

CONSERVACIÓN DE SUELOS EN LAS TIERRAS ALTAS DE CHIRIQUÍ RESULTADOS PRELIMINARES

Remy Oster*

En cinco parcelas de 40 m² con pendiente de 35 por ciento situadas cerca de Boquete, se midieron las pérdidas de tierra durante el año 1979. Las mayores pérdidas fueron observadas en la parcela de tierra desnuda (183 Tm/ha o sea, una lámina de espesor de 28 mm). En las demás parcelas las pérdidas fueron menores, aunque considerables (55 y 80 Tm/ha en hortalizas, 77 Tm/ha en café y 35 Tm/ha en pasto). Sin embargo, los resultados globales cubren períodos muy diferentes en cuanto al desarrollo de la cobertura vegetal. Un análisis pormenorizado de los datos prueba que con una buena cobertura viva o muerta del suelo, se logra una conservación muy satisfactoria: Pérdidas 1,400 veces más bajas en pasto, manejado al corte y 40 veces más bajas en café con "mulch" (cobertura muerta) que en tierra desnuda. Por el contrario, en hortalizas, las pérdidas de tierra anuales son apenas dos o tres veces más bajas que en suelo desnudo y suceden en su mayoría durante los períodos donde el suelo no está protegido (preparación de terreno e inicio de cultivo). Las buenas prácticas culturales como siembra y aporcado en contorno reducen notablemente la erosión cuando el cultivo está establecido, pero una sola lluvia antes de la siembra o en las primeras semanas de establecido el cultivo puede provocar pérdidas mayores de 10 Tm/ha (valor máximo permisible para un año), lo que ilustra el interés de escoger una buena época de siembra. Estos resultados demuestran las graves pérdidas de suelo que caracterizan las tierras de cultivo y la urgente necesidad de adoptar prácticas sencillas de conservación de suelos en las tierras altas de Chiriquí.

Las tierras altas de Chiriquí representan la principal región productora de café, papas y hortalizas en Panamá; son únicas en el país, porque reúnen clima tropical templado con suelos profundos y fértiles.

Estas tierras se están cultivando desde finales del siglo pasado en la región de Boquete y aún más tarde alrededor de Cerro Punta. En estos pocos decenios, la erosión ha causado graves estragos, arrastrando grandes cantidades de tierra, esencialmente en cultivos anuales debido a la alta intensidad de las lluvias, las fuertes pendientes, la fragilidad de los suelos frente a las aguas de escorrentía y un desconocimiento total de la conservación de suelos.

En este trabajo se presentan los resultados de un año de medición de la erosión en cinco parcelas situadas en Boquete.

Estos primeros datos cuantitativos de las pérdidas del suelo, permiten orientar la conservación de suelos hacia las prácticas que se están promoviendo en dicha área.

* Dr. de 3er. ciclo, Geógrafo, misión francesa, Programa de Conservación de Suelos de las Tierras Altas de Chiriquí. Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Recursos Naturales Renovables (RENARE), Provincia de Chiriquí.

MATERIALES Y METODOS

Las parcelas de investigación se instalaron en abril de 1979 y se ubicaron en Jaramillo Centro, a 1.5 km del parque de Boquete y a una altura de 1,150 msnm (Figura 1).

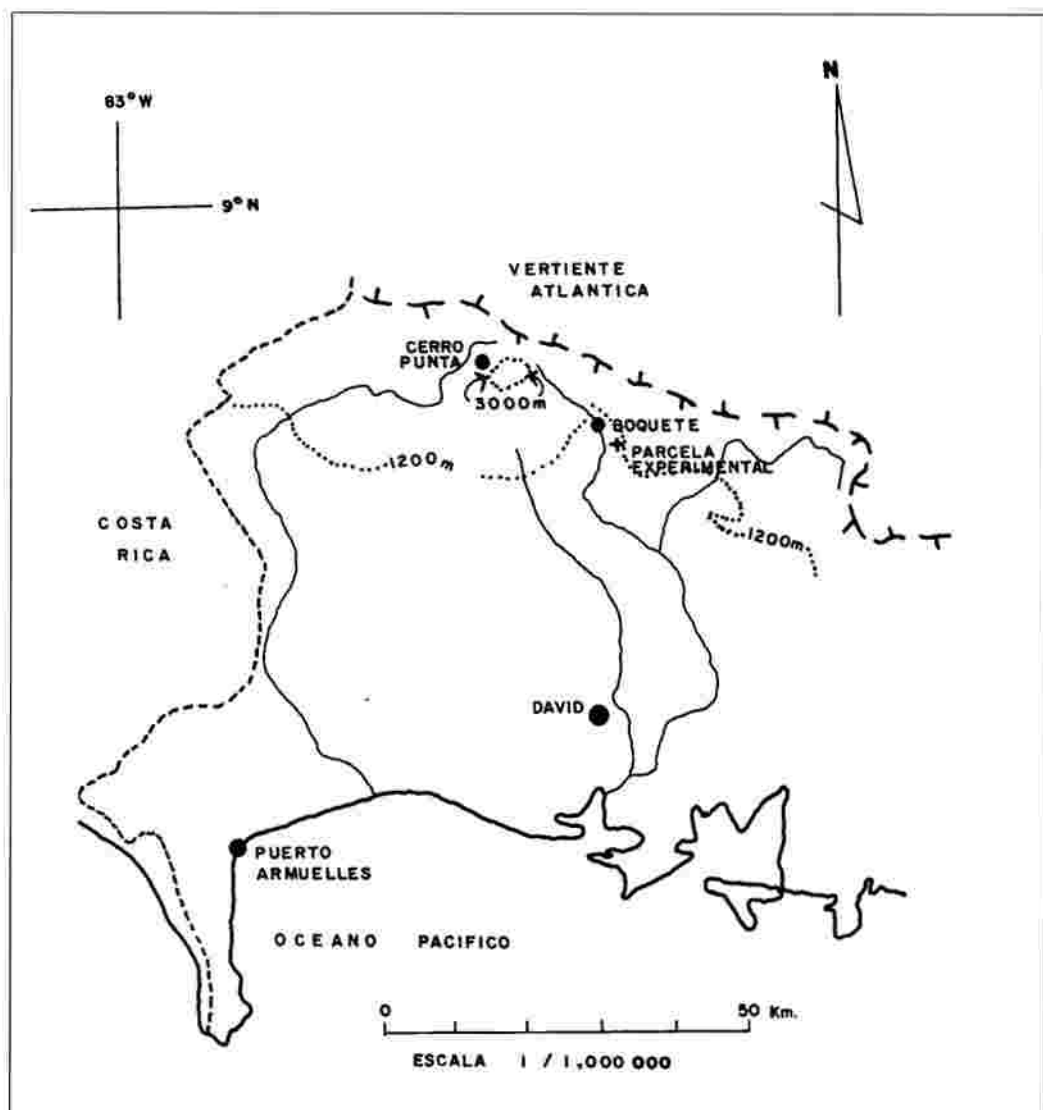


FIGURA 1. UBICACION DEL AREA EN ESTUDIO.

Los predios se delimitaron con láminas de zinc y presentaban una pendiente de 35 por ciento y un área aproximada de 40 m² (9.3 m de longitud en sentido de la pendiente y 4.3 m de ancho).

Para coleccionar las aguas y los sedimentos se utilizó un canal que conducía a un tanque de 55 galones. Cuando este primer tanque se llenaba, un partidor de tubos vertía una alcuota de

un octavo del agua a un segundo tanque de 55 galones. Las mediciones de agua y tierra se hicieron después de cada aguacero.

Las cinco parcelas se manejaron de la siguiente manera:

- Parcela 1: Primera siembra, repollo chino en hileras en contorno, distanciados a 90 cm.
Segunda siembra, poroto, en hileras en contorno, distanciadas a 80 cm.
- Parcela 2: Primera siembra, zanahoria, en hileras en contorno, distanciadas a 70 cm.
Segunda siembra, poroto, en hileras a favor de la pendiente, distanciadas a 80 cm.
- Parcela 3: Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), cobertura integral del suelo después del 15 de junio
- Parcela 4: Café Caturra de dos ejes, sembrado en trebolillos, con una densidad de 5,250 /ha; la tierra se preparó con azadón.
- Parcela 5: Se mantuvo en tierra desnuda eliminando la maleza a mano aproximadamente cada mes y rastreando cada dos meses.

Los análisis físico-químicos del área en estudio se realizaron en los Laboratorios del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en Divisa, Panamá.

La información de la intensidad de las lluvias proviene de datos medidos en las parcelas y del Instituto de Recursos Hidráulicos y de Electrificación (IRHE).

Para caracterizar la agresividad de las lluvias se calculó el índice R. de Wischmeir (US Department of Agriculture, 1965).

El índice R. se calcula para las lluvias mayores de 10 mm y se puede hacer la sumatoria de los índices para tener resultados mensuales o anuales. ^a

Los datos necesarios para el análisis de las relaciones entre la lluvia y las pérdidas de suelo se midieron utilizando un pluviógrafo diario y un pluviómetro localizado cerca de las parcelas experimentales. La infiltración del suelo se midió utilizando un infiltrómetro Muntz.

^a Se calcula con la fórmula $R = \frac{R'}{1736}$ y $R' = \frac{E_g \times IM}{100}$

donde: R = Índice Wischmeier en unidades US
R' = Índice Wischmeier en unidades métricas
E_g = Energía cinética de la lluvia en toneladas métricas/km²
IM = Intensidad máxima en 30 minutos, expresada en mm/hora

Para calcular la energía cinética de una lluvia (E_g) se usa el pluviograma de ésta, donde se divide el registro en tramos de igual intensidad. Se calcula la energía cinética unitaria (Eu) para cada intensidad constante con la fórmula:

$Eu = 1214 + 890 \log I$ con Eu en toneladas métricas/km² y p en mm de agua e I, intensidad en mm/h.
E_g = Sumatoria de los productos de las energías unitarias de cada segmento por su cantidad de mm de lluvia.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Suelo

El suelo de las parcelas se asemejaba bastante a los suelos en condiciones naturales del área porque todavía no había sido muy cultivado. El perfil del suelo presentó las siguientes características:

- 0 - 15 cm: Horizonte A₁ negro, rico en materia orgánica y con raíces muy abundantes, estructura granular.
- 16 - 30 cm: Horizonte A₁ (B) negro, con alto contenido de materia orgánica y con raíces abundantes. Estructura columnar débil.
- 30 - 45 cm: Horizonte (B), pardo grisáceo muy oscuro, raíces abundantes. Estructura sub-angular débil.
- 45 cm hacia abajo: Horizonte C₁ pardo, roca madre volcánica alterada, pocas raíces, sin estructura.

Para conocer el tipo de suelo y composición mineral se analizó una muestra representativa cuyos resultados se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo en estudio.

Componentes	Horizontes: A ₁	Contenido		
		A ₁ (B)	(B)	(C)
Arena, %	68	76	70	76
Limo, %	24	18	24	20
Arcilla, %	8	6	6	4
Materia orgánica, %	12.3	10.5	10.7	4.5
pH	6.0	6.1	6.1	5.7
P	2 ppm	tr	tr	tr
K	174	186	76	59
Mn	8	6	2	2
Fe	8	12	14	23
Zn	4	1.5	3.2	2.1
Ca	5.4 meq/100 g	3.1	1.4	0.6
Mg	2.6 de suelo	1.6	1.1	0.5
Al	tr	tr	tr	0.1

De acuerdo a la clasificación americana es un "dystrandept" típico, o sea, un suelo joven derivado de material volcánico con alto contenido en materia orgánica, textura franco-arenosa y porcentaje de saturación en bases menor de 50 por ciento.

En cuanto a su comportamiento frente a la erosión, este suelo se caracteriza por una alta permeabilidad (hasta 30 cm/hora) (Cuadro 2), pero también por una baja resistencia a la socavación de las aguas de escorrentía, cuando el suelo está saturado en agua y la intensidad de la lluvia es mayor que la velocidad de infiltración (Villamil, 1979).

Cuadro 2. Mediciones de la infiltración en suelos. El Salto, Boquete.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Promedio
Infiltración, mm en 10 min	125	100	60	70	75	85
Infiltración, mm en 60 min	375	355	150	270	260	280

2. Factor causal de la erosión: Lluvia

Para caracterizar y comparar la cantidad de precipitación promedio del área y la pluviometría del año 1979, se pueden utilizar los datos provenientes de un pluviómetro cercano a Bajo Boquete situado a 1,060 msnm (Figura 2).

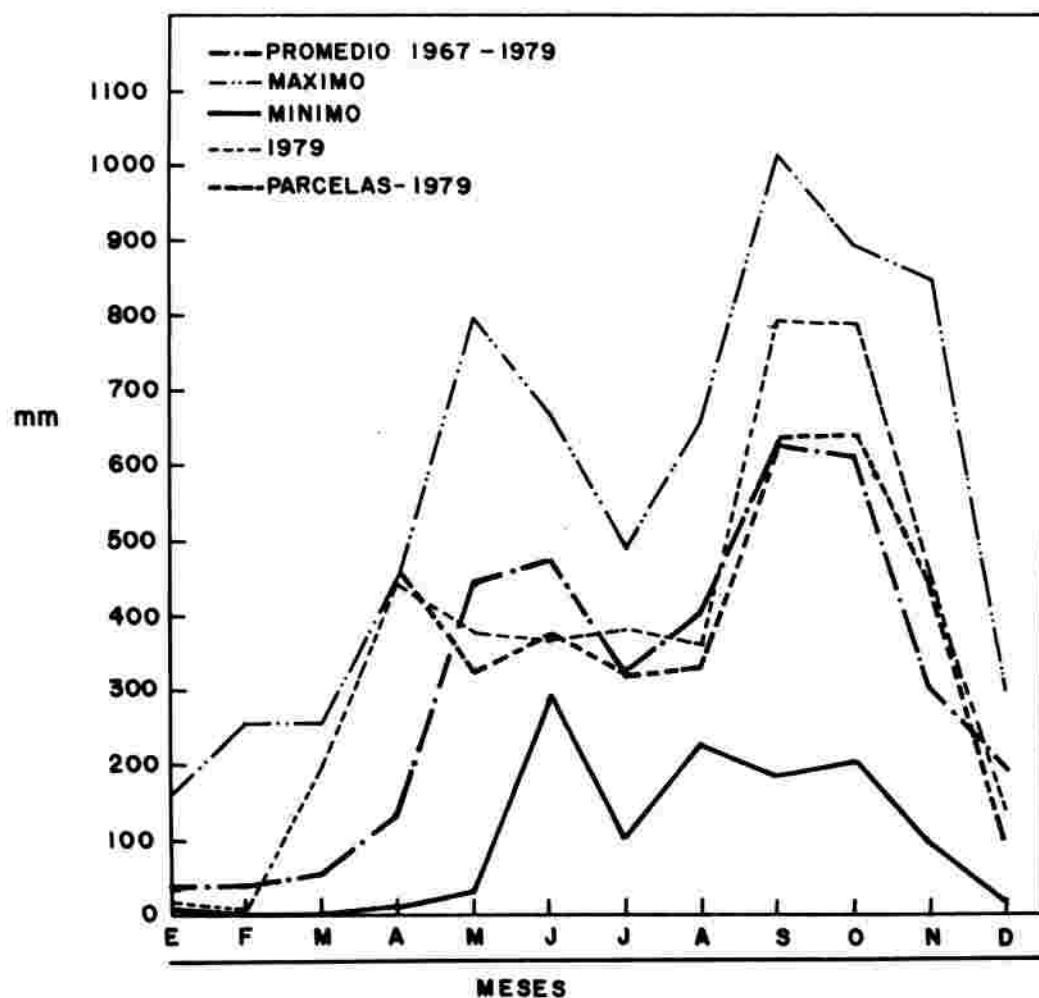


FIGURA 2. DATOS DE LLUVIA EN BAJO BOQUETE (1,060 msnm) Y EN LAS PARCELAS EXPERIMENTALES.

Sin embargo, los datos promedios no son muy significativos porque la variabilidad de un mes a otro es muy alta como lo demuestran los valores máximos y mínimos registrados en 13 años. Así, por ejemplo, la lluvia varió de 188 a 1,009 mm en septiembre y de 206 a 897 mm en octubre. En la Figura 2 se observa que el año 1979 fue relativamente lluvioso; el total anual de precipitación en Bajo Boquete superó en un 20 por ciento el total anual promedio. Los meses de marzo y abril fueron muy lluviosos, con respecto a los datos reportados desde 1967.

Además de ser abundantes, las lluvias en el área son agresivas ya que se caracterizan por intensidades altas de 100 mm/h durante 30 minutos y 60 mm/h durante 60 minutos.

En promedio, las lluvias son abundantes (más de 3,500 mm/año) caracterizándose por un regimen bimodal conformado por la época seca de diciembre hasta abril, seguido de una época lluviosa de mayo a noviembre, con un pequeño receso en julio y agosto, como lo ilustra la Figura 3.

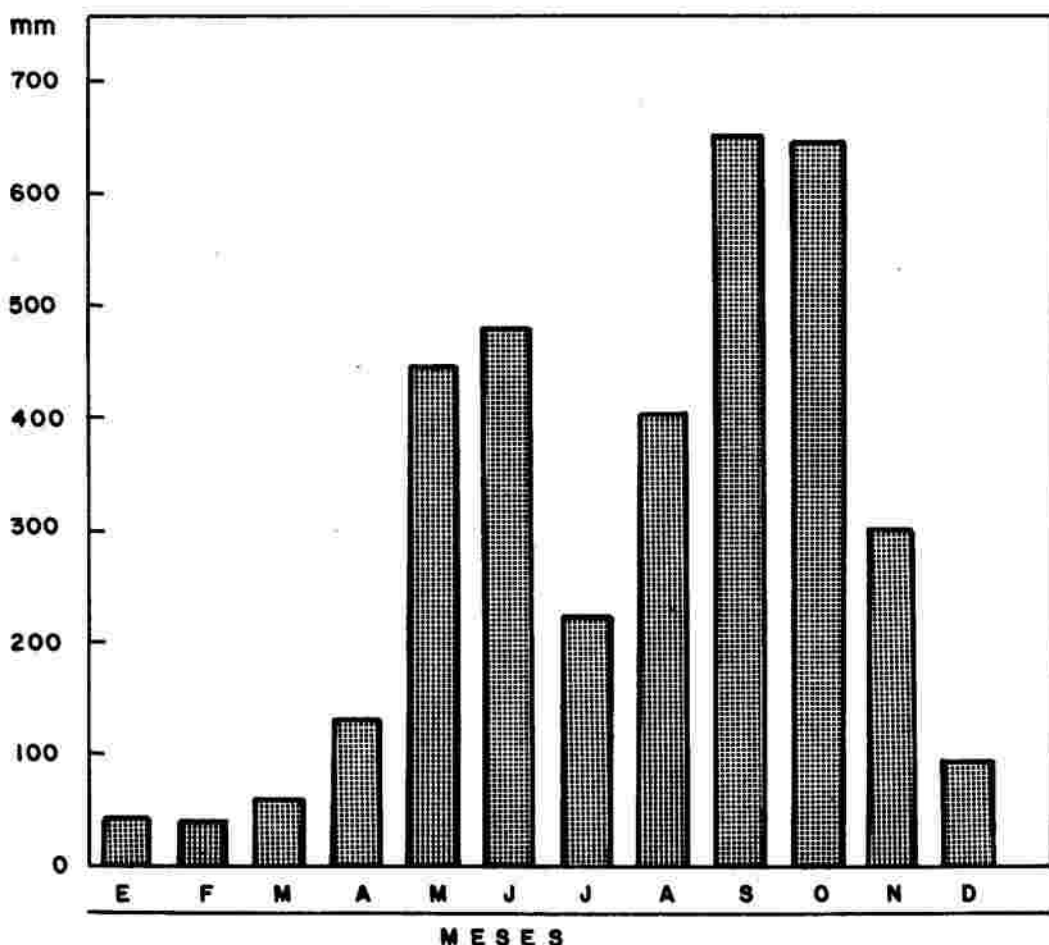


FIGURA 3. DISTRIBUCION MENSUAL DE LA LLUVIA EN BAJO BOQUETE (1967 - 1979)

El Cuadro 3 presenta los valores del índice R, del año 1979 para las parcelas y los resultados promedios de los pluviógrafos del IRHE más cercanos.

Cuadro 3. Índices de Wischmeier para las parcelas y las estaciones aledañas.

Lugar	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total anual
Parcelas (1150 m) año 1979	0	0	125	254	154	110	143	76	356	315	196	8	1,735
Bajo Grande (2300 m) seis años	7	2	0	5	63	34	27	29	47	36	37	40	330
Los Naranjos (1200 m) seis años	3	0	3	8	109	135	68	130	151	123	121	23	875
Planta Caldera (900 m) cinco años	7	3	28	60	564	456	181	315	541	481	153	7	2,800
David (15 m) seis años	18	3	35	73	147	232	125	173	308	167	115	19	1,415

Para comparación: Valores anuales de Chicago = 150; París = 50; Miami = 550;
Abidjan (Costa de Marfil) = 1,000; Douala (Camerún) = 2,000.

Todos los valores de R, para la región fueron altos, pero con variaciones muy fuertes. Las sumas más altas se registraron en Planta Caldera, lugar representativo de la franja de más alta pluviosidad del área. El valor anual de las parcelas (R = 1,735) fue alto, mientras que los demás datos de las tierras altas fueron más bajos, Los Naranjos (875) y especialmente Bajo Grande (330).

La agresividad de las lluvias disminuyó con la elevación del terreno. Esto se debió a que las intensidades de las lluvias variaron en esta misma forma; por ejemplo, en Bajo Grande las lluvias de 30 mm/hora, han sido poco comunes, mientras que en las parcelas experimentales se presentaron intensidades de 90 mm/hora que son muy frecuentes.

Es necesario dejar bien claro que los datos de erosión obtenidos en las parcelas experimentales son representativos de un área de pluviometría específica y los resultados cuantitativos se deben extrapolar con mucha cautela, debido a la alta variabilidad de la agresividad de las lluvias.

La distribución mensual del índice R, sigue lógicamente la distribución de la lluvia con valores máximos de mayo a junio y de septiembre a octubre. Los registros son demasiado cortos para proponer datos frecuenciales que serían de mucho interés, para determinar los períodos en que es necesario evitar la remoción del suelo. Sin embargo, se puede recalcar que la variabilidad de la agresividad es muy alta como lo ilustran los siguientes ejemplos:

Los Naranjos	Noviembre 1975 : R = 380
	Noviembre 1974 : R = 0
Parcelas experimentales	Abril 1979 : R = 255
	Abril 1978 : R = 0

Estos ejemplos ilustran la dificultad de escoger las épocas de siembra para evitar mayor erosión.

3. Pérdida de tierra

En el año cayeron 216 aguaceros para un total de 3,840 mm; 90 tuvieron una intensidad mayor o igual a 10 mm/día. De los 216 aguaceros, 45 causaron erosión (representando una lluvia total de 2,245 mm) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Intensidades de lluvia y erosión en parcelas experimentales en Boquete.

Fecha 1979	LLUVIA (mm)			Ind. R. Wischmeier	EROSION (Tm/ha)				
	Canl. mm	IM 30' mm/h	Cant. 10 días ant.		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3 (pasto)	Parcela 4 (café)	Parcela 5 (tierra desnuda)
abr/25	90	68	252	89	desnuda, alta rugosidad	desnuda, alta rugosidad	desnuda, lisa	24/4:siembra	Parcela 5 desnuda, lisa
mayo/3	40	66	270	42	5.0	8.1	28.0	4.7	19.5
mayo/8	47	48	147	33	13.0	11.0	5.0	17.0	14.0
mayo/12	55	60	176	47	2.5	1.7	0.9	2.2	2.8
mayo/14	29	30	169	10	4.7	4.8	1.5	5.9	4.8
jun/1	46	36	39	21	0	0	0	0	0.05
jun/3	41	40	73	23	15/5:siembra de repollo chino	15/5:siembra de zanahoria	0.03	0.2	25/5:limpieza y rastreo
jun/5	25	26	140	8	0.003	0.42	0.03	0.4	0.002
jun/8	8	12	184	1.3	1.0	1.5	0.02	0.8	0.3
jun/15	43	38	91	22	0.14	0.2	0.004	0.06	0.3
jun/30	44	26	50	15	13/6:resiembra parte repollo	0	0	0	0.005
jul/4	57	45	48	36	0	0.06	0	0	0
jul/10	43	44	129	28	1/7:aporcado en contorno	0.25	0	0	0
jul/11	43	30	128	18	0.005	0.5	0.001	0.006	2.8
jul/21	52	42	79	34	0	1.7	0	0	1.6
jul/22	32	30	89	14	2.7	10.4	0.001	0.07	2.2
agos/19	25	10	75	3.2	1.1	5.6	0.001	0.007	un poco de maleza
agos/22	16	5	118	0.8	0	0	0	0.07	11.0
agos/24	39	30	146	15	0.004	0	0	0.007	5.0
agos/29	25	30	161	11	0.004	0	0	0	6/8:limpieza y rastreo
sep/1	40	26	151	14	0.2	1.2	0	0	0.3
sep/2	35	40	176	19	0.03	0.6	0	0	0.01
sep/3	16	14	196	3	0.1	0.9	0	0	0.2
sep/5	46	44	166	28	0	0	0	0	7.1
					mucha maleza	bastante maleza	0	0	0.2
					0.3	1.9	0	0	7.5

Continúa...

Continuación Cuadro 4

Fecha 1979	LLUVIA (mm)			Cant. 10 dias ant.	Ind. R. Wischmeier	EROSION (Tm/ha)			
	Cant. mm	IM 30' mm/h	Parcela 1			Parcela 2	Parcela 3 (pasto)	Parcela 4 (café)	Parcela 5 (tierra desnuda)
sep/9	43	32	0.07	163	17	0.3	0	3.4	6:9:limpieza y rastreo
sep/10	52	40	0.09	203	30	0.2	0	0.6	0
sep/11	83	70	0.2	253	83	0.7	0	12.8	0.05
sep/13	40	34	0.07	269	17	0.4	0.002	1.7	19.0
sep/16	30	30	0.008	263	12	0.02	0.001	0.6	3.8
sep/17	28	42	0.1	288	17	0.65	0.001	4.5	0.8
sep/25	42	58	0.09	105	37	0.4	0.005	5.4	8.5
						26:9:preparación para siembra	26:9:corte del pasto	26:9:"mulching" con el pasto cortado en la parcela 3	9.0
sep/26	59	76	0.01	135	69	0.6	0.001	0.6	10.5
sep/30	31	20	0	125	8	0	0	0.001	0.01
oct/7	31	24	0.004	40	9	0	0	0.01	0.2
						8/10:resiembra frijol en contorno			
oct/8	117	80	12.0	71	144	11	0	0.65	21.5
oct/9	27	25	4.8	184	21	3.4	0	0.06	5.2
oct/10	32	?	4.5	180	17	3.0	0	0.06	5.2
oct/12	40	30	0	230	17	0.002	0	0	0.005
oct/21	18	14	1.5	112	2.7	1.0	0	0.002	3
oct/23	57	52	1.5	81	41	0.4	0	0.005	0.9
oct/25	60	28	0.4	148	22	0.2	0	0.002	0.65
oct/28	59	21	0.06	208	14	0.25	0	0.06	2.6
oct/30	78	32	0.25	261	33	0.25	0	5/11:desyerba a mano y machete; mulch	5/11:limpieza y rastreo
nov/9	77	90	0.2	107	109	3.4	0	0.005	2.2
nov/13 y 14	268	25	0.1	105	83	3.1	0	0.002	5.7
dic/12	36	16	0	20	7	0.1	0	0.05	182.9
TOTALES	2.245		55.2	1.328	79.7	35.5	77.2	183.0	

Estas pérdidas de tierra son de importancia, ya que alcanzaron un valor máximo en la parcela de tierra desnuda del orden de 183 toneladas /ha. Considerando una densidad aparente de 0.65, esta pérdida representa una lámina de tierra de 2.8 cm. En las otras parcelas las pérdidas fueron menores calculándose en 35.5, 55.2, 79.6 y 77.2 Tm/ha, en pasto, las dos parcelas en hortalizas y café, respectivamente.

Estos valores son anuales y cubren períodos muy distintos en cuanto al desarrollo de la cobertura vegetal, factor éste muy importante para controlar la erosión. En consecuencia, es de sumo interés pormenorizar los resultados de las cuatro parcelas cultivadas para analizar más en detalle el papel de la vegetación y de las prácticas culturales, tomando los datos de la parcela de tierra desnuda como referencia.

a. Resultados en tierras sembradas con café

Cuadro 5. Comparación de las pérdidas de tierra de parcelas en café y tierra desnuda (Café sembrado el 24 de abril de 1979 en terreno preparado con azadón).

Período	Cobertura	Parcela	Parcela de	Porcentaje de pérdidas en café (tierra desnuda = 100%)
		de café	tierra desnuda	
		Erosión (Tm/ha)		
abr/24 - mayo/31	Terreno desprotegido entre los plantones	29.8	41.1	73.0
jun/1 - ag/5	Maleza protegiendo el suelo entre los plantones	1.6	27.7	5.8
ag/6 - sep/25	Limpieza total con azadón: tierra desprotegida entre los plantones	44.4	56.4	78.7
sep/26 - dic/31	"Mulching" (cobertura muerta) y limpieza con machete	1.5	57.8	2.6
Total/año		77.3	183.0	42.0

Se puede notar que la erosión en cafetal nuevo (Caturra, sin sombra) es altísima, cuando se siembra en terreno removido y cuando se limpia la parcela con azadón dejando el suelo sin protección. En estas condiciones las pérdidas de tierra son casi tan importantes como en suelo desnudo (70 a 80% de estas últimas).

Por el contrario, cuando la maleza se limpia con machete y se deja en la superficie (o se riega cobertura muerta), la erosión en café no alcanza el 5 por ciento de la erosión máxima (tierra desnuda).

Estos resultados ilustran perfectamente el interés de la limpieza con machete y de la siembra sin remoción total de los suelos. Los terrenos donde se va a sembrar café se tienen que limpiar con machete y solamente se trabaja con azadón el espacio necesario para sembrar los plantones. Después de la siembra el control de la maleza se sigue haciendo con machete.

b. Resultados en tierras sembradas con pastos

Cuadro 6. Comparación de las pérdidas de tierra de parcelas en pasto y tierra desnuda (Año 1979).

Período	Cobertura	Parcela	Parcela de	Porcentaje de pérdidas en pasto (tierra desnuda = 100%)
		de pasto	tierra desnuda	
		Erosión (Tm/ha)		
abril 25	Tierra desnuda	28.0	19.5	144.0
abr/26 - mayo/12	Pasto recién sembrado	7.4	21.7	34.1
mayo/12 - dic/31	Pasto bien desarrollado; cortes con machete	0.1	141.7	0.0
Total/año		35.5	183.0	19.4

La protección que ofrece el pasto en este tipo de suelo es sumamente efectiva. Después del buen desarrollo del pasto, la erosión bajo esta cobertura no fue sino de 0.1 Tm/ha o sea, el 0.07 por ciento de la erosión en tierra desnuda (Relación de 1 a 1,400).

El pasto cubre totalmente el suelo, protegiéndolo del impacto de las gotas de agua y por lo tanto evita el sellamiento superficial, manteniendo la capacidad de infiltración. Así, del 2 de junio al 31 de diciembre el coeficiente de infiltración fue de 99.9 por ciento para una precipitación total de 2,800 mm. En el Cuadro 6 se aprecia que el mayor peligro de erosión en cultivos semi-permanentes ocurre al principio del primer año cuando el suelo está desprotegido; se observó una erosión de 35.4 Tm/ha en los primeros 17 días después de la remoción del suelo.

c. Resultados en tierras sembradas con hortalizas.

Cuadro 7. Comparación de las pérdidas de tierras de parcelas en hortalizas y tierra desnuda (Tm/ha).

Período	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 5: tierra desnuda
abr/25 - mayo/14	Terreno limpio, preparación para siembra 25.2	25.6	41.1
mayo/15 - sept/25	Repollo chino plantado y aporcado en contorno 6.2	Zanahoria sembrada en plano y en contorno 27.9	84.1
sep/26 - dic/21	Frijol sembrado y aporcado en contorno 23.8	Frijol sembrado y aporcado en sentido de la pendiente 26.0	57.7
sep/26 - nov/4	antes del aporcado 23.5	19.5	49.8
nov/5 - dic/31	después del aporcado 0.3	6.5	7.9

Las mayores pérdidas de tierra se producen cuando el terreno está limpio, después de la preparación del campo y antes de la siembra por una parte y en las primeras semanas del cultivo cuando éste ofrece poca protección al suelo (ver resultados Cuadro 4).

Después de pocas semanas el cultivo y la maleza protegen el suelo, de tal modo que la erosión es inferior en hortalizas que en tierra desnuda. El efecto benéfico de las prácticas culturales en contorno y en especial del aporcado en contorno, se puede observar en los Cuadros 4 y 7. Así, por ejemplo, en la primera siembra la erosión en repollo, aporcado en contorno, fue tres veces menor que en zanahoria después de la siembra (y solamente el 7% de la erosión en tierra desnuda).

Igualmente se nota el interés de esta práctica en la segunda siembra donde se comparan dos parcelas de frijol. Después del aporcado, hecho en contorno o a favor de la pendiente, las pérdidas de suelo fueron de 0.3 y 6.6 Tm/ha respectivamente, notándose una diferencia muy nítida (Relación de 1 a 22).

El aporcado en contorno, disminuye notablemente la erosión, porque facilita la infiltración (especialmente durante las primeras lluvias después del aporcado) y porque provoca la sedimentación de la tierra en los surcos entre los camellones y en los escalones que quedan después de rellenarse estos surcos.

4. Impermeabilización superficial: Factor explicativo de la escorrentía y de la erosión

La infiltración natural medida con el infiltrómetro Muntz es superior a la intensidad más alta de las lluvias (Cuadro 2). Las mediciones en pasto donde casi la totalidad del agua se infiltra, lo confirman; sin embargo, la escorrentía y en consecuencia la erosión son bastante altas en cultivos limpios y tierra desnuda. Este fenómeno ocurre porque la erosión pluvial producida por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo sin protección destruye la estructura del suelo y lo sella formando una diminuta capa (costra) de impermeabilización en la superficie. Como consecuencia de esto, la escorrentía aumenta en grandes proporciones, arrastrando las partículas de suelo que se encuentran sueltas en la superficie por salpicaduras de la erosión pluvial, y por las prácticas culturales. Estas aguas de escorrentía, cuando se concentran, pueden causar daños de importancia (erosión en surcos).

Un suelo recién trabajado tiene una infiltración alta que disminuye a medida que se va formando esta corteza impermeable.

Algunos resultados de las parcelas experimentales pueden ilustrar este fenómeno de impermeabilización superficial. En el Cuadro 8 se observa lo señalado.

Cuadro 8. Efectos de la erosión pluvial. Formación de una impermeabilización superficial

Fecha 1979	Lluvia mm	Parcela de café		Parcela de tierra desnuda	
		Escorrentía, mm	Erosión (Tm/ha)	Escorrentía, mm	Erosión (Tm/ha)
		Tierra desnuda entre plantones, poca maleza, sin trabajar desde el 6 de agosto		Limpieza y rastreo el 6 de agosto	
sep/ 9	43	1.5	3.4	0.05	0.00
sep/10	52	1.7	0.6	0.40	0.05
sep/11	83	10.0 ^[1]	12.8	13.00 ^[1]	19.00
sep/13	40	3.5	1.7	5.10	3.80

[1] Aproximado

En el Cuadro 8 se puede observar que en la parcela de tierra desnuda la infiltración se aumentó con la remoción del suelo y la destrucción de la costra anterior. Las dos primeras lluvias después del rastreo se infiltraron casi en su totalidad en la parcela de tierra desnuda y la erosión fue insignificante en comparación con la parcela de café donde existía una "costra" impermeable (producto de no tocar el suelo durante un mes). Estas dos lluvias (43 y 52 mm) y el comienzo de la siguiente (83 mm) fueron suficientes para provocar una nueva impermeabilización superficial y las dos lluvias del 11 y 13 de septiembre causaron de nuevo mayor erosión en la parcela de tierra desnuda porque el impacto de las gotas de lluvia selló la superficie y aumentó la escorrentía en grandes proporciones.

Todos los resultados obtenidos en estas cinco parcelas convergen para obtener las mismas conclusiones que trabajos similares en medio tropical húmedo de altura como en la zona cafetalera de Colombia (Gómez, 1975) o en tierras bajas como las de Africa Tropical (Roose, 1978).

En conservación de suelos las prácticas biológicas (coberturas muertas o vivas) tienen la mayor eficiencia.

Cuando el suelo no está totalmente cubierto (cultivos anuales), las prácticas agronómicas (contorno, barreras vivas, etc.), combinadas con una buena red de acequias de ladera permiten lograr un control satisfactorio de la erosión en pendientes moderadas (hasta 25%). En pendientes mayores, estos métodos no son suficientes para limitar las pérdidas de tierra a valores aceptables y solamente se pueden recomendar los cultivos semi-permanentes o la construcción de terrazas, pero estas últimas son muy costosas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los datos presentados son el resultado de un solo año de investigación, por consiguiente, se tienen que tomar como representativos solamente el año 1979 y teniendo en cuenta la pendiente de las parcelas (35%).

Las lluvias (cantidad y agresividad) variaron mucho en función de la altitud y de la topografía, además de que los resultados cuantitativos se tienen que extrapolar con mucha cautela y solamente para las tierras altas de Chiriquí, que son las únicas donde se encuentran los suelos antes descritos. Sin embargo, estos datos que únicamente contemplan la erosión laminar por el tamaño reducido de las parcelas, son suficientes para ilustrar el peligro que representa la erosión en las tierras cultivadas en hortalizas y justifican las siguientes recomendaciones:

1. Evitar la remoción del suelo en los cultivos semi-permanentes (café, cítricos, maracuyá y otros) y realizar las limpiezas con machete (o chapeadora).
2. Planificar adecuadamente las labores en la finca para que la preparación del terreno y siembra sean consecutivas para evitar que el suelo quede sin protección por un tiempo largo.
3. Realizar las prácticas culturales, especialmente el aporcado en contorno y no a favor de la pendiente. La observación de lo que sucede en los campos de cultivo del área permite indicar lo siguiente:
 - Evitar los cultivos limpios, en pendientes fuertes (mayores de 25% aproximadamente).
 - Limitar el uso del "rotovator" que pulveriza la tierra en la superficie y compacta el suelo a poca profundidad, lo que disminuye la permeabilidad y deja la tierra suelta fácil de arrastrar por las aguas de escorrentía.

4. Proveer una buena red de desagües (con poca caída) para evitar la formación de surcos por las aguas de escorrentía no controladas.

ABSTRACT

Soil losses were measured in five 40 square meter plots with a 35 per cent slope, located near Boquete, Chiriqui province, during 1979. Higher losses were observed in plots without any cover (183 Tm/ha, or about a layer of 28 mm). Lower losses were observed in covered plots, although, they were still considerable (55 and 80 Tm/ha with vegetables, 77 Tm/ha with coffee and 35 Tm/ha with pastures). However, results covered very different periods of development of the various plants used as covers. A detailed data analysis showed that with a good live or dead cover on the soil, a satisfactory soil conservation is obtained: Fourteen hundred times lower losses utilizing pastures (not grazed), and forty times lower utilizing coffee with mulch than in a soil with no cover. On the other hand, utilizing vegetables, annual soil losses were only two to three times lower than the control (soil without any cover). These losses occur mainly during periods when the soil is left without protection. Good cropping practices reduced erosion when plants are already established, but a rain before planting or during the first weeks of establishment could cause considerable losses (higher than 10 Tm/ha, which is the maximum permissible during a year). This fact illustrates the importance of planting time selection. The overall results showed the great soil losses occurring in cropped soils and the urgent need to adopt simple soil conservation practices in the high lands of Chiriqui.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece al personal de RENARE que participó en la instalación y el manejo de las parcelas.

Al Ingeniero Vincent Ribier, de la Misión Francesa, se le reconoce su contribución en la recolección y el análisis de los datos.

Al Licenciado Jorge Mendieta, Jefe del Proyecto de Manejo de la Cuenca del Río Caldera, se le agradece la revisión del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- GOMEZ, A. Manual de Conservación de Suelos de ladera. Cenicafé, Chinchina, Caldas, Colombia. 1975. 267 p.
- KHOBZI, J.; LECARPENTIER, C.; OSTER, R. y PEREZ, A. La erosión de tierras en Colombia. Inderena, Bogotá, 1977. 56 p.
- ROOSE, E.J. Erosion et ruissellement en Afrique de L'Ouest, París. Vingt ans de mesures en petites parcelles experimentales. 1978. 72 p.
- SECRETARIAT D'ETAT AUX AFFAIRES ETRANGERES. Conservation des sols au Sud du Sahara, París, 1970. s/p.
- SUAREZ DE CASTRO, F. Manual de Conservación de Suelos. IICA. San José, Costa Rica, 1979. 315 p.
- VILLAMIL, E. Estudio de planes de cultivo y riego en el distrito de El Salto, Boquete. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Agronomía. David, Panamá. 1979. 103 p.
- WISCHMEIER, W.H. y SMITH, D.D. Rainfall. Erosion losses from cropland. East of the Rocky Mountains. Agricultural Handbook No. 282. 1965. 47 p.