

CONSERVACION DE SUELOS

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA EROSIVIDAD DE LAS LLUVIAS EN LA REPUBLICA DE GUATEMALA

Marco Enrique Bravo de León*

José Jesús Chonay Pantzay**

Alan Roberto González Figueroz**



RESUMEN

La distribución e intensidad de las lluvias causan el desprendimiento del suelo, dando origen a lo que se denomina erosión hídrica. Para analizar este proceso erosivo deben cuantificarse los índices de erosividad y conocer sus variaciones para la República de Guatemala.

Los cálculos de los índices de erosividad de las lluvias fueron analizados para cada estación pluviográfica del país (13, 12, 11, 6, 8, 5).

El presente trabajo constituye la etapa final de estimación de los índices de erosividad de las estaciones pluviométricas, mediante la selección de la ecuación de regresión con mayor índice de correlación para aumentar la densidad del factor "R" de la ecuación universal de predicción de pérdida de suelo.

El mapa de iserosividad servirá de base para calcular las pérdidas de suelo y será una guía útil en la evaluación, selección y planificación de prácticas mecánicas y vegetativas de conservación de suelos.

En base a las curvas de iserosividad se concluye que el rango de variación de "R" va de 2,000 a 34,000 MJ.mm/ha. hora, año. Mayores valores de "R" nos indican áreas con mayor riesgo a la pérdida del suelo; la superposición del mapa de iserosividad con mapas temáticos del país permitirá identificar áreas críticas a la erosión hídrica.

* Autor del trabajo de investigación para optar al Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola.

** Ingeniero Agrónomo M.C. Docente-investigador de la Facultad de Agronomía, USAC. Asesor de tesis.

*** Ingeniero Agrónomo M. Sc. Investigador, División de Estudios Geográficos del Instituto Geográfico Militar. Asesor de tesis.

INTRODUCCION:

En Guatemala, las características de vegetación, suelos y relieve permiten la susceptibilidad del recurso suelo a la erosión debido a la intensidad de las lluvias; por lo que el país requiere aprovechar dicho recurso de una manera eficiente.

La cubierta vegetal que en 1950 se calculó en un 64.7 o/o y en 1981 se estimó en 39.6 o/o evidencia el aumento de regiones deforestadas, por lo que cabe señalar que la cubierta vegetal es un factor importante contra el impacto de la precipitación (15).

La disminución de la cubierta forestal manifiesta el riesgo al deterioro del suelo que provocan la intensidad de las lluvias que inciden en los procesos erosivos (9).

Debe contarse con información acerca de la capacidad de las lluvias para producir erosión, debe cuantificarse la agresividad de la lluvia y saber sus variaciones en el tiempo ya que ésta constituye el factor que determina la dispersión del suelo, reduce la infiltración y aumenta la escorrentía (1).

Este trabajo comprende la estimación de los índices de erosividad en estaciones pluviométricas, ya que previamente se determinó el índice de erosividad de las lluvias en las estaciones pluviográficas del país. Por lo que el mismo presenta la potencialidad de las lluvias para producir erosión en el territorio de la República de Guatemala.

Se utilizó la metodología de estimación de "R" por correlación y se interpoló para proyectar las curvas de isoerosividad; por lo que el mapa establece un diagnóstico de la capacidad erosiva de las lluvias y es útil en la evaluación, selección y planificación de prácticas de conservación del suelo en cada lugar particular de la República.

MATERIALES Y METODOS

La República de Guatemala está situada en la región subtropical del hemisferio norte, con una extensión de 108,889 km², entre los paralelos 13°44' a 18°30' al Norte y meridianos 87°24' a 92°14' al Oeste de Greenwich. El país tiene 962 km fronterizos con México, 200 km, con Belice, 147 km, con El Salvador y 300 km, con Honduras; sus litorales se prolongan a 170 km, hacia el mar de Las Antillas y 240 km, del lado del Pacífico. El relieve es marcadamente alto, con casi el 60 o/o de niveles montañosos.

Para las diferentes zonas ecológicas la precipitación pluvial varía desde 400 hasta 4000 mm anuales con variaciones altitudinales que van desde el nivel del mar hasta 4000 m. La variabilidad del país en clima, suelos y altitud es un factor importante en el tipo de vegetación y por tanto, en la clase de cultivos que pueden producirse (4).

Se distinguen en el país cuatro provincias fisiográficas que son de Norte a Sur: las Tierras bajas del Petén, La Cordillera Central, La Provincia Volcánica y la Planicie Costera del Pacífico (7)

Según el Diccionario Geográfico Nacional (7) en el país se determinan claramente dos regiones hidrográficas: la de los ríos que desembocan en el Océano Pacífico y la de los que vierten sus aguas en el Océano Atlántico, esta última se divide en dos: la región hidrográfica del Golfo de México y la del Golfo de Honduras.

La temperatura de las diversas localidades es tan variada como la superficie del suelo, pero sin tocar en ninguna de ellas los extremos de frío o calor.

El presente trabajo de investigación consistió en la recopilación de la información de los índices de erosividad de las lluvias, de la ecuación universal de predicción de pérdida de suelo. Para el cálculo se utilizó la metodología del E130' propuesta por Wischmeier y Smith en 1959 (16).

En el cuadro 1, se presentan las estaciones meteorológicas que cuentan con pluviógrafo en todo el país, a las cuales se analizó y determinó el índice de erosividad (13, 12, 11, 6, 8, 5).

CUADRO 1
ESTACIONES PLUVIOGRAFICAS, SU UBICACION O INDICES DE
EROSIVIDAD PARA LA REPUBLICA DE GUATEMALA

| Código | Nombre de la estación | Latitud G M S | Longitud G M S | Altura m,s,n,m, | Indices de erosividad MJ.mm/ha.hora.año |
|---------|--------------------------|------------------|-------------------|--------------------|--|
| 3.14.1 | Santa Cruz Balanyá | 14-41-18 | 90-54-55 | 2080 | 2548.01 |
| 6.1.20 | Observatorio Nacional | 14-35-11 | 90-31-58 | 1502 | 3869.76 |
| 6.1.10 | Radio Sonda | 14-34-16 | 90-54-55 | 1460 | 3329.10 |
| 6.1.3 | La Brigada | 14-38-40 | 90-34-30 | 1610 | 3976.92 |
| 6.2.3 | Mil Flores | 14-28-12 | 90-37-45 | 1189 | 3251.35 |
| 12.3.1 | Morazán | 14-55-49 | 90-08-31 | 370 | 4568.72 |
| 11.9.5 | Mi Ilusión | 15-55-15 | 89-14-00 | 10 | 18662.56 |
| 8.1.4 | Puerto Barrios | 15-44-16 | 88-35-30 | 2 | 15022.64 |
| 8.4.6 | Mariscos | 15-25-26 | 89-04-54 | 1 | 11411.54 |
| 1.7.10 | Panzós | 15-33-50 | 89-38-25 | 30 | 11070.32 |
| 8.4.7 | Los Amates | 15-15-55 | 89-05-44 | 76 | 9245.38 |
| 11.11.2 | El Porvenir | 16-31-00 | 90-89-08 | 125 | 5777.46 |
| 8.3.6 | Las Vegas | 15-36-00 | 88-58-00 | 10 | 5540.45 |
| 1.1.8 | Cobán | 15-28-00 | 90-24-27 | 1383 | 3700.35 |
| 22.6.2 | Unión | 14-57-48 | 89-17-28 | 1000 | 6835.96 |
| 22.3.2 | Fragua | 14-57-51 | 89-35-05 | 218 | 1565.73 |
| 4.5.4 | Ipala | 14-37-15 | 89-37-05 | 828 | 4144.98 |
| 4.4.2 | Esquipulas | 14-33-32 | 89-20-31 | 950 | 6513.07 |
| 10.3.1 | Asunción Mita | 14-20-04 | 89-43-21 | 478 | 4500.39 |

| Código | Nombre de la estación | Latitud G M S | Longitud G M S | Altura m.s.n.m. | Indices de erosividad MJ.mm/h |
|---------|-----------------------|------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|
| 10.11.2 | Montúfar | 13-48-38 | 90-09-18 | 10 | 8113.52 |
| 10.9.2 | El Jobo | 14-00-32 | 89-54-26 | 330 | 5332.46 |
| 9.1.2 | Potrero Garrillo | 14-45-38 | 89-55-56 | 1760 | 2667.75 |
| 2.3.3 | Caibita | 14-39-34 | 89-52-32 | 960 | 4129.30 |
| 5.0.5 | San José | 13-56-10 | 50-50-04 | 6 | 9770.09 |
| 5.1.14 | Sábana Grande | 14-22-00 | 90-50-00 | 730 | 29078.39 |
| 5.1.17 | El Chupadero | 14-16-07 | 90-47-33 | 270 | 21413.47 |
| 5.10.8 | Comantulul | 14-19-00 | 91-03-00 | 280 | 26073.98 |
| 5.12.8 | Tiquisate | 14-17-10 | 91-32-21 | 70 | 19177.91 |
| 18.1.3 | Los Esclavos | 14-15-10 | 90-16-42 | 737 | 12739.14 |
| 17.3.1 | Catarina | 14-51-30 | 92-04-36 | 233 | 30841.59 |
| 17.1.3 | San Marcos | 14-57-15 | 91-48-34 | 2420 | 1709.44 |
| 13.14.3 | Labor Ovalle | 14-51-20 | 91-30-50 | 2420 | 1166.45 |
| 15.3.2 | El Asintal | 14-33-43 | 91-43-28 | 355 | 30646.23 |
| 20.1.3 | Chojojá | 14-32-43 | 91-29-34 | 430 | 33635.89 |
| 20.4.11 | La Concha | 14-26-58 | 91-11-00 | 670 | 34047.58 |
| 7.1.3 | Huehuetenango | 15-12-02 | 91-28-05 | 1902 | 1603.79 |
| 7.19.3 | San Pedro Necta | 15-19-42 | 91-45-49 | 1600 | 1996.33 |
| 7.30.3 | Soloma | 15-39-10 | 91-36-03 | 1600 | 1642.95 |
| 7.31.2 | Todos Santos | 15-30-35 | 91-36-12 | 2500 | 1034.50 |
| 14.5.2 | Chinique | 15-02-22 | 91-01-41 | 2000 | 1552.88 |
| 14.8.1 | Nebaj | 15-23-53 | 91-08-22 | 1906 | 2095.14 |
| 19.10.5 | El Capitán | 14-38-35 | 91-08-26 | 1562 | 1615.04 |
| 19.19.4 | Sgo. Atitlán | 14-37-56 | 91-13-53 | 1592 | 1437.31 |
| 19.5.2 | Xejuyú | 14-44-20 | 91-07-30 | 2400 | 1307.31 |
| 21.1.4 | Juchanep | 14-56-08 | 91-22-58 | 2500 | 1068.11 |

Recopilados los valores del factor "R", se localizó la red de estaciones con pluviógrafo, de acuerdo a las coordenadas geográficas y se asignó a cada estación su respectivo índice, en un mapa de la República de Guatemala a escala 1:1,000,000.

La precipitación promedio anual de las estaciones pluviográficas registradas en las tarjetas de control meteorológico del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología Meteorológica e Hidrología se correlacionó con los índices de erosividad de esas estaciones. Cada ecuación de regresión se eligió en base a las provincias fisiográficas; para este caso se dividió el país en cuatro regiones.

Las estaciones pluviométricas y el valor de la precipitación promedio anual de cada una de ellas fueron utilizadas para ampliar la densidad de estaciones a las cuales se estimó el valor de "R" o índices de erosividad a nivel nacional.

1. Análisis de correlación y regresión del índice de erosividad y la precipitación promedio anual para estaciones con pluviógrafo.

En la generación de la ecuación se utilizó como variable X la precipitación promedio anual en mm, y Y índices de erosividad, para encontrar la relación de mejor ajuste entre las variables seleccionadas mediante el coeficiente de regresión.

En el cuadro 2 se presentan los coeficientes de correlación para las diferentes ecuaciones y provincias fisiográficas.

CUADRO 2
PROVINCIAS FISIOGRAFICAS, SU COEFICIENTE DE
CORRELACION Y MODELO ESTADISTICO.

| Provincia fisiográfica | r_L | r_G | r_E |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Tierras Bajas del Petén | 0.93 | 0.84 | 0.83 |
| Cordillera Central 1 | 0.59 | 0.57 | 0.55 |
| Cordillera Central 2 | 0.81 | 0.85 | 0.84 |
| Planicie Costera del Pacífico | 0.93 | 0.96 | 0.93 |
| | Modelo estadístico | Modelo estadístico | Modelo estadístico |
| | $y = a + bx$ | $y = ax^b$ | $y = ab^x$ |

2. Estimación de "R" por correlación:

Para la elaboración del mapa de capacidad erosiva de las lluvias en todo el territorio de la República de Guatemala, se utilizó la metodología propuesta por Paulet (10) modificada en la presente investigación para la estimación de los índices de erosividad.

- Se recopiló el valor de la precipitación promedio anual de las estaciones meteorológicas con pluviómetro.
- Para cada estación fisiográfica el "R" se estimó en base a la ecuación de regresión seleccionada.

CUADRO 3
ECUACIONES DE PREDICCIÓN PARA EL ESTIMADO DE "R" EN
CUALQUIER ESTACION PLUVIOMETRICA, SEGUN LA PROVINCIA
FISIOGRAFICA Y EL COEFICIENTE DE CORRELACION

| Provincia fisiográfica | Ecuación de Predicción | | | r |
|-------------------------------|---|---|-----------------------------|------|
| | Modelo lineal $y = a + b(\overline{PPA})$ | | | |
| Tierras bajas del Petén | "R" | a | b | |
| | Estimado | - 5090.89 | + 6.01 (\overline{PPA}) | 0.93 |
| Cordillera Central 1 | " | 929.59 | + 0.47 (\overline{PPA}) | 0.59 |
| Cordillera Central 2 | " | - 3945.68 | + 7.95 (\overline{PPA}) | 0.81 |
| | | Modelo geométrico $y = a(\overline{PPA})^b$ | | |
| Planicie Costera del Pacífico | "R" | a | b | |
| | Estimado | - 0.29 (\overline{PPA}) | 1.35 | 0.96 |

De acuerdo con Brinker y Taylor (2), con el uso de una regla de escalas y una escuadra se interpoló el valor de "R" entre el índice de erosividad estimado de una estación pluviométrica y el índice de erosividad calculado de una estación pluviográfica.

En el cuadro 3 se observa que:

y = estimación del valor de "R" en MJ.mm/ha.hora.año

a y b = son los coeficientes de regresión

PPA = Precipitación promedio anual de cualquier estación pluviométrica

r = coeficiente de correlación

RESULTADOS Y DISCUSIONES:

En la figura 1, se presenta el mapa preliminar con las curvas de isoerosividad para la República de Guatemala, escala 1:1,000,000; el cual se obtuvo a partir de la interpolación gráfica entre valores calculados y estimados del factor "R".

Las curvas de isoerosividad están trazadas a cada 2000 unidades, o sea a intervalos con múltiplos de 2, que se distribuyen siguiendo tendencias definidas. Para el Norte del país se proyectan curvas con valores crecientes que oscilan de 2000 a 1,000 MJ. mm/ha.hora.año.

En el sector Centro-Este del país las variaciones en las curvas de isoerosividad van desde 2000 a 8000; mientras que para el Sur los valores tienen una ten-

dencia creciente a partir del litoral del Pacífico hacia la Planicie Costera con índices de 6000 a 34,000 y de aca decrece hacia la provincia volcánica con valores de 34,000 a 2000 MJ.mm/ha.hora.año.

Para el sector Oeste del país, los índices oscilan entre 1000 a 2000 MJ.mm/ha.hora.año; por lo que se le considera como zona de menor potencial erosivo de las lluvias. Este sector que se identifica como $1 < 2$, indica que el rango de valores se encuentra comprendido entre 1 y 2 según lo muestra la isolínea en la figura 1.

Las zonas de mayor potencial erosivo coincide con la Planicie Costera del Pacífico la cual por su posición fisiográfica recibe los sedimentos de las tierras altas volcánicas de la Provincia Volcánica.

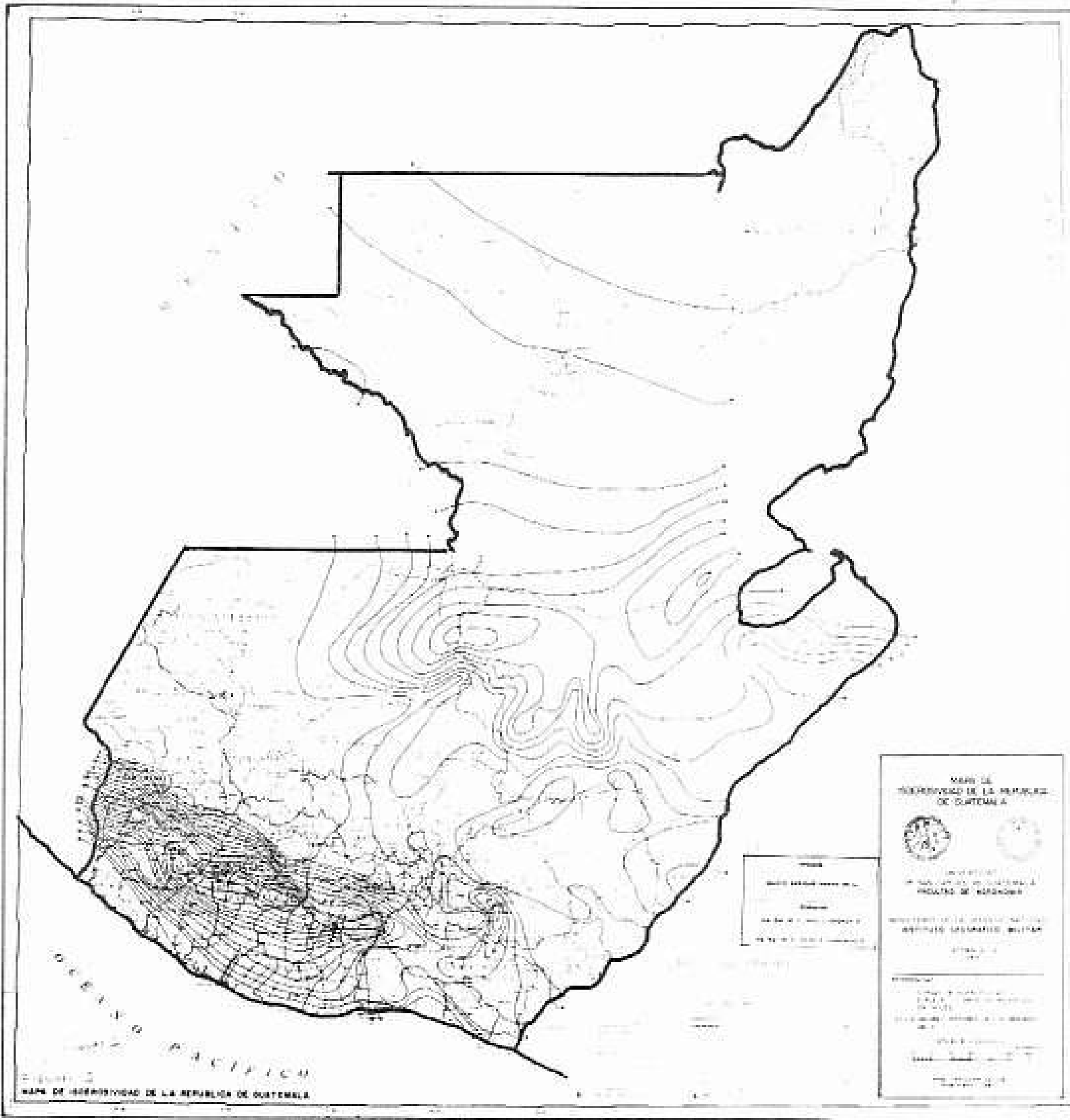
El modelo de mejor ajuste que caracteriza las relaciones entre estaciones pluviográficas es el modelo lineal.

Áreas potencialmente erosionables.

La determinación de estas áreas pueden efectuarse de acuerdo a los comportamientos variables de los valores de "R", resulta que a mayor valor de este corresponden mayores riesgos de pérdida de suelo por efectos de las lluvias. Que varían con las condiciones de cobertura vegetal, características del suelo y pendiente, estos aspectos se representan en los mapas temáticos del país.

CONCLUSIONES

1. El modelo de mejor ajuste, en el análisis de las provincias fisiográficas para la relación de la precipitación promedio anual con el factor "R" o índice de erosividad es el lineal, presentando diferentes coeficientes de correlación.
2. En el mapa de capacidad erosiva de las lluvias para la República de Guatemala, el rango de variación de los índices de erosividad va de 2,000 a 34,000 MJ.mm/ha.hora.año. La región de mayor potencial erosivo coincide con la Planicie Costera del Pacífico, mientras que al Oeste del país se le considera región de menor potencial erosivo; sin embargo el riesgo a la erosión puede ser mayor en esta región debido a la topografía accidental y la escasa cobertura vegetal.



MAPA DE ALTIMETRIA DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA

BIBLIOGRAFIA

1. BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Física de suelos. Trad. la 4ta. ed. inglesa por Jorge Manuel Rodríguez. México, UTHEA, 1983. 429 p.
2. BRINKER, R.C.; TAYLOR, W.C. Topografía elemental. Trad. por José Luis Lepe. México, D.F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1969. 686 p.
3. CASTAÑEDA, L. et al. Diagnóstico de la situación de los recursos naturales de Guatemala. Tikalia (Gua) 1 (2), 1983, 93-97.
4. CASTAÑEDA, C.; PINTO, D. Recursos naturales de Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981, 142 p.
5. CID ASTURIAS, R.G. DEL. Determinación del índice de erosividad de la lluvia para las estaciones pluviográficas de la zona noroccidental de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1986. 47 p.
6. GALINDO PEREIRA, F. Determinación del índice de erosividad de la lluvia para las estaciones pluviográficas ubicadas en la región sur de Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1987. 55 p.
7. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala, tomo 2, 1978. 1983 p.
8. HERNANDEZ DIAZ, H. Determinación del índice de erosividad de la lluvia en la zona suroccidental de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1986. 42 p.
9. MONTALDO, P. Agroecología del trópico americano. San José, C.R., IICA, 1982. 207 p.
10. PAULET I., M. et al. Intensidades máximas y erosividad de las lluvias en la República Dominicana, Santo Domingo, IICA-INDRHI, 1982. 83 p.
11. PAZ A., O. Determinación del índice de erosividad de la lluvia para las estaciones pluviográficas de la zona oriente de Guatemala. Sin publicar.
12. PORTILLO, E. Determinación del índice de erosividad de la lluvia para las estaciones pluviográficas de la zona norte de Guatemala. Sin publicar.

13. ROLDAN, J.M. Determinación del índice de erosividad de la lluvia para las estaciones pluviográficas de la zona central de Guatemala.
Sin publicar.
14. SARCEÑO Z., E.R. Análisis estadístico descriptivo, Guatemala, Editorial Universitaria, 1984. 329 p.
15. SUAREZ DE CASTRO, F. Conservación de suelos. San José, C.R., IICA, 1980. 321 p.
16. WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. Washington D.C., U.S. Department of Agriculture, Agriculture Hand book No. 537, 1978. 58 p.