre la pérdida potencial de suelo y el gradiente de la pendiente de un Oxisol desprotegido en Hawaii. También indica la cantidad de nutrimentos perdidos debido a la erosión.

El factor más importante que influye en la erosión es el cultivo y su manejo. Esto determina el porcentaje de cobertura del suelo y el grado de protección contra el impacto de las lluvias. La Tabla 1 muestra que en términos generales los cultivos anuales causan mucho más erosión que los cultivos perennes ó los pastos, debido a sus requerimientos de preparación de tierra, deshieras, cosechas etc. Entre los cultivos existen muchas diferencias en su rata de crecimiento y en la forma de sus hójias que determinan su potencial para interceptar el agua lluvia. La Figura 2 muestra que cultivos de ciclo corto, como

soya y guandul, llegan a su cobertura máxima entre 45 y 60 días de siembra, mientras la yuca demora 3-4 meses. Al intercalar la yuca con maíz se logra reducir considerablemente el tiempo requerido para cubrir el suelo. La Tabla 2 muestra que el porcentaje de cobertura del suelo es el factor que más influye en la erosión. Por ejemplo, un cultivo con 3-5% de cobertura produce 100 veces más erosión que aquello con 99-100% de cobertura. La tasa de cubrimiento del suelo es una característica inherente del cultivo, pero también puede ser influenciada por prácticas agronómicas como selección de variedades vigorosas y tolerantes a enfermedades y plagas, la fertilización, la distancia de siembra, el control de malezas etc. El factor "C" depende no solamente del cultivo sino de su manejo; por lo tanto, la Tabla 3 muestra un rango amplio de valores "C" para varios cultivos. Según esta tabla, el maíz, sorgo y maní pueden ser más erosivos que la yuca, que a su vez es más erosiva que el arroz, los cultivos permanentes, los pastos (sin pastoreo) y la selva.

La protección del suelo contra el impacto de la lluvia también se puede lograr con la aplicación de un "mulch", ó cobertura de material vegetal muerto como rastrojo de maíz y frijol, paja de arroz, hojas de platano, etc. Lal (1977) ha mostrado que la aplicación de 2-6 t/ha de mulch elimina esencialmente la erosión aún en pendientes de 15% (Tabla 4). Esta práctica, aunque muy efectiva, es poco utilizada por el alto costo de producción, transporte y aplicación del mulch. Su uso es más práctico si se siembra un cultivo directamente en el rastrojo que dejó el cultivo anterior con un mínimo de labranza. Esta práctica de mínima preparación del suelo también es altamente efectiva en controlar la erosión, ya que las malezas ó rastrojo protegen el suelo y mantienen una

capa orgánica sobre el suelo que favorece la infiltración del agua. Con el uso de los herbicidas es factible controlar las malezas sin necesidad de mucha labranza. La siembra de yuca con estacas se adapta más fácilmente al sistema de mínima labranza que las siembras de cultivos con semillas pequeñas como el sorgo, maíz y frijol que requieren un suelo más bien suelto y bien preparado.

La Tabla 5 muestra el efecto de otras prácticas de conservación de suelo sobre la erosión, indicadas por el valor "P". Aunque la preparación según curva de nivel, la construcción de acequias de desagüe y la siembra de franjas de pasto como barrera viva son efectivas en reducir la erosión, no son tan efectivas como la aplicación de mulch. Esta última práctica también reduce el crecimiento de malezas y por lo tanto, la necesidad de deshierbar. Cuando una deshierba con azadón es seguida por una lluvia torrencial ocurren las mayores pérdidas de suelo por erosión.

El efecto de la erosión sobre la productividad del suelo.

La Figura 1 muestra la pérdida de nutrimentos N y P asociados con la pérdida de suelo por erosión. Este es un factor muy importante en el trópico ya que el agricultor normalmente no tiene los recursos para reponer estos nutrimentos, resultando en un empobrecimiento de su suelo. No solamente pierde nutrimentos, sino también la materia orgánica, tan importante por su buena estructura, su capacidad de retener agua y nutrimentos y albergar la fauna del suelo y los micro-organismos benéficos como las micorrizas. Con la pérdida de la materia orgánica el suelo pierde su fertilidad y su productividad, la cual no se puede reponer solamente con la aplicación de abonos químicos. Lal (1976) ha

demostrado que la pérdida de 10 cm del suelo superficial redujo los rendimientos de maíz y caupí a menos de la mitad. En un ensayo en Mondomo con yuca el rendimiento sin aplicación de P fué 7.7 t/ha en suelo erosionado y 22.6 t/ha en suelo no erosionado en el mismo campo; con la aplicación de 50 kg P/ha los rendimientos fueron 18.3 y 30.0 t/ha, respectivamente (Howeler y Cadavid, 1983). Esto indica que el estado de erosión del suelo fué lo más determinante en el rendimiento y que la aplicación de P no puede restablecer la productividad del suelo perdido con la erosión.

El efecto de prácticas culturales en yuca sobre la erosión.

Para tratar de cuantificar la pérdida de suelo por erosión causada por varias prácticas de manejo del cultivo de yuca se han establecido varios ensayos en la región de Mondomo - Tres Quebradas, al norte del Departamento del Cauca. El primero fué sembrado en Mondomito en Marzo de 1981 en un lote con pendiente de 27%, y el segundo en Agua Blanca en Abril 1982 en un lote con pendiente de 40-45%. En ambos ensayos se sembraron parcelas de 20 x 10 m, con tres variedades de yuca en subparcelas. Las parcelas se situaron con su longitud perpendicular a la pendiente. A lo largo y hacia abajo de cada parcela se hizo un canal, cubierto con plástico, para recoger el suelo erosionado de la parcela arriba. Cada mes se recolectó y pesó el suelo húmedo erosionado para posteriormente calcular la pérdida de suelo seco por hectárea. En seguida se describe en breve los resultados de estos ensayos:

- A. Mondomito. En este lugar se establecieron los siguientes 7 tratamientos después de una preparación uniforme de todo el lote con dos pasos de bueyes:

- 1) testigo tradicional, siembra de yuca a 80 x 80 cm.
- 2) construcción de caballones y siembra de yuca a 80 x 80 cm.
- 3) cobertura del suelo con 10 t/ha de rastrojo (mulch) de maíz.
- 4) siembra de yuca en doble surco a 60 x 70 cm dejando una franja de 1.40 entre doble surcos donde se siembran dos surcos de Brachiaria humidicola con material vegetativo.
- 5) siembra de yuca a 80 x 80 cm, intercalando cada surco de yuca con un surco de caupí.
- 6) siembra de yuca en doble surco a 60 x 55 cm dejando 2.40 m entre doble surcos donde se siembran 4 surcos de caupí a 50 cm entre surcos.

Las variedades de yuca eran Algodona, Regional Amarilla y M Col 113, mientras que la variedad de caupí fué TVX 1193-059 D.

La Figura 3 muestra la cantidad de suelo seco erosionado durante los primeros 10 meses después de la siembra. La mayor pérdida de suelo ocurrió en los primeros 2 meses después de la siembra, cuando las plantas todavía eran pequeñas y el suelo estaba poco protegido contra el impacto de la lluvia. La erosión también aumentó entre los 8 y 10 meses, correspondientes a los meses de mucha lluvia entre Octubre y Diciembre. En este período del ciclo de crecimiento de yuca, las plantas pierden muchas hojas por procesos fisiológicos naturales y por ataques de enfermedades y el suelo de nuevo queda poco protegido.

El tratamiento con 4 surcos de caupí alternando con dobel surco de yuca causó la mayor pérdida de suelo, especialmente durante los primeros tres meses; esto se debe principalmente al mal desarrollo del caupí debido a la temperatura baja en la región. Por lo tanto quedaron

franjas de dos metros de suelo preparado pero casi desnudo entre los dobles surcos de yuca. La erosión en esta parcela fué sumamente severa produciendo cárcavas pequeñas, desnudando las raíces de la yuca y lavando el abono aplicado. La pérdida total de más de 100 toneladas de suelo seco/ha en sólo 10 meses corresponde al 5% de la capa arable del suelo.

Ni la construcción de caballones, ni el intercalado de un surco de caupí dentro de los surcos de yuca tuvieron efecto alguno en la reducción de pérdida del suelo. Solamente la siembra de Brachiaria humidícola entre doble surcos de yuca y la cobertura del suelo con "mulch" de maíz tuvieron efecto marcado y positivo sobre la reducción en la cantidad de suelo perdido por erosión. La Tabla 6 muestra la cantidad total de suelo erosionado y el rendimiento promedio de dos variedades obtenidos en cada tratamiento. La siembra tradicional produjo el mejor rendimiento, mientras la construcción de caballones, el uso del mulch y la yuca intercalada con caupí redujeron algo los rendimientos. Con la siembra de Brachiaria, sin embargo, el efecto fué muy detrimento sobre el rendimiento debido a la fuerte competencia de este pasto con la yuca.

B. Agua Blanca: En este sitio se establecieron 7 tratamientos entre ellos los que dieron los mejores resultados en Mondomito. En todas las parcelas se aplicaron 500 kg/ha de cal dolomítica y 750 kg/ha de 10-30-10 con excepción de un tratamiento sin abono pero con cal. En casi todas las parcelas se preparó el suelo con un sólo paso con bueyes; en un tratamiento se preparó el suelo con azadón en franjas de 1 metro dejando franjas de 1 metro sin preparar, y en un tratamiento no se preparó el suelo sembrando la yuca directamente con barretón. En dos

tratamientos se sembraron los pastos Brachiaria humidicola e Imperial como barreras entre doble surcos de yuca y en un tratamiento se cubrió el suelo con "mulch" de maíz. En subparcelas se sembraron tres cultivares de yuca, CMC 92, Regional Amarilla y Batata, todas cultivares locales.

La Figura 4 muestra que durante los primeros 6 meses hubo poca pérdida de suelo; las mayores pérdidas se obtuvieron en la parcela con Imperial debido a su deficiente establecimiento. Este pasto solamente se estableció bien después de una fertilización con 10-30-10 a los 6 meses, mientras que la Brachiaria humidicola se estableció rápido sin ningún abonamiento. En la parcela sin abono las plantas quedaron pequeñas, el suelo tenía poca cobertura y hubo mucho crecimiento de malezas. Después de una deshierba en Noviembre, llovió duro y se perdieron en pocos días 20 t/ha de suelo en este tratamiento. Al momento de la cosecha a los 14 meses se había perdido 36 t/ha en la parcela sin abono y 23 t/ha en la parcela con abono (Tabla 7). El pasto Imperial redujo algo la pérdida de suelo, una vez que estaba bien establecido y no afectó el rendimiento de yuca. La Brachiaria otra vez fué muy efectiva en contrarrestar la erosión y debido a su mejor manejo (control de estolones que se metieron dentro de la franja de yuca), compitió poco con la yuca. La aplicación de "mulch" fué bastante efectiva en reducir las pérdidas de suelo y esto ayudó algo en incrementar el rendimiento. El mismo efecto tuvo la siembra de yuca en doble surco en franjas de 1 metro preparado con azadón, alternado con 1 metro sin preparar. El tratamiento de cero-preparación fué el más efectivo en controlar la erosión y además tuvo el mejor rendimiento de yuca. Parece que en los suelos que todavía no se han erosionado y que

tengan una estructura friable se puede sembrar yuca sin nada de preparación. Esta es la práctica más barata, no afecta el rendimiento, y se protege mejor el suelo de la erosión. Con el uso de machete y herbicidas se puede controlar las malezas, causando así un mínimo disturbio del suelo.

Conclusiones y recomendaciones

Con el actual manejo de los suelos de ladera en la región de Mondomo, los agricultores logran rendimientos de yuca solo entre 4 y 10 t/ha, causando daños irreversibles al suelo. Para mantener algo de fertilidad se dejan los lotes descansar muchos años en rastrojo después de algunas cosechas de yuca. En fincas pequeñas esto implica que se deban cultivar terrenos que por sus pendientes no son aptos para cultivos limpios, causando cada vez más erosión y menos producción.

Para romper este círculo vicioso se sugieren algunas prácticas para intensificar el cultivo de yuca y aumentar los rendimientos por hectárea; ésto a su vez hace factible una reducción en el área sembrada, una reducción en la preparación de la tierra, dejando la mayor parte de los suelos de pendiente fuerte en descanso continuo o en cultivos permanentes como frutales o forestales.

Para mejorar los rendimientos por hectárea es indispensable (y altamente económico) el uso de una fertilización adecuada. El costo del abono se paga con la reducción en el costo de preparación de tierra, de deshierbas y de siembras en lotes poco productivos. Al contrario, se concentra el cultivo en los mejores suelos con menores peligros de erosión. Además de un buen abonamiento se deben usar variedades adaptadas y con buen potencial de rendimiento, seleccionar estacas

gruesas (producidas con abono) y sanas, controlar hormigas y chiza, y hacer un buen control de malezas. Estas prácticas resultan no sólo en rendimientos altos sino también en un desarrollo rápido y vigoroso del cultivo, lo cual proporciona la mejor protección del suelo contra el impacto de la lluvia y reduce la necesidad de deshierbas. Además, para controlar mejor la escorrentía se recomienda preparar el suelo y sembrar el cultivo según curvas de nivel, sembrar franjas de barreras vivas de pasto, cubrir el suelo con rastrojo de maíz o caña y sembrar la yuca intercalada con cultivos de rápido crecimiento.

Con estas prácticas de conservación del suelo es factible producir altos rendimientos de yuca y reducir significativamente la erosión.

REFERENCIAS

1. AINA, P. O., LAL, R. and TAYLOR, G. S. 1979. Effects of vegetal cover on soil erosion on an Alfisol. In. Soil Physical Properties and Crop Production in the Tropics (Eds) Lal, R. and Greenland, D. J., John Wiley and Sons, New York. p. 501-508.
2. AMEZQUITA, E. and FORSYTHE, W. M. 1977. Aplicación de la ecuación de pérdida de suelo en Turrialba, Costa Rica. En Memorias del V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio Nacional sobre Suelos. Suelos Ecuatoriales 8:61-69.
3. EL-SWAIFY, S. A. and DANGLER, E. W. 1982. Rainfall erosion in the tropics: a state of the art. In Soil Erosion and Conservation in the Tropics. ASA Special Publication number 43. Madison, Wisc. p 1-25.
4. HOWELER, R. H. y CADAVID, L. F. 1983. Prácticas de conservación de suelos para producción de yuca en ladera. En Segundo Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Oct. 4-8, 1983. Pasto, Colombia (en imprenta).
5. LAL, R. 1976. Soil erosion problems on an Alfison in Western Nigeria and their control. IITA. Monograph No. 1. IITA, Ibadán, Nigeria.
6. LAL, R. 1977. Some aspects of soil and water conservation in the humid tropics with particular reference to Latin America. In Memorias del V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio Nacional sobre Suelos. Suelos Ecuatoriales 8:30-36.
7. MARQUES, J. A., QUITILANA, J. BERTONI, J. and BERRETO, G. 1961. Perdas por eroacao no Estado de Sao Paulo. Bragantia 120:1143-1182.

8. ROOSE, E. J. 1977. Application of the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier and Smith in West Africa. In Soil Conservation and Management in the Humid Tropics. (Eds) Greenland, D. J. and Lal, R. John Wiley and Sons. New York. p 177-187.

TABLA 1. 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

TABLA 2. Pérdida de suelo (t/ha/año) calculado para tres cultivos con dos sistemas de siembra en suelo Colorado de Turrialba con 5 y 10% pendiente y 30 metros de longitud (adaptado de: Amézquita y Forsythe, 1977).

Pendiente (%)	Cultivo	Sistema de siembra	
		Con la pendiente	En contorno
5	Cultivo A con 99-100% cobertura	0.11	0.07
5	Cultivo B con 40- 50% cobertura	6.37	3.82
5	Cultivo C con 3- 5% cobertura	11.33	6.80
10	Cultivo A con 99-100% cobertura	0.21	0.13
10	Cultivo B con 40- 50% cobertura	11.85	7.11
10	Cultivo C con 3- 5% cobertura	21.05	12.63

TABLA 3. Efecto de varias coberturas de suelo sobre el factor "C" en la ecuación universal de erosión.

(Fuente: Roose, 1977).

Cobertura	C (valor anual)
Suelo desnudo	1.0
Maíz, sorgo	0.3-0.9
Maní	0.4-0.8
Yuca	0.2-0.8
Algodón, tabaco	0.5
Palma Africana, café, cacao con cultivos de cobertura	0.1-0.3
Arroz	0.1-0.2
Cultivo de cobertura con crecimiento rápido	0.1
Savana ó pasto, sin pastoreo	0.01
Selva ó cultivo con capa gruesa de "mulch"	0.001

TABLA 4. Efecto de la aplicación de "mulch" sobre la 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

TABLA 5. Efecto de varias prácticas de conservación del suelo sobre el factor "P" en la ecuación universal de erosión.

(Fuente: Roose, 1977)

	P
Arar en el sentido de la pendiente	1.0
Arar según curva de nivel	0.75
Arar y hacer acequias según curva de nivel	0.50
Arar y sembrar franjas de pasto según curva de nivel	0.25
Cobertura con "mulch" (6 t/ha)	0.01

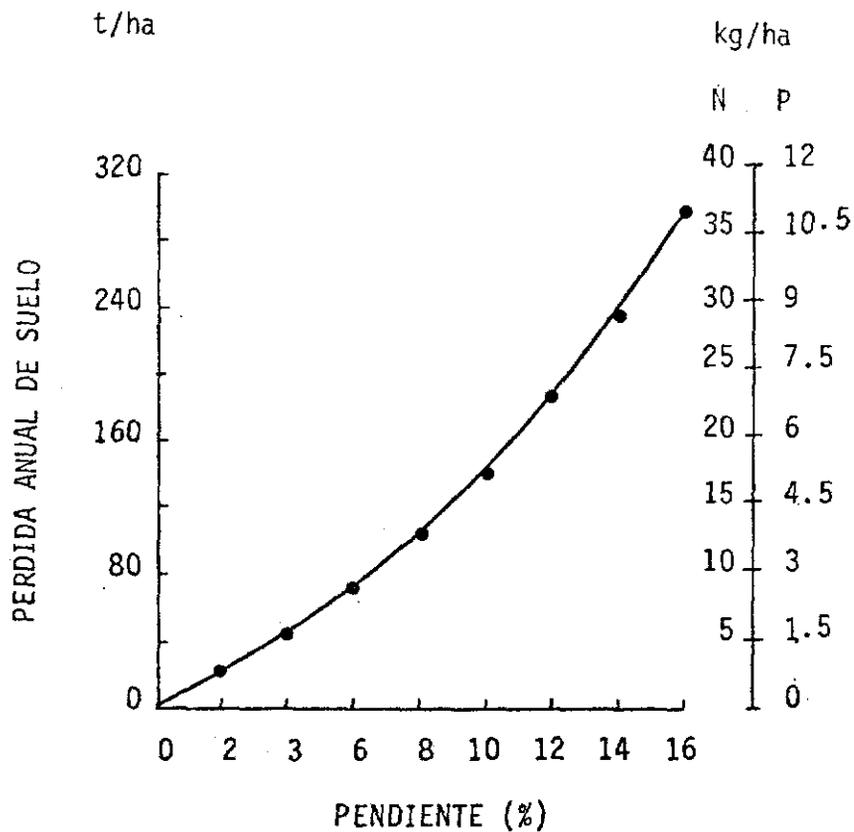


FIGURA 1. La pérdida potencial de suelo y nutrimentos N y P de un Oxisol desprotegido en Hawaii calculado para varios gradientes de pendiente, con una longitud standard de 22 m y un índice de erosividad (R) de 350 (Fuente: El-Swaify y Dangler, 1982).

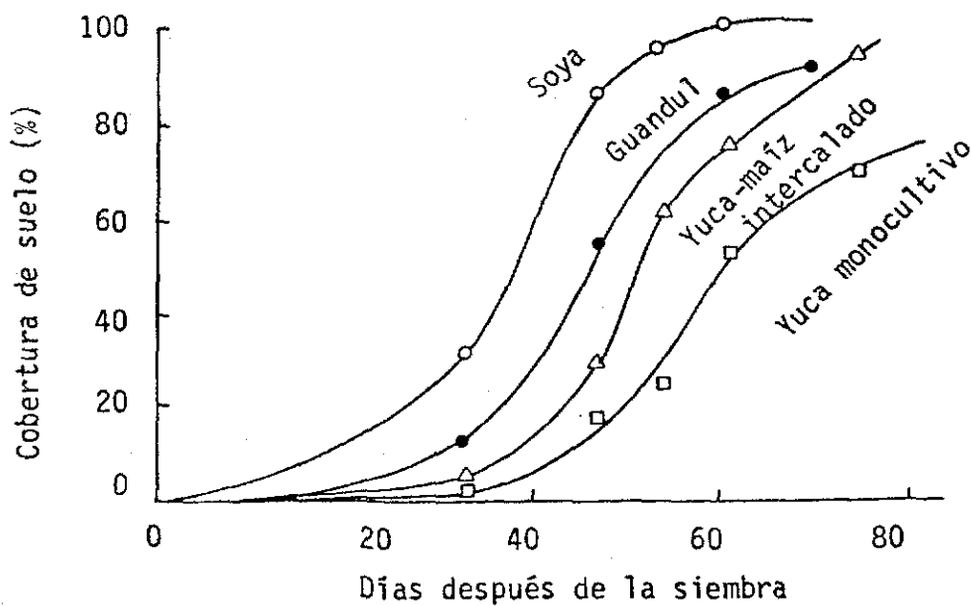


FIGURA 2. Porcentaje de cobertura de suelo en varios cultivos y sistemas de siembra. (Fuente: Aina, Lal y Taylor, 1979)

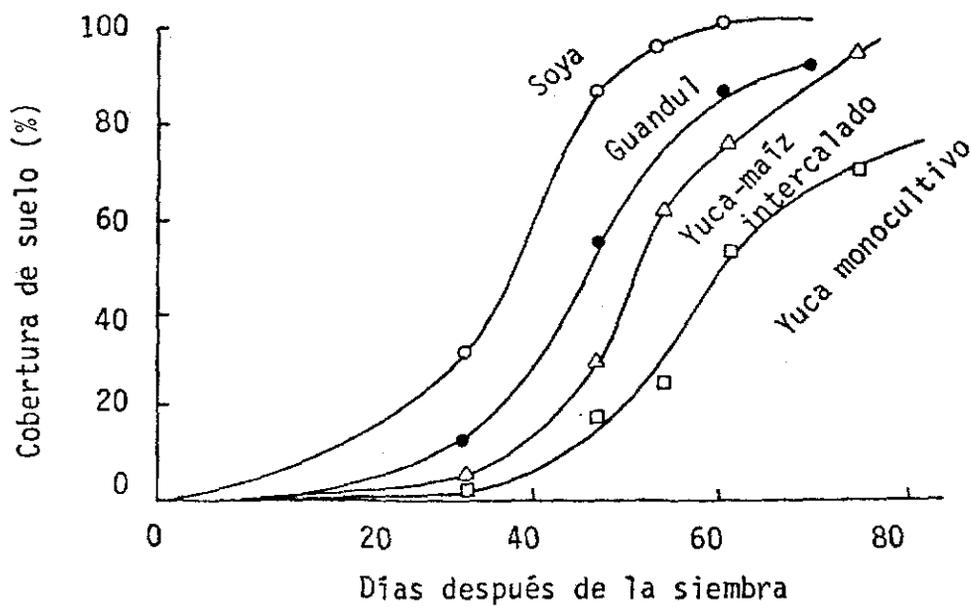


FIGURA 2. Porcentaje de cobertura de suelo en varios cultivos y sistemas de siembra. (Fuente: Aina, Lal y Taylor, 1979)

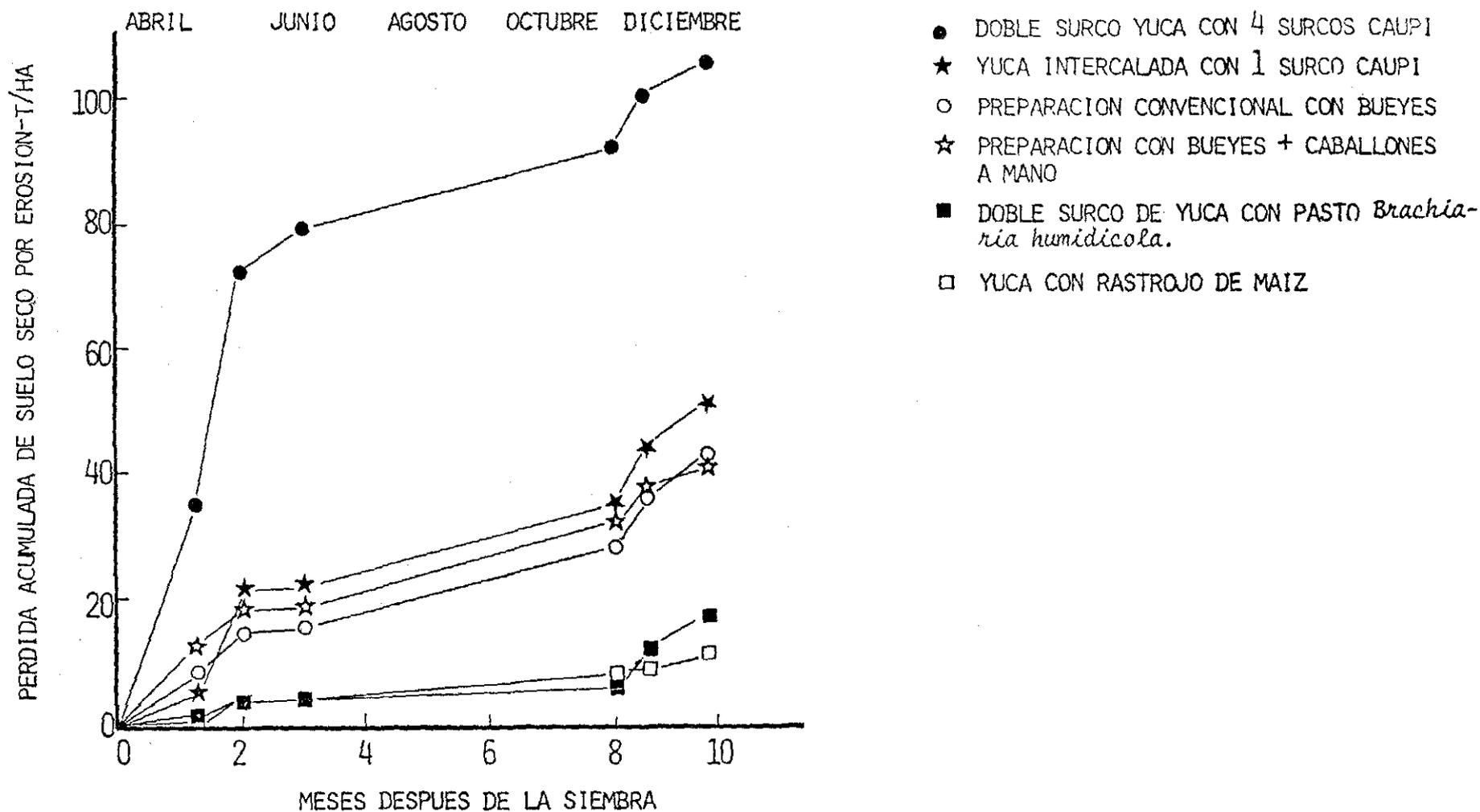


FIGURA 3. PERDIDA ACUMULADA DE SUELO POR EROSION DEBIDO A VARIOS SISTEMAS DE SIEMBRA DE YUCA-MONDOMITO 1981.

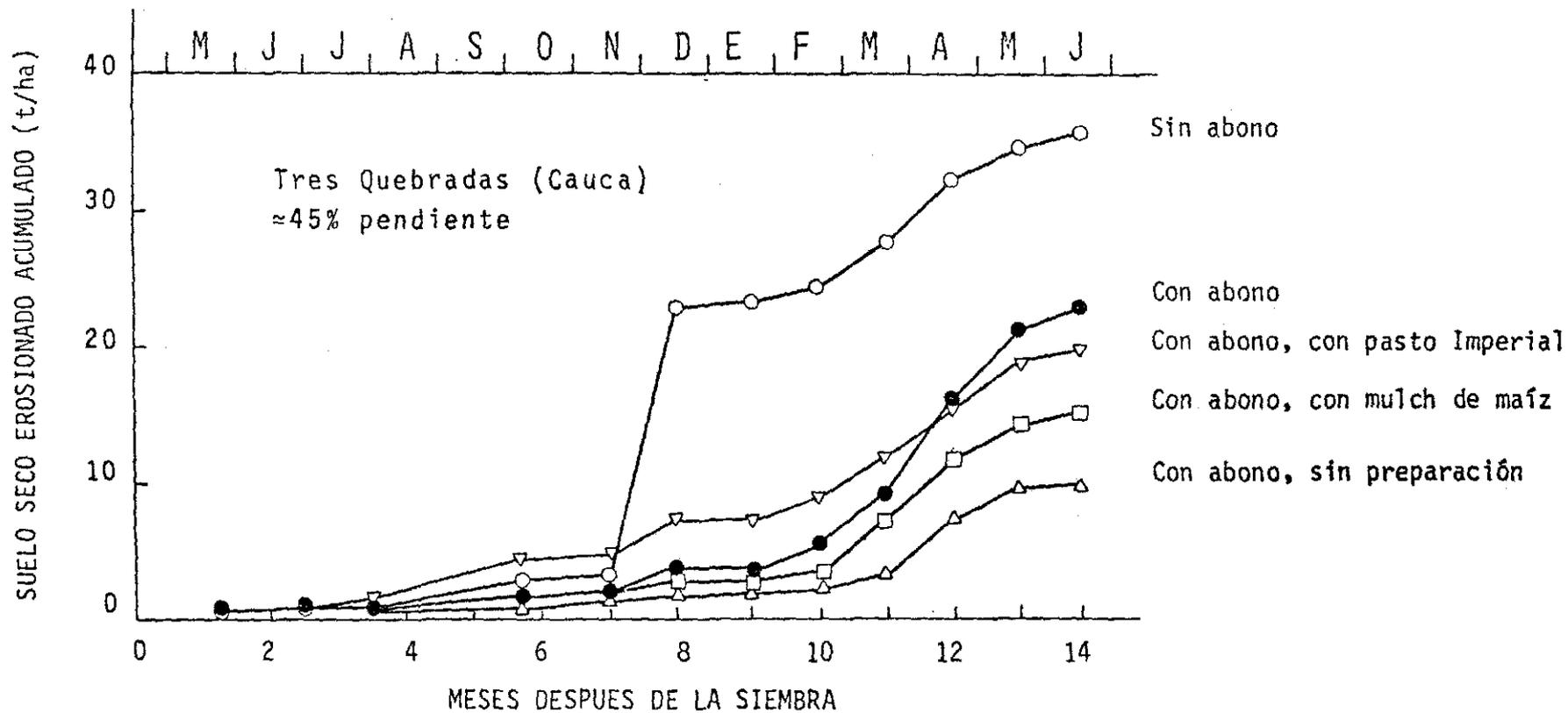


FIGURA 4. Pérdida acumulada de suelo por erosión debido a varias prácticas culturales en yuca sembrada en Agua Blanca, Cauca, 1982-1983.