

III ENCUENTRO NACIONAL DE CLIMA, AGUA Y TIERRA
II JORNADAS NACIONALES DE HIDROLOGIA
METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA
CARACAS: 3-6 NOVIEMBRE, 1987

PRECIPITACION, EROSIVIDAD Y ERODABILIDAD
DE LOS SUELOS EN UNA CUENCA MONTAÑOSA
TROPICAL (RIO NUESTRA SEÑORA, ESTADO MERIDA)

RIGOBERTO ANDRESSEN L.

MERY C. CALDERON Q.

LIGIA M. DUGARTE V.

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
ECOLOGIA VEGETAL
FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MERIDA-VENEZUELA

1. INTRODUCCION

El proceso de erosión de los suelos, sus factores genéticos y condicionantes, y sus consecuencias, han venido siendo ampliamente discutidos en la literatura, desde diferentes puntos de vista, en los últimos 40 años. (Jacks and Whyte, 1939; FAO, 1967; USDA-ARS, 1961; Fourmier, 1960).

La cantidad de erosión en un área dada depende de la relativa importancia de factores que actúan de manera contrapuesta. Por un lado están los agentes erosivos: la precipitación, el viento y la escorrentía, y por otro lado la susceptibilidad del suelo a resistir la acción de los agentes erosivos, susceptibilidad que va estar condicionada por las características de la cobertura vegetal, medidas de protección y prácticas de manejo ambiental y conservación.

La tasa de erosión de los suelos, bajo condiciones naturales, es afectada por cinco factores importantes: clima, geología, topografía, características propias de los suelos y vegetación. En el caso de suelos agrícolas o bajo explotación agropecuaria o forestal, habría que considerar además, factores relativos a cultivo y manejo, y uso de prácticas de conservación.

Es a partir de 1940, cuando se empezaron a desarrollar modelos empíricos que, en forma de ecuaciones, han sido utilizados para predecir estimaciones de pérdida de suelos sometidos bajo cultivos diferentes. Entre los enfoques de este tipo que han sido desarrollados hasta ahora, la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo propuesta por el servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Wischmeier & Smith, 1960 y 1965) -destinada a ser aplicada ampliamente de manera general- ha sido muy utilizada, a la vez que criticada y modificada. La EUPS es, empero, uno de los métodos más apropiados para planeamiento agrícola (Springer, et al, 1963; Thoreson & Haday, 1963; Pau

let, 1973).

Posteriormente, en 1969 Wischmeier & Mannering expresaron empíricamente la erodabilidad de los suelos función de quince propiedades de los mismos y sus interacciones. La ecuación a pesar de ser estadísticamente precisa y técnicamente aplicable a una amplia gama de suelos de tecturas medias, resultó demasiado compleja para el trabajo rutinario de técnicos y peritos.

En 1971 Wischmeier y otros investigadores, propusieron un nomograma simple basado, solamente, en cinco parámetros edáficos (porcentajes de limo y arena, cantidad de materia orgánica, estructura y permeabilidad) que permite la estimación de valores numéricos de erodabilidad, tanto para suelos expuestos como agrícolas.

Tanto en el enfoque de Wischmeier y Smith como en otros métodos, el clima del área determina el grado y características del proceso erosivo. Al hablar del clima, los diferentes autores -Wischmeier y Smith entre ellos- se refieren únicamente a la precipitación y sus características, ya que la misma se correlaciona más significativamente con los procesos erosivos de los suelos, sobre todo en regiones húmedas.

En Venezuela son pocas las experiencias relacionadas con el uso, y sobre todo, validación de este modelo. Esto parece ser debido a la ausencia de estudios sistemáticos sobre el problema y a las dificultades que se confrontan para la obtención de la información básica requerida. Por ejemplo, para analizar el factor "R" (erodabilidad de las precipitaciones) se requieren datos confiables de precipitación para períodos significativamente largos, a nivel de resolución temporal diaria y horaria, y que espacialmente cubran de modo representativo el área de estudio.

Dentro de las principales contribuciones que se han hecho,

con el fin de predecir y evaluar procesos erosivos bajo diferentes condiciones de manejo y prácticas de conservación, están los trabajos de Pla, 1970 (Citado por Gasperi-Mago, 1982); Paéz y Pla, 1980; Rojas (1977) y Velásquez (1986).

Particularmente, el trabajo de Velásquez (1986) tiene el mérito de tratar de validar la aplicación de la EUPS en una cuenca montañosa tropical (Cuenca del Río Boconó, Estado Trujillo). Velásquez señala en sus conclusiones que la EUPS satisface las necesidades de información preliminar para fines de planificación y recomienda la continuidad de investigaciones relacionadas con la EUPS en cuencas altas, incluyendo la sistematización de las observaciones de campo en cuanto a erosión laminar y en surcos.

2. ASPECTOS TEORICOS

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), como señalan Wischmeier & Smith (1965) es el resultado de más de 20 años de investigaciones en parcelas de suelos agrícolas. Su objetivo es predecir la pérdida de suelo en toneladas por acre por año, en función de las características de la lluvia, suelo, topografía, cubierta vegetal, prácticas agrícolas y prácticas de control de la erosión. La ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$A = R S L K C P$$

donde:

A = Promedio anual de pérdida de suelo para un área dada, en ton/acre,

R = Factor lluvia (intensidad general de la precipitación),

S = Inclínación de la pendiente,

L = Longitud de la pendiente,

K = Erodabilidad del suelo,

C = Manejo de los cultivos y cobertura, y

P = Prácticas de conservación.

Clima

Entre los factores, antes señalados, el clima es uno de los que influye más decisivamente (Goujon, 1977). Particularmente, el agua de lluvia y el viento exhiben un caracter de agresividad que acelera la degradación de los horizontes su perficiales.

Las formas de erosión causada por lluvia (incluyendo el arrastre de suelo en superficie) puede ser laminar, en surcos y en cárcavas, según el grado de avance y la manera como se produce (Fournier, 1960). En la erosión hídrica, la intensidad de la lluvia constituye junto a la distribución y frecuencia de las mismas, el factor más importante (Goujon y Roche, 1977; Fournier, 1960).

Pendiente

Los aspectos más importantes de la pendiente son su inclinación (S) y su longitud (L); además, la forma de la pendiente es importante, aunque no es considerada en la EUPS.

Existe una correlación positiva entre el grado de inclinación de la pendiente y la pérdida de suelo, la que es condicionada por el contenido de humedad del suelo, tipo de cobertura y rugosidad de la superficie (Gasperi, 1982).

La erosión será más fuerte cuando las pendientes son más largas, ya que la velocidad del agua de escurrimiento en una vertiente aumenta con la longitud de la pendiente.

Suelos

El término "erodabilidad del suelo" generalmente es usado para indicar la susceptibilidad de un suelo particular a la erosión. Esta susceptibilidad, a su vez, es función de las propiedades del suelo y las características del perfil, se

destacan entre ellas, la pedregosidad superficial, contenidos de humedad y materia orgánica, estabilidad estructural, permeabilidad y velocidad de pedogénesis.

Manejo de los cultivos

Las pérdidas de suelo también están relacionadas con la cobertura vegetal del suelo. El cálculo de este factor es bastante complejo debido a que la erosión varía no sólo con el tipo de cultivos, sino también con las etapas del ciclo de desarrollo de cada cultivo.

Prácticas de conservación

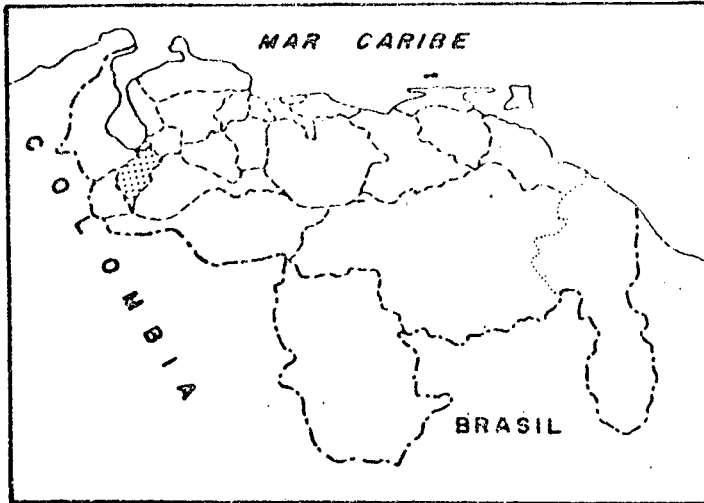
La actividad humana a través de las prácticas de conservación puede incidir sobre la longitud y grado de la pendiente y sobre el manejo de los cultivos. Del uso que se haga de los suelos se puede influir también sobre sus propiedades, en forma tal que se puede afectar las condiciones de erodabilidad de los mismos.

3. AREA DE ESTUDIO

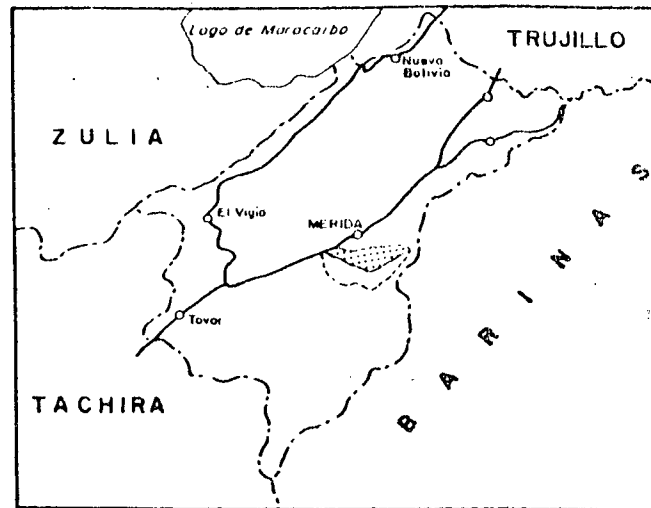
El área de estudio está constituida por la cuenca del Río Nuestra Señora, en la Sierra Nevada, Cordillera de los Andes. Es una importante subcuenca de la vertiente izquierda de la cuenca del Río Chama, y está comprendida entre los paralelos $08^{\circ}24'54''$ y $08^{\circ}29'27''$ de latitud norte, y los $71^{\circ}01'25''$ y $71^{\circ}16'22''$ de longitud oeste. La superficie de la cuenca del Río Nuestra Señora es de aproximadamente 475 Km^2 , de los cuales 62 Km^2 - un 13% - es parte integrante del Parque Nacional "Sierra Nevada" (Mapa N° 2). El gradiente altitudinal de esta cuenca va desde alrededor de 1000 m.s.n.m. (en la confluencia del Río Nuestra Señora con el Río Chama), hasta cerca de los 5000 m.s.n.m., en su parte más elevada. Sus centros poblados El Morro, Los Nevados, Acequías y San Pedro, forman parte de los llamados "Pueblos del Sur"

LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

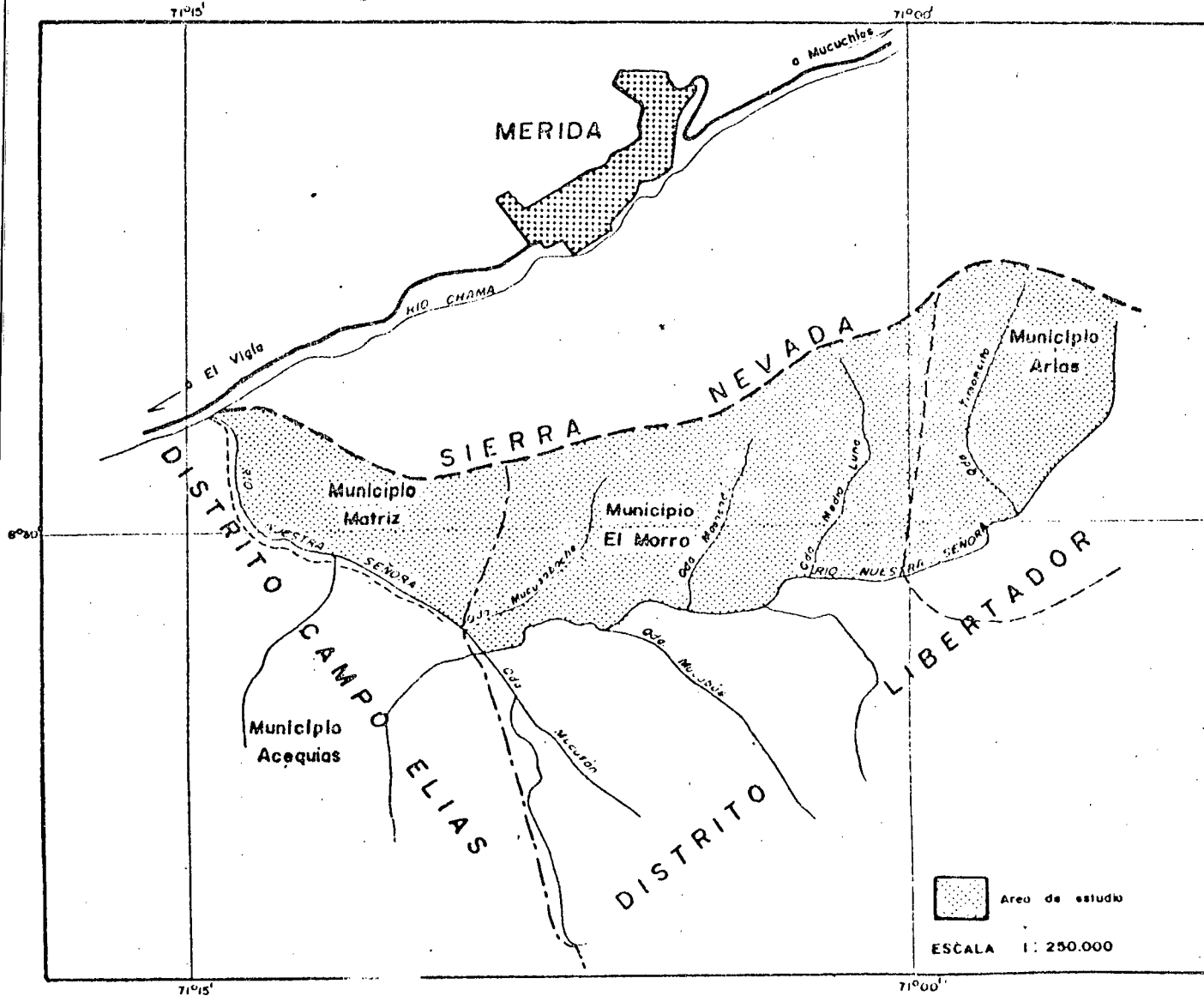
Situación Relativa Nacional



Situación Relativa Estatal



Situación Relativa Local



del Estado Mérida.

Relieve

El relieve predominante, tanto en el sector alto como medio de la cuenca, es de Alta Montaña y Montaña propiamente dicha (clase X y IX respectivamente, cuadro 1).

CUADRO N° 1. CARACTERIZACION DEL RELIEVE DE LA CUENCA DEL RIO NUESTRA SEÑORA.

DESCRIPCION SIMPLE DEL RE- LIEVE	DESCRIPCION GENERALIZADA RELIEVE	CARACTERISTICAS DEL RELIEVE	CLASE DE RELIEVE	PENDIENTE MEDIA GRADO DE PENDIENTE	PORCENTAJE DE PENDIENTE	% OCUPACION POR LOS SECT. DE DRENAJE	% OCUPACION POR LOS SECT.
DE MONTAÑA 12° 45°	MONTAÑOSO 12° 10°	Pié de Montaña	VII	12-17%	21-31	---	3,4
		Montañoso	VIII	18-24%	32-44	2,5	10,3
		Montaña Propiamente dicha	IX	25-30	45-58	15,0	23,1
	ALTA ALTITUD 45° 31°	Alta Montaña	X	31-37	59-75	72,5	35,0
		Alta Altitud	XI	38-45	76-100	10,0	22,0
		Picos Abruptos	XII	45	100	---	6,0

Incluso en la parte baja de la cuenca domina el relieve de alta altitud (clase XI), con pendiente del 75 al 100%, lo que indica la presencia de entallados y sectores con pendientes que bruscamente descienden al hecho del río o al de sus tri-

butarios.

El análisis morfométrico efectuado en base al mapa a escala 1:25000-, muestra, en resumen, los siguientes resultados:

CUADRO N° 2. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ANALISIS MORFOMETRICO.

-Area total de la cuenca:	475,00 Km ²
-Perímetro total:	464,00 Km
-Densidad de drenaje:	9,15 Km/Km ²
-Elevación media:	2.718,00 m.s.n.m.
-Pendiente media:	62 %
-Factor de forma:	0,0%
-Longitud axial:	210 Kms

Hidrografía

El cauce principal es el Río Nuestra Señora, afluente del Río Chama en sentido longitudinal por su margen izquierda.

La densidad de drenaje, en base a una longitud total de cauces de 4346,00 Kms, es de 9.15 Km/Km².

Geología

En base al Mapa Geológico de la Región de Mérida (Ministerio de Minas e Hidrocarburos, 1979) y del Léxico Estratigráfico de Venezuela (1970), las principales formaciones y características litológicas del área de estudio, son:

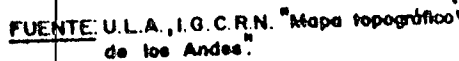
CUADRO N° 3. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

ERA	FORMACION	LITOLOGIA DOMINANTE
CENOZOICO	CUATERNARIO	
	La Luna	Calizas y lutitas calcáreas
	Capacho	Lutitas y calizas duras, limonitas.
MESOZOICO	Aguardiente	Areniscas calcáreas duras, lutitas, calizas.
	Apon	Calizas grises, lutitas grises
	Río Negro	Areniscas blancas, conglomerados, arcillas y lutitas variables
PALEOZOICO	Mucuchachí	Pizarras laminadas y limosas, carbonáceas y en parte filíticas. Intercalaciones de areniscas impuras. Filitas y areniscas conglomeráticas.
PRECAMBRICO	Sierra Nevada	Gneises, esquistos, rocas graníticas. Paragneises macizos de grano grueso, anfibolitas.

La geología de la cuenca abarca el más amplio rango cronológico, desde el Precámbrico (Formación Sierra Nevada del Grupo Iglesias) hasta formaciones glaciares y periglaciares del Cuaternario.

La litología es muy heterogénea, formada por rocas ígneo-metamórficas y sedimentarias. Las rocas ígneo-metamórficas están representadas en la Formación Sierra Nevada del Precámbrico. La Formación Mucuchachí del Paleozoico contiene una mezcla de rocas sedimentarias e ígneo-metamórficas

L A G O D E
MARACAIBO.



Clima

La cuenca del río Nuestra Señora está enclavada en la vertiente izquierda de la parte media de la cuenca del río Chama (Mapa N° 2). Al norte está bordeada por el eje de relieve de la Sierra Nevada, con más de 4.500 m. de elevación, mientras que al sureste y sur está bordeada por el eje de relieve formado por los páramos Acequías, Portachuelo, El Toro con elevaciones que apenas sobrepasan los 3.500 m.

Debido a esta ubicación de abrigo, la cuenca se halla más expuesta a las influencias atmosféricas que penetran a través del valle del Chama, así como también a las que traspasan el eje orográfico del norte, a través de la cuenca del río Capaz. Todas estas influencias están relacionadas con la circulación atmosférica general de la región Caribe y, particularmente, con el área de convergencia atmosférica del Lago de Maracaibo dentro del ángulo orográfico que forman las Cordilleras de Perijá y de Mérida. Este sistema de circulación (del noroeste de Venezuela) está caracterizado por presentar un regimen con dos picos pluviométricos (mayo-junio y setiembre-octubre), (Riehl, 1973).

Por otro lado, también la cuenca del río Nuestra Señora recibe las influencias atmosféricas provenientes de los Llanos occidentales caracterizadas por un regimen de un solo máximo pluviométrico (julio-agosto) (Riehl, 1973). Estas influencias están asociadas a los flujos de aire (de los alisios) que ascienden por la vertiente andino-llanera, sobre todo canalizados a través de los principales valles en dicha vertiente. Debido a la dirección dominante del flujo y las altitudes máximas que el mismo debe traspasar para penetrar en la cuenca (inferiores a 4.000 m en el eje orográfico sur y sureste), es de suponer que en el caso de formación de nubes por ascenso forzoso, éstas no alcancen dimensiones importantes -excepto en el sector más cercano a la Sierra Nevada- como para generar precipitaciones abundantes.

Tanto las influencias atmosféricas al norte de la barrera orográfica de Los Andes, como las del sur, interactúan de manera muy compleja con ciclos de circulación subregionales y locales (Brisas de ladera, de valle y montaña, etc), generando sucesiones distintas de condiciones atmosféricas a través del año y con variantes espaciales, que deben producir importantes determinantes en el patrón topoclimático de la lacuenca. Sin embargo, estos aspectos dinámicos del clima de Los Andes, aún no han sido abordados.

La variación geográfica de la precipitación dentro de la cuenca (Mapa N° 3) no presenta mayores contrastes. La parte más baja de la cuenca, por debajo de los 1.500 m de altitud es bastante seca, con menos de 600 mm/año; mientras que el resto tiende a ser sub-húmedo, de 600 a 900 mm/año. Los sectores más húmedos, son posiblemente, el borde norte, a altitudes inferiores a Pico Espejo y el borde sur que colinda con la cuenca vecina del río Aricagua.

Desde el punto de vista termométrico, la cuenca presenta una sucesión de pisos térmicos, desde su parte más baja (confluencia del río Nuestra Señora con el río Chama) a una altitud de 1000 m.s.n.m., con una temperatura media anual de alrededor de 22,5°C, hasta su parte más elevada en la Sierra Nevada, con altitudes cercanas a los 5.000 m.s.n.m. y temperaturas medias anuales por debajo de los 0°C. La mayor parte de superficie de la cuenca se encuentra en el rango entre 18° y 10°C, este último valor ubicado hacia el límite inferior del páramo.

RIGOBERTO ANDRESSEN L. **PROYECTO ULA-CDCHT N° C-266**

MAPA № 4

ISOYETAS MEDIAS
ANUALES EN MM.
(PERIODO COMPENSADO 1952-84)

800

SIGNOS CONVENCIONALES

(UL A - COCINT - PROJECT C-288)

MADE BASE 2.87 MOD: 05 CAROLANNA MACDONALD, 100 30th ; 8000
A FICA: 1 100 300

1:100,000

1000000

REGIONAL DEVELOPMENT

.....

...

11

1

•

4. AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACION Y SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS A LA EROSION.

Se seleccionaron los eventos pluviométricos de mayor magnitud, en base a los datos diarios de la Estación MARNR-3080 El Morro, para el período 1980-1984.

CUADRO N° 4. EVENTOS PLUVIOMETRICOS SELECCIONADOS

FECHA	PRECIPITACION mm/día	INTENSIDAD MAXIMA mm/h	ENERGIA J/m ² /mm (A)	CINETICA (B)	EROSIVIDAD EI kgmm/m ² h
20-04-1983	26.2	27.6	24.48	18.77	18.70
04-10-1980	36.2	25.2	24.13	17.54	20.57
03-09-1980	27.9	22.8	23.75	16.29	13.11
04-11-1982	22.1	12.0	21.32	10.30	4.92
17-08-1984	28.8	8.0	19.78	7.93	4.38
02-01-1982	6.3	4.6	17.68	5.86	0.44
26-07-1980	10.7	4.6	17.68	5.86	0.81

(A) De acuerdo a la fórmula de Páez, M. (1980)

(B) De acuerdo a la fórmula de Wischmeier y Smith (1959)

Para el cálculo de la erosividad de las lluvias (columna 5 del cuadro N° 4) se siguió el método EI30, propuesto por Wischmeier y Smith (1959), que en síntesis consiste en hacer un análisis de la intensidad de la lluvia, para cada episodio pluviométrico importante (en base a los registros pluviográficos), y luego determinar el valor de EI correspondiente

Para calificar la susceptibilidad de los suelos a la erosión, en un intento preliminar, se obtuvieron muestras de nueve perfiles de diferentes sitios de la vertiente derecha de la cuenca, desde los 1900 m hasta los 2800 m, sobre diferentes sectores de pendiente media y diferentes tipos de vegetación (Cuadro N° 5). De las muestras obtenidas en el campo se efectuaron los respectivos análisis de laboratorio de granulometría, textura, pH y materia orgánica. (Cuadro N° 6).

CUADRO N° 5 PERFILES DE SUELOS MUESTREADOS EN LA VERTIENTE DERECHA DE LA CUENCA DEL RIO NUESTRA SEÑORA, LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS.

PERFIL	LOCALIZACION		VEGETACION	SECTOR PENDIEN. MEDIA %	PRECIPITACION ANUALmm	TEMPERATURA MEDIA ANUAL °C	
	LAT. N	LONG. W				RA MEDIA	ANUAL °C
1	8°28'50"	71°04'25"	2.800	Bosque arbustal pre-para- mero/piso triguero	53	900	11.6
2	8°27'30"	71°03'40"	2.550	Bosque arbustal siempre- verde seco (facie alta)/ piso triguero	75	900	13.2
3	8°27'20"	71°06'30"	2.400	Bosque arbustal siempre- verde seco (facie alta)/ piso triguero	44	750	14.1
4	8°27'00"	71°11'10"	1.900	Rosetal con caesalpinia	75	<600	17.2
5	8°27'30"	71°10'45"	2.000	Bosque arbustal siempre verde seco (facie baja)	75	600	16.6
6	8°28'25"	71°10'40"	2.300	Piso triguero	44	650	14.7
7	8°28'50"	71°10'45"	2.400	Piso triguero	44	750	14.1
8	8°28'20"	71°11'55"	2.500	Bosque arbustal siempre verde seco (facie alta)/ piso triguero	32	650	13.5
9	8°28'45"	71°12'30"	2.300	Bosque arbustal siempre verde seco (facie alta)/ piso triguero	21	650	14.7

* Estimada en base al gradiente local medio de 0,62 °C/100m.

CUADRO N° 6 RESULTADOS ANALITICOS

IDENTIDAD DE CAMPO PERF. HORIZ.		GRANULOMETRIA ARENA ARCILLA LIMO			CLASE TEXTURAL	pH 2:2 H ₂ O	MATERIA ORGANICA
		a	A	L			
1	A	38,4	27,6	34,0	FA - F	5,10	7,1
	AC	38,4	35,6	26,0	FA	4,90	3,4
	C	56,4	25,6	18,0	FAa	5,45	0,77
2	A	73,4	13,6	13,0	Fa	6,25	2,7
	AC	54,4	27,6	18,0	FAa	6,75	2,16
	C	72,4	2,6	25,0	aFa	7,55	0,62
3	A	44,4	39,2	16,4	FA - Aa	6,23	3,70
	AB	40,4	45,6	14,0	A - Aa	6,20	4,02
	B	34,4	49,6	16,0	A	5,50	0,38
	C	50,4	59,6	10,0	F	5,21	0,38
4	A	40,4	25,6	34,0	F	6,50	2,60
	HO	37,6	25,6	36,8	F	6,50	5,70
	A	46,4	39,2	14,4	Aa - FA	6,95	3,40
	AB	52,4	29,6	18,0	FAa	7,0	2,0
	B	50,4	31,6	18,0	FAa	6,65	1,0
5	C	66,4	23,6	10,0	FAa	7,10	0,6
	A	32,4	33,6	34,0	FA	5,85	4,1
	B	20,4	43,6	36,0	A - AL	5,45	2,3
	BC	18,4	51,6	30,0	A	5,70	1,2
	A	36,4	43,6	20,0	A - FA	7,35	2,3
7	AB	32,4	51,6	16,0	A	7,65	0,9
	B	46,4	33,6	20,0	FAa - FA	8,00	0,002
	C	38,4	39,2	22,4	FA - A	7,70	0,002
	A	54,4	25,6	20,0	FAa	6,40	1,2
8	AC	42,4	35,6	22,0	FA - Aa	5,80	0,5
	A	30,4	33,6	36,0	FA	6,75	1,90
9	B	32,4	49,6	32,4	A	6,90	0,7
	BC	20,4	44,4	20,4	A - AL	6,80	0,6

Con esta información edáfica se estimó el factor "K", erosividad de los suelos muestreados, en base a la clasificación de Goujon, J. et al (1968) (Cuadro N° 7).

CUADRO N° 7. CALIFICACION DE LA ERODABILIDAD DE LOS SUELOS (FACTOR K)

PERFIL	K1	SUSCEPTIBILIDAD A LOS SUELOS	K2	SUSCEPTIBILIDAD A LOS SUELOS
1	0,12	Med. Erosionable	0,12	Med. Erosionable
2	0,16	Med. Erosionable	0,28	Fuertemente erosionable
3	0,08	Poco Erosionable	0,20	Débil erosionable
4	0,29	Fuert. Erosionable	0,36	Fuertemente erosionable
5	0,12	Med. Erosionable	0,27	Fuertemente erosionable
6	0,12	Med. Erosionable	0,12	Med. erosionable
7	0,11	Débil Erosionable	0,25	Fuertemente erosionable
8	0,31	Fuert. Erosionable	0,46	Extremadamente erosionable
9	0,25	Fuert. Erosionable	0,36	Fuert. erosionable

K1 = Valor de K sin considerar estructura ni permeabilidad

K2 = Valor de K tomando en cuenta estructura y permeabilidad

Posteriormente, se calculó el índice potencial de erosión (IPE) en función de la agresividad de la lluvia (EI30) para cada evento y para algunos de los sitios de los perfiles de suelos muestreados. (Cuadro No 8).

5. DISCUSION DE LOS RESULTADOS:

En base a la figura 1, se puede observar las tendencias de las interrelaciones entre intensidad máxima de la precipitación (en mm/h) y la energía cinética de la precipitación (en J/m^2mm) de acuerdo a las fórmulas propuestas por Wischmeier y Smith (1959), y posteriormente, por Páez, M. (1980).

En el caso de los valores obtenidos por la fórmula de Wischmeier y Smith, hay un marcado incremento casi lineal de

la energía cinética con la intensidad, a una tasa de aproximadamente $0,6 \text{ (J/m}^2\text{mm)}$ por cada mm/h de intensidad, dentro del rango de casi 5 mm/h a 30 mm/h.

Los valores obtenidos por la fórmula de Páez, M. son más del doble de los valores obtenidos por la fórmula de Wischmeier y Smith, hasta intensidades de poco más de 12 mm/h; a partir de este punto los valores de EC según la fórmula de Páez se atenúan. Es decir, en condiciones tropicales las lluvias aunque tengan baja intensidad máxima muestran energías cinéticas mayores que las reportadas en regiones fuera de la zona intertropical.

La relación entre la erosividad EI ($\text{kgm mm/m}^2\text{h}$) y la intensidad de la precipitación, aunque resulta evidente, no muestra un patrón muy definido. Desde luego el número de puntos en el gráfico 1, debe tomarse más como una tendencia, que pudiera clarificarse cuando se disponga de mayor número de aguaceros analizados. Sin embargo, se puede establecer que a valores bajos de intensidad (menores a 5 mm/h) la erosividad es muy pequeña (inferior a $1 \text{ kgm mm/m}^2\text{h}$) y aumenta de manera significativa hasta valores, por encima de $20 \text{ kgm mm/m}^2\text{h}$, cuando la intensidad máxima llega a 25 mm/h.

La relación intensidad máxima de la precipitación -energía cinética, de acuerdo a los valores obtenidos por la fórmula propuesta por Páez, M. resultan más aplicables a estudios en regiones intertropicales, debido a que la mayor parte de la lluvia en estas regiones proviene de grandes nubes convectivas, las que son más húmedas (tienen un contenido de agua líquida, CAL, más alto), o de cúmulos de tamaño moderado, estos a su vez más húmedos que otros tipos de nubes (Andresen, 1978).

Una relación entre precipitación total diaria y erosividad, de encontrarse, resultaría de una gran utilidad en vista de que el mayor número de estaciones que miden precipitación no son pluviográficas (registradoras). Con los pocos datos

reportados hasta el presente en este trabajo, no se encontró una tendencia clara entre la relación precipitación total - diaria- erosividad.

El Índice Potencial de Erosión, que incluye dentro de su comportamiento información de las características edáficas fue relacionado con la intensidad máxima de la precipitación (Figura 2.).

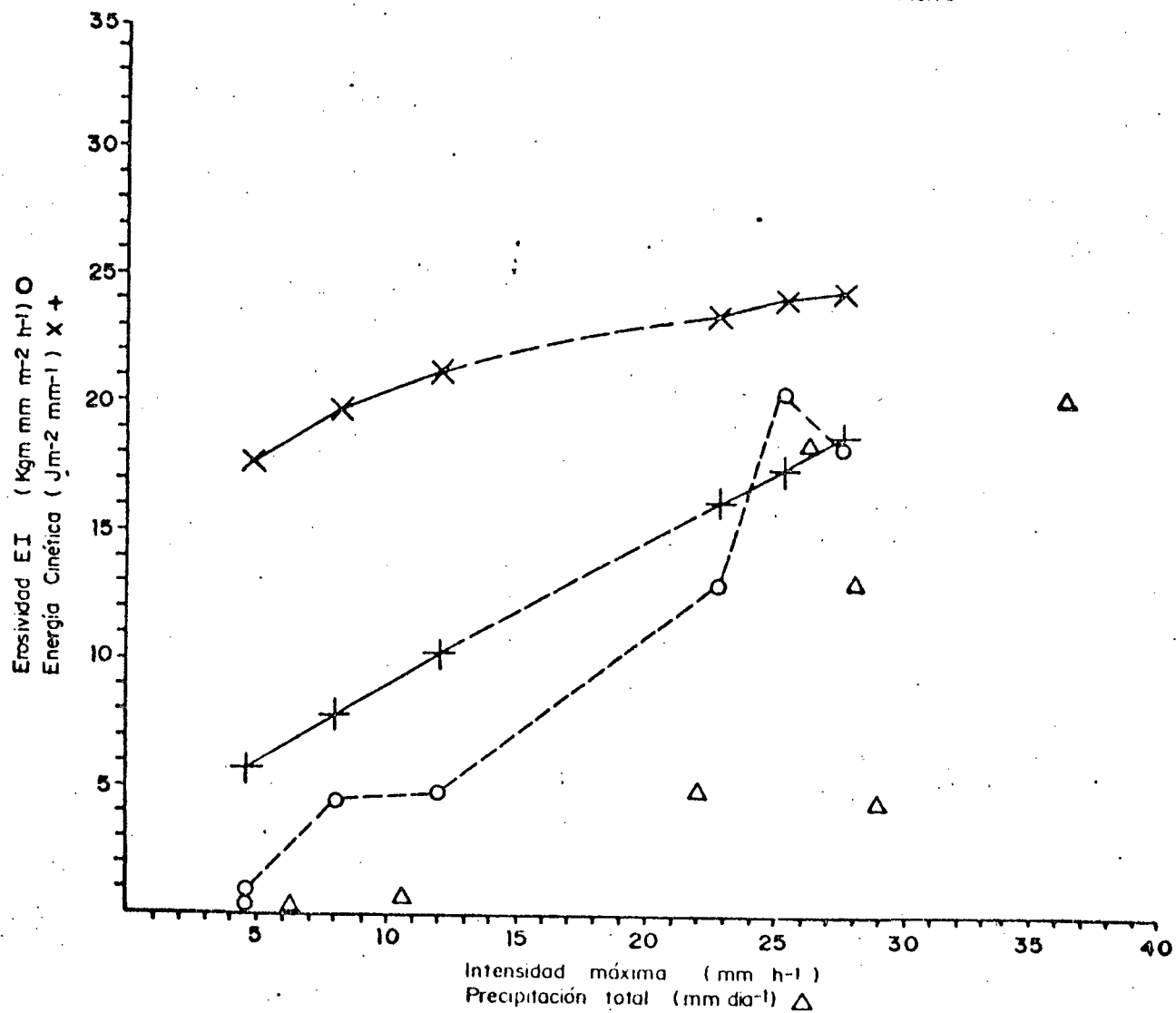
Nuevamente, se observa que a bajas intensidades (menores a 5 mm/h) el IPE resulta muy bajo y, además, con pequeños rangos o recorridos de variación (de acuerdo a las variaciones edáficas). El IPE aumenta con la intensidad hasta valores por encima de 6 (cuando I es aproximadamente 25 mm//h); y de la misma manera aumenta su rango o recorrido entre el valor más bajo y más alto para una misma intensidad, pero para diferentes perfiles de suelos. Desde luego, esta cierta correspondencia entre la variación del IPE y la erosividad es función de su dependencia en el método EI30 de Wischmeier y Smith.

CUADRO N° 8 INDICE POTENCIAL DE EROSION PARA ALGUNOS SITIOS DE MUESTREO DE ACUERDO A LA AGRESIVIDAD DE LA PRECIPITACION (EI30)

EVENTO PLUVIOMETRICO	PERFIL	EI	K2	LS	IPE
26-07-80	4	0,806	0,36	15,62	0,29
	5	0,806	0,27	92,80	0,22
	6	0,806	0,12	43,98	0,10
	8	0,806	0,46	23,68	0,37
	9	0,806	0,36	14,52	0,29
03-09-80	4	13,11	0,36	15,62	4,71
	5	13,11	0,27	92,80	3,54
	6	13,11	0,12	43,98	1,57
	8	13,11	0,46	23,68	6,03
	9	13,11	0,36	14,52	4,72
04-10-80	4	20,57	0,36	15,62	7,40
	5	20,57	0,27	92,80	5,55
	6	20,57	0,12	43,98	2,47
	8	20,57	0,46	23,68	9,46
	9	20,57	0,36	14,52	7,40
02-01-82	4	0,44	0,36	15,62	0,16
	5	0,44	0,27	92,80	0,12
	6	0,44	0,12	43,98	0,05
	8	0,44	0,46	23,68	0,20
	9	0,44	0,36	14,52	0,16
04-11-82	4	4,915	0,36	15,62	1,77
	5	4,915	0,27	92,80	1,33
	6	4,915	0,12	43,98	0,59
	8	4,915	0,46	23,68	2,26
	9	4,915	0,36	14,52	1,77
20-04-83	4	18,70	0,36	15,62	6,7
	5	18,70	0,27	92,80	5,05
	6	18,70	0,12	43,98	2,24
	8	18,70	0,46	23,68	8,60
	9	18,70	0,36	14,52	6,70
17-08-84	4	4,38	0,36	15,62	1,58
	5	4,38	0,27	92,80	1,18
	6	4,38	0,12	43,98	0,53
	8	4,38	0,46	23,68	2,01
	9	4,38	0,36	14,52	1,58

FIGURA 1 . RELACION ENTRE: 1) INTENSIDAD MAXIMA DE LA PRECIPITACION Y ENERGIA CINETICA, EC (X+); 2) ENTRE INTENSIDAD MAXIMA DE LA PRECIPITACION Y EROSIVIDAD (O); Y 3) ENTRE PRECIPITACION TOTAL DIARIA Y EROSIVIDAD EI (Δ)

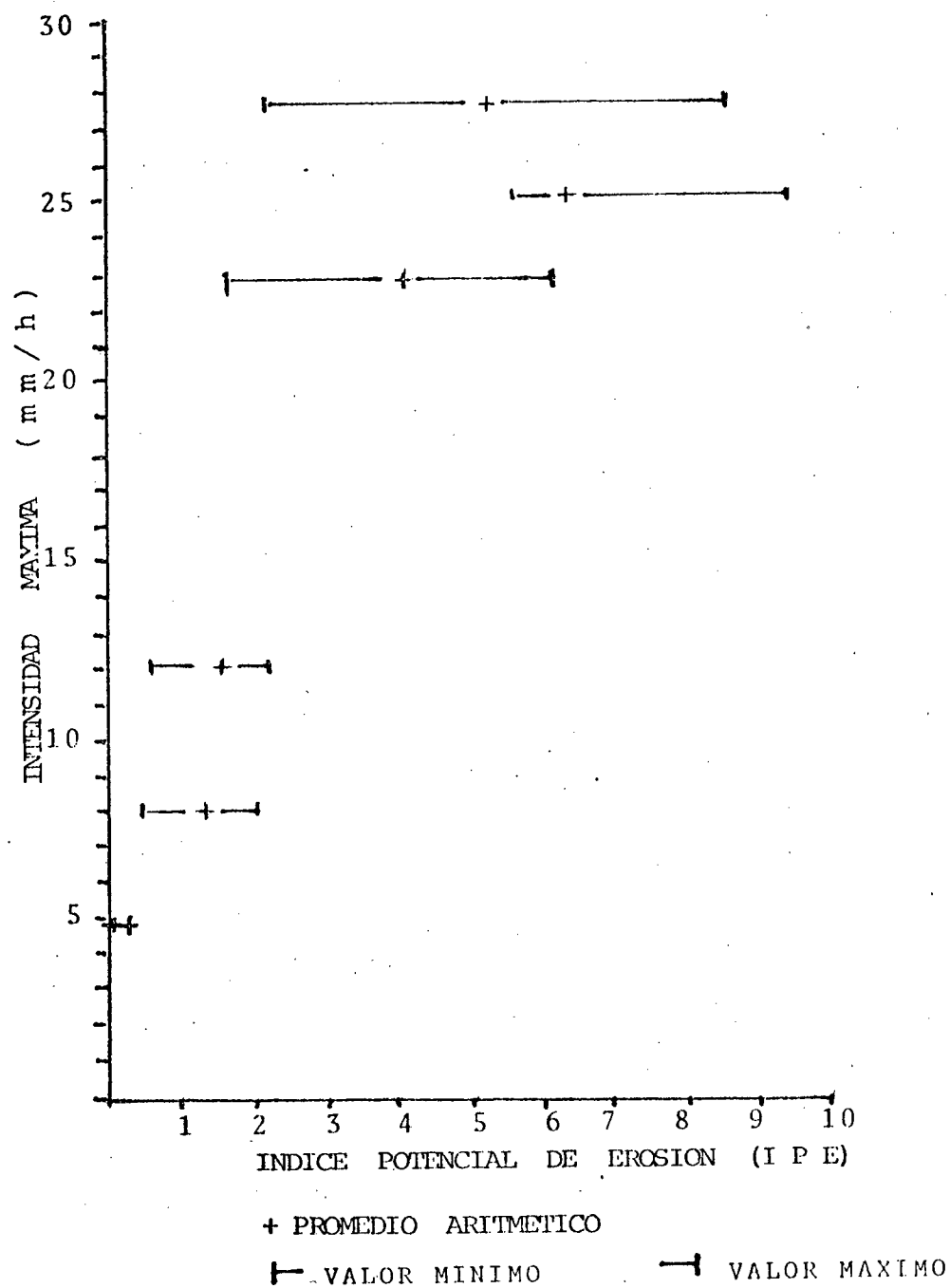
Estación M.A.R.N.R. -3080 El Morro



Valores de EC calculados de acuerdo a fórmula de Páez, H (1980) X

Valores de EC calculados de acuerdo a fórmula de Wischmeier y Smith (1959) +

FIGURA 2 RELACION ENTRE LA INTENSIDAD MAXIMA DE LA PRECIPITACION (mm / h) Y EL INDICE POTENCIAL DE EROSION (I P E)



6. CONCLUSIONES

1. Analizando los resultados obtenidos, se observa que, en base a los aguaceros analizados para el área de la estación El Morro -parte media de la cuenca-, y en base a los sitios de muestreo cercanos a dicha estación, las lluvias con intensidades máximas mayores a 20 mm/h tienen un carácter potencial erosivo medianamente alto.
2. Los suelos con bajo contenido de materia orgánica, con texturas medias a finas, de consistencia blanda y muy friable y ligeramente plástica (perfiles de los sitios Nos. 4, 5 y 8) presentan un carácter potencial erosivo mayor, una vez que la intensidad máxima de la precipitación está - por encima de 5 mm/h.
3. De los métodos propuestos para calcular la energía cinética de la precipitación, el de Wischmeier y Smith y el de M.L. Páez, el primero tiende a dar valores sub estimados para regiones intertropicales, donde la lluvia proviene, mayormente de nubes cumuliformes.
4. A pesar de lo señalado en la primera conclusión, no se detectaron en el período de registro considerado para el análisis pluviométrico (1980-1984), lluvias con intensidades máximas superiores a 27,6 mm/h. M.L.Páez (1980), reporta valores más altos en su trabajo efectuado al norte del estado gráfico en Los Llanos Centrales. Para otras regiones tropicales también hay reportes de valores de intensidad muy altos. Hudson (1964, 1973)
5. Por último, en vista de que buena parte de las estaciones que miden precipitación no son autoregistradoras, se requiere buscar buenas interrelaciones entre cantidad de precipitación diaria e intensidad máxima, a objeto de poder inferir valores de erosividad que puedan ser utilizados en los métodos para determinar grado potencial de erosión y tasas de pérdida de suelo.

7. BIBLIOGRAFIA

- Andressen, R., 1978. Contenido de agua líquida en nubes. Mérida, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestal, 59 p.
- Calderón, M.C. y Dugarte, L.M., 1978. Aplicación preliminar de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) en una cuenca montañosa tropical. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, 153 p.
- F.A.O., 1967. La erosión del suelo por el agua. Cuaderno de Fomento Agropecuario N° 81, Roma, 207 p.
- Fournier, F., 1960. Climat et érosion: la relation entre l'eau et les précipitations atmosphériques. Press Universitaires de France, París, 201 p.
- Gasperi-Mago, R.P., 1982. Principios básicos de erosión y conservación de suelos. Suplemento técnico # 8, Barquisimeto, FUDECO, 203 p.
- Goujon, B. y Roche, V., 1977. Conservación de suelos en regiones tropicales (Africa y Madagascar). Boletín técnico N° 1, Publicaciones MAC-RNR, Sección de Conservación de Suelos y Aguas, Caracas, 162 p.
- Goujon, B., et al., 1968. Conservations des sols en Afrique et Madagascar. Revue Bois et Forêts des Tropiques. C.T. F.T. de Francia.
- Hudson, N.W., 1964. "A review of methods of measuring rainfall characteristics related to soil erosion". Research Bulletin 1, Dept. of Conservation, Salisbury, Rhodesia.
- Hudson, N.W., 1973. Soil conservation. London B.T. Batsford, Ltd., 320 p.
- Jacks, G.V., and Whyte, R.O., 1939. Vanishing lands: A world survey of soil erosion. New York, Doubleday, Doran & Co.

- Páez, M.L. y Pla, M.L. 1980. Erosividad de la lluvia en una zona de clima de trópico húmedo estacional, Chaguaramas. Estado Guárico. Congreso Venezolano de Ciencia del Suelo: Resumen VI. Univ. Central de Venezuela, Fac. de Agronomía, Maracay.
- Paulet, I.M., 1973. Guía para el planeamiento del uso de las tierras agrícolas en las zonas de lluvia del Perú. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Depto. de Recursos de Agua y Suelo, Publ. N°3, 55 p.
- Riehl, H., 1973. "Controls of the Venezuela rainy season". Bulletin of the American Meteorological Society, 54/1: 9-12.
- Rojas, S., D., 1977. Determinación de uso y manejo de los suelos en la cuenca alta y media del río Torbes. Mérida, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, 64 p.
- Smith, D.D. and W.H. Wischmeier, 1958. "Rainfall energy and its relationship to soil loss". Transactions: American Geophysical Union. 32:285-291.
- Springer, et al., 1963. "Predicting soil losses in Tennessee". Journal of soil and water conservation, 18 (4):1957-58.
- Thoreson, A.S., and Haday, J.K., 1963. "Using the soil-loss equation in Iowa". Journal of soil and water conservation, 18(4): 159-160.
- United States Dept. of Agriculture, 1961. A universal equation for predicting rainfall-erosion losses: An aid to conservation farming in humid regions. Agricultural Research Service, Special Report ARS 22-68, 11 p.
- Velásquez, F., 1986. Estimación de la pérdida de suelo bajo distintos patrones de uso de la tierra en la sub-cuenca alta del Río Boconó. Mérida, Venezuela: Primeras Jornadas Venezolanas sobre Conservación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.
- Venezuela: Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, 1970. Léxico estratigráfico de Venezuela. Caracas: Edit. Sucre, 728 p.

- Wischmeier, W.H., C.B. Johnson, and B.V. Cross, 1971. "A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites". Journal of soil and water conservations, 26/5: 189-92.
- Wischmeier, W.H. and J.V. Mannering, 1969. "Relation of soil properties to its erodibility". Soil Science Soc. of America, Proc. 33/1:131-137.
- Wischmeier, W.J. and D.D. Smith, 1959. "A rainfall erosion index for a universal soil loss equation". Soil Science Soc. of America, Proc., 23/3:246-249.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith, 1960. "A universal soil loss equation to guide conservation for planning". Madison, Wis., U.S.A. 7th International Congress of Soil Science, Trans. 1:418-425.
- Wischmeier, W.H., 1965. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Guide for selection of practices for soil and water conservation. Agric. Handbook N° 282 (U.S. Depto. Agriculture).