

PRIMERA APROXIMACION DE LOS VALORES
DEL FACTOR DE ERODABILIDAD K , EN
ALGUNOS SUELOS COLOMBIANOS.

ALBERTO MACHADO S. *

RESUMEN

Se informa acerca del estado actual del proyecto de investigación CS-2: "índices de erodabilidad de los suelos colombianos".

El factor de erodabilidad K del suelo, es un valor cuantitativo que depende de las propiedades de cada suelo. Al actuar en la fórmula general de la erosión causada por el agua y en igualdad de los otros factores erosivos, influye sobre el total del suelo perdido, aumentando la degradación específica, cuando sus valores son altos o reduciéndola en el caso contrario.

El factor K representa el grado de resistencia natural que ofrece el suelo en sí, al actuar los otros factores erosivos. Esta propiedad se expresa en kg/ha. La erodabilidad se determina en forma experimental con la ayuda de parcelas de escorrentía, especialmente diseñadas y manejadas. Como este procedimiento es costoso y delicado, la investigación, empleando el sistema de regresión múltiple, ha avanzado considerablemente en la solución del problema, gracias al conocimiento del factor E .

Con las advertencias del caso, el material disponible sólo permite buscar los valores del factor K en primera aproximación. En consecuencia, el método indirecto em-

*Profesor Asociado, Facultad de Ciencias. Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

pleado es el de la ecuación de predicción establecida por Paulet (1967), expresada del siguiente modo:

$$K = a - bA + cL + dDA,$$

en donde: A = % de arena. L = % de limo. DA = densidad aparente, en gr/ c.c.

Los suelos colombianos estudiados son los de Cotové (Santa Fe de Antioquia). ICA (Chigorodó, Urabá, Antioquia). La Unión (Nariño). Cada suelo se caracterizó por su factor K. En el espesor superficial varió entre 84 y 470 kg/ha y en el subsuperficial entre 68 y 540 kg/ha.

Las ocho conclusiones y recomendaciones presentadas se encierran en una: investigar con el fin de mejorar y ampliar la información acerca del factor de erodabilidad K de los suelos colombianos. Utilizar los resultados en un mejor uso y manejo de nuestras tierras.

I. INTRODUCCION

En vista de la importancia que reviste el conocimiento de la erodabilidad de los suelos en una determinada condición local, se ha diseñado y presentado el proyecto de investigación CS-2, "Índices de erodabilidad de los suelos colombianos".

Si se quiere hacer viable este estudio, el proyecto debe adelantarse en forma de subproyectos, con el fin de democratizar la investigación propuesta y en esta forma alcanzar con ella los objetivos perseguidos dentro del territorio patrio.

En consecuencia, el presente informe de progreso 1 trata de:

1. Indicar brevemente el origen, significado y otros detalles sobre el factor de erodabilidad K de los suelos.
2. Presentar los primeros resultados obtenidos acerca del factor K, al adelantar la ejecución del subproyecto CS 2.1 con la ayuda de la información que ha sido posible obtener en un número limitado de estudios y/o publicaciones nacionales, en donde aparecen datos cuantitativos de la "densidad aparente" del suelo, conjuntamente con los de los valores de arena y limo del mismo sitio de muestreo.

II REVISION DE LITERATURA

Los estudios acerca de la menor o mayor resistencia que pueden oponer los suelos al actuar el agua son muy viejos. De este hecho dan cuenta las publicaciones recopiladas por Bryan (1968). El autor presenta trabajos sobre la erodabilidad del suelo realizados desde la década de los años 20 hasta la de los años 60. Sin embargo, el material no alcanza a cubrir la totalidad de las investigaciones adelantadas sobre los índices de erodabilidad, entre otras falta la relacionada con

el origen del factor K , al quedar separado del de la lluvia como variable independiente (Wischmeier y Smith, 1958) e incluido como tal en la fórmula de la erosión pluvial.

En Colombia, hasta donde se sabe en estos momentos, no se conocen datos publicados sobre el factor K en suelos del país. Sólo existen algunas investigaciones en el área de la "relación de erosión" (Suárez y Rodríguez, 1962), adelantadas por el método de Middleton (1930). En trabajos en donde se hacen referencias esporádicas al factor K , conjuntamente con los demás factores de erosión, se citan los de Ramírez (1973), Villegas (1969), Parra (1976), Machado S. y Machado M. (1975). Ramírez (1970).

Sobre el factor K , específicamente, existen las publicaciones de Machado (1975), (1976).

El Servicio Americano de Investigación advierte que es muy difícil alcanzar éxito en el control de un fenómeno físico o mecánico si no se logra entender su forma de evolución. Para lograr este entendimiento es necesario aislar y evaluar las variables independientes que lo determinan. Finalmente disponerlas en una ecuación para obtener la variable dependiente. (U.S.D.A., 1961). p.1.

Los factores que intervienen en la erosión son: el clima, la vegetación, la topografía, el suelo y el manejo por el hombre. Para poder controlarla es necesario conocer cada uno de estos factores, tanto en forma aislada como la interacción de todos ellos (Dourojeanni y Paulet, 1967). p.2 Las investigaciones adelantadas con el fin de determinar un índice de erosión pluvial de más amplia aplicación que los existentes hasta 1958, dieron lugar a pensar en que el suelo también era susceptible de evaluación como variable independiente y de aplicación con los tres factores restantes que integran el grado de erosión potencial de los suelos. En consecuencia, con el aporte del factor R o E_I (energía E de las lluvias, multiplicada por la intensidad crítica I de las mismas, en máximas de 30 minutos) y del factor K , erodabilidad del suelo según denominación dada por Cook (1936) ó erosividad del suelo, según denominación dada por Middleton (1930), se estructuró la fórmula general de la erosión pluvial y por escurrimiento, comúnmente conocida como la "ecuación universal de pérdida de suelo" (Universal Soil -Loss equation). La expresión de esta fórmula es la siguiente: $A = RKSLCP$ (Wischmeier y Smith, 1958. Wischmeier, Smith y Ulhan, 1958. Wischmeier, 1959. Wischmeier y Smith, 1965. Dourojeanni y Paulet, 1967. p 2).

El valor del factor K se obtiene en forma experimental y directa, con la ayuda de parcelas patrones, (predios, "unidad" de escorrentía). Con las dimensiones especiales dadas a estas instalaciones y el sistema de manejo recibido, los factores $SLCP$ actúan con un valor de 1,00. Por lo tanto, $A = (E_I) K \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$ y $K = A/(E_I)$. (Wischmeier y Smith, 1965). p.5.

La relación $A/(E_I)$ para un determinado suelo X se define como la cantidad de erosión A por unidad de índice de erosión pluvial E_I al actuar en la condición de la parcela "unidad" de dicho suelo X (Wischmeier y Smith, 1965). p.5. El valor del factor K expresa toneladas de suelo/ha (Italia, FAO, 1967).

Los valores del factor K son de signo positivo y mayores de cero. Dado su efecto al actuar en la fórmula general de la erosión pluvial y por escurrimiento, se deduce que mientras más altos resulten en una determinada condición local, más riesgos de pérdida ofrecen las capas u horizontes del suelo y más baja es su capacidad de resistencia al actuar la lluvia como factor activo del proceso erosivo. La erodabilidad es, por tanto, una propiedad específica de cada suelo. No deben confundirse los términos "erodabilidad" y "erosión", puesto que la erosión no solo resulta del efecto del factor K , sino de la interacción de todos los factores que integran la fórmula general de la erosión pluvial y por escurrimiento. (Wischmeier y Smith, 1965), p.5.

Por observaciones de campo, sin tener en cuenta los valores de los demás factores de la erosión causada por el agua, distintos del factor K , es difícil opinar con buena seguridad sobre el aporte real del factor suelo en una localidad deteriorada por la erosión. En consecuencia, el factor K , impone la necesidad de evaluarlo independientemente de los efectos de los otros factores (Wischmeier y Smith, 1965) p.5.

La degradación específica de los suelos, es decir, el volumen de materiales evacuados en un año por cada km^2 de cuenca (Viers, 1974). p.90, es mayor en unas localidades que en otras, aún conservando iguales los demás factores erosivos, distintos del de la erodabilidad. Las diferencias se deben a las diferentes propiedades de los suelos, al influir, por una parte sobre la infiltración, la permeabilidad y la capacidad de retención de agua, y por otra parte, sobre la resistencia que ofrezcan a la dispersión, al salpicamiento, a la abrasión y a la fuerza de arrastre generada por las lluvias y el agua de escorrentía (Wischmeier y Smith, 1965). p.4.

Las investigaciones adelantadas en parcelas de escorrentía especialmente diseñadas y manejadas, permiten determinar el valor del factor K en forma directa (Wischmeier y Smith, 1965), p.5. Este procedimiento aplicado a cada suelo encontrado sería poco práctico y tal vez imposible de realizar (Paulet, 1967). p.68. Sin embargo, el problema está en vía de solución favorable, mediante la determinación de algunas de las propiedades de los suelos en donde se asientan las parcelas experimentales. En consecuencia, con los valores de las variables independientes, dados por la evaluación de las propiedades del suelo, objeto del estudio, y el valor de la variable dependiente, proporcionado por el suelo removido de las parcelas experimentales y medido inmediatamente después de actuar sobre ellas el E de las lluvias naturales o simuladas, se practica el análisis de correlación. En los casos posibles, estadísticamente, se adelanta el estudio hasta obtener las respectivas ecuaciones de regresión simple o múltiple.

Wischmeier y Mannering (1969) hicieron un estudio acerca de la relación entre algunas de las propiedades del suelo y su erodabilidad. En una ecuación de regresión múltiple combinaron los efectos de las 24 variables consideradas con el fin de determinar el valor del factor K . La ecuación de erodabilidad establecida permite investigar cómo se afectan los valores del factor K con el cambio de alguna de las propiedades del suelo. Finalmente anotan:

1. La ecuación puede ayudar a los técnicos de campo y
2. La ecuación es capaz de predecir con buena exactitud el valor del factor de erodabilidad \underline{K} , para los grupos texturales siguientes: 2.1 limoso; 2.2 Franco-limoso y 2.3 Franco o franco arenoso.

Para los suelos que tengan más de 65^o/o de arena o más de 35^o/o de arcilla, la ecuación no es aplicable con la confianza requerida.

Paulet (1967), p.69, anota lo siguiente: las conclusiones obtenidas por Olson y Wischmeier (1963) y Barnett et-al (1965), representan un gran avance hacia la predicción de los valores del factor \underline{K} , en función de las características medibles del suelo, mediante el uso de las ecuaciones de regresión múltiple.

Paulet (1967) p.69, al revisar los trabajos de Barnett y Rogers (1966), manifiestan que estos investigadores practicaron un estudio, de regresión múltiple, con el fin de encontrar los valores del factor \underline{K} , como variable dependiente de las características del suelo y del grado de asociación de ellas con la degradación específica total producida. Utilizaron 34 variables en 17 suelos y 50 sitios diferentes. Los simuladores de la lluvia actuaron sobre 99 parcelas. Aparte de otros hallazgos, encontraron que el 90^o/o de la variación era explicada por 9 de los 34 variables. Estas 9 variables fueron: ^o/o de arena gruesa, ^o/o de arena media, densidad aparente, ^o/o de suspensión de fracciones menores de 50 micras, rango de humedad disponible, profundidad del horizonte \underline{A} en pulgadas, capacidad de campo a 3 pulgadas de profundidad, ^o/o de limo y ^o/o de carbono. Posteriormente, Wischmeier y colaboradores (1971), publicaron un nomograma para determinar el factor \underline{K} .

Las propiedades del suelo que definen los valores del factor \underline{K} en el nomograma son, y van en el siguiente orden de consulta. Primero: ^o/o de limo + arena muy fina (0.03–0.10 mm). Segundo: ^o/o de arena (0.10–2.0 mm). Tercero: ^o/o de materia orgánica (0–4^o/o). Cuarto: estructura del suelo (desde 1, para muy fina granular, hasta 4, para bloques, laminar o masiva) y Quinto: permeabilidad (desde 1, para rápida, hasta 6, para muy lenta).

Según los estudios practicados por Paulet (1967). p.71-75, el orden de importancia de las variables tomadas para estimar el factor \underline{K} , obtenido del análisis de correlación múltiple, es el siguiente. Primero: ^o/o de arena. Segundo: densidad aparente, en gr/cc. Tercero: ^o/o de limo. Cuarto: ^o/o de materia orgánica y Quinto: ^o/o de arcilla. Con base en las 3 variables más importantes: arena, densidad aparente y limo, el autor presenta tres ecuaciones de predicción del factor \underline{K} . En la primera combina las tres variables. En la segunda incluye dos: arena y densidad aparente. En la tercera toma solo una: la arena. Calcula los valores del factor \underline{K} con la ayuda de las tres ecuaciones, en ocho tipos de suelos americanos, en donde el factor \underline{K} se determinó por el sistema directo. Compara los resultados obtenidos en cada caso (método indirecto), con el obtenido por el método experimental (directo). Los resultados de la comparación le permiten concluir que pueden utilizarse las tres ecuaciones para obtener el valor del factor \underline{K} , en tanto que se logre encontrar otro método mejor. Sin embargo, anota que deben preferirse las dos primeras ecuaciones, es decir, las de 3 y 2 variables.

A MATERIAL

1 Procedencia de los datos:

Los datos procesados en este trabajo: $\%$ de arena, $\%$ de limo y densidad aparente, en gr/cc, fueron publicados por Medina (1971). Medina y Herrón (1978). Paz, Arias y Legarda (1976), con otros fines diferentes a los de la determinación del factor K , o grado de erodabilidad de los suelos.

2. Nombres y características generales de las tres localidades colombianas de donde provienen los datos procesados.

Los nombres y características generales de las tres localidades colombianas de donde provienen los datos procesados para determinar los valores del factor K se indica a continuación:

2.1 Nombres y ubicación de las localidades.

Los nombres y ubicación de las tres localidades colombianas de donde provienen los valores del factor K , dadas en las Tablas 1 a 5, se indican en la figura 1.

2.2 Características generales de las tres localidades.

2.2.1 Cotové. La finca Cotové pertenece a la Universidad Nacional de Colombia.

De acuerdo con Medina y Herrón (1978) la finca Cotové pertenece al municipio de Santa Fe de Antioquia, Vereda Espinal. Está localizada a unos 2 kilómetros de la cabecera de dicho municipio. Sus tierras participan de estribaciones de la cordillera occidental de Colombia y de terrazas del Río Tonusco, afluente del Río Cauca por su ribera izquierda. Posee una temperatura superior a 24°C Precipitación promedio anual entre 1.000 y 2.000 mm. Altura de 625 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo con el sistema de clasificación ecológica de Holdrige, la finca se encuentra en la zona de vida bosque seco tropical (bs-T) y mide 114,88 ha.

2.2.2 Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del ICA en Chigorodó (Urabá):

De acuerdo con Medina (1971), el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del ICA en Urabá, está situado a unos 28 metros sobre el nivel del mar, vereda Carepa, municipio de Chigorodó (Antioquia), a unos 12 kilómetros al norte de la cabecera de dicho municipio. La extensión del Centro es de 306,4 hectáreas y hace parte de un plano aluvial relativamente estrecho, localizado al occidente de una área de coli-

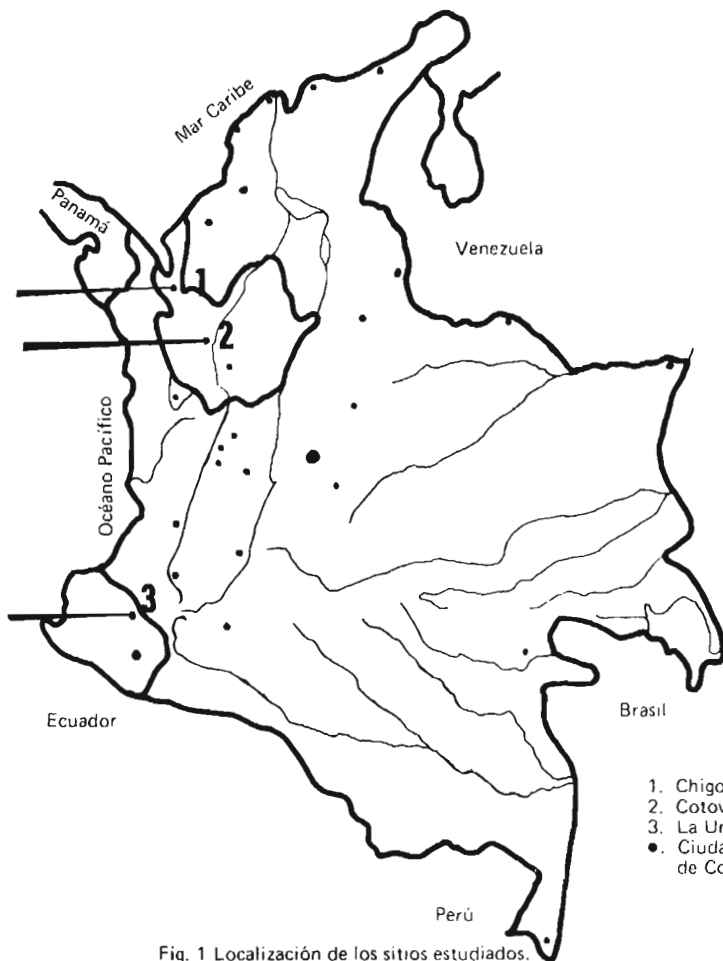


Fig. 1 Localización de los sitios estudiados.

nas y serranías. El relieve es característicamente plano, pendiente de 0–10/o, con un declive natural hacia el Río León.

La disposición de los sedimentos en el plano aluvial ha sido favorecida por las condiciones climáticas especiales de la zona que propician la erosión y el acarreo. El sistema hidrológico del Centro está constituido por las quebradas Carepera, Candelaria, Brasilia y Yarce. El Río Carepa pasa por su extremo sur. De acuerdo con el sistema de clasificación ecológica de Holdrige, el Centro se encuentra en la formación bosque húmedo tropical (bh-T) La temperatura media es superior a 24°C. La información que se tiene sobre las condiciones climáticas del área donde se encuentra el Centro, es relativamente escasa.

2.2.3 Zona Cafetera de La Unión (Nariño)

Según Paz, Arias y Legarda (1976), el municipio de La Unión está situado al norte del Departamento de Nariño y suroccidente de Colombia y tiene una temperatura promedio de 22°C, una precipitación anual de 1.842 mm. y altitud de 1.800 m. sobre el nivel del mar. Ecológicamente se le clasifica como bosque húmedo subtropical (bh-ST). En general, los suelos de La Unión tienen alguna influencia de cenizas volcánicas.

3. Suelos para el cálculo del factor K .

De los trabajos citados en A. 1: Procedencia de los datos, se toman las siguientes series o sitios para definirles, en primera aproximación, el valor de su factor K por el método de Paulet (1967):

3.1 De la finca Cotové

Serie: 1. Cotové, 2. Punta, 3. Dique, 4. Naranjal, 5. San Jerónimo, 6. Llano, 7. Espinal, 8. Rincón, 9. Escondite, 10. Cañada, 11. Portada y 12. Surales.

3.2 Del Centro Nacional de Investigación Agropecuaria del ICA en Chigorodó (Urabá).

Series: 1. Carepera franco, 2. Complejo Carepera, franco arenoso – franco arcilloso, 3. Carepera, franco moderadamente bien drenado, 4. Complejo carepera, franco – franco arcilloso, 5. Carepa, franco arenoso, 6. Yarce, franco, 7. Brasilia arcilloso limoso, 8. Complejo Brasilia franco – franco arcilloso, 9. Complejo Brasilia franco arcilloso limoso – franco arcilloso, 10. Brasilia arcilloso, 11. Brasilia franco, 12. Brasilia franco arcilloso, 13. Complejo Brasilia franco arenoso – franco arcilloso, 14. Arroyo franco arcilloso.

3.3 De La Unión (Nariño)

Sitios representativos así: 1. Cartago, 2. Buenos Aires, 3. El Sauce,

4. Betulia, 5. La Caldera, 6. El Peligro, 7 Mayo, 8. La Palmita, 9. El Carmen y 10. La Unión.

B. METODO

El método que se emplea en este informe de progreso 1 del subproyecto 1, es el indicado por la ecuación de predicción del factor K , encontrada por Paulet (1967), previas las siguientes advertencias:

- 1 El poco material colombiano disponible en estos momentos no permite utilizar otros métodos.
- 2 El método de Paulet (1967) se ha estructurado con los valores alcanzados por la arena, el limo y la densidad aparente, en el espesor superficial del suelo, comprendido entre cero y diez centímetros de profundidad.
3. En razón de sus amplios límites, las clases texturales del sistema americano no se pueden aceptar como bien adecuadas para establecer los verdaderos factores de erodabilidad de los suelos. En consecuencia, al hacer uso de ellas con estos fines, los resultados obtenidos solo representan una primera aproximación (Wischmeier, W.H. 1976). pp. 38 y 39.

La ecuación anunciada para la predicción del factor K , es (Paulet, 1967).

$$K = 0,010356 - 0,00378082 A_0 + 0,00232882L + 0,323545 DA$$

En donde: A_0 = arena % (0-10 cm. de profundidad)

L = limo % (0-10 cm. de profundidad)

DE = densidad aparente, gr/c.c. (0-10 cm. de profundidad)

$R = 0,91$ y $R^2 = 0,83$ Contribución debida al error: $1 - 0,83 = 17\%$.

IV RESULTADOS

Los resultados obtenidos al aplicar la ecuación anterior y organizar los datos, se dan en las Tablas 1, 2, 3, 4 y 5.

Las Tablas 1 (Cotové, Santa Fe de Antioquia), 2 (Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del ICA, Chigorodó, Urabá, Antioquia) y 3, (La Unión, Nariño), presentan los siguientes datos:

Número de las series y/o de los sitios de muestreo, profundidades de las capas u horizontes, valores de las tres variables independientes (arena, limo y densi-

dad aparente), valores del factor K , calculados con la ayuda de la ecuación obtenida por Paulet (1967). La significación de estos, según lo expresado por su autor, es de por lo menos al nivel del 90^o/o de probabilidad.

TABLA 1.
COTOVE, SANTA FE DE ANTIOQUIA

No.	Profundidades consideradas (cm)	Arena (°/o)	Limo (°/o)	D.A. (gr/cc)	K (tt/ha)
1	0 - 17	34	26	1,35	0,38
1	17 - 32	32	24	1,51	0,43
2	0 - 18	24	30	1,28	0,40
2	18 - 40	24	25	1,45	0,45
3	0 - 34	16	27	1,20	0,40
3	34 - 51	16	20	1,38	0,44
4	0 - 21	42	34	1,34	0,36
4	21 - 34	32	47	1,42	0,46
5	0 - 9	38	32	1,49	0,42
5	9 - 31	37	29	1,58	0,45
6	0 - 11	27	34	1,11	0,35
6	11 - 22	29	29	1,29	0,39
7	0 - 28	34	30	1,14	0,32
7	28 - 52	35	38	1,35	0,40
8	0 - 19	28	46	1,43	0,47
9	19 - 41	49	30	1,45	0,36
9	0 - 23	22	33	1,11	0,36
9	23 - 36	42	26	1,41	0,37
10	0 - 17	10	31	0,99	0,37
10	17 - 32	10	41	1,16	0,44
11	0 - 21	12	28	1,12	0,39
11	21 - 36	28	23	0,96	0,27
12	0 - 23	19	29	1,00	0,33
12	23 - 44	15	24	1,19	0,39

Los valores del factor K , dados en la Tabla 1, expresándolos ahora en kg. de suelo/ha, varían entre 320 y 470, para la primera capa u horizonte considerado, y entre 270 y 460, para la segunda o subsuperficial. La amplitud de los límites de variación es de 150 y 190, respectivamente.

Las diferencias del factor K entre las capas u horizontes subsuperficiales y su-

perfiles son positivas, a favor de las primeras citadas, en las siguientes series: 1. Cotové, 2. Portada, 3. Dique, 4. Naranjal, 5. San Jerónimo, 6. Llano, 7. Espinal, 9. Escondite, 10. Cañada, y 12. Surales. En las dos restantes: 8. Rincón y 11. Portada, las diferencias son negativas.

Las diez series amenazadas por su más alto valor del factor K en la capa u horizonte subsuperficial y al perder el superficial, vendrían a ser en su orden descendente: 4. Naranjal (460 kg/ha), 2 y 5. Portada y San Jerónimo (cada una con 450 kg/ha), 3 y 10. Dique y Cañada (cada una con 440 kg/ha), 1. Cotové (430 kg/ha), 7. Espinal (400 kg/ha), 6 y 12. Llano y Surales (cada una con 390 kg/ha), 9. Escondite (370 kg/ha).

TABLA 2.

**CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
DEL ICA, CHIGORODO, URABA, ANTIOQUIA.**

No.	Profundidades consideradas (cm)	Arena (%)	Limo (%)	D.A. (gr/cc)	K (tt/ha)
1	0 - 4	51	36,5	1,38	0,35
1	4 - 15,5	36	39	1,27	0,38
2	0 - 5,5	32,5	37,50	0,98	0,29
2	5,5 - 48	18,79	40,61	1,34	0,47
3	0 - 8	46,2	41	0,92	0,23
3	8 - 21	39,1	38,1	1,40	0,40
4	0 - 21	35,5	41,1	0,91	0,36
5	0 - 5	62,4	36,6	1,27	0,27
5	5 - 28	65,0	22,5	1,27	0,23
6	0 - 31	30,0	48,75	1,27	0,42
7	0 - 4,5	3,7	44,3	1,08	0,45
8	0 - 6	36,53	47,93	0,90	0,28
8	6 - 38	2,57	62,82	1,21	0,54
9	0 - 5	16,25	55,0	0,93	0,38
9	5 - 26	0,26	62,18	1,11	0,51
10	0 - 3,5	26,4	6,2	1,02	0,25
10	3,5 - 32	3,7	46,3	1,14	0,47
11	0 - 2,5	51,36	33,78	0,96	0,21
11	2,5 - 41	1,25	62,49	1,16	0,53
12	0 - 3,5	31,94	36,65	0,79	0,23
12	3,5 - 32	1,32	39,47	1,23	0,50
13	0 - 4,5	51,3	31,8	0,76	0,14
13	4,5 - 9,0	17,4	47,4	1,22	0,45
14	0 - 4,5	31,9	40,4	0,90	0,28

Los valores del factor K , dados en la Tabla 2, expresándolos ahora en kg. de suelo/ha, varían entre 140 y 450 para la primera capa u horizonte considerado y entre 230 y 540, para la segunda o subsuperficial. La amplitud de los límites de variación es de 310 y 310, respectivamente.

Las diferencias del factor K entre las capas u horizontes subsuperficiales y superficiales son positivas, a favor de las primeras citadas, en las siguientes series:

1. Carepera franco, 2. Complejo Carepera franco arenoso - franco arcilloso, 3. Carepera franco moderadamente bien drenado, 8. Complejo Brasilia franco - franco arcilloso, 9. Complejo Brasilia franco arcilloso limoso - franco arcilloso, 10. Brasilia arcilloso, 11. Brasilia franco, 12. Brasilia franco arcilloso, 13. Complejo Brasilia franco arenoso - franco arcilloso. En la serie 5. Carepa franco arenoso, la diferencia es negativa. En las series restantes sólo se tomó el material del horizonte o capa superficial. Estas series son: 4. Complejo Carepera franco - franco arcilloso, 6. Yarce franco, 7. Brasilia arcilloso limoso y 14. Arroyo franco arcilloso.

Las nueve series amenazadas por su más alto valor del factor K en la capa u horizonte subsuperficial y al perder el superficial, vendrían a ser en su orden descendente: 8. Complejo Brasilia franco - franco arcilloso (540 kg/ha), 11. Brasilia franco (530 kg/ha), 9. Complejo Brasilia franco arcilloso limoso - franco arcilloso (510 kg/ha), 12. Brasilia franco arcilloso (500 kg/ha), 2 y 10. Complejo Carepera franco arenoso - franco arcilloso. Brasilia arcilloso (cada una con 470 kg/ha). 13. Complejo Brasilia franco arenoso - franco arcilloso (450 kg/ha), 3. Carepera franco, moderadamente bien drenado (400 kg/ha), 1. Carepera franco (380 kg/ha). De estas, la 11. Brasilia franco es, probablemente la que está en más peligro, si por el mal uso del suelo llegara a perder sus primeras 2,5 cm. superficiales. Al quedar destapada aumentaría la pérdida de suelo.

Los valores del factor K , dados en la Tabla 3, siguiente, expresándolos ahora en kg. de suelo/ha, varían entre 84 y 296, para la primera capa u horizonte considerado, y entre 68 y 300, para la segunda o subsuperficial. La amplitud de los límites de variación es de 212 y 232, respectivamente.

Las diferencias del factor K entre las capas u horizontes subsuperficiales y superficiales son positivas, a favor de las primeras citadas, en las siguientes áreas muestreadas: 2. Buenos Aires, 4. Betulia, 5. La Caldera, 6. El Peligro, 8. La Palmita. En las cinco restantes: 1. Cartago, 3. El Sauce, 7. Mayo, 9. El Carmen y 10. La Unión, las diferencias son negativas.

Las cinco áreas amenazadas por su más alto valor del factor K en la capa u horizonte subsuperficial y al perder el superficial, vendrían a ser en su orden descendente: 6. El peligro (300 kg/ha), 8. La Palmita (230 kg/ha), 5. La Caldera (220 kg/ha), 2. Buenos Aires (200 kg/ha), 4. Betulia (186 kg/ha).

TABLA 3.

LA UNION, NARIÑO*

No.	Profundidades consideradas (cm)	Arena °/o	Limo °/o	D.A. (gr/cc)	<u>K</u> (tt/ha)
1	0 - 30	58,31	31,67	0,87	0,145
1	30 - 60	57,98	29,66	0,86	0,138
2	0 - 40	65,88	22,73	0,92	0,110
2	40 - 80	56,31	30,00	1,03	0,200
3	0 - 50	66,31	21,30	1,04	0,176
3	50 - 90	64,31	20,00	1,06	0,157
4	0 - 40	56,30	22,31	1,02	0,179
4	40 - 80	56,31	22,30	1,04	0,186
5	0 - 40	60,31	24,00	1,01	0,165
5	40 - 80	47,98	20,33	1,07	0,220
6	0 - 30	29,98	38,00	0,96	0,296
6	30 - 70	29,64	38,34	0,97	0,300
7	0 - 40	55,64	24,97	1,00	0,182
7	40 - 80	62,98	21,33	1,01	0,149
8	0 - 40	48,31	36,00	0,87	0,193
8	40 - 80	42,31	38,00	0,90	0,230
9	0 - 60	41,22	29,66	0,88	0,208
9	60 - 90	64,61	21,70	0,90	0,108
10	0 - 50	55,98	32,33	0,65	0,084
10	50 - 90	55,98	32,33	0,60	0,068

*En la ecuación para Arena y Limo, se abreviaron los coeficientes así:
 $-0,00378A_0 + 0,002329L$. Los otros valores no sufrieron abreviación.

La Tabla 4 presenta la agrupación porcentual de los grados de erodabilidad en la capa u horizonte superficial del suelo.

TABLA 4.

Grados de erodabilidad (kg/ha)	Agrupación		
	ICA (U) (°/o)	COTOVE (°/o)	LA UNION (°/o)
<u>K</u> mayor de 440	7,14	8,33	0,00
<u>K</u> de 240 a 440	78,58	91,67	10,00
<u>K</u> menor de 240	14,28	0,00	90,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00

La Tabla 5 presenta la agrupación porcentual de los grados de erodabilidad en la capa u horizonte subsuperficial del suelo, en los casos en que el factor \underline{K} resultó mayor que el del espesor superficial correspondiente.

TABLA 5.

Grados de erodabilidad (kg/ha)	Agrupación		
	ICA (U) (%)	COTOVE (%)	LA UNION (%)
\underline{K} mayor de 440	77,78	30,00	0,00
\underline{K} de 240 a 440	22,22	70,00	20,00
\underline{K} menor de 240	0,00	0,00	80,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00

V. DISCUSION

Los resultados presentados en las Tablas 1, 2 y 3 expresan el valor del factor \underline{K} , obtenido al analizar muestras representativas de los suelos. En consecuencia, no es posible calcular promedios y establecer niveles de significación para la comparación estadística entre los distintos pares registrados, es decir, entre el factor \underline{K} de las capas u horizontes superficiales y subsuperficiales de cada serie y/o población estratificada. Posiblemente las diferencias positivas anotadas en algunos de los casos se deben a simples variaciones de azar y no sean reales. Sin embargo, los valores del factor \underline{K} , así calculados, permiten prevenir ciertos estragos erosivos y/o explicar la presencia de otros daños, en donde el factor suelo desempeña un papel importante debido a su poca resistencia.

Aunque medie la circunstancia anterior, los investigadores en conservación de suelos han encontrado que la degradación específica del suelo se acelera después de que el material superficial rico en humus, se pierde por erosión y deja descubierta la capa inferior de naturaleza menos estable. A propósito, Bennett (1965) p. 116 - 117 presenta el caso de las cuotas de la erosión y el escurrimiento en el mantillo y en el subsuelo. Textualmente anota lo siguiente: "Generalmente, la erosión se acelera a medida que la tierra de la superficie cargada de humus y más absorbente es arrastrada, dejando al descubierto las capas inferiores, las cuales tienen en general menor capacidad de absorción y son de naturaleza menos estable. Las cuotas medidas de pérdida de suelo y agua de ocho suelos importantes de tierras, que representan (por lo menos muy aproximadamente) muchos millones de acres de tierra de cultivo, muestran que, en condiciones similares de declive, tratamiento y precipitación, las pérdidas han sido mayores donde el subsuelo quedaba al descubierto. Los resultados medios de una serie de mediciones muestran una pérdida anual de tierra de la superficie de aproximadamente 31 toneladas por acre, y un escurrimiento me-

dio de un 16 por ciento aproximadamente de la precipitación total, frente a pérdidas correspondientes del subsuelo, de unas 45 toneladas de suelo por acre y del 22 por ciento de la precipitación total de agua”.

Low y Paulet (1967) p. 3.29 anotan que los suelos con alto contenido de limo tienen muy poca coherencia y son fuertemente erosionables al actuar la lluvia. De acuerdo con Ellison (1947) el limo es fácilmente desprendible por el impacto de las gotas de la lluvia y también fácilmente transportable por el agua de escorrentía. Los valores del factor K , según los resultados obtenidos en las tres regiones consideradas, señalan ciertas tendencias extremas, considerando las propiedades del limo. Estas tendencias extremas son:

1. Tendencia hacia los límites más altos del factor K . Se presentó cuando el contenido de arena fue notoriamente más bajo que el contenido de limo. Comúnmente en estos casos la densidad aparente y el factor K señalaron valores superiores a 1,10 y a 0,44, respectivamente. Esta tendencia posiblemente tenga su explicación si se consideran los valores altos del limo y de la densidad aparente, señalando los suelos de alta erodabilidad.
2. Tendencia hacia los límites más bajos del factor K . Se presentó cuando el contenido de arena fue notoriamente más alto que el contenido de limo. Comúnmente en estos casos la densidad aparente y el factor K señalaron valores inferiores a 1,10 y a 0,24, respectivamente. Esta tendencia caracteriza los suelos de La Unión (Nariño). En el método utilizado para calcular el valor del factor K , se observa que la arena interviene con signo negativo, al aplicar la ecuación establecida por Paulet (1967). Sin embargo, Wischmeier y Mannering (1969), encontraron que los suelos con textura franco arenosa son muy erosionables. Al ser muy erosionables, el valor del factor K debe ser mucho más alto, es decir muy superior a 0,24.
3. Tendencia intermedia de los valores del factor K . Las proporciones de arenas, limo y los valores de la densidad aparente, que no encontraron acomodo dentro de las tendencias anteriores, determinaron los valores del factor K , comprendidos entre 0,24 y 0,44.

El valor más alto del factor K , encontrado al hacer el presente estudio, llegó a 0,54 en el suelo denominado “complejo Brasilia franco - franco arcilloso” del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Urabá (Antioquia). Wischmeier (1967), y el U.S.D.A. (1932) citados por Paulet (1967) informan acerca de los valores del factor K de ocho suelos de los Estados Unidos. Uno de esos factores de erodabilidad se caracteriza por un valor de 0,62 y corresponde a un suelo de tipo Muskingum F.A.

Amézquita y Forsythe (1975) utilizaron el método gráfico de Wischmeier y colaboradores (1971). De esta manera determinaron el factor de erodabilidad K , en las series Instituto y Colorado del IICA (Costa Rica).

Los resultados fueron:

$K = 0,155$ Serie Instituto y $K = 0,103$ Serie Colorado.

Las diferencias manifestadas entre los factores de erodabilidad K , conocidos por el momento en Colombia, Estados Unidos y Costa Rica, no tienen nada sorprendente. Cada suelo, considerado como un cuerpo natural, posee su índice especial de erodabilidad K , según sus propiedades.

De acuerdo con Paz, Arias y Legarda (1976), los suelos de La Caldera presentan erosión severa y actualmente se dedican a cultivos de café y plátano. De acuerdo con el presente informe de progreso, el factor K de los suelos de La Caldera es de 165 kg/ha, en sus primeros 40 cm. de profundidad. Este valor se considera como relativamente bajo, cuando se compara con otros del orden de 440 kg/ha o más. Aparentemente, la situación anotada pudiera tildarse de contradictoria. Sin embargo, cuando existe un factor K relativamente bajo, la degradación específica observada depende en gran parte de la actividad de los demás factores erosivos: RSLCP. De acuerdo con estos principios la lucha del hombre contra la erosión causada por los aguaceros es mucho más difícil y costosa a medida que aumenta el valor del factor K (Machado, 1975), puesto que el suelo, por su misma naturaleza, ofrece menos resistencia ante el ataque de sus enemigos. En circunstancias especiales, la tarea de las prácticas antierosivas puede resultar antieconómica, y darse el caso de que lo más prudente sea optar por el cambio del uso de la tierra, como medida más razonable.

De acuerdo con Mediña y Herrón (1978), los suelos de la serie Loma ocupan aproximadamente la cuarta parte del área de la finca Cotové. La pendiente varía entre el 25 y el 50^o/o. Sus tierras presentan erosión severa y están dedicadas a potrero. En el análisis físico del suelo se encuentra:

Profundidad (cm)	D.A. (gr/cc)	Arena (^o /o)	Limo (^o /o)
0 - 6	--	62	19
6 - 27	--	62	18

Los autores informan que este suelo es franco arenoso gravilloso.

Según el presente informe de progreso, la serie Loma no figura, por carecer de los datos acerca de la densidad aparente para calcular el factor K correspondiente. Sin embargo, se ha visto en este mismo informe de progreso, que con los valores altos en arena y bajos en limo, el factor K de los suelos de la serie Loma debe ser relativamente bajo.

Con estos elementos de juicio, se llegó a la conclusión de que se trata de un caso semejante al de los suelos de La Caldera en La Unión (Nariño). De ser así, la mayor parte de los daños severos de que son víctima los suelos de la serie Loma, probablemente se deben a la agresividad de los demás factores causantes de la erosión: RSLCP. Se recuerdan en estos momentos los estudios preliminares adelantados sobre el "índice de erosión pluvial en Cotové" y la

advertencia acerca del cuidado con el uso y manejo del suelo, dada la magnitud y distribución anual del E en la localidad, (Machado, 1977).

Los resultados presentados en las Tablas 4 y 5 hacen resaltar la forma de agrupación porcentual del factor K en las regiones estudiadas, subdivididos en tres categorías: relativamente altos, medios y bajos. La subdivisión propuesta se hizo de acuerdo con las manifestaciones de los resultados obtenidos. Si en el futuro aumenta la información, quizás sea aconsejable reconsiderar la determinación tomada. Por el momento se observa que funciona bien.

Llaman la atención los siguientes hechos (Tabla 4):

- 4.1 La agrupación porcentual del factor K , en el espesor superficial del suelo, se muestra relativamente más alto en los valores medios de 240 a 440 kg/ha, que en los valores altos, mayores de 440 kg/ha. Este escenario, en términos generales, abarca las condiciones de las tres localidades estudiadas y conduce a pensar acerca de la contribución del valor del factor K en el resultado de la erosión total. En consecuencia, los suelos en donde el factor K se ubique entre los valores de 240 a 440 kg/ha, sólo auguran una resistencia media, atribuible a las propiedades de cada uno de ellos. Las prácticas antierosivas no requerirán tanta intensidad como en la agrupación más alta de 440 kg/ha en adelante, pero sí más que en el otro extremo, en donde el factor K indique valores inferiores a los 240 kg/ha. La tendencia de las agrupaciones con un factor K de valor medio, se manifestó más alta en las localidades del ICA (Urabá) y Cotové, que en las áreas de La Unión.
- 4.2 La agrupación porcentual del factor K , en el espesor superficial, con valores relativamente bajos, inferiores a 240 kg/ha, indica que la contribución del suelo, en la erosión total, atenuará bastante la degradación específica, especialmente en los suelos de La Unión y similares por su factor K , en donde las prácticas antierosivas no requerirán tanto inversión y/o complejidad, para contrarrestar la agresividad de los demás factores de la erosión: RSLCP, en el caso de ocurrir grados serios de destrucción de los suelos y siempre y cuando sean rentables.

En la Tabla 5 llaman la atención los siguientes resultados:

5.1 Agrupaciones.

Las agrupaciones presentadas en la Tabla 5 se refieren a los casos en donde la capa u horizonte subsuperficial presentó un factor K superior al de la capa u horizonte superficial correspondiente. Los datos apareados son: en Cotové, 10 de los 12 pares dados en la Tabla 1. En el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del ICA (U), 9 de los 10 pares dados en la Tabla 2. En la Unión, 5 de los 10 pares dados en la Tabla 3.

5.2 Factor K mayor de 440 kg/ha en el espesor subsuperficial.

Las localidades en donde el factor K sea mayor de 440 kg/ha en el espe-

sor subsuperficial y menor en el superficial correspondiente, están expuestos a perder más suelo, después de que por el trabajo de la erosión o por causa de otras actividades (minería, cortes, etc.), pierdan la primera capa u horizonte, quedando descubierta la de menor resistencia a la erosión. El hecho del aumento de la erosión en estos casos lo atestiguan las estimaciones y datos de pérdida de suelo y agua dados por Bennett (1965) p. 116 - 117. En el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del ICA (U), el 77, 78^o/o de las series estudiadas, revela esta situación de peligro. En Cotové, el 30^o/o. En La Unión no se registró el caso.

5.3 Factor \underline{K} comprendido entre 240 y 440 kg/ha en el espesor subsuperficial.

Si por las mismas causas anotadas en el aparte 5.2 anterior, se llega a perder la parte superficial del suelo y queda descubierta la subsuperficial, también se acelera la erosión al intervenir la lluvia sobre un material con un factor \underline{K} más alto. Sin embargo, las pérdidas de suelo son menores que en el caso anterior, puesto que la erodabilidad sólo alcanza niveles medios. En el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del ICA (U), el 22,22^o/o de los suelos estudiados resultaron en estas condiciones. En Cotové, el 70^o/o y en La Unión, el 20^o/o.

5.4 Factor \underline{K} menor de 240 kg/ha en el espesor subsuperficial.

En este caso, al quedar descubierta el espesor subsuperficial, la degradación específica se acelera, por las razones expuestas en 5.2 y 5.3. Sin embargo, la erosión es más reducida, puesto que el factor \underline{K} sólo alcanza a 240 kg/ha como máximo.

En el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del ICA (U) y en Cotové, no se manifestó esta condición. En La Unión (Nariño), el 80^o/o de los suelos estudiados la presentan.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1 Cada uno de los suelos estudiados aportó el valor de su índice de erodabilidad \underline{K} . Este varió entre 84 y 470 kg/ha en la capa u horizonte superficial y entre 68 y 540 kg/ha en el espesor subsuperficial.
2. Los valores del factor \underline{K} , determinados en las capas u horizontes del perfil del suelo, se deben tener en cuenta para hacer una planificación más adecuada del uso y manejo de las tierras.
3. El conocimiento de los valores del factor \underline{K} , aporta buenas ideas acerca de la participación del mismo suelo, al hacer el reconocimiento del grado de degradación específica que presentan las tierras.
4. La lucha del hombre, contra la erosión pluvial y por escurrimiento, se hace más difícil y costosa a medida que el factor \underline{K} presente valores más elevados.

5. En primera aproximación, si el contenido de limo en un suelo es muy alto y el de la arena muy bajo, el factor \underline{K} tiende hacia valores altos, quizás superiores a 440 kg/ha.
6. En primera aproximación, si el contenido de arena de un suelo es muy alto y el del limo muy bajo, el factor \underline{K} tiende hacia valores bajos, quizás inferiores a 240 kg/ha.
7. En todos los casos es necesario proteger adecuadamente los suelos. Con carácter de urgencia, en donde la capa u horizonte superficial presente el siguiente inventario: 7.1 Menos de 10 cm. de espesor. 7.2 Alta agresividad de los demás factores erosivos (RSLCP). 7.3 Factor \underline{K} menor de 240 kg/ha. 7.4 Factor \underline{K} más alto en el espesor subsuperficial que en el superficial correspondiente.
8. Dada la escasez de los datos completos y mínimos, en la literatura de los suelos colombianos, requeridos para calcular los valores del factor \underline{K} , así sea en primera aproximación, se recomienda que en lo sucesivo, al tomar muestras para el análisis físico de un suelo con uno u otro fin, se incluya, hasta donde sea posible, la determinación de la densidad aparente, en las distintas capas u horizontes del perfil representativo.
9. Las ocho conclusiones y recomendaciones anteriores, se encierran en una: investigar con el fin de mejorar y ampliar la información acerca del factor de erodabilidad \underline{K} de los suelos colombianos. Utilizar los resultados en un mejor uso y manejo de nuestras tierras.

- AMUZQUIA, C.F. y FORSYTHE, W.M. (1975). Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo en Turrialba, Costa Rica. IICA. Turrialba Costa Rica. Suelos Ecuatoriales. Memorias del V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio sobre Suelos SCCS 8 (1) 61 - 69.
- BARNETT, A.P., ROGERS, J.S.; HOLLADAY, J. H. and DOOLEY, A.E. (1965). Soil Erodability Factors for Selected Soils in Georgia and South Carolina. A.S.A.E. Trans. 8: 393 - 395.
- and ROGERS, J.S. (1966). Soil Physical properties related to runoff and erosion from artificial rainfall. Trans. of the A.S.A.E. 9: 123-128.
- BENNETT, H.H. (1965). Elementos de Conservación de Suelos. Traducción de Carlo Gerhard. Fondo de Cultura Económica (México - Buenos Aires) 427 pp.
- BRYAN, RORKE. B. (1968). Development, use and efficiency of indices of soil erodability. Geoderma, 2: 5 - 6.
- COOK, H.L. (1936). The nature and controlling variables of the water erosion process. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1: 487 - 494.
- DOUROJEANNI, R.A. y PAULET, I.A. (1967). La ecuación universal de pérdida de suelo y su aplicación al planeamiento del uso de las tierras agrícolas. Estudio del factor de las lluvias en el Perú. Universidad Agraria. Facultad de Ingeniería Agrícola. Programa de conservación de suelos. Publicación No. 2. Fotocopias, Lima 78 pp.
- ELLISON, W.D. (1947). Soil Erosion Studies. Parte I. Agricultural Engineering 28 (4) 145 - 146.
- ITALIA. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). (1967). La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Cuaderno de Fomento Agropecuario No. 81. 208 pp.
- LOW, F. y PAULET, M. (1967). Conservación de Suelos. Control de la erosión por el agua. Universidad Agraria. Facultad de Ingeniería Agrícola. Departamento de Conservación de Suelos. Lima - Perú. Cap. 1a. 9 - 11.
- MACHADO, S.A. y MACHADO, M.L.F. (1975). Estudio del índice de erosión pluvial en Colombia. Suelos Ecuatoriales. Memorias del V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio sobre Suelos. SCCS. 8 (1) 70-77.
- : (1975). Suelos. Diario El Colombiano. Medellín, página agropecuaria. Domingo, Septiembre 14.
- : (1976 a.). El factor K en la fórmula general de la erosión pluvial. Unidad 2. Material de enseñanza. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín (Colombia). Mimeografiado. 8 pp.
- : (1977). Estudio preliminar del índice de erosión pluvial en Cotové. Universidad Nacional. Facultad de Ciencias. Medellín (Colombia). Boletín de Ciencias de la Tierra No. 2. pp. 59 - 80.

- MEDINA, O.H. (1971). Reconocimiento detallado de los suelos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Urabá, Municipio de Chigorodó (Antioquia). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas. Centro de Publicaciones. Medellín. 94 pp. Mapa.
- y HERRON, O.F. (1978). Reconocimiento detallado de los suelos de la finca Cotové. Santa Fe de Antioquia (Antioquia). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. Mecanografiado. 101 pp. Mapa.
- MIDDLETON, H.E. (1930). Properties of soils which influence soil erosion U.S. Dept., Agr., Tech. Bull., 178: 16 p.
- OLSON, T. and WISCHMEIER, W.H. (1963). Soil Erodibility Evaluations for on the runoff and erosion stations. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27: 590 - 592.
- PAULET, I.M. (1967). Determinación de la erodabilidad del suelo en función de algunas de sus propiedades. Separata de Anales Científicos de la Universidad Agraria, V (1-2). Lima - Perú. Fotocopia: 66 - 75.
- PARRA, P. EDUARDO. (1976). Erosión y Denudación. Problema especial 1 de geología. Universidad Nacional Sede Medellín. Mecanografiado. 33 pp.
- PAZ, M.R.; ARIAS, H.A. y LEGARDA, B.L. (1976). Estudio Fisicoedáfico de la zona cafetera de La Unión, Nariño. Ccnicafé (Chinchiná - Colombia). 27 (3): 115 - 134.
- RAMIREZ, M.G. (1973). Índice de Erosión. Medellín. Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Agrícolas. S 631. 45 R15.
- RAMIREZ, R.J. (1970). Process. Prediction and measurement of soil-loss from water-sheds. Tesis (Master), Colorado State University (For Collins, Estados Unidos). 74 pp.
- SUAREZ DE CASTRO, F. y RODRIGUEZ, G.A. (1962). Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Fundación Alejandro Angel Escobar. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Antarc. Bogotá. 474 pp.
- U.S.D.A. (1932). Physical and Chemical Characteristics of the soil from erosion experiment stations. U.S.D.A. Tech. Bull No. 316.
- (1961). Agricultural Research Service. A universal equation for predicting rainfall erosion losses. An aid to conservation farming in humid regions. ARS. Special Report: 26 - 66. 11 pp.
- VIERS, G. (1974). Geomorfología, oikos-tau. Barcelona. 319 pp.
- VILLEGAS, G.J. (1969). Análisis para predecir la susceptibilidad de los suelos a la erosión por el agua. Seminario (Ing. Agrícola). Universidad Nacional de Colombia. Sede de Medellín. 53 pp. S 631. 45 V 45.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. (1958). Rainfall energy its relations hips to soil loss. Transactions American Geophysical Union (Estados Unidos). 39 (2): 285 - 291.

_____ and ULHAN, R.E. (1958). Evaluation of factors in the soil-loss equation. *Agricultural Engineering (Estados Unidos)*. 39 (8): 458 - 462; 474.

_____ (1965). Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the rocky mountains. Guide for selection of practices for soil and water conservation. Estados Unidos. Departamento de Agricultura. Handbook No. 282. 47 p.

_____ (1959). A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. *Soil Science Society of America Proceedings (Estados Unidos)*. 23 (3): 246 - 249.

_____ (1967). Research Statistician del Agricultural Research Service. U.S.D.A. Asignado a la Universidad de Purdue. Indiana. Carta al Departamento de Conservación de Suelos. La Molina.

_____ and MANNERING, J.V. (1969). Relation of soil properties to its erodability. *Soil Science Soc. Am. Proc.* 33 (1): 131 - 137.

_____ JOHNSON, C.B. and CROSS, B.V. (1971). A soil erodability Monograph for farmland and construction sites. *Journal of soil and water conservation* 26 (5): 189 - 193.

_____ (1976). Soil Erodability (factor K). En: *Cropland erosion and sedimentation (chapter 3). Control of water pollution from cropland, Estados Unidos. Vol. II An overview*, pp. 38 - 39.