

ESTUDIO DEL INDICE DE EROSION PLUVIAL EN COTOVE

(Estudio preliminar)

Alberto Machado S. *

RESUMEN

El trabajo empieza por informar brevemente sobre las realizaciones del subproyecto 1, con los primeros estudios y resultados del EI en Colombia, sustentados en 1975 y basados en los registros pluviográficos del Observatorio meteorológico de Bogotá (Cundinamarca). La parte restante se encarga de los logros del subproyecto 2, escrita con el fin de presentar, en primera aproximación, los valores del EI, basados en los registros pluviográficos de la Estación meteorológica de Cotové (Santa Fe de Antioquia).

Los resultados hasta el presente son :

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

Localidades

Factor de lluvia R en $\text{kgm/m}^2 \times \text{mm/h}$.	Bogotá 1923 a 1943 143 ± 104 (*)	Santa Fe de Antioquia Julio/75 a Junio/77 319 en 1975/76
--	--	--

425 en 1976/77

Meses que han señalado
un EI alto y peligroso
para la comunidad

febrero, marzo
abril, octubre,
noviembre, di-
ciembre.

abril, mayo, junio,
agosto, septiembre,
octubre.

(*) Promedio de 21 años con su desviación standar: años de 1923 a 1943.
El trabajo se publicará en el volumen VIII de la revista Suelos Ecuatoriales.

Durante los 2 primeros años de investigación los EI de los aguaceros de Cotové se muestran más altos y peligrosos que los de Bogotá. En el año de 1976/77 el 11,7% de los aguaceros desarrollan el 50,2% del EI.

Las manifestaciones del EI, durante los 2 años estudiados, bien que se repitan a corto o a largo plazo, indican que se debe tener cierto cuidado con el uso y tratamiento del suelo.

Finalmente se recomienda la continuación de la investigación del EI por algunos años más, con el fin de definir mejor sus características sobre bases de probabilidad y tiempos de retorno.

ABSTRACT

This work reviews briefly the first EI results obtained in Colombia, presented in 1975 and based on pluviographic data from the meteorological observatory of Bogotá (Subproyect 1). The main part of this work deals with the results obtained from pluviographic registers of Cotové (Santa Fe de Antioquia) and gives as a first approximation the EI values for the region.

EI values found during the first 2 years for Cotové are higher and more dangerous than those for Bogotá. In the 1976 - 1977 period, 11,7% of the storm rains developed 50,2% of the EI value.

EI manifestations during the 2 years studied, whatever the repetition time be, indicate that it is necessary to

P I. A C E

Bogotá Santa Fe de Antioquia
1923 to 1943 July/75 to June/77

Rain factor R
Kgm/m² x mm/h

143 ± 104 (*)

319 in 1975 - 1976
425 in 1976 - 1977

Months with a
high EI values
and dangerous for
the community

Feb., Mar., April, May., Jun.,
April, October, Aug., Sept., October.
Nov., Dec.

(*) Average from 21 years with its standard deviation: This work will be published in Suelos Ecuatoriales. Volume VIII.

take care with the use and management of the soil.

Finally, it is recommended to continue with the EI investigation a few years more in order to define better the EI characteristics on a probability base and return times.

I. - INTRODUCCION

A fines del mes de agosto de 1975 tuvo lugar en Medellín el V Congreso Latino Americano de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio sobre Suelos. En esta oportunidad se presentó un trabajo con el fin de iniciar el estudio del índice de erosión pluvial en Colombia - (Machado, S. y Machado, M. 1975). Los autores tomaron esta decisión en vista de la carencia absoluta de datos cuantitativos relacionados con la intensidad y distribución del poder erosivo de las lluvias en el país. El trabajo será publicado en el volumen VIII de la revista Suelos Ecuatoriales.

Antes de escribir el informe de progreso correspondiente al estudio del índice de erosión pluvial en Cotové, subproyecto 2, se presenta un resumen del trabajo sustentado en 1975, subproyecto 1.

La introducción se centraliza en el planteamiento de la necesidad de adelantar investigaciones dirigidas hacia el conocimiento de los índices de erosión pluvial en varias regiones de Colombia, mediante la determinación del producto E_{cI} , comunmente escrito EI. En donde E representa la energía cinética de las lluvias en kgm/m^2 e I_c , la intensidad crítica de ellas, sobre máximas en 30 minutos, expresada en mm/hora.

La revisión de literatura incluye las citas de 41 trabajos, utilizados con el fin de dar a conocer el desenvolvimiento y la aplicación de las investigaciones sobre el poder erosivo de las lluvias. (Musgrave, 1947. Wischmeier and Uhland, 1958. Wischmeier, 1959). La parte suplementaria incluye 19 referencias, dada la importancia de los diversos temas tratados por los autores.

El material utilizado se toma de la Revista Tierras y Aguas (Salamanca y Csorio, 1944). Consta de 21 años de registros pluviográficos realizados por el Observatorio Meteorológico de Bogotá (Colombia): 1923 a 1943. Se procesan 173 aguaceros, puesto que, durante el período de tiempo indicado, alcanzan los registros mínimos: 12,7 mm de lluvia y una duración no inferior a 30 minutos (Wischmeier y Smith, 1958).

El método sigue los delineamientos de los autores (Wischmeier y colaboradores, 1958; 1959; 1962; 1965).

El EI, calculado con los datos de los 173 aguaceros procesados, alcanza a dar $(143,63 \pm 104,08)$ $\text{kgm/m}^2 \times \text{mm/hora}$. Físicamente varía entre 0,00 y 403,80. La distribución mensual del poder erosivo local se acentúa durante los meses de febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Especialmente en marzo y noviembre es probable que los aguaceros, dado su alto EI, constituyan una amenaza más peligrosa para la comunidad, es decir, para el suelo, el hombre, los animales, etc. La curva calculada por magnitudes, permite establecer el valor del EI con el grado de probabilidad deseado y los períodos de retorno correspondientes.

La falta de estudios realizados por el mismo método en otras localidades de Colombia, no permite conocer y discutir el aspecto de las líneas isoerosivas y menos el de la imagen de las regiones caracterizadas por la misma distribución mensual del EI.

Las conclusiones son obvias. Sólo con un mayor acopio de datos de otras estaciones meteorológicas, convenientemente distribuídas en el país, se podrá conocer mejor nuestro medio, en el aspecto del poder erosivo de las lluvias, y planificar adecuadamente el uso de los suelos sin tanto peligro de que pierda fácilmente su capacidad natural y relativa para la producción de alimentos.

Finalmente se hace el resumen y se presenta la bibliografía.

El subproyecto 2 persigue los siguientes objetivos:

- A. Entregar, en primera aproximación, los resultados del EI obtenidos con los datos correspondientes a 2 años de registros pluviográficos de la Estación meteorológica ubicada en la finca Cotové de la Universidad Nacional de Colombia.
- B. Hacer resaltar que, dada la trascendencia del trabajo y la urgencia de conocer las magnitudes y la distribución del EI en el país, se requiere la colaboración activa de Corporaciones e investigadores interesados en esta clase de disciplinas, mediante el aporte de registros pluviográficos adecuados y/o del desarrollo de otros subproyectos: 3; 4; etc. que sigan el mismo método, hasta lograr conseguir una

documentación amplia capaz de indicar regionalmente las modalidades del El en Colombia. En consecuencia, no hay cosa de importancia que pueda ser hecha por una sola persona. Los interesados en colaborar en la investigación propuesta pueden solicitar copia del proyecto, o facilitar fotocopias de pluviogramas de 10 mm.

El informe de progreso 1 del subproyecto 2, sobre el estudio del índice de erosión pluvial en Cotové se presenta a continuación.

La finca Cotové pertenece al municipio de Santa Fe de Antioquia, vereda Espinal. Está localizada a unos 2 km 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). Estos datos se extrajeron del trabajo sobre el reconocimiento detallado de los suelos de Cotové (Medina y Herrón, 1972).

La figura 1 señala la localización de Cotové y Bogotá en los Departamentos de Antioquia y Cundinamarca, respectivamente (Colombia).

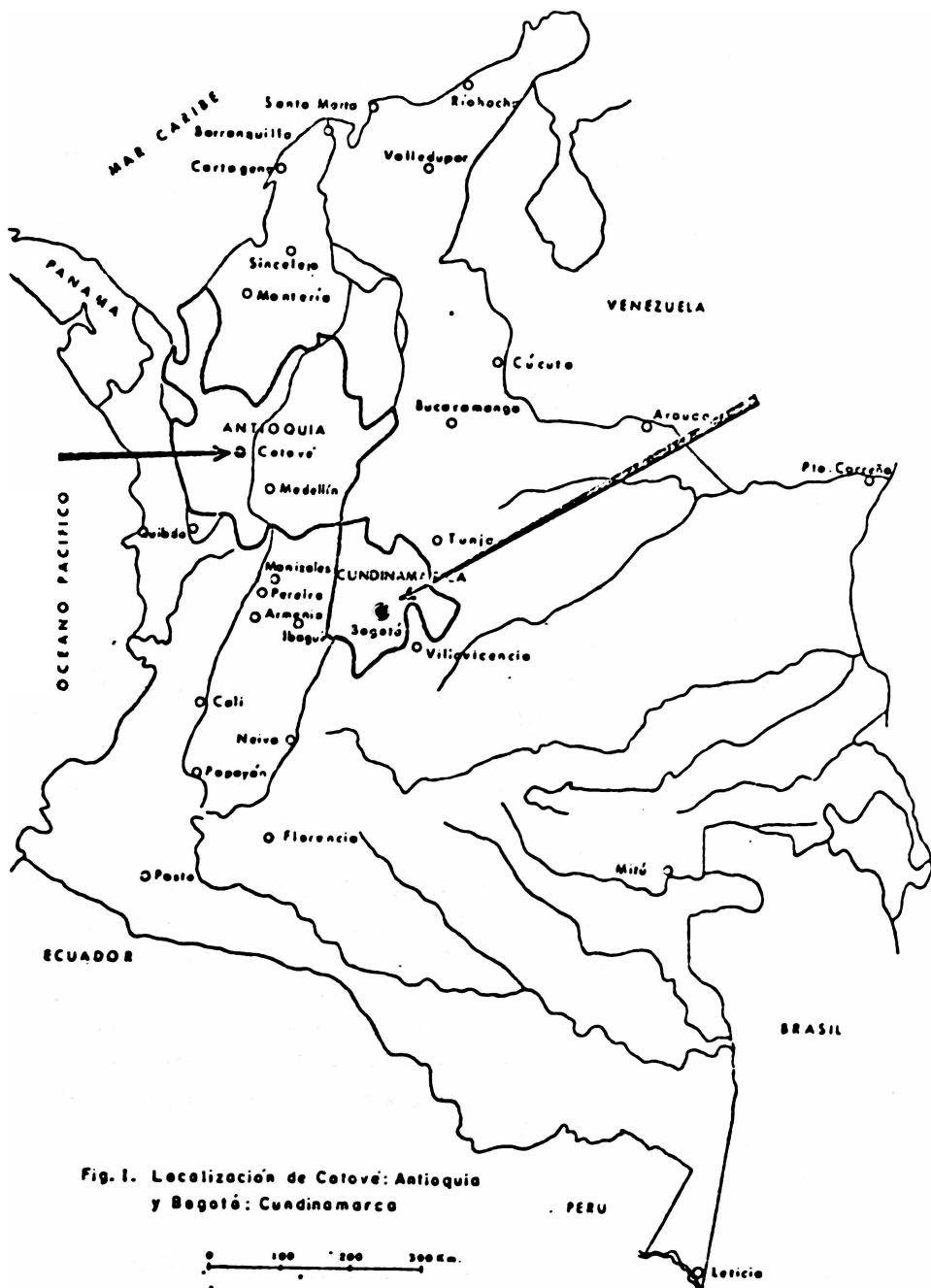


Fig. 1. Localización de Cotové: Antioquia y Bogotá: Cundinamarca

II. - REVISION DE LITERATURA

Al final se presentan las referencias más íntimamente relacionadas con el estudio del índice de erosión pluvial. El subproyecto 2 Cotové marcha con las mismas bases de la bibliografía presentada en el texto del subproyecto 1 Bogotá.

III. - MATERIAL Y METODO

A. MATERIAL

1. Datos:

Los datos procesados proceden de los registros pluviográficos de 10 mm. enviados al Himat por la Estación meteorológica de Cotové. A los originales se les toma una fotocopia, antes de remitirlos al Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras.

2. Las fotocopias:

Las fotocopias han sido facilitadas por el Lic. Augusto Girón J. del laboratorio de Riegos y Drenajes de la U. Nal. Medellín con autorización del I. A. MS Fabio Bustamante B. El autor expresa su agradecimiento por esta colaboración. Simultáneamente lo hace extensivo a los encargados del manejo del pluviógrafo en la Estación Cotové.

B. METCDO.

El método empleado para calcular los valores del

EI se encuentra en el texto del subproyecto 1. (Machado, S.A. y Machado, M. L.F., 1975). Ha sido aplicado con buenos resultados en E.E.U.U., su país de origen. Posteriormente en México, Costa Rica, Puerto Rico y Perú (Amézquita, C.E. y Forsythe, W.M., 1975). Para el subproyecto 2 Cotové, se informa sobre los siguientes puntos:

1. Aguaceros procesados:

De acuerdo con las normas trazadas por los autores del método (Wischmeier y Smith, 1958; Wischmeier, W.H. 1959), lo más conveniente es trabajar con los datos de los aguaceros de 12,7 mm. y más, siempre y cuando su duración alcance a ser de 30 minutos como mínimo.

En el caso de la Estación Cotové se procesan 24 aguaceros, comprendidos entre Julio/75 a Junio/76, todos sobre los requisitos mínimos. En el año contado de julio/76 a junio/77, el total de aguaceros fue de 17. De estos sólo 4 indican lluvias un poco menores de las tomadas como límite inferior, con los siguientes valores: 12,3; 12,1; 11,6 y 10,8 mm. Sin embargo, la duración excedió a los 30 minutos en todos y c/u de los 17 casos.

2. Incrementos:

De los pluviogramas se toman los incrementos i de las lluvias, en mm, para períodos de tiempo de 10 minutos. En algunos casos, el primero y el último período de tiempo es menor de 10 minutos, según la indicación de la iniciación y terminación del aguacero.

3. Energía cinética de cada incremento i :
La Ec. de cada incremento i se obtiene al verificar el producto $Y.i$, en donde $Y=1,214 + 0,887 \log. b$ (Dourojeanni y Paulet, 1967).
4. Ec. total del aguacero. La Ec. total del aguacero se determina al sumar todos los valores dados por los productos individuales $Y.i$, según el numeral 3 anterior. El total hallado, E , expresa la Ec. desarrollada por el aguacero en kgm/m^2 .
5. Intensidad crítica: De acuerdo con el método indicado en el texto del subproducto 1 (Machado S. y Machado M., 1975) se toma la máxima en 30 minutos. El resultado se multiplica por 2 para obtener I en mm/hora (Dourojeanni y Paulet, 1967).
6. EI de un aguacero: El índice de erosión pluvial ó poder erosivo de las lluvias está dado por la Ec. total de ellas, E , multiplicada por su intensidad crítica, I . En consecuencia, la variable EI expresa $\text{kgm}/\text{m}^2 \times \text{mm}/\text{hora}$.
7. El Factor R de la fórmula general de la hidroerosión: El factor R que encabeza las variables independientes en la fórmula general de la hidroerosión y que comunmente se denomina "Factor de lluvia", se conoce al sumar todos los valores EI determinados en los 12 meses de un año. Estos pueden ser de enero a diciembre; de marzo de un año a febrero del siguiente, etc.

8. Distribución del Factor de lluvia R en los 12 meses del año: La distribución de R en los 12 meses del año consiste simplemente en asignarle a cada mes los valores EI que le correspondan. Pueden ser de un solo aguacero ó de varios.

La figura 2, que se encuentra más adelante, presenta las variaciones e intensidades mensuales del EI a través del año.

IV.- RESULTADOS

En la Tabla 1 se dan los valores del Factor de lluvia R. Se observa que durante el año contado de julio/76 a junio/77 se procesaron 17 aguaceros con un factor de lluvia R alto, de 424,98 kgm/m² x mm/hora. En cambio, para el año comprendido entre julio/75 a junio/76, el número de aguaceros fue mayor y se obtuvo un R de solo 318,99 kgm/m² x mm/hora, es decir, menor al del segundo año considerado. Sin embargo, también es relativamente alto y peligroso.

En la Tabla 2 se dan las características cuantitativas y las temporadas de los 2 aguaceros de mayor poder erosivo en cada año analizado.

Los datos semestrales consignados en la Tabla 2 son aún más importantes, especialmente en el conjunto del último semestre/76 y primero del/77. El EI alcanza 424.98 kgm/m² x mm/h (Tabla 1) y los 2 aguaceros de mayor poder erosivo, de los 17 procesados, aportan

Tabla 1. Años y sus Factores de lluvia R , en kgm/m^2 x mm/hora . Cotové. Santa Fe de Antioquia.

Años	Aguaceros Procesados	
	Total de aguaceros	$R \text{ kgm/m}^2 \text{ x mm/hora}$
1975/76	24	318,99
1976/77	17	424,98

Tabla 2. Temporadas y máximas de los 2 aguaceros más peligrosos en cada año. Cotové. Santa Fe de Antioquia.

Semestres	Aguaceros		Valor del $\frac{EI}{\text{aguacero}}$: $\text{kgm/m}^2 \text{ x mm/hora}$
	Fechas	No. de $\frac{EI}{\text{sem.}}$	
Julio/75 : dic/75	VIII: 20/75	15	83,77
Enero/76: Jun/76	IV : 13-14/76	9	15,68
Julio/76 : dic/76	X : 7/76	7	123,24
Enero/77: Jun/77	V : 27/77	10	90,52

213,76 kgm/m² x mm/hora. Es decir, prácticamente esos 2 aguaceros contribuyen con el 50,2% del poder erosivo desarrollado durante todo el año. Dicho en otras palabras: el 11,7% de los aguaceros procesados en el año, producen el 50,2% del poder erosivo de las lluvias.

El análisis de estas características, si bien es cierto que no están respaldadas por una prueba estadística, tampoco son raras. Situaciones semejantes, con sus graves consecuencias, ya han sido encontradas en otras partes en donde se tienen estudios de erosión por salpicamiento ó chapoteo (Wischmeier, 1962 a; Uribe, 1971).

Tanto los datos de la Tabla 3 en 3.1 y 3.2 como las líneas quebradas de la Fig. 2, muestran ciertas tendencias. En primera aproximación manifiestan el peligro de los aguaceros en abril, mayo, junio y octubre, durante los dos años considerados. Al tener en cuenta el promedio de ellos, es probable que los meses de agosto y septiembre presenten sus amenazas en algunos años. Los meses restantes indican, por el momento, que las lluvias no fueron tan agresivas. Con estos primeros datos no resulta importante el cálculo de probabilidades y períodos de retorno.

V.- DISCUSION

Consecuentes con lo expuesto en los renglones anteriores, los resultados obtenidos hasta el presente en Coto vé deben recibir cierta atención. Posteriormente, con el concurso de un mayor acopio de datos, será posible definir mejor las condiciones regionales.

Tabla 3. Distribución mensual de los índices de erosión pluvial. Cotové. Santa Fe de Antioquia.

3.1 R = 318,99 kgm/m² x mm/hora : 1975/1976

Año	Mes	EI: kgm/m ² x mm/h.	%	Valor del % Acumulado
1975	Julio	4,03	1,26	1,26
1975	Agosto	99,98	31,35	32,61
1975	Septiembre	62,62	19,63	52,24
1975	Octubre	18,42	5,77	58,01
1975	Noviembre	35,55	11,15	69,16
1975	Diciembre	41,06	12,87	82,03
1976	Enero	0,00	0,00	82,03
1976	Febrero	0,00	0,00	82,03
1976	Marzo	0,00	0,00	82,03
1976	Abril	27,18	8,52	90,55
1976	Mayo	17,85	5,60	96,15
1976	Junio	12,30	3,85	100,00

R = 318,99 100,00

3.2 R = 424,98 kgm/m² x mm/hora : 1976/1977

Año	Mes	EI: kgm/m ² x mm/h.	%	Valor del % Acumulado
1976	Julio	4,16	0,97	0,97
1976	Agosto	0,66	0,15	1,12
1976	Septiembre	5,88	1,38	2,50
1976	Octubre	148,45	34,94	37,44
1976	Noviembre	32,46	7,63	45,07
1976	Diciembre	0,00	0,00	45,07
1977	Enero	2,66	0,62	45,69
1977	Febrero	15,40	3,62	49,31
1977	Marzo	11,62	2,75	52,06
1977	Abril	25,86	6,08	58,14
1977	Mayo	131,13	30,86	89,00
1977	Junio	46,70	11,00	100,00

R = 424,98 100,00

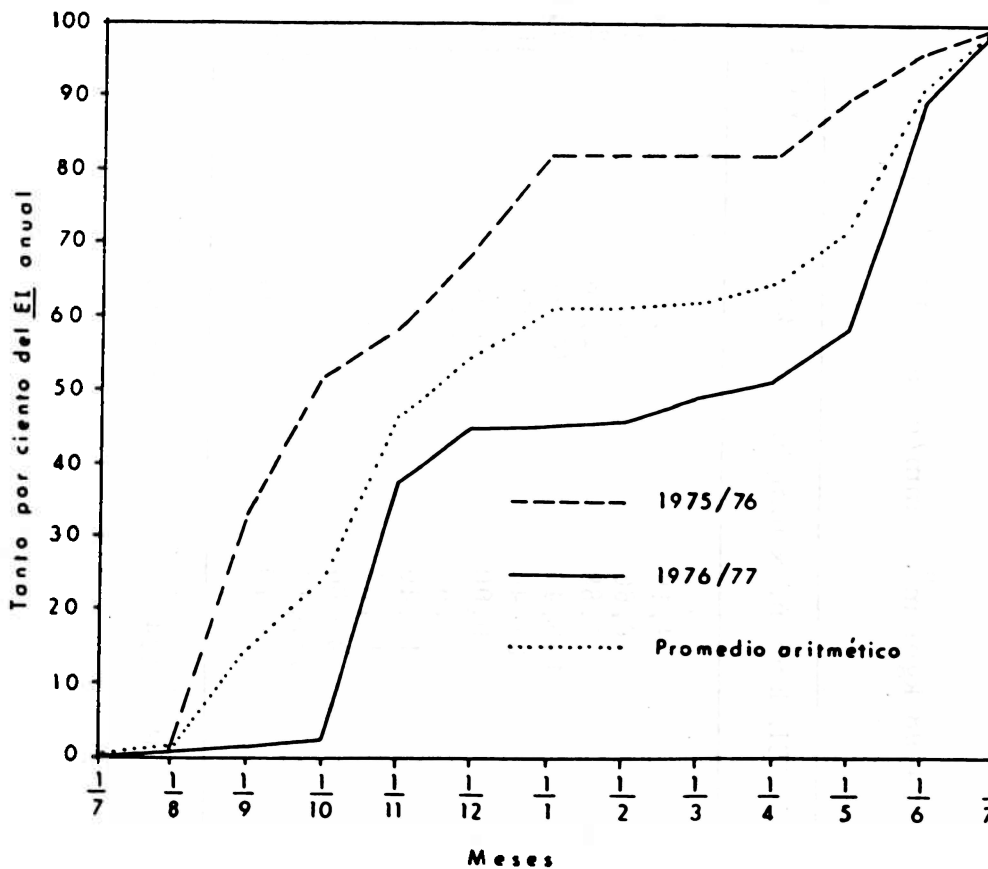


Fig. 2. Curvas de distribución del EI, según los datos de la Tabla 3, en 3.1 y 3.2. Cotové Santa Fé de Antioquia.

Si por un momento se comparan los valores de los dos índices de erosión pluvial de Cotové, con los veintiuno obtenidos en la localidad de Bogotá (Subproyecto 1 en prensa), aparentemente resalta el mayor EI de los primeros, sobre la gran mayoría de los segundos. Igual cosa ocurre con los valores mensuales a través del año. Las lluvias tienden a ser más erosivas en Cotové que en Bogotá. En cada región los meses de mayor agresividad son distintos, excepción hecha de abril y octubre, al indicar por el momento su posición como factores comunes.

CONCLUSIONES

1. Los índices de erosión pluvial de Cotové conocidos hasta el presente, aparentemente son bastante más altos y peligrosos que los de Bogotá, con ninguna ó sólo las 2 excepciones siguientes de estos últimos: 409,76 y 403,80 $\text{kgm/m}^2 \times \text{mm/hora}$.
2. La investigación en el campo del índice de erosión pluvial apenas comienza en Colombia. Los pocos datos que se conocen por el momento demuestran la necesidad de seguir adelante.
3. La distribución mensual de los EI de Cotové tiene hacia un modelo típico, dadas las condiciones regionales. Se espera que, con cierto grado de probabilidad sea posible:
 - 3.1 Señalar las temporadas de mayor y menor riesgo erosivo durante las 5 etapas de los cultivos: preparación del suelo para la siembra, germinación de la semilla, establecimiento, desarro-

llo hasta la recolección de la cosecha, finalmente la etapa de descanso del suelo (Paulet, 1973).

- 3.2 Servir para planificar el uso y tratamiento del suelo, con prácticas adecuadas y objetivas que lo conserven productivo.
4. Las lluvias de los 2 años estudiados, caracterizadas casi todas por intensidades iguales o mayores a 12,7 mm y duración mínima de 30 minutos, poseen índices erosivos de consideración. Los E en los meses de mayor concentración han sido de una intensidad crítica I que no es despreciable. De continuar en la misma forma, se tendrá que pensar en adoptar sistemas adecuados de uso y tratamiento de los suelos.

BIBLIOGRAFIA

- AMEZQUITA, C.E. y FORSYTHE, W.M. 1975. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo en Turrialba, Costa Rica. IICA, Turrialba Costa Rica. Archivo V Congreso Latino America no de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio sobre Suelos. Mecanografiado, sin publicar, 30 pp.
- DOUROJEANNI, R.A. y PAULET, I.M. 1967. La ecuación universal de pérdidas de suelo y su aplica - ción 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. Publi-

cación No. 2. Fotocopia, Lima, 78 pp.

- MACHADO, S.A. y MACHADO, M.L.F. 1975. Estudio del índice de erosión pluvial en Colombia. Universidad Nacional. Medellín. Facultad de Ciencias, Depto. Ciencias de la Tierra. Sección Suelos. Archivo V Congreso Latino Americano de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio sobre Suelos. Mecanografiado, sin publicar, 44 pp.
- MEDINA, O.H. y HERRON, O.F. 1972. Reconocimiento detallado de los suelos de la finca Cotové. Universidad Nacional. Medellín, Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas. Depto. de Agronomía. Sección Suelos. Mecanografiado, sin publicar, pp.2-4.
- MUSGRAVE, G. W. 1947. The quantitative evaluation of factors in water erosion. A first approximation. Jour. of Soil and Water Conservation (Estados Unidos). 2(3): 133 - 138.
- PAULET, I. M. 1973. Guía para el planeamiento del uso de las tierras agrícolas en las zonas de lluvia del Perú. Universidad Nacional Agraria "La Molina". Departamento de Recursos de Agua y Tierra. 55 pp.
- SALAMANCA, L. M. y OSORIO, L. H. 1944. Estudio estadístico de la intensidad media de los aguaceros, basada en 20 años de registros pluviográficos del Observatorio meteorológico de Bogotá. Primer Congreso Nal. de Ingeniería. Tierras y Aguas. Colombia, 60 (71, 72 bis): 1 - 46.

URIBE, H. A. 1971. Erosión y Conservación de Suelos en café y otros cultivos. Cenicafé (Colombia) 22 (1): 1 - 17.

WISCHMEIER, W.H. y SMITH, D.D. 1958. Rainfall enregy its relationships to soil loss. Transactions American Geophysical Union (Estados Unidos). 39 (2) : 285 - 291.

1965. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the rocky mountains conservation. Estados Unidos. Departamento de Agricultura. Handbook No. 282. 47 pp.

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

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

1962 a. Storms and soil conservation. Journal of soil and Water Conservation (Estados Unidos), 17 (2): 55 - 59.