

LA EROSIVIDAD: CUALIDAD DE LA LLUVIA POCO CONOCIDA

Eva Colotti Bizzarri*

RESUMEN

La erosividad de la lluvia es una de las características menos abordadas en Meteorología y Climatología; sin embargo, de su conocimiento depende en parte el futuro alimentario del hombre, ya que, determina la productividad del suelo en función de las técnicas de manejo y conservación.

Definida como la agresividad de la lluvia sobre el suelo, representa la energía con que las gotas de lluvia impactando el suelo a determinada intensidad para romper los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable; en este sentido, la precipitación constituye el agente activo del proceso de erosión, que actuará sobre el suelo o agente pasivo. Una vez que la erosión se desencadena aceleradamente por inadecuados uso y manejo, se reduce la capacidad productiva del suelo, hecho que en los últimos años ha inducido a la ampliación de la frontera agrícola.

La importancia de determinar la magnitud de la erosividad de un lugar o de un área implica conocer su uso presente o futuro. Desde el punto de vista geográfico y climático, al estudiar la erosividad podemos profundizar en el conocimiento de la agresividad climática al:

* M. Sc. en Climatología. Profesora Asistente de la Escuela de Geografía. ecolotti@cantv.net

- * explicar y diferenciar las características (energía e intensidad) y comportamiento (fenómenos extraordinarios) de la precipitación en el tiempo y en el espacio, donde existan registros de lluvia, especialmente en las áreas montañosas donde el riesgo a la erosión es mayor.
- * conocer los eventos extraordinarios, que son la base para evaluar los cálculos del trabajo hidráulico de la lluvia y guiar la conservación del suelo y del agua.
- * diferenciar áreas de acuerdo a su potencial erosivo, mediante su representación cartográfica.
- * planificar los usos adecuados en cualquier área dependiendo de su riesgo a la erosión: en zonas agrícolas, las prácticas de manejo y conservación y en zonas urbanas, la inestabilidad de las pendientes.
- * analizar la avenida de sedimentos en drenajes secundarios y principales.

Palabras clave: lluvia, erosividad, planificación, riesgos.

ABSTRACT

Rainfall erosivity is one of the least approached considered characteristics in Meteorology and Climatology; however, man's alimentary the future depends on their knowledge, since, it determines the productivity of the soil relation to the handling techniques and conservation.

Erosivity, defined as the aggressiveness of the soil, it represents the energy with which the raindrops falling with certain intensity can break the superficial aggregates into particles of transportable size; in this sense, precipitation constitutes the active agent of erosion process which will act on the soil or passive agent. Once the erosion is quickly unchained by its inadequate use and handling, it decreases the productive capacity of the soil, fact that has induced the amplification of the agricultural frontier in the last years.

The importance of determining the magnitude of the rainfall erosivity of a place or of an area includes knowing their present or future use. From the geographical and climatic point of view, when studying the rainfall erosivity we can deepen the knowledge of climatic aggressiveness when we are able to consider the following:

- * When we are able to explain and to differentiate the characteristics (energy and intensity) and behavior (extraordinary phenomena) of

- precipitation in the time and in the space where rain records exist, especially in the mountainous areas where the risk of erosion is larger.
- * When we are able to know the extraordinary events which constitute the basis to evaluate the calculations of the hydraulic work of the rain and to guide the conservation of the soil and the water.
 - * When we are able to differentiate areas according to their erosive potential, by means of their cartographic representation.
 - * When we are able to plan the uses adapted to any area depending on their risk of erosion; that is to say in agricultural areas, the handling practices and conservation and in urban areas, the uncertainty of the slopes.
 - * When we are able to analyze the avenue of silts in secondary and main drainages.

Key Words: rain, erosivity, planning, risks.

I. INTRODUCCIÓN

En Meteorología y Climatología, el estudio de la precipitación se realiza en función de sus dos características físicas esenciales expresadas en cantidad o volumen de agua caída por unidad de superficie e, intensidad para diferentes intervalos (5, 10, 15 ó 30 minutos y 1, 3, 6, 9, 12 ó 24 horas) cuya información es almacenada en base de datos computarizadas durante el tiempo de funcionamiento de las estaciones meteorológicas. Con base en estas series meteorológicas y climáticas, se elaboran análisis de distribución y régimen, variabilidad, eventos extraordinarios y períodos de retorno de la precipitación y, otras investigaciones relacionadas con la Hidrología, a diferentes escalas temporales¹.

La erosividad es una de las cualidades de la lluvia menos abordadas por estas ciencias, a pesar que de su conocimiento, depende el futuro alimentario del hombre, ya que, afecta la productividad del

suelo en relación con las técnicas de manejo y conservación. En este sentido, la **erosividad** es definida como la agresividad de la lluvia sobre el suelo y, representa la energía con que las gotas de lluvia cayendo a determinada intensidad pueden romper los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable.

Desde que el hombre iniciara el uso del medio físico y, en especial, del suelo como recurso para la producción de alimentos, también inició su **degradación** y la aceleró, debido a la aplicación de tratamientos generalmente inadecuados, llegando en muchos casos, hasta perder su productividad. Ante tal acción, agrónomos, edafólogos, geógrafos y demás profesionales vinculados con el uso del suelo y la sociedad en general han creado conciencia en los agricultores, impulsando numerosos estudios sobre los factores que intervienen en la disminución de su capacidad productiva y, entre los cuales destacan: las características físicas, químicas y biológicas del suelo, el relieve, la cobertura superficial, el clima y la actividad agrícola, como factor cultural capaz de acelerar uno de los procesos de degradación física más extendidos mundialmente y conocido como **erosión**.

Aunado al hombre, la lluvia como parte del clima es el agente activo de la erosión, que de manera paulatina o brusca y dependiendo de la cobertura superficial, de la longitud y pendiente del terreno, remueve la capa superficial del suelo empobreciéndolo y hasta arruinándolo.

II. LA DEGRADACIÓN DEL SUELO

Para la FAO-UNEP (1978) la degradación del suelo se refiere a la disminución de la capacidad actual y/o potencial del suelo de producir (cuantitativamente y/o cualitativamente) bienes o servicios. Así, la actividad agrícola ocasiona la remoción total o parcial de la vegetación natural y su sustitución por plantas cultivadas, lo cual conlleva a la aplicación de procedimientos mecánicos, físicos, químicos y biológicos, cuyos efectos pueden dar origen a procesos de degradación de corta

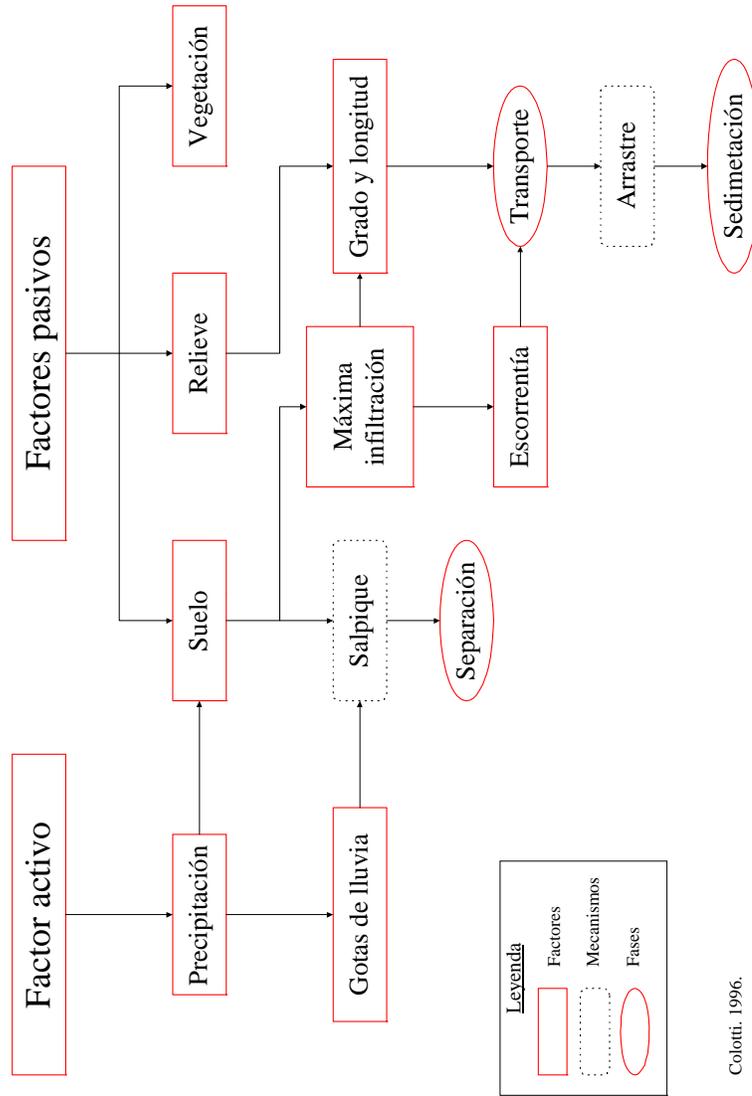
CUADRO N° 1
TIPOS DE DEGRADACION DEL SUELO INDUCIDO POR EL HOMBRE EN EL MUNDO (MILLONES DE HECTAREAS)

| Tipos | Suave | Moderada | Fuerte | Severa | Total | Porcentaje |
|------------|-------|----------|--------|--------|--------|------------|
| Agua | 343,2 | 526,7 | 217,2 | 6,6 | 1093,7 | 55,7 |
| PSS | 301,2 | 454,5 | 161,2 | 3,8 | 920,3 | |
| DT | 42,0 | 72,2 | 56,0 | 2,8 | 173,4 | |
| Viento | 268,6 | 253,6 | 24,3 | 1,9 | 548,4 | 27,9 |
| PSS | 230,5 | 213,5 | 9,4 | 0,9 | 454,2 | |
| DT | 38,1 | 30,0 | 14,4 | - | 82,5 | |
| ID | - | 10,1 | 0,5 | 1,0 | 11,6 | |
| Física | 44,2 | 26,8 | 12,3 | - | 83,3 | 4,2 |
| C | 34,8 | 22,1 | 11,3 | - | 68,2 | |
| I | 6,0 | 3,7 | 0,8 | - | 10,5 | |
| S | 3,4 | 1,0 | 0,2 | - | 4,6 | |
| Química | 93,0 | 103,3 | 41,9 | 0,8 | 239,1 | 12,2 |
| PN | 52,4 | 63,1 | 19,8 | - | 135,3 | |
| SI | 34,8 | 20,4 | 20,3 | 0,8 | 76,3 | |
| Cn | 4,1 | 17,1 | 0,5 | - | 21,8 | |
| A | 1,7 | 2,7 | 1,3 | - | 5,7 | |
| Total | 749,0 | 910,4 | 295,7 | 9,3 | 1964,4 | |
| Porcentaje | 38,1 | 46,3 | 15,1 | 0,5 | 100,0 | 100,0 |

Oldeman et al. 1990

PSS: pérdida del suelo superficial; DT: deformación del terreno; ID: invasión de dunas; C: compactación; I: inundación; S: subsidencia; PN: pérdida de nutrientes; SI: salinización; Cn: contaminación; A: acidificación.

FIGURA N° 1
EL PROCESO DE LA EROSIÓN HÍDRICA



Colotti. 1996.

duración sujetos a tratamiento y, por lo tanto, reversibles, o de larga duración, que son a escala humana, irreversibles. Bennett (1965) afirma que la trágica transformación del suelo natural radica en la falsa idea de la plenitud inacabable de la tierra y en el mito de la eternidad de los recursos naturales.

Una clasificación detallada de los procesos de degradación del suelo fue elaborada por Pla (1988) y se presenta a continuación:

1. DEGRADACIÓN POR DESPLAZAMIENTO

- EROSIÓN HÍDRICA²

2. DEGRADACIÓN POR DETERIORO INTERNO

- FÍSICA: sellado, encostramiento y compactación

- QUÍMICA: salinización, pérdida de nutrientes, contaminación, formación de suelos sulfato-ácidos

- BIOLÓGICA: pérdida de la materia orgánica y descenso de la actividad biológica

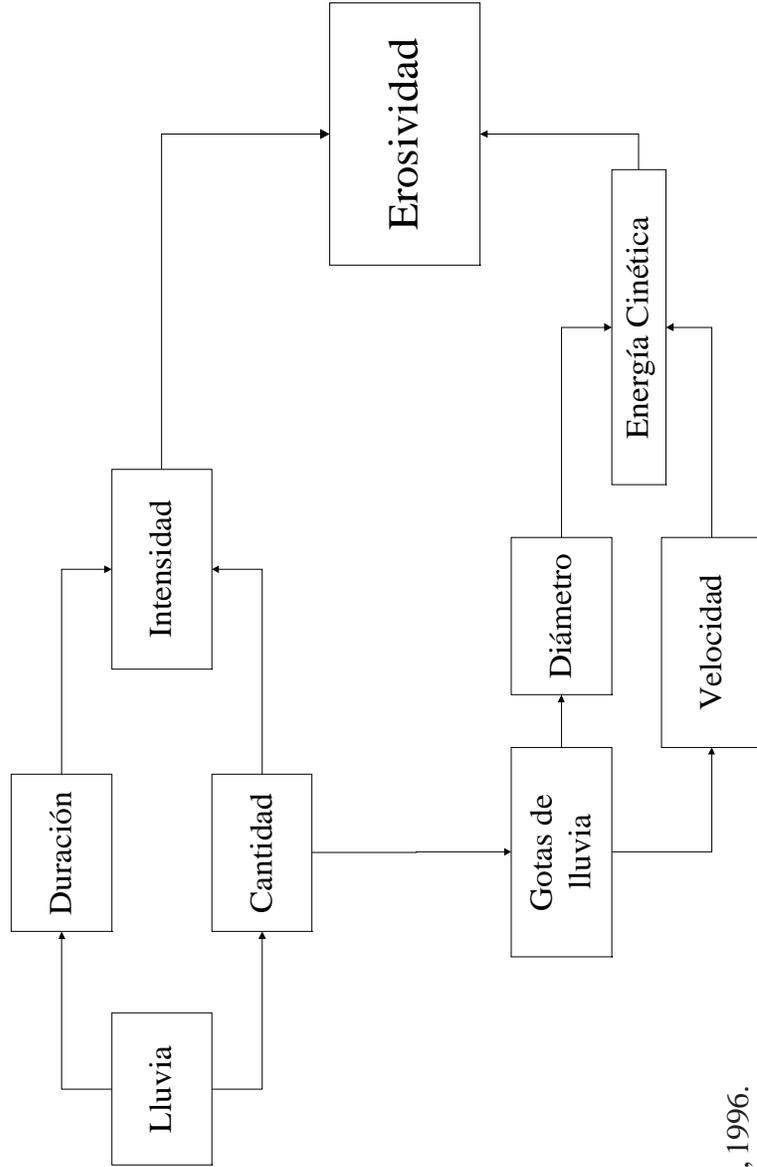
En el Cuadro N° 1 se muestran cifras representativas de la ocurrencia de degradación inducida por las diferentes actividades humanas, destacando la degradación causada por el agua, la cual se extiende en un 55,7% de las tierras del mundo y principalmente está representada por la pérdida del suelo superficial por erosión hídrica.

III. EROSIÓN Y EROSIÓN HÍDRICA

La erosión, definida como la destrucción del suelo por la acción acelerada de los acontecimientos naturales en relación con los procesos pedogenéticos o de formación del suelo, es causada principalmente por el hombre como agente morfológico capaz de transformar la biosfera.

De los elementos del medio físico, la lluvia, es el agente activo en la degradación de los suelos por **erosión hídrica**. Así, cuando se

FIGURA N° 2
EROSIVIDAD DE LA LLUVIA



Colotti, 1996.

produce una lluvia de apreciable magnitud, el impacto ejercido por sus gotas causa la desagregación y dislocación de los materiales orgánicos y minerales del suelo originando la **erosión por salpique**; de seguida, una vez alcanzada la máxima infiltración de agua en el suelo, las partículas disgregadas son transportadas por la lámina de agua superficial (escorrentía), produciendo la **erosión por arrastre**. Como consecuencia de la agresividad de la lluvia (erosividad) y de la susceptibilidad del suelo a la erosión, se rompe el equilibrio natural del suelo y ocurre la pérdida de la capa superficial o capa arable (Figura N° 1).

IV. EXPRESIONES DE LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA

La erosividad es función de la energía cinética y de la intensidad de la precipitación. La primera, relaciona el tamaño y la velocidad de caída de las gotas y, la segunda, relaciona la cantidad con la duración (Figura N° 2). En este sentido, la erosividad es un atributo complejo, ya que relaciona cuatro propiedades (cantidad y duración, diámetro y velocidad de las gotas de lluvia) dependiendo de la finalidad de la investigación, será meteorológico a corto plazo y, climático, a largo plazo.

La erosividad proporciona una explicación sobre las diferencias de la erosión en climas templados y tropicales. En los primeros, poca proporción de las lluvias puede causar erosión (del 95% de las lluvias sólo el 5%) debido a la poca cantidad de lluvia, baja intensidad y energía cinética, en comparación, una alta proporción de las lluvias en el trópico causa erosión (del 60% de las lluvias solo el 40%) dada su mayor cantidad y concentración, alta intensidad y energía cinética (Ellison, 1952; Hudson, 1971).

Para cuantificar la erosividad, diversos investigadores han relacionado características de la lluvia con las pérdidas de suelo inducidas por ellas. En este orden de ideas, Foster (1950) indicó la intensidad

CUADRO N° 2
 COEFICIENTES DE DETERMINACION (%) ENTRE LA PERDIDA DE SUELO
 CON VARIOS ATRIBUTOS DE LLUVIA Y SUS COMBINACIONES

| Tipo de suelo | Shelby | Shelby | Shelby | Shelby | Marshall | Fayette |
|--|-------------------|--------|--------|--------|---------------|-----------------|
| Localización | Bethany, missouri | | | | Clarinda, in. | La crosse, wis. |
| Años de registro | 10 | 10 | 10 | 10 | 7 | 6 |
| % de pendiente | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 16 |
| N° observaciones | 138 | 207 | 207 | 207 | 131 | 144 |
| a) Cantidad de lluvia | 73,0 | 68,3 | 64,6 | 64,6 | 38,7 | 42,2 |
| b) Energía de la lluvia | 81,7 | 78,2 | 73,9 | 73,9 | 54,9 | 61,6 |
| c) Intensidad máx 15 min | 43,4 | 40,9 | 25,7 | 25,7 | 50,4 | 65,5 |
| d) Intensidad máx 30 min | 56,2 | 59,8 | 35,1 | 35,1 | 56,0 | 79,9 |
| e) a, c, y d combinadas | 78,6 | 73,8 | 67,6 | 67,6 | 66,2 | 82,6 |
| f) Energía x I ₃₀ (EI ₃₀) | 89,2 | 81,7 | 75,6 | 75,6 | 70,7 | 88,0 |
| g) Energía de la lluvia, EI ₃₀ , índice de lluvia precedente y energía total desde la última labranza | 92,1 | 85,8 | 80,2 | 80,2 | 78,6 | 88,3 |

Wischmeier, Smith y Unland (1958)

máxima en 5 minutos, I_5 , junto con I_{15} , pero a I_{30} como característica individual. Laws (1941, 1943), Copley et al (1944), Pope et al (1946) citados por Barnett (1958), establecieron que la intensidad de la lluvia era la variable mejor correlacionada con las pérdidas de suelo y con la escorrentía. Ellison (1952) en diferentes experiencias encontró una relación no lineal entre la separación del suelo y algunas características de la lluvia. Barnett (1958) concluyó que la intensidad máxima en 60 minutos (I_{60}) fue el factor más correlacionado con la erosión.

Wischmeier, Smith y Umland (1958) realizaron un análisis multivariado de la pérdida de suelo, con 19 atributos de lluvia, utilizando datos de 35 parcelas de erosión en los EE.UU., con variaciones en el patrón de precipitación, y dirigieron especial énfasis a la evaluación de los efectos de variables combinadas. En el Cuadro N° 2, se indican los valores de los coeficientes de determinación (r^2) entre la pérdida de suelo y los atributos indicados en el cuadro. El coeficiente más alto es el que relaciona conjuntamente la energía de la lluvia, con la intensidad máxima en 30 minutos o índice EI_{30} , el índice de lluvia precedente, y la energía total desde la última labranza, con las pérdidas de suelo. Sin embargo, si calculamos la diferencia entre el r^2 de esta combinación de variables con el índice EI_{30} encontraremos un valor promedio de apenas 3,96%, lo que significa que pueden obtenerse buenas estimaciones de pérdidas utilizando solamente este último índice.

Wischmeier y Smith (1958) al expresar la energía necesaria para realizar el trabajo erosivo (E_c) y definir la intensidad de la lluvia para producir erosión (I_{30}), desarrollan su **índice de erosividad**⁴, E , EI_{30} o EI para eventos de lluvia, y R , anualmente y para un período mayor a 20 años:

$$e = 0,119 + 0,0876 \log I$$

$$E_c = \sum e$$

$$EI = E_c \times I_{30}$$

$$R = \sum_{i=1}^N EI$$

donde: E_c = energía cinética total del evento en MJ/ha.mm
 I = intensidad en mm/h
 I_{30} = intensidad máxima en 30 minutos en cm/h

El índice EI proviene de multiplicar la energía cinética de la lluvia, E_c , por la intensidad máxima en 30 minutos, I_{30} ³, es decir, relaciona la influencia de toda la energía de una tormenta erosiva de acuerdo con el tamaño predominante de las gotas y su velocidad de caída, con la más alta y sostenida intensidad, por lo que requiere información pluviométrica muy específica⁴, la cual sólo puede obtenerse con el análisis directo de las bandas pluviográficas. Este hecho le ha conferido una limitación significativa, sobre todo en países donde la recopilación y el almacenamiento de tal información no es el más adecuado.

Para determinar el índice de erosividad (EI) en eventos de lluvia individuales es necesario seleccionar lo que sus autores denominaron **eventos erosivos**. En cuanto a la definición de tales eventos, Wischmeier y Smith (1958, 1978) en EE.UU., consideraron 12,7 mm como valor mínimo a partir del cual una lluvia puede ser erosiva. Hudson (1971) en Rhodesia, estableció 25 mm al igual que Lal (1976) en Nigeria, mientras que Kowal (1970) en Samarú halló que a partir de 20 mm se iniciaba la erosión. Deumlich y Godicke (1989) en Alemania, encontraron ocurrencia de erosión con precipitación mayor a 7,5 mm. Diversos investigadores de Bulgaria también propusieron valores umbrales de lluvia erosiva: 5 mm (Dolgov, 1959), 11,4 mm (Krafti y Daskalov, 1971), 9,6 mm (Lazarova, 1980), 9,5 mm (Onchev, 1985). En China, Lu et al (1989) determinaron un umbral de 20 mm, pero en 1992 realizaron experiencias en suelos en pendiente encontrando como valor crítico 12,5 mm. En Venezuela, Páez (1980) utilizó el umbral de Wischmeier y Smith y, Guevara et al (1987) consideraron lluvias de 10 mm como eventos erosivos.

Una vez seleccionada la lluvia erosiva (Gráfico N° 2), el cálculo de EI a partir de la información leída en la banda pluviográfica, se siguen los siguientes pasos:

- dividir el evento erosivo en segmentos de igual intensidad, es decir, que posean diferente pendiente en el pluviograma.
- determinar la cantidad de lluvia y el tiempo de duración de cada segmento.
- calcular la intensidad de la lluvia, I, de cada segmento:

$$I = \frac{P}{T}$$

I = intensidad de la lluvia en mm/h
 P = cantidad de lluvia de un segmento en mm
 T = tiempo de la lluvia en un segmento en h

- calcular la energía cinética parcial de cada segmento, e, y, multiplicar el valor obtenido de e por la cantidad de lluvia correspondiente a cada segmento. La suma de estas energías parciales constituye el valor de la energía cinética total para ese evento de lluvia, Ec, expresada en MJ/ha:

$$e = 0,119 + 0,0873 \log I$$

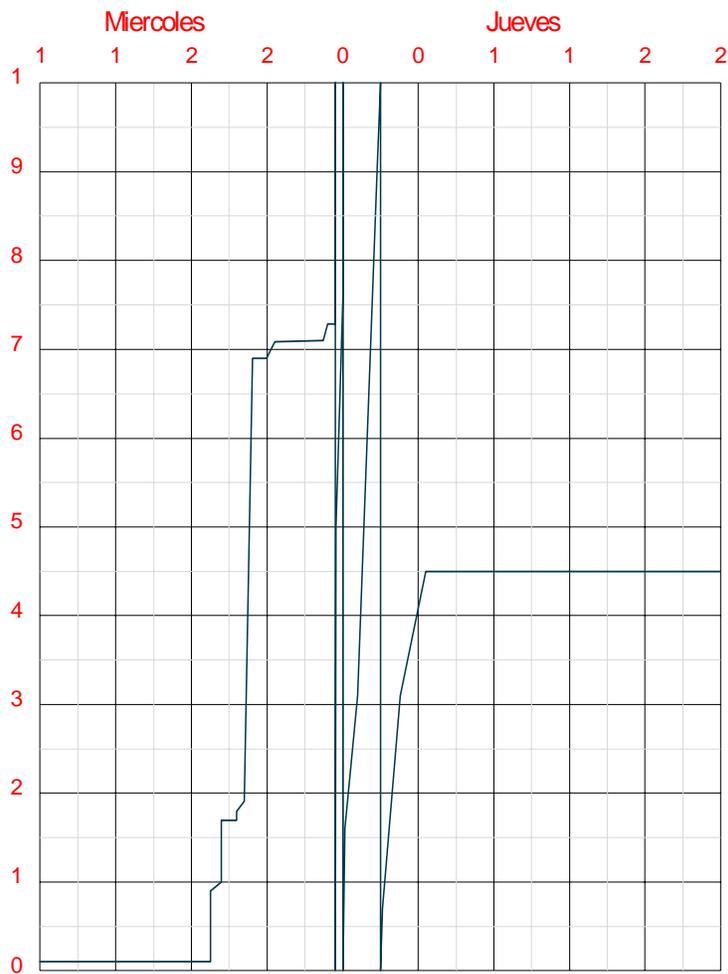
$$Ec = \sum e$$

e = energía cinética parcial en MJ/ha.mm

I = intensidad en mm/h

- medir el segmento con la mayor cantidad de lluvia en 30 minutos continuos, valor que representará la intensidad máxima en 30 minutos (I_{30}) expresada en cm/h
- finalmente, la energía cinética de la tormenta es multiplicada por la intensidad máxima en 30 minutos, valor que representa el índice de erosividad o índice de erosión por lluvia en MJ.cm/ha.h

GRAFICO N° 2
REPRESENTACIÓN PARCIAL DE UNA BANDA SEMANAL
INDICANDO LLUVIA EN VARIOS DÍAS EN LA ESTACIÓN
MAURO



Colotti, 1996.

V. IMPORTANCIA GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA DE LA EROSIVIDAD

La importancia de determinar la magnitud de la erosividad de un lugar o de un área implica conocer el potencial erosivo de la lluvia sobre el suelo, del cual depende su uso presente y/o su modificación futura. Desde el punto de vista geográfico y climático, al estudiar la erosividad profundizamos en el conocimiento de la agresividad climática al:

- explicar y diferenciar las características de energía y su relación con la intensidad, para los diferentes tipos de precipitaciones en el tiempo y en el espacio, donde existan registros de lluvia, especialmente en las áreas montañosas donde el riesgo a la erosión es mayor.
- conocer los eventos extraordinarios, que son la base para evaluar los cálculos del trabajo hidráulico de la lluvia y guiar la conservación del suelo y del agua.
- diferenciar áreas de acuerdo a su potencial erosivo, mediante su representación cartográfica.
- planificar los usos adecuados en cualquier área dependiendo de su riesgo a la erosión: en zonas agrícolas, las prácticas de manejo y conservación; en zonas urbanas, la inestabilidad de las pendientes.
- analizar la avenida de sedimentos en drenajes secundarios y principales.

NOTAS

1 Horaria, diaria, decadal, mensual y anual.

2 Erosión causada por la lluvia y, por lo tanto, relacionada con la erosividad.

- 3 Definida como el doble de la cantidad más grande de lluvia en cualquier lapso de 30 minutos consecutivos.
- 4 En Venezuela, el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, es el organismo encargado de procesar las gráficas de lluvia y preparar la data a escala horaria, diaria, mensual y anual, incluyendo valores de intensidad en 5, 10, 15, 30 minutos y 1, 2, 3, 6, 9, 12 y 24 horas.

BIBLIOGRAFÍA

- Barnett, A. 1958. *How intense rainfall affects runoff and soil erosion*. Agric. Eng. November, pp. 703-707, 711.
- Bennett, H. 1965. *Elementos de Conservación del Suelo*. Fondo de Cultura Económica. México. 427 p.
- Colotti, Eva. 1996. *Aplicabilidad de los datos de lluvia horaria en el cálculo de la erosividad*. Tesis de Maestría. Facultad de Humanidades y Educación. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Daskalov, Y. 1991. *Rain kinetic energy equation depending on wind velocity*. Pochvoznanie i Agrokimiya. 26: 5-6, 61-69.
- Deumlich, D. y K. Godicke. 1989. *Studies on threshold levels erosion causing precipitation in the younger moraine levels of the GDR*. Arkiv fur Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde. 33(11): 709-716.
- Dolgov, A. 1959. *Soil erosion and soil conservation*. Zemizalat, Sofia. Bulgaria.
- Ellison, W. D. 1952. *Raindrop energy and soil erosion*. E. J. Exp. Agric. 20(78): 81-97.
- FAO-UNEP. 1978. *Report of an expert consultation on methodology for assessing soil degradation*. FAO. Roma.
- Foster, W. D. 1950. *A comparison of nine indices of rainfall intensity*. Trans. Am. Geophys. Union. 31: 894-900.
- Guevara, D., J. M., Congosto, C., Colotti, E. y J. Rodríguez. 1987. *Informe final de la primera etapa del proyecto de investigación N° H-07.11/86*. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. 150 p.

- Hudson, N. W. 1971. *Soil Conservation*. Cornell University Press, Ithaca. New York.
- Kowal, J. M. 1970. *Effect of an exceptional storm and soil conservation at Samarú* (Nigeria). *Nigeria Geographical J.* 13(2):163-173.
- Krafti, G. y I. Daskalov. 1971. *Characteristics of torrential rains for the purposes of the forecast of erosional soil. Hydrology and Meteorology.* 20 (5).
- Lal, R. 1976. *Soil erosion problems on Alfisols in western Nigeria and their control*. Monograph 1. Int. Inst. Tropical Agr. Ibadan. Nigeria. 208 p.
- Laws, O. 1941. *Measurements of the fall velocity of water drops and raindrops*. *Trans. Am. Geophys. Union.* 22: 709-721.
- Laws, O. y D. A Parsons. 1943. *The relation of raindrop-size to intensity*. *Trans. Am. Geophys. Union.* 24:452-460
- Lazarova, E. 1980. *Soil conservation effectiveness of some agricultural measures in growing of corn*. Tesis. Sofía. Bulgaria.
- Lu, C. L.; Huang, Y. H.; Li, R. Y.; Zheng, T. F. y Q. Fu. 1989. *Soil erosion and its control in the granite area of southeast Fujian. I. Effect of rainfall parameters on soil erosion*. *J. Fujian Agric. College.* 18(4): 504-509.
- Lu, S. W. y J. L. Li, 1992. *Influence of rainfall and soil wetness on water and soil losses*. *Acta Pedológica Sinica.* 29(1): 94-103.
- Oldeman, L. R., Hakkeing, R. T. A. y W. G. Sombroek. 1990. *World map of the status of human-induced soil degradation: an exploratory note*. ISRIC. Wageningen. Holanda.
- Onchev, N. G. 1985. *Universal index for calculating rainfall erosivity*. En: *Soil Erosion and Conservation*. El-Swaify, Moldenhauer & Lo Eds. SCSA. Ankeny. Iowa. p. 424-431.
- Páez, M. L. 1980. *Contribución al estudio de la precipitación como factor de erosión en condiciones tropicales*. Tesis de Ms Sci. Postgrado en Ciencias del Suelo. Fac. Agronomía. UCV. Maracay. Venezuela.
- Pla, I. 1988. *Desarrollo de índices y modelos para el diagnóstico y prevención de la degradación de suelos agrícolas en Venezuela*. Premio Agropecuario-Banco Consolidado.
- Wischemeier, W. H. y D. W. Smith. 1958. *Rainfall energy and its relationship to soil loss*. *Trans. Am. Geo. Un.* 39(2):285-291.

Wischmeier, W. H., D. W. Smith y Uhland. 1958. *Evaluation of factors in the soil loss equation*. Agric. Eng. 39: 458-462, 474.

Wischmeier, W. H. y D. W. Smith. 1978. *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. USDA. Agric. Handbook No. 537.