

EL POTENCIAL EROSIVO DE LA LLUVIA EN COSTA RICA¹

*Wilhelm-Günther Vahrson **

ABSTRACT

Rainfall erosivity in Costa Rica. Based on a formula calibrated in the climatic conditions of the USA, the annual rainfall erosivity of 115 pluviographic stations distributed over Costa Rica were determined. The values obtained range from 98 to 883 units, showing low readings in places with an elevation above 2000 m, high readings in the coasts and in places with a high annual rainfall amount and a high variability due to big local climatic differences. There are doubts about the applicability of the Universal Soil Loss Equation in the climatic circumstances of Costa Rica (tropical wet climate in extense parts) and at the same time, the maximum value of the rainfall erosivity in Costa Rica exceed the maxima calculated for the USA and Puerto Rico in a high degree, totally surpassing the calibrated range. For that reason, the values presented are considered applicable on a comparative scale, but not on an absolute scale, allowing the identification of areas with a high risk and a low risk of rill and sheet wash due to the rainfall characteristics.

INTRODUCCION

La erosión hídrica, y especialmente la erosión acelerada por la intervención del hombre, es un problema que causa, a nivel mundial y también en Costa Rica, grandes pérdidas. La erosión hídrica se divide normalmente en las formas de erosión laminar y la erosión en cárcavas, surcos o canales (Kirkby y Morgan, 1984).

Aunque lo último, especialmente la formación de cárcavas llama bastante la atención, el proceso del lavado laminar es el más eficiente. Stocking (1987) menciona un caso en Zimbabwe donde, aunque la superficie estaba sumamente afectada por cárcavas, éstas solamente contribuye-

ron en un 13% del sedimento producido; valores menores todavía (alrededor de 1-4%) mencionan Dunne y Leopold (1978) para los Estados Unidos y Kenia. El resto de los sedimentos producidos correspondía a la erosión laminar.

Este lavado depende en primer lugar de las características del suelo, de su cobertura vegetal, de su manejo, de la pendiente y finalmente de la intensidad de las lluvias.

La combinación más importante de estos factores se intentó en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (Wischmeier y Smith, 1978). Esta ecuación, aunque casi universalmente aplicada, está calibrada en primer lugar para el medio oeste de los Estados Unidos con sus características climáticas, edáficas, geomorfológicas, de uso y manejo de suelos, etc. Dado que es una ecuación totalmente empírica no se puede aplicar entonces a zonas con condiciones diferentes. Stocking (1987) menciona explícitamente que esta ecuación

1/ Recibido para publicación el 15 de febrero de 1990.
* Proyecto MADE (Morfoclimatología Aplicada y Dinámica Exógena), Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional. 3000 Heredia, Costa Rica.

no puede funcionar en los trópicos húmedos, y que para su correcta aplicación se necesita una amplia calibración local, la cual no existe actualmente para Costa Rica.

El cálculo más común de la erosividad pluvial es el propuesto por Wischmeier (1959) y Wischmeier y Smith (1978), en el cual se determina la energía cinética por la intensidad de las lluvias, y se llega al valor anual sumando todos los valores de las lluvias del año.

Una alternativa introducida por Hudson (1971) para los países tropicales consiste en un cálculo parecido, excluyendo lluvias de intensidades menores de 25 mm/h como lluvias no erosivas.

Otro acercamiento al problema es el índice de Fournier (1967) que utiliza valores decadales, mensuales y anuales de las lluvias para la determinación de una erosividad relativa. Sin embargo, este método posee la calibración menos confiable (Stocking, 1987), pues se refiere a los valores de materiales en suspensión de cuencas enteras donde diferentes tipos de uso de suelo limitan considerablemente su aplicabilidad con respecto al manejo de suelos y cultivos individuales (Lal, 1975).

Las lluvias en Costa Rica tienen 2 regímenes principales, divididos por las cordilleras que, con una dirección noroeste-sureste, llegan a altitudes de 3800 m. Esto causa que en las 2 vertientes ocurran diferentes cantidades y distribuciones anuales y diarias de precipitación pluvial.

La vertiente Pacífica posee, inducida por la migración de la zona de convergencia tropical, una época seca (diciembre-abril) y una época lluviosa (mayo-noviembre), con una reducción bien definida de la precipitación en julio y agosto. Las lluvias caen principalmente en la tarde y en la noche.

En la vertiente Caribe, expuesta casi continuamente a la influencia de los vientos alisios del este; no existe una época seca, y las lluvias normalmente son mayores a las 100 mm mensuales.

En las zonas costeras no existe una distribución diaria de las lluvias, aunque las frecuencias son mayores durante las noches y las mañanas (Alfaro, 1981).

En el interior, caen lluvias, principalmente convectivas y orográficas, de mayo a noviembre, generalmente durante las tardes y noches; de diciembre a abril caen durante todo el día, con frecuencias nocturnas mayores.

La precipitación anual posee un ámbito desde aproximadamente 1400 mm (algunas zonas

de Guanacaste y Cartago) hasta 7700 mm (estación T-6, aproximadamente 25 km al noreste de Cartago). O sea, existe una diferencia de aproximadamente 6300 mm en una distancia de 25 km.

Como situaciones que favorecen las lluvias intensas (o temporales) que son capaces de provocar fuertes problemas de erosión, se citan las siguientes:

- Un huracán en el Caribe con una ruta entre 72° y 85° longitud oeste (Coen, 1955). Sólo muy pocos huracanes llegan directamente a Costa Rica. Sin embargo, es posible que el centro de baja presión en el Caribe cause una inversión de los vientos alisios, normalmente dominantes, con la consecuencia de fuertes lluvias orográficas en la vertiente Pacífica (Hidalgo, 1980), como ocurrió en el caso del huracán Juana, en 1988.
- Un disturbio tropical entre 5° y 15° latitud norte (Coen, 1955).
- Influencia de "easterly waves" que producen lluvias intensas en el Caribe de Costa Rica. Especialmente en el invierno, los "nortes", (masas de aire frío), causan precipitaciones fuertes en el Caribe (Hidalgo, 1980).
- Lluvias orográficas en el Caribe por el aumento de los vientos alisios. Estas ondas tienen efectos parecidos a los frentes en las zonas templadas (Hidalgo, 1980).
- Posición de la zona de convergencia inter-tropical (ZCI). Dependiendo de su posición e intensidad la ZCI puede causar lluvias intensas en todas las partes del país, sin embargo, éstas son especialmente importantes en el Pacífico Sur (Hidalgo, 1980).
- Un cambio de la posición del alto de Bermudas o una intensificación del mismo puede aumentar los vientos alisios, con la consecuencia de ocasionar fuertes lluvias orográficas en el Caribe (Hidalgo, 1980).

El presente estudio analiza la erosividad pluvial en Costa Rica. El país, con una red relativamente densa de información pluviográfica, presenta una situación casi única para el análisis de fenómenos climáticos en países tropicales.

En Costa Rica existen estudios sobre la erosividad pluvial por Amézquita y Forsythe (1975) para Turrialba, por Mora (1987) para la cuenca del río Pejibaye, por Fallas y Gutiérrez (1989) para la estación Juan Santamaría, por Vahrson (1989a) para la cuenca del río Reventazón y por Vahrson *et al.* (1989) para diferentes estaciones según

zonas climáticas, pero en todos ellos se aplican métodos diferentes.

En el presente trabajo se utilizó un método propuesto por Woodward (1975) que utiliza como información básica los valores de las cantidades máximas de las lluvias de duración de 6 horas y un período de retorno de 2 años, de 115 estaciones pluviográficas evaluadas en Costa Rica como base de datos.

El objetivo de este trabajo fue presentar los resultados de estos cálculos en un mapa de isoerodentas, a escala 1:1.000.000 para todo el país.

MATERIALES Y METODOS

Para el cálculo de la erosividad anual promedio se aplicó la fórmula siguiente (Woodward, 1975):

$$R=0,00245*(P_{2,6})^{2,17} (100 \text{ pies tonelada}*\text{pulgada}/\text{acre})$$

donde:

R=erosividad promedio anual de las lluvias expresada en 100 pies tonelada*pulgada/acre

$P_{2,6}$ = Cantidad máxima anual de lluvias con una duración de 6 horas y un período de retorno de 2 años.

En este trabajo se utilizaron unidades inglesas para poder comparar los resultados directamente con los mapas del US Soil Conservation Service de los Estados Unidos.

Una conversión de los valores a unidades métricas se obtiene multiplicando los resultados por el factor 0,1702. Las nuevas unidades son entonces MegaJules*mm/ha.

Esta ecuación se aplicó a los valores de las lluvias anuales máximas ocurridas dentro de 6 horas con un período de retorno de 2 años, de 115 estaciones pluviográficas distribuidas a lo largo del país.

Para los análisis de las lluvias extremas se utilizó el método de Gumbel (1945), aplicado a los valores máximos de por lo menos 10 años evaluados de cada estación pluviográfica.

La aplicabilidad del método de Gumbel en las condiciones climáticas de Costa Rica fue probada por Vahrson y Fallas (1988), con un estudio sobre las lluvias máximas en San José, Costa Rica.

Los valores máximos se determinaron mediante la lectura de las bandas pluviográficas anuales del Instituto Costarricense de Electricidad

(ICE) o por la evaluación de registros ya leídos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

Los resultados se mapearon en la escala 1:1.000.000 para todo el país.

Para la interpolación de los valores se tomaron en cuenta las diferentes curvas de nivel y el mapa de la precipitación anual de Costa Rica (IMN, 1985).

RESULTADOS

Los resultados de este estudio están expuestos en el Mapa 1 (Costa Rica, 1:1.000.000) y en el Cuadro 1.

Los valores de la erosividad pluvial calculados de esta manera oscilaron en un ámbito entre 98,5 unidades en la estación Cerro de la Muerte (Falda), como mínimo, y 883,5 unidades en la estación Nagatác, como máximo. Entre mayor sea el valor de este índice, mayor será la erosividad.

La Figura 1 muestra la relación entre altitud y erosividad pluvial en Costa Rica. En las zonas hasta aproximadamente 500 m de altitud los valores presentaron un ámbito de aproximadamente 250 a 870 unidades. Hasta una altitud de aproximadamente 2.000 m el límite superior quedó igual y el límite inferior de las erosividades bajó constantemente. A partir de los 2.000 m la erosividad presentó valores relativamente homogéneos: de 12 estaciones, 11 mostraron valores menores de 200 unidades y solamente una estación, Volcán Poás, con una altitud de 2.650 m, mostró, con un valor de 246 unidades, un comportamiento diferente.

Esto permite utilizar la curva de nivel de aproximadamente 2.000 hasta 2.100 m como isoerodenta de 200 unidades en lugares sin estaciones, (con la excepción de Volcán Poás), delimitando así grandes zonas de la Cordillera de Talamanca y de la Cordillera Central como zonas con baja erosividad pluvial.

También extensos sectores del Valle Central, una franja al oeste de la Cordillera de Guanacaste y los alrededores de la estación Guácimo/Tablas en la cuenca del Río Grande de Térraba, estuvieron caracterizados por valores relativamente bajos (<300 unidades),

Los valores máximos se encontraron en la estación Nagatác, al oeste de San Ramón y en la estación Destierro, en la cuenca del río Reventazón.

Cuadro 1 Valores de la erosividad anual promedio para 115 estaciones de Costa Rica analizadas. No: Número en el mapa. NUMERO: Número oficial de la estación. Estación: Nombre de la Estación. LAT: Latitud. LONG: Longitud. ELEV: Elevación (msnm). R: Erosividad anual (100 pie t/acre).

No.	Número	Estación	Lat.	Long.	Elev.	"R"
1	69505	VARA BLANCA	10,10	84,09	1804	299,7
2	69524	CAÑO NEGRO	10,24	84,46	720	457,9
3	69528	ZARCERO-PALMIRA	10,13	84,23	2010	241,9
4	69535	SAN CARLOS-CRM	10,21	84,24	600	525,6
5	69539	CARIBLANCO	10,16	84,11	830	607,0
6	69543	RIO COTE	10,35	84,54	695	651,4
7	69551	GUATUSO	10,41	84,49	50	277,2
8	69576	BIJAGUA	10,44	85,03	410	345,7
9	69577	BOCA TAPADA	10,41	84,13	60	359,6
10	69585	NUEVA TRONADORA	10,30	84,55	580	200,8
11	71002	LA MOLA	10,21	83,46	70	576,3
12	72101	NICOYA	10,09	85,27	120	329,4
13	72106	SANTA ROSA	10,50	85,37	315	342,0
14	72114	PLAYA PANAMA	10,35	85,40	3	506,2
15	73003	COM. CARTAGO	9,52	83,55	1440	207,0
16	73010	TURRIALBA	9,53	83,38	602	274,8
17	73011	SANATORIO DURAN	9,56	83,53	2337	160,1
18	73013	LOS DIAMANTES	10,13	83,46	249	642,4
19	73022	PACAYAS	9,55	83,49	1735	211,2
20	73026	TAPANTI	9,46	83,50	1203	297,2
21	73027	CAÑON	9,41	83,54	2460	136,8
22	73028	EL HUMO	9,48	83,43	680	429,5
23	73029	EL LLANO	9,46	83,52	1572	265,9
24	73030	CORDONCILLAL	9,45	83,47	1240	869,9
25	73033	VILLA MILLS	9,34	83,43	3000	113,5
26	73034	BELEN	9,44	83,53	2020	234,3
27	73036	T-SEIS	9,43	83,46	2000	610,7
28	73037	DESTIERRO	9,42	83,45	2020	532,5
29	73038	OJO DE AGUA	9,37	83,49	2960	99,9
30	73039	TRES DE JUNIO	9,40	83,51	2630	160,1
31	73040	BERMA	9,40	83,49	2480	166,2
32	73041	LA CANGREJA	9,48	83,58	1830	180,8
33	73042	MUÑECO	9,48	83,55	1410	121,2
34	73043	C. MUERTE FALDA	9,36	83,43	2690	98,0
35	73044	LA SUIZA	9,51	83,37	620	287,9
36	73045	TAUS	9,46	83,43	900	493,9
37	73046	CACHI PLANTEL	9,49	83,48	1018	267,5
38	73047	TUCURRIQUE	9,51	83,45	770	222,6
39	73051	DOS AMIGOS	9,42	83,47	1470	713,6
40	73053	VALVERDE	9,44	83,47	1580	845,9
41	73055	LA AMISTAD	9,59	83,34	560	383,5
42	73057	TABANO	9,44	83,42	1360	575,1
43	73059	LAGUNA	9,58	83,52	3140	108,0
44	73063	EL GATO	9,42	83,42	1600	704,2
45	73074	SAN ANTONIO	9,58	83,43	1190	439,9
46	73075	CERRO GEMELOS	9,42	83,48	1840	400,2
47	73078	COLIBLANCO	9,57	83,48	2200	157,1
48	73079	ORIENTE	9,47	83,43	623	623,3
49	73080	C. MUERTE REP.	9,34	83,46	3365	131,3
50	73081	VOLCAN IRAZU	9,59	83,51	3400	148,2
51	73082	COBAL	10,15	83,40	55	702,8
52	73089	TAPANTI PRESA	9,42	83,46	1921	547,7
53	73091	HDA. DEL CARMEN	10,12	83,29	15	800,5

Continúa...

No.	Número	Estación	Lat.	Long.	Elev.	"R"
54	73096	PALOMO/SAUCE	10,00	83,39	740	297,2
55	74003	SANTA CRUZ	10,16	85,35	54	326,7
56	74006	LA GUINEA	10,25	85,28	40	331,2
57	74019	GUACHIPELIN	10,45	85,23	520	487,2
58	74020	LIBERIA (LL. G.)	10,36	85,32	85	310,9
59	75002	SIQUIRRES	10,06	83,31	70	592,2
60	75003	PLATANILLO	9,49	83,34	889	239,6
61	75004	PACUARE	9,49	83,31	800	169,3
62	75005	PACUAR	9,55	83,34	710	399,2
63	75007	ROCAS BLANCAS	9,45	83,30	825	301,4
64	75008	CUENCAS	9,44	83,36	1835	469,7
65	75022	F. MIRADOR	10,02	83,28	440	615,7
66	76002	TILARAN	10,28	84,58	562	252,6
67	76008	TABOGA	10,21	85,09	40	412,2
68	76026	BAGACES	10,32	85,15	80	462,2
69	76034	FORTUNA-BAG.	10,41	85,12	430	345,7
70	77001	BATAAN	10,05	83,20	15	588,5
71	77002	LA LOLA	10,06	83,23	40	483,9
72	78002	MONTEVERDE	10,18	84,48	1460	312,6
73	78003	PUNTARENAS	9,58	84,50	3	438,9
74	79005	MORAVIA D. CHIRRIPO	9,50	83,27	1200	262,8
75	79007	BOSTON	10,00	83,15	16	403,2
76	80005	NAGATAC	10,04	84,33	450	883,5
77	80007	MACACONA	10,00	84,38	240	390,3
78	81003	LIMON	10,00	83,03	5	688,1
79	83003	ASUNCION	9,54	83,10	130	530,2
80	84001	SAN JOSE	9,56	84,05	1172	206,3
81	84021	J. SANTAMARIA	10,00	84,12	932	204,2
82	84023	LA CENTRAL (FB)	10,01	84,16	840	232,1
83	84030	LAGUNA FRAIJANES	10,05	84,11	1500	432,6
84	84034	LA GARITA (EMB)	9,57	84,21	460	278,9
85	84040	ALTO OCHOMOGO	9,54	83,57	1546	272,4
86	84046	S. JOSECITO HEREDIA	10,02	84,00	1450	234,3
87	84063	VOLCAN POAS	10,11	84,14	2564	246,4
88	84074	PAVAS	9,58	84,08	997	171,2
89	84075	COOPENARANJO	10,07	84,23	1100	250,3
90	84097	BAJO LAGUNA	9,51	84,31	40	457,9
91	87006	SIXAOLA	9,30	82,37	11	488,3
92	87010	AMUBRI	9,31	82,57	70	391,3
93	88015	PLAYON	9,38	84,17	65	789,0
94	88023	COPEY DE DOTA	9,39	83,55	1880	115,0
95	94005	PROVIDENCIA	9,31	83,52	1490	233,6
96	98002	VOLCAN DE B.A.	9,13	83,27	418	524,4
97	98006	PALMAR SUR	8,57	83,28	16	736,9
98	98007	SAN VITO DE JAVA	8,50	82,59	890	331,2
99	98010	CEDRAL	9,22	83,33	1450	582,4
100	98011	BOLIVIA	9,11	83,38	950	467,6
101	98012	POTRERO GRANDE	9,01	83,11	183	328,5
102	98013	RIO NEGRO	8,53	82,52	955	417,3
103	98014	HELECHALES	9,04	83,04	1050	572,7
104	98018	UJARRAS	9,14	83,18	525	538,3
105	98022	LA PIÑERA	9,08	83,20	350	468,7
106	98031	BUENA VISTA	9,30	83,40	1310	168,1
107	98032	ALTO SAN JUAN	9,20	83,44	1040	628,3
108	98033	SAN JERONIMO	9,21	83,30	1140	466,5
109	98034	GUACIMO/TABLAS	8,56	83,07	360	265,2
110	98035	LIMONCITO	8,51	83,00	820	362,4
111	98036	MAIZ DE BORUCA	9,01	83,25	520	380,6
112	98037	CAJON DE BORUCA	8,57	83,20	80	598,3
113	98043	LAS MELLIZAS	8,52	82,47	1420	436,8
114	98066	FILA SAVEGRE	9,26	83,49	1280	630,9
115	100035	COTO 47	8,36	82,59	8	623,3

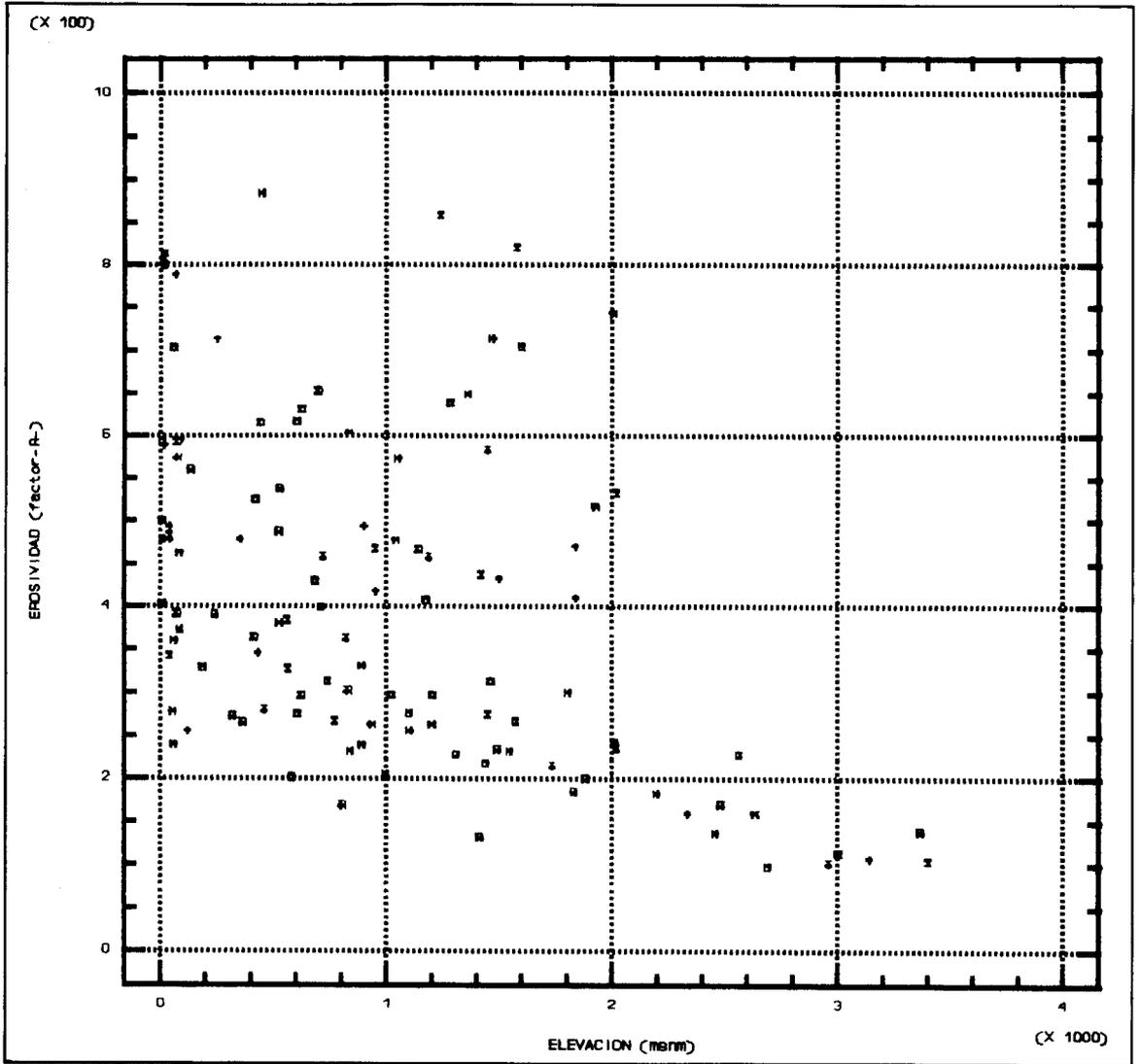


Fig. 1. Relación entre altitud y erosividad pluvial para 115 estaciones pluviográficas evaluadas en Costa Rica.

Erosividades pluviales altas, mayores de 700 unidades afectan una gran parte de las llanuras de la provincia de Limón, y la zona costera del Pacífico Central y Pacífico Sur. En ambos casos, para el trazado de las isoerodentas se tomó en cuenta los mapas de precipitación anual y las direcciones de los vientos predominantes en estas zonas.

Areas de lluvias con alta erosividad pueden existir también en la vertiente oeste de la cordillera de Talamanca, en forma análoga a la situación que

se presenta en la cuenca del río Reventazón. Sin embargo, no existe en esta zona ninguna estación pluviográfica que permita una comprobación de este supuesto. Las líneas trazadas en esta región corresponden entonces a analogías, sin poder identificar eventuales mínimos o máximos.

La Zona Norte presentó cierta homogeneidad, y la distribución de las erosividades fue muy similar al régimen de las lluvias máximas diarias anuales (Vahrson, 1989). Una reducción de la erosividad conforme aumenta la distancia al mar

Caribe comprueba la importancia de los vientos alisios en esta zona.

Una excepción, con un máximo local con valores mayores a las 600 unidades, se presenta en la zona de la depresión del lago de Arenal, donde también existe un máximo local de las lluvias anuales, supuestamente por estar expuesta a la influencia de las lluvias provenientes del Pacífico y del Atlántico.

Guanacaste, Nicoya y el Pacífico Norte presentaron erosividades pluviales relativamente bajas o medianas, en correspondencia a la cantidad relativamente baja de las lluvias anuales. Los valores oscilaron entre 200 y 500 unidades, y en su mayoría se encuentran alrededor de las 400 unidades. Aquí la península de Nicoya presenta un problema por escasez de estaciones pluviográficas; la línea interrumpida de 400 unidades corresponde entonces a una estimación basada en una comparación con el mapa de precipitación anual.

En el Pacífico Sur la erosividad de las lluvias presentó su valor más bajo en la estación Guácimo/Tablas, con menos de 300 unidades. Una franja al este del valle del río Grande de Térraba muestra valores relativamente altos, superiores a las 500 unidades. Aquí se puede suponer que los mismos efectos de sotavento y barlovento que originan la protección en la estación Guácimo/Tablas, causan una mayor intensidad de las lluvias en esta zona, provocada por el paso del río Grande de Térraba.

DISCUSION

Como ya se indicó, la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo es una ecuación totalmente empírica que no está basada en el análisis de los procesos de erosión y pérdida de suelos existentes en Costa Rica, sino en primer lugar, en cálculos de regresiones en el medio oeste de los Estados Unidos. No existe una calibración para Costa Rica. Además existen varias fórmulas diferentes para el cálculo de la erosividad pluvial.

En el caso de los resultados obtenidos, los valores máximos de la erosividad anual fueron alrededor de 50% más altos que los valores publicados para Puerto Rico y para el resto de los Estados Unidos (US Soil Conservation Service, 1980), es decir, se salen totalmente del ámbito de la calibración.

Por otro lado, Mora (1987) y Fallas y Valverde (1989) llegan a valores todavía mayores en sus análisis de la erosividad de las lluvias en la cuenca del río Pejibaye y en la estación Juan Santamaría, utilizando la ecuación original de Wischmeier sin un límite inferior para la intensidad mínima erosiva como propone Hudson (1971). El valor de la erosividad anual promedio determinado por Amézquita y Forsythe (1975) para Turrialba (122 unidades) es considerablemente menor que el valor determinado en este trabajo (275 unidades).

Estos valores altos sin embargo parecen razonables si se comparan, por ejemplo, las lluvias anuales de los Estados Unidos y Puerto Rico con los valores más altos presentes en Costa Rica.

La base de datos de los valores de erosividad calculados fueron los valores máximos de 6 horas con un período de retorno de 2 años. Dentro de estos valores las lluvias del tipo "temporal" son las que predominan, y no tanto las lluvias mucho más intensas de duración más corta, como se desarrollan durante tempestades. Por tales razones, los valores de la erosividad calculados, se consideran, no tanto valores absolutos, sino más bien, valores relativos, que permiten diferenciar entre zonas de alto y de bajo riesgo de erosión hídrica, de acuerdo a las características de la precipitación.

RESUMEN

Con base en una fórmula adaptada y desarrollada para las condiciones climáticas de los Estados Unidos, se determinaron los valores de la erosividad pluvial anual promedio para 115 estaciones pluviográficas en Costa Rica. El ámbito de estos valores osciló entre 98 y 883 unidades, mostrando valores bajos en altitudes mayores de 2000 m, valores altos en las zonas costeras y zonas con alta precipitación anual y una alta variabilidad donde existen grandes diferencias microclimáticas.

Existen dudas con respecto a la aplicabilidad de la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo para la situación de Costa Rica, (clima tropical húmedo en grandes partes) y los valores máximos de "R" (erosividad pluvial anual promedio) sobrepasaron los valores de "R" de los Estados Unidos y de Puerto Rico ampliamente, o sea, los valores altos se salieron completamente del ámbito de la calibración de la EUPS.

Por esta razón, se considera que los valores presentados, son más valores relativos que valores absolutos, sin embargo, permiten diferenciar entre zonas con mayor y menor influencia de la precipitación sobre la erosión hídrica, poniendo énfasis en los procesos laminares.

AGRADECIMIENTO

A los Lic. I. Arauz, Br. R. Chacón, Lic. L. Hernando, Lic. M. Romero y Br. S. Sánchez por la lectura de las bandas pluviográficas, al Lic. G. Hernández por la cartografía, al Instituto Meteorológico Nacional y el Instituto Costarricense de Electricidad por la información pluviográfica, al proyecto FAO/MAG (Conservación de Suelos) por el apoyo financiero parcial brindado a este proyecto.

LITERATURA CITADA

- ALFARO, M. 1981. Algunos aspectos de la precipitación en Costa Rica. Tesis Lic. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias. 107 p.
- AMEZQUITA, C.E.; FORSYTHE, W.M. 1975. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelos en Turrialba, Costa Rica. p. 30.
- COEN, E. 1955. Las inundaciones de 1955, problemas de prevención. San José, Servicio Meteorológico Nacional.
- DUNNE, T.; LEOPOLD, L. 1978. Water in environmental planning. New York. p. 818.
- FALLAS, J.; VALVERDE, C. 1989. Erosividad de la precipitación en el mes de mayo en la estación Juan Santamaría, Alajuela. *In* Congreso Nacional de Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental (3., 1989, San José). Memorias. San José. p. 78-85.
- FOURNIER, F. 1967. Research on soil erosion in Africa. *African Soils* 12:53-96.
- GUMBEL, E.J. 1945. Floods estimated by the probability method. *Engineering News Record* 134:833-837.
- HIDALGO, H. 1980. Heavy rainfall in Costa Rica. Thesis. Birmingham University.
- HUDSON, N.W. 1971. Soil conservation. London.
- INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL. 1985. Atlas climatológico de Costa Rica. San José, IMN. p. 28.
- JACKSON, I.J. 1977. Climate, water and agriculture in the tropics. London. 248 p.
- KIRKBY, M.J.; MORGAN, R.P.C. 1984. Erosión de suelos. México, D.F. 375 p.
- LAL, R. 1975. Analysis of factors affecting rainfall erosivity and soil erodibility. *In* Soil Conservation and Management in the Humid Tropics. Ed. by D.J. Greenland and R. Lal. London. p. 49-56.
- MORA, I. 1987. Evaluación de la pérdida de suelo mediante la Ecuación Universal (EUPS): Aplicación para definir acciones de manejo en la cuenca del río Pejibaye, vertiente Atlántica, Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 104 p.
- STOCKING, M. 1987. Measuring land degradation. *In* Land Degradation and Society. Ed. by P. Blaikie and H. Brookfield. London. p. 49-63.
- US SOIL CONSERVATION SERVICE. 1980. Universal soil loss equation. San Juan, Puerto Rico, Caribbean Area Technical Notes.
- VAHRSON, W.G. 1989. Starkregenereignisse, intensitäten und frequenzen in Costa Rica. (en prensa)
- VAHRSON, W.G. 1989. La erosividad pluvial en la cuenca del río Reventazón, Costa Rica. *In* Congreso Nacional de Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental (3., 1989, San José). Memorias. San José. p. 124-137.
- VAHRSON, W.G.; FALLAS, J. 1988. Evaluación de tres métodos para estimar períodos de retorno de lluvias máximas en 24 horas en la estación San José, Costa Rica. San José, Instituto Meteorológico Nacional. 40 p. (Nota de Investigación no. 7)
- VAHRSON, W.G.; ARAUZ, I.; CHACON, R.; ROMERO, M.; SANCHEZ, S. 1989. Análisis probabalístico de las lluvias intensas en Costa Rica. (en prensa)
- WISCHMEIER, W.H. 1959. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 23:246-249.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. Washington D.C., USDA. (Agriculture Handbook no. 537)
- WOODWARD, D.E. 1975. Discussion of "estimation of rainfall erosion index". *J. Irr. and Drain., Div. Am. Soc. Civil Engers.* 101:245-247.