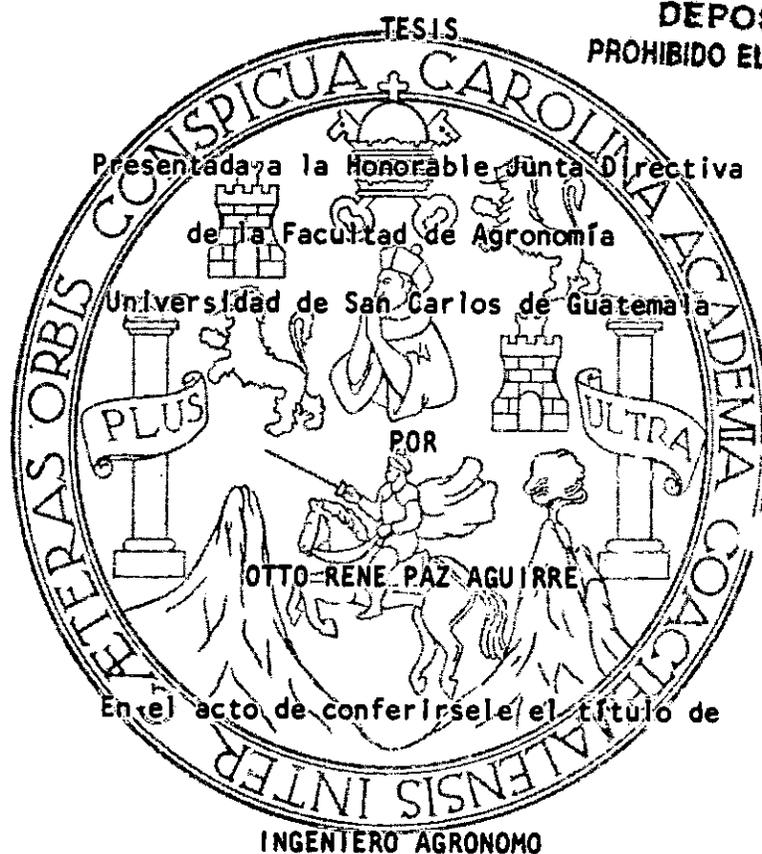


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DETERMINACION DEL INDICE DE EROSIVIDAD DE LA LLUVIA
DE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO PARA
LA ZONA ORIENTAL DE GUATEMALA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

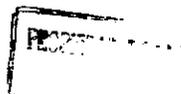


En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA

1,988



Dh
01
T(1205)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Lic. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Anibal B. Martinez Muñoz
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez Gómez
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Jorge Sandobal Illescas
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Mario F. Melgar Morales
VOCAL CUARTO	Br. Marco Antonio Hidalgo
VOCAL QUINTO	P. A. Byron Milián
SECRETARIO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio



Referencia
Diario

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

7 de octubre de 1988

Ingeniero Agrónomo
Aníbal Martínez M.
Decano Fac. de Agronomía

Señor Decano:

En atención a la designación que esa Decanatura me hiciera para asesorar el trabajo de tesis del estudiante Otto René Paz Aguirre, carnet No. 79-10017, titulado: "DETERMINACION DEL INDICE DE EROSIVIDAD DE LA LLUVIA DE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO PARA LA ZONA - ORIENTAL DE GUATEMALA", informo a usted que he concluido la asesoría y revisión del mismo.

Dicho trabajo constituye un valioso aporte a las investigaciones básicas sobre el potencial erosivo de las lluvias. En tal sentido, recomiendo su aprobación e impresión ya que cumple con los requisitos establecidos por las Normas para la planificación, ejecución y presentación de tesis de grado en esta casa de estudios.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. M.C. José J. Chonay P.
ASESOR

100

Guatemala,

7 de octubre de 1,988

Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

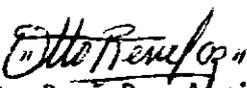
Señores miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"DETERMINACION DEL INDICE DE EROSIVIDAD DE LA LLUVIA
DE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO PARA
LA ZONA ORIENTAL DE GUATEMALA"

Presentandolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,


Otto René Paz Aguirre

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODO PODEROSO

A Mis Padres Genaro Ovidio Paz Vargas
 Zoila Rosa Aguirre de Paz

A Mi Esposa Maria Teresa Corado de Paz

A Mi Hija Maria José Paz Corado

A Mis Hermanos Mynor Ovidio Paz Aguirre
 Dora Alicia Paz de Quiroz

A Mis Abuelos Especial cariño

A La Familia Corado Meléndez

A Mi Familia en general

TESIS QUE DEDICO

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCION

AGRADECIMIENTOS

De manera muy especial, manifiesto mi agradecimiento al Ingeniero Agrónomo M.C. José Jesús Chonay P., asesor del presente trabajo de investigación, por sus valiosas observaciones y orientación científica.

Agradezco también al Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, especialmente al personal del Departamento de Climatología, por su atención y colaboración al presente trabajo.

A los amigos y compañeros Jorge Mario Roldán, Edwin Leonel Portillo, Hernán Hernández, Rudy del Cid y Filiberto Galindo, que colaboraron en la investigación.

INDICE DE CONTENIDO

		-Página
	INDICE DE CUADROS	-iii-
	INDICE DE FIGURAS	-v-
	RESUMEN	-vi-
I	INTRODUCCION	1
II	OBJETIVO	2
III	REVISION DE LITERATURA	3
	1. CONCEPTOS GENERALES	3
	2. METODOS PARA PREDECIR LA PERDIDA DE SUELO	4
	3. ECUACION UNIVERSAL DE PREDICION DE PERDIDA DE SUELO	4
	4. ENERGIA DE LA LLUVIA	6
	5. INDICE DE EROSIVIDAD	7
IV	MATERIALES Y METODOS	12
	1. DESCRIPCION DE LA ZONA ORIENTAL DE GUATEMALA	13
	2. RECOPILACION DE LA INFORMACION	15
	3. ANALISIS DE LA INFORMACION	15
V	RESULTADOS	18
	1. DISTRIBUCION-PROMEDIO MENSUAL DEL INDICE DE EROSIVIDAD	19
VI	DISCUSION DE RESULTADOS	37
VII	CONCLUSIONES	38

INDICE DE CONTENIDO

		Página
VIII	RECOMENDACIONES	39
IX	BIBLIOGRAFIA	40
X	APENDICE	42

INDICE DE CUADROS

En el texto:

CUADRO		Página
1	Valores de R de otros países	10
2	Ubicación geográfica de las estaciones pluviográficas de la zona oriental de Guatemala.	12
3	Indices de erosividad y número de eventos con intensidad erosiva de las estaciones analizadas.	18
4	Indice de erosividad de lluvia, estación Unión, de 1,971 a 1,984, expresado en MJ.mm/ha.h.año.	19
5	Indice de erosividad de lluvia, estación Fragua, de 1,960 a 1,962 y 1,971 a 1,984, expresado en MJ.mm/ha.h.año.	21
6	Indice de erosividad de lluvia, estación Ipala, de 1,971 a 1,983, expresado en MJ.mm/ha.h.año.	23
7	Indice de erosividad de lluvia, estación Esquipulas, de 1,972 a 1,976, expresado en MJ.mm/ha.h.año.	25
8	Indice de erosividad de lluvia, estación Asunción Mita, de 1,974 a 1,984, expresado en MJ.mm/ha.h.año.	27
9	Indice de erosividad de lluvia, estación Montúfar, de 1,973 a 1,980, expresado en MJ.mm/ha.h.año.	29
10	Indice de erosividad de lluvia, estación Jobo, de 1,974 a 1,982, expresado en MJ.mm/ha.h.año.	31
11	Indice de erosividad de lluvia, estación Potrero Carrillo, de 1,975 a 1,983, expresado en MJ.mm/ha.h.año.	33
12	Indice de erosividad de lluvia, estación Ceibita, de 1,974 a 1,984, expresado en MJ.mm/ha.h.año.	35

En el apéndice:

CUADRO		Página
13	Estaciones y años analizados con información pluviográfica y resultados obtenidos de índices de erosividad total anual y número de eventos anuales.	43
14	Tabla para calcular la energía de la lluvia en MJ/ha.mm., en función de la intensidad de lluvia en mm/h.	45

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Mapa de localización de la zona oriental de Guatemala.	17
2	Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Unión.	20
3	Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Fragua.	22
4	Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Ipala.	24
5	Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Esquipulas.	26
6	Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Asunción Mita.	28
7	Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Montúfar.	30
8	Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Jobo.	32
9	Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Potrero Carrillo.	34
10	Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Ceibita.	36



"DETERMINACION DEL INDICE DE EROSIDAD DE LA LLUVIA
DE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO PARA
LA ZONA ORIENTAL DE GUATEMALA"

"DETERMINATION OF THE RAIN EROSION FACTOR FOR THE UNIVERSAL
EQUATION OF SOIL'S LOSS FOR THE ORIENTAL
ZONE OF GUATEMALA"

RESUMEN

El objeto de la presente investigación, fué determinar el índice de erosividad de la lluvia, factor de la ecuación universal de predicción de pérdida de suelo, de las estaciones tipo A y B ubicadas en los departamentos de: Zacapa, Chiquimula, Jutiapa y Jalapa, por lo que se utilizó la metodología propuesta por Wischmeier y Smith en 1,959 y modificada en 1,960.

La metodología propuesta por Wischmeier y Smith se basa en el análisis de la intensidad, que sirve de base para el cálculo de la energía cinética de la lluvia. La energía cinética total de un evento de lluvia, se multiplica por la intensidad máxima en 30 minutos, la suma de éstos valores es el índice de erosividad y se expresa en promedio anual.

Los valores del índice de erosividad que se calcularon varían entre 1,565.73 a 8,113.52 MJ.mm/ha.h.año, en tanto que el número promedio anual de lluvias con intensidad erosiva oscila entre 9 y 28.

Respecto a la distribución promedio mensual del índice de erosividad, los valores más altos ocurren durante los meses de: mayo, junio, julio, agosto y septiembre.

El coeficiente de correlación lineal entre precipitación e índice de erosividad promedio anual de las estaciones meteorológicas tipo A y B analizadas es de 0.90.

La información obtenida facilita la clasificación de las lluvias en cuanto a su potencial erosivo, pero las condiciones topográficas: características de las lluvias, pendiente del terreno, capacidad de absorción del suelo, propiedades físicas y químicas y cubierta vegetal, permiten conocer los problemas causados por la erosión y planificar la conservación de los suelos.

I. INTRODUCCION

El suelo es un recurso natural renovable, sujeto a procesos destructivos por la intervención del hombre en la naturaleza, lo que provoca un desequilibrio entre la erosión y la formación del suelo. Este equilibrio prevalece bajo condiciones naturales y es alterado por la incorporación de nuevas áreas a la explotación agrícola (18).

La mayor parte del territorio nacional es de vocación forestal. Sin embargo la cubierta forestal ha disminuído a partir de 1,950, para ese año se calculó que el 64.7% del territorio estaba cubierto por bosque denso, mientras que en 1,981 se estimó en un 39.6% (4).

En la época lluviosa, en Guatemala se precipita un volúmen promedio de 268,222 millones de metros cúbicos, de los cuales escurren en los ríos 201,014 metros cúbicos de agua (6).

La precipitación es el agente erosivo que provoca mayor pérdida de suelo en nuestro medio y para esto es necesario el análisis de los factores de la ecuación universal de predicción de pérdida de suelo que son: erosividad de la lluvia, erodabilidad del suelo, longitud e inclinación de la pendiente, cubierta vegetal y las prácticas mecánicas de control de la erosión (1).

Para el estudio se determinó el índice de erosividad de la lluvia, se analizó los registros diarios de precipitación de las estaciones tipo A y B. ubicadas en los departamentos de: Zacapa, Chiquimula, Jutiapa y Jalapa.

II. OBJETIVO

"Determinar el índice de erosividad de la lluvia o factor R, de la ecuación universal para la predicción de pérdida de suelo, a partir de registros de lluvias pluviográficas de las estaciones tipo A y B ubicadas en los departamentos de: Zacapa, Chiquimula, Jutiapa y Jalapa".

III. REVISION DE LITERATURA

1. CONCEPTOS GENERALES

Erosión es el proceso físico que consiste en el desprendimiento, transporte y deposición de los materiales del suelo por los agentes del intemperismo (14).

Ellison en 1,947 (10), definió erosión como el proceso de separación y transporte de los materiales del suelo por los agentes erosivos. La erosión puede ser provocada por: agua, viento, hielo y gravedad (21).

La erosión hídrica, es la remoción del suelo, provocada por el efecto combinado de la dispersión de las gotas de lluvia y del movimiento del agua, que ocasiona la remoción de las capas del suelo (14).

La erosión permisible, se refiere al grado de tolerancia de pérdida de suelo y puede variar entre 2 a 12.5 ton/ha.año, según características del suelo. Una pérdida de 12.5 ton/ha.año es tolerable en suelos profundos y drenados, mientras que pérdidas de 2 a 4 ton/ha.año es tolerable en suelos poco profundos y subsuelos desfavorables (8).

El límite máximo aceptable de erosión es el que mantiene el nivel de productividad y se logra cuando la velocidad de pérdida de suelo es igual o mayor que su formación (14).

El criterio para el uso racional de los suelos agrícolas es seleccionar las prácticas de manejo del agua y suelo de manera que la erosividad

sea igual o menor que un límite de tolerancia previamente establecido (19).

La erosividad es la capacidad potencial de la lluvia para causar erosión, y el agente activo es la lluvia, determinada por sus características, pendiente y área del terreno y la capacidad de absorción del suelo (20).

La erodabilidad es la susceptibilidad del suelo a la erosión, y el agente pasivo es el suelo, debido a sus características físicas y químicas y vegetación (20).

2. METODOS PARA PREDECIR LA PERDIDA DE SUELO

Existen dos métodos para cuantificar la pérdida de suelo: directo e indirecto.

El directo por medio de transectos de cárcavas, clavos con rondanas, tapas o corcholatas, lotes de escurrimiento y levantamientos topográficos. El indirecto por medio de las ecuaciones empíricas de predicción de pérdida de suelo (14).

3. ECUACION UNIVERSAL DE PREDICION DE PERDIDA DE SUELO

Estimar las pérdidas de suelo mediante ecuaciones empíricas resulta valioso para la planificación de prácticas de conservación (8).

En Estados Unidos en 1,954, la investigación para la predicción de erosión de suelos se consolidó en más de 8,000 parcelas de escurrimiento

en 21 estados, para superar desventajas inherentes a los proyectos locales o regionales. Se efectuó una reevaluación entre los diversos factores que afectan la pérdida de suelo, Smith y Wischmeier en 1,957, Wischmeier y Smith en 1,958 y Wischmeier et. al. en 1,958, lo cual condujo a la formulación de la ecuación unjversal de predicción de pérdida de suelo:

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

A = Promedio anual de pérdida de suelo, expresado en ton/ha.año.

R = Factor erosividad de la lluvia, expresado por un promedio anual en unidades de índice de erosividad, el cual es: MJ.mm/ha.h.año.

K = Factor erodabilidad del suelo, expresado como la tasa de erosión por unidad de índice de erosividad, el cual es: ton.ha.h/ha.MJ.mm.

L = Factor longitud de la pendiente, adimensional.

S = Factor grado de la pendiente, adimensional.

C = Factor cubierta vegetal, adimensional.

P = Factor prácticas mecánicas de control de erosión, adimensional.

La ecuación universal de predicción de pérdida de suelo, es el modelo matemático usado para estimar la erosión. La información en que se sustenta es el resultado de más de 20 años de investigaciones con parcelas de escurrimiento estándar de 22.13 metros de longitud con pendiente

del 9 por ciento, área de 40.5 metros cuadrados y un ancho de 1.83 metros (2,13,15,22).

Según Wischmeier citado por Arias (1), las aplicaciones de la ecuación son:

- a. Predicción de pérdida de suelo.
- b. Evaluación, selección y planificación de prácticas de conservación para el uso de los suelos.

4. ENERGIA DE LA LLUVIA

Según Wischmeier y Smith en 1,958 (22), la erosión es un proceso físico que requiere energía para realizar un trabajo mecánico y consiste en romper los agregados, dispersarlos, causar turbulencia en el escurrimiento superficial y transportar las partículas desprendidas.

Wischmeier y Smith, basados en la información sobre la distribución de tamaños y velocidad terminal de las gotas de lluvia, en función de la intensidad determinaron que es una función de la energía cinética de la lluvia con la misma intensidad.

La ecuación de estimación de la energía cinética de la lluvia es la siguiente:

$$EC = 0.119 + 0.0873 \text{ Log}_{10} x \quad \text{donde:}$$

EC = Energía Cinética, expresada en: MJ/ha.mm.

X = Intensidad de la lluvia, expresada en: mm/h.

5. INDICE DE EROSIVIDAD

La capacidad erosiva de las lluvias está determinada por el índice de erosividad, expresado en un promedio anual por su distribución porcentual en el año (17).

El índice de erosividad por la metodología del EI_{30} de Wischmeier en 1,972, es el producto de la energía cinética total de la lluvia y la intensidad máxima en 30 minutos.

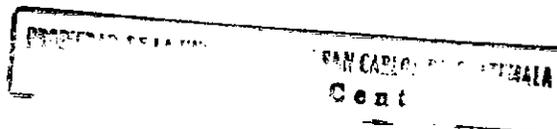
La energía cinética total se obtiene al sumar la energía de cada segmento de la lluvia con la intensidad homogénea (1).

Para determinar la intensidad máxima en 30 minutos por eventos de lluvia, se considera la parte de la curva en la gráfica del pluviograma que tenga mayor pendiente, en una porción equivalente a la misma.

Las unidades de energía del índice de erosividad EI_{30} se expresa en MJ.mm/ha.h.año.

Wischmeier en 1,972, citado por Arias (1), menciona los requisitos para el cálculo del índice de erosividad EI_{30} :

- a. Debe ser definido para tormenta específica.
- b. Predecible en base probabilística a partir de datos meteorológicos.



- c. Su evaluación estacional o anual debe ser calculada en lluvias significativas, mayores de 13 milímetros no separadas de otro evento de lluvia por más de 6 horas y mayores de 6 milímetros no separadas por más de 15 minutos.

Se han calculado índices de erosividad a partir de datos de precipitación recopilados en un período de 20 a 24 años, para éste cálculo se suman los valores del producto de la energía cinética total y la intensidad máxima en 30 minutos de todos los aguaceros y la suma se divide entre el número de años para obtener un índice medio anual, factor R de la ecuación universal de predicción de pérdida de suelo (8).

La correlación entre la cantidad de suelo perdido y la lluvia cuando todos los factores son constantes, demuestra que la pérdida de suelo es directamente proporcional a la energía calculada en base a EI_{30} (8).

Paulet (16), en la República Dominicana determinó el índice de erosividad por la metodología del EI_{30} y como conclusión afirmó que a pesar de haber obtenido un alto coeficiente de determinación entre la cantidad total anual de lluvia y R anual, persiste el hecho de que es una suposición que los mismos puedan aplicarse a estaciones sin pluviógrafo.

Según Neal y Baver en 1,973 (3), en un estudio sobre la pérdida de suelo y su relación con el EI_{30} de una tormenta, menciona que el potencial de la erosión está en función de la cantidad de la lluvia y la velocidad final de la gota.

El índice de erosividad por la metodología del $KE > 25$, es la energía

cinética de las lluvias que caen a intensidades mayores de 25 mm/h.

El $KE>25$ propuesta por Hudson en 1,971, basado en el concepto de que hay un valor crítico de intensidad en el cual la lluvia empieza a ser erosiva, ya que a bajas intensidades hay poca o ninguna erosión, porque la lluvia está compuesta principalmente de gotas pequeñas que caen con poca velocidad y por lo tanto de baja energía (9).

Las unidades de energía del índice de erosividad $KE>25$ se expresan en: MJ/ha.año.

Hudson en 1,971, citado por Arias (1), menciona que el índice de erosividad $KE>25$, permite evaluar el efecto erosivo de la lluvia, su aplicación es para regiones tropicales y subtropicales.

Según Hudson (12), el índice de erosividad tiene dos aplicaciones:

- a. En la práctica de conservación de suelos ayuda a mejorar el diseño de los trabajos.
- b. Facilita la clasificación de las lluvias de acuerdo a su potencial erosivo.

En el Cuadro 1, se presentan valores de índice de erosividad de otros países.

CUADRO 1. Valores de R de otros países.

P A I S E S	Rango de R MJ.mm/ha.h.año		Observaciones y lugares aproximados
ALTO VOLTA	3,923	11,772	Africa occidental.
COSTA MAFIL	8,829	22,363	Africa occidental.
ESTADOS UNIDOS			
Noreste	981	3,924	Desde maine hasta Marylan.
Sureste	3,924	8,829	Desde Marylan a Florida.
Medio Oeste	1,962	3,924	Iowa, Missouri, Illions, Indiana.
Medio Sur	3,924	9,810	Mississippi, Georgia, Nueva Orleans.
Oeste Medio	785	5,886	Texas, Nuevo México, Colorado, Nebraska.
FRANCIA	981	5,886	Sur de Francia.
HAWAII	1,471	14,715	Valores más altos en la Cordillera.
ISLAS VIRGENES	5,886		
MARRUECOS	785	4,905	Norte de Africa.
MEXICO 1/	1,668	2,158	Cuenca del río Texcoco.
PERU SELVA		25,505	Zona de Iquitos.
Sierra	981	1,962	Zona de Mantaro, Huancayo.
PUERTO RICO	5,886	7,848	Valores más altos en la Cordillera.
REP. DOMINICANA	981	17,658	Valores más altos en las zonas montañosas.
TUNEZ	981	4,905	Norte de Africa.
URUGUAY 2/			

Fuente: Paulet Iturri, M. Intensidades máximas y erosividad de las lluvias en la República Dominicana, Santo Domingo, 1,982.

1/ Arias Rojo, H.M. El factor "R" de la ecuación universal de la pérdida de suelo en la cuenca del río Texcoco. México, 1,980.

2/ Koolhaas, M.H. La ecuación universal de pérdida de suelo. Montevideo, Uruguay, 1,977.

La distribución promedio mensual del índice de erosividad se expresa como porcentaje acumulado respecto al valor anual de R, porque las lluvias no son igualmente erosivas en todo el año y cuando las se usan las tierras agrícolas la protección que ofrecen los cultivos según su es estado de crecimiento debe adecuarse al grado de peligrosidad de las lluvias. Este criterio interviene para el cálculo del factor C, manejo de los cultivos (16,18).

El factor C, es generalmente el más complicado de obtener ya que el grado de protección de la cobertura vegetal está en función de la etapa de crecimiento, tipo de cultivo, secuencia del cultivo, rendimientos esperados y manejo de los residuos de cosechas. El factor C que se usa es el resultado al ponderar los aspectos mencionados con la distribución en el año de la erosividad de las lluvias (17).

El factor C para rotación de cultivo, el ciclo de los cultivos se divide en cinco etapas para las que se determina el porcentaje del índice de erosividad en la curva de distribución promedio mensual, éste valor se multiplica por la pérdida de suelo correspondiente y el resultado es el factor C. La suma de los valores C de cada etapa se divide entre el número de años de la rotación y el resultado es el factor C promedio anual (15).

IV. MATERIALES Y METODOS

Para la determinación del índice de erosividad de la lluvia, de la ecuación universal de pérdida de suelo, se utilizó la metodología propuesta por Wischmeier y Smith en 1,959. Esta se basa en el procesamiento y análisis de los datos del registro gráfico de las lluvias, para estimar la intensidad y energía cinética de la lluvia.

En el Cuadro 2, se presentan las estaciones meteorológicas tipo A y B.

CUADRO 2. Ubicación geográfica de las estaciones pluviográficas de la zona oriental de Guatemala.

Número de clave	Estación	Elevación msnm	Latitud	Longitud
22.6.2	Unión	1,000	14°57'48"	89°17'28"
22.3.2	Fragua	218	14°57'51"	89°35'04"
4.5.4	Ipala	828	14°37'15"	89°37'05"
4.4.2	Esquipulas	950	14°33'32"	89°20'31"
10.3.1	Asunción Mita	478	14°20'04"	89°42'21"
10.11.2	Montúfar	10	13°48'32"	90°09'18"
10.9.2	Jobo	320	14°00'32"	89°54'28"
9.1.2	Potrero Carrillo	1,760	14°45'38"	89°55'56"
9.3.3	Ceibita	960	14°29'34"	89°52'32"

1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA ORIENTAL DE GUATEMALA

La zona de estudio comprende los departamentos de Zacapa, Chiquimula, Jutiapa y Jalapa como se observa en la Figura 1.

En la zona bioclimática bosque húmedo subtropical, se encuentran las estaciones:

"Unión", precipitación media anual de 1,498 mm., temperatura media anual de 21.5°C y un 79.70% de humedad relativa. Suelos de relieve ondulado a accidentado y escarpado.

"Esquipulas", precipitación media anual de 1,514.66 mm., temperatura media anual de 21.31°C y un 84.06% de humedad relativa. Suelos de relieve ondulado a accidentado y escarpado.

"Montufar", precipitación media anual de 1,317.09 mm., temperatura media anual de 27.58°C y un 75.47% de humedad relativa. Suelos de topografía suave.

En la zona bioclimática bosque seco subtropical, se encuentran las estaciones:

"Ipala", precipitación media anual de 878.61 mm., temperatura media anual de 21.03°C y un 69.41% de humedad relativa. Suelos de relieve desde plano hasta accidentado.

"Asunción Mita", precipitación media anual de 1,241.72 mm., temperatura media anual de 26.01°C y un 62.78% de humedad relativa. Suelos de relieve desde plano hasta accidentado.

"Ceibita", precipitación media anual de 958.10 mm., temperatura me-

dia anual de 22.55°C y un 67.39% de humedad relativa. Suelos de relieve desde plano hasta accidentado.

En la zona bioclimática monte espinoso subtropical, se encuentra la estación :

"Fragua", precipitación media anual de 647.10 mm., temperatura media anual de 26.79°C y un 70.70% de humedad relativa. Suelos de relieve plano ligeramente accidentado.

En la zona bioclimática bosque húmedo montano bajo subtropical, se encuentra la estación:

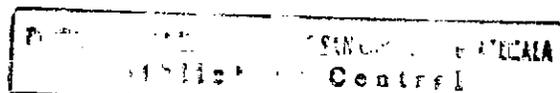
"Potrero Carrillo", precipitación media anual de 945.92 mm., temperatura media anual de 16.64°C y un 83.57% de humedad relativa. Suelos de topografía plana dedicado a cultivos agrícolas.

En la zona bioclimática bosque subtropical, se encuentra la estación:

"Jobo", precipitación media anual de 1,018.57 mm., carece de temperatura y humedad relativa. La zona de vida se determinó a travez de su ubicación geográfica y precipitación media anual. Suelos de relieve desde plano hasta accidentado (5).

2. RECOPIACION DE LA INFORMACION

La investigación se realizó como estudio de gabinete, para obtener los datos de precipitación se buscó en los archivos del Instituto Nacio-



nal de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, (INSIVUMEH). En la recopilación de la información se utilizó los registros pluviográficos diarios de cada estación, para obtener la energía cinética y la intensidad máxima en 30 minutos por evento de lluvia.

3. ANALISIS DE LA INFORMACION

La metodología para el cálculo del índice de erosividad EI_{30} es una función de la energía cinética y la intensidad máxima en 30 minutos por evento de lluvia.

La metodología es la siguiente:

1. Para el cálculo de la energía cinética, los pluviogramas se dividen en segmentos con intensidad diferente y los productos de la energía de cada segmento por la cantidad de lluvia precipitada se suman, para obtener la energía cinética total.

La energía cinética de cada segmento se calcula con la siguiente ecuación:

$$EC = 0.119 + 0.0873 \text{ Log}_{10} X$$

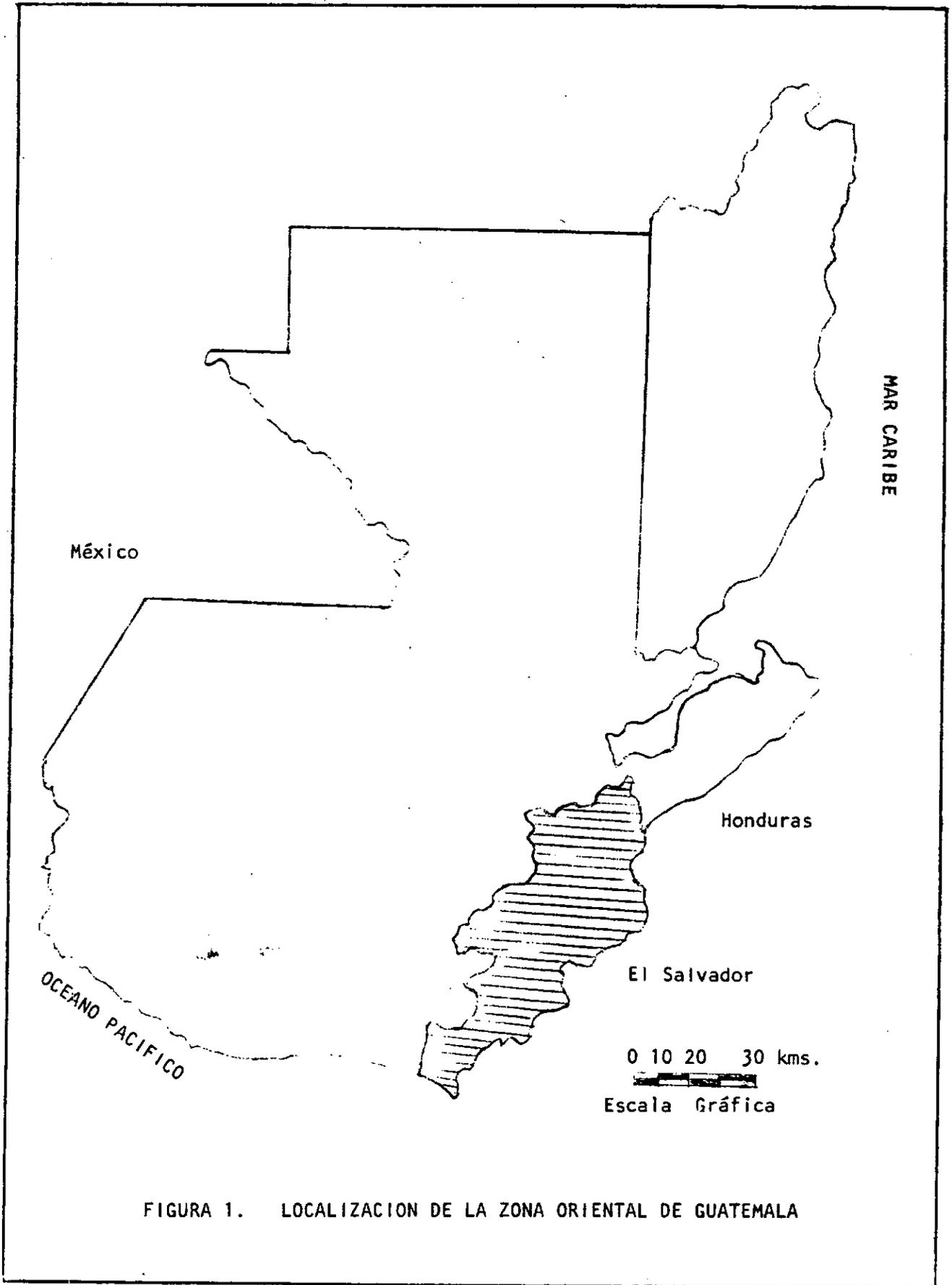
Donde x , es la intensidad de la lluvia en mm/h. de cada uno de los segmentos. Las intensidades mayores de 76 mm/h. utilizan la energía cinética de 0.283 MJ/ha.mm.

2. Para obtener la intensidad máxima en 30 minutos por evento de lluvia

se considera la parte de la curva en la gráfica del pluviograma que tenga mayor pendiente, en una porción de tiempo equivalente a 30 minutos. El resultado obtenido se multiplica por dos para expresar los datos en mm/h.

3. Las tormentas menores de 13 milímetros separadas de otro evento de lluvia por más de 6 horas y las menores o iguales a 6 milímetros separadas por periodos de tiempo mayores de 15 minutos no se consideran para el cálculo.
4. La energía cinética de total de lluvia, se multiplica por la intensidad máxima en 30 minutos y se obtienen los valores E_{30} por cada evento de lluvia.
5. La suma de los productos de la energía cinética total de cada lluvia por su correspondiente intensidad máxima en 30 minutos, se expresa como promedio anual y el resultado es el índice de erosividad de la lluvia.

En la Figura 1, se presenta el mapa de localización de la zona oriental de Guatemala.



V. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de índice de erosividad y curva de distribución promedio mensual, para las estaciones tipo A y B que aparecen en el Cuadro 2. El coeficiente de correlación lineal entre precipitación e índice de erosividad promedio anual de las estaciones analizadas es de 0.90.

En el Cuadro 3, se presentan las estaciones tipo A y B, el número de años analizados y los resultados obtenidos de índice de erosividad total y promedio anual, número total y promedio anual de eventos de lluvia con intensidad erosiva.

CUADRO 3. Índices de erosividad y número de eventos con intensidad erosiva de las estaciones analizadas.

Estación	Años analizados.	R total anual MJ.mm/ha.h	R promedio anual MJ.mm/ha.h.año	N.º total de eventos	Promedio anual de eventos
Zacapa					
Unión	10	68,359.57	6,835.96	247	25
Fragua	9	14,091.57	1,565.73	85	9
Chiquimula					
Ípala	11	45,594.78	4,144.98	309	28
Esquipulas	7	71,643.77	6,513.07	152	22
Jutiapa					
Asunción Mita	11	50,494.29	4,590.39	272	25
Montúfar	8	64,908.16	8,113.52	199	25
Jobo	9	47,992.14	5,332.46	224	25
Jalapa					
Potrero					
Carrillo	9	24,009.75	2,667.75	181	20
Ceibita	11	45,422.30	4,129.30	212	19

1. DISTRIBUCION PROMEDIO MENSUAL DEL INDICE DE EROSIVIDAD

En la distribución promedio mensual del índice de erosividad, Cuadros 4 al 12 se presentan los valores de R mensual y su respectivo porcentaje, como también su representación gráfica promedio mensual, Figuras 2 al 10. La fecha se anota en el eje de las abcisas utilizando un número racional cuyo numerador representa el día y el denominador el mes, en el eje de las ordenadas se anota el porcentaje acumulado del índice de erosividad. Esta representación gráfica es utilizada en la determinación del factor C, correlacionada con el grado de protección de la cubierta vegetal y prácticas de manejo de cultivo (15,8,16).

CUADRO 4. Índice de erosividad de lluvia, estación Unión, de 1,971 a 1,984, expresado en MJ.mm/ha.h.año.

Mes	Media R mensual	% R	R Acumulado
Enero	-	-	-
Febrero	-	-	-
Marzo	-	-	-
Abril	481.19	7.04	7.04
Mayo	1,068.25	15.63	22.67
Junio	1,432.08	20.95	43.62
Julio	825.26	12.07	55.69
Agosto	1,117.69	16.35	72.04
Septiembre	1,426.79	20.87	92.91
Octubre	440.99	6.45	99.36
Noviembre	38.32	0.56	99.92
Diciembre	5.38	0.08	100.00
	6,835.96	100.00	

En el Cuadro 4, se presenta el valor promedio anual del índice de erosividad en la estación Unión, el cual es de 6,835.96 MJ.mm/ha.h.año. El valor promedio mensual más alto de erosividad es de 1,432.09 MJ.mm/ha.h. en junio y el más bajo es de 5.38 MJ.mm/ha.h. en diciembre. De mayo a septiembre corresponde a los meses de mayor precipitación e índice de erosividad, que acumulan el 85.87% de los datos. El comportamiento de éstos valores en el transcurso del año se observa en la curva de distribución promedio mensual que se presenta en la Figura 2.

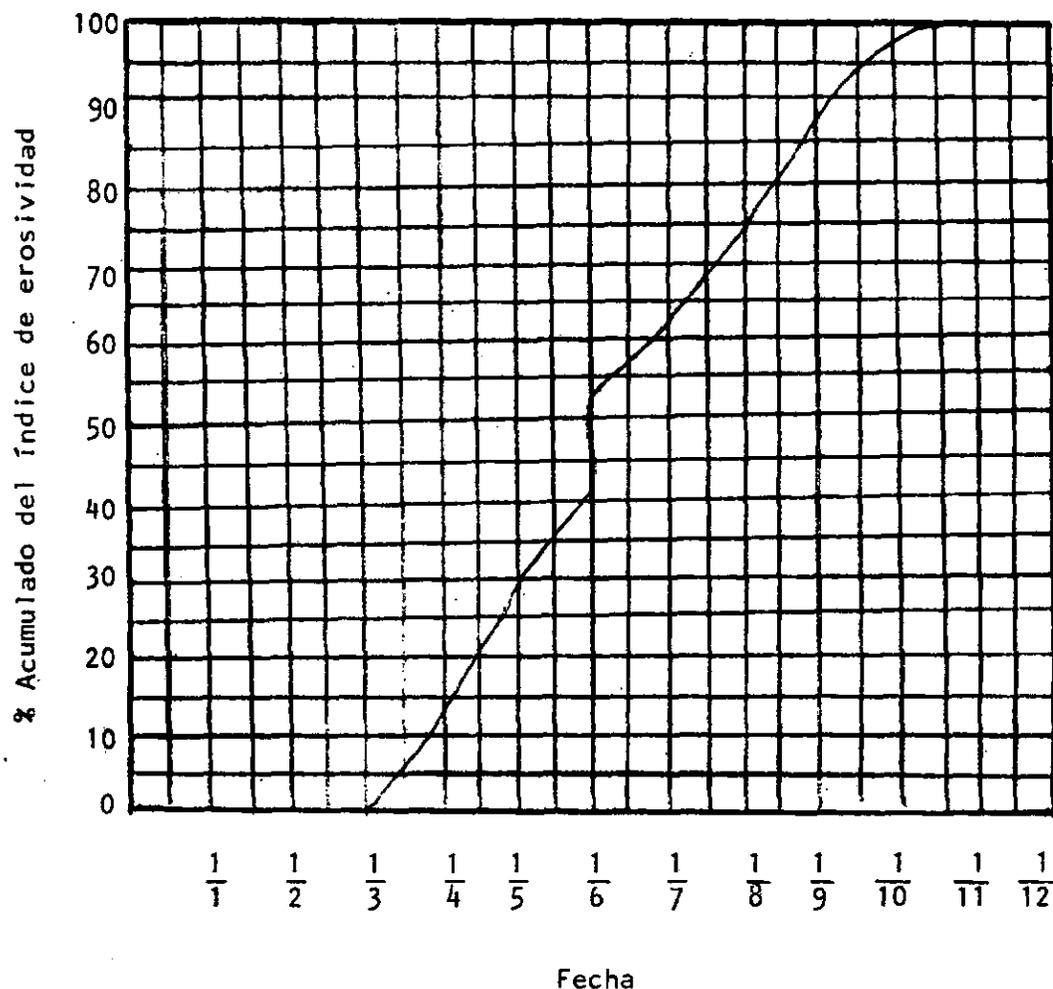


Figura 2. Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Unión.

CUADRO 5. Índice de erosividad de lluvia, estación Fragua de 1,960 a 1,962 y 1,971 a 1,976, expresado en MJ.mm/ha.h.año.

Mes	Media R mensual	% R	% Acumulado
Enero	-	-	-
Febrero	-	-	-
Marzo	-	-	-
Abril	-	-	-
Mayo	297.60	19.01	19.01
Junio	372.67	23.80	42.81
Julio	163.67	10.43	53.24
Agosto	394.28	25.28	78.42
Septiembre	295.07	18.85	97.26
Octubre	42.85	2.74	100.00
Noviembre	-	-	-
Diciembre	-	-	-
	1.565.73	100.00	

En el Cuadro 5, se presenta el valor promedio anual del índice de erosividad en la estación Fragua, el cual es de 1,565.73 MJ.mm/ha.h.año. El valor promedio mensual más alto de erosividad es de 394.28 MJ.mm/ha.h. en agosto y el más bajo es de 42.85 MJ.mm/ha.h. en octubre. De mayo a septiembre corresponde a los meses de mayor precipitación e índice de erosividad, que acumulan el 97.26% de los datos. El comportamiento de éstos valores en el transcurso del año se observa en la curva de distribución promedio mensual que se presenta en la Figura 3.

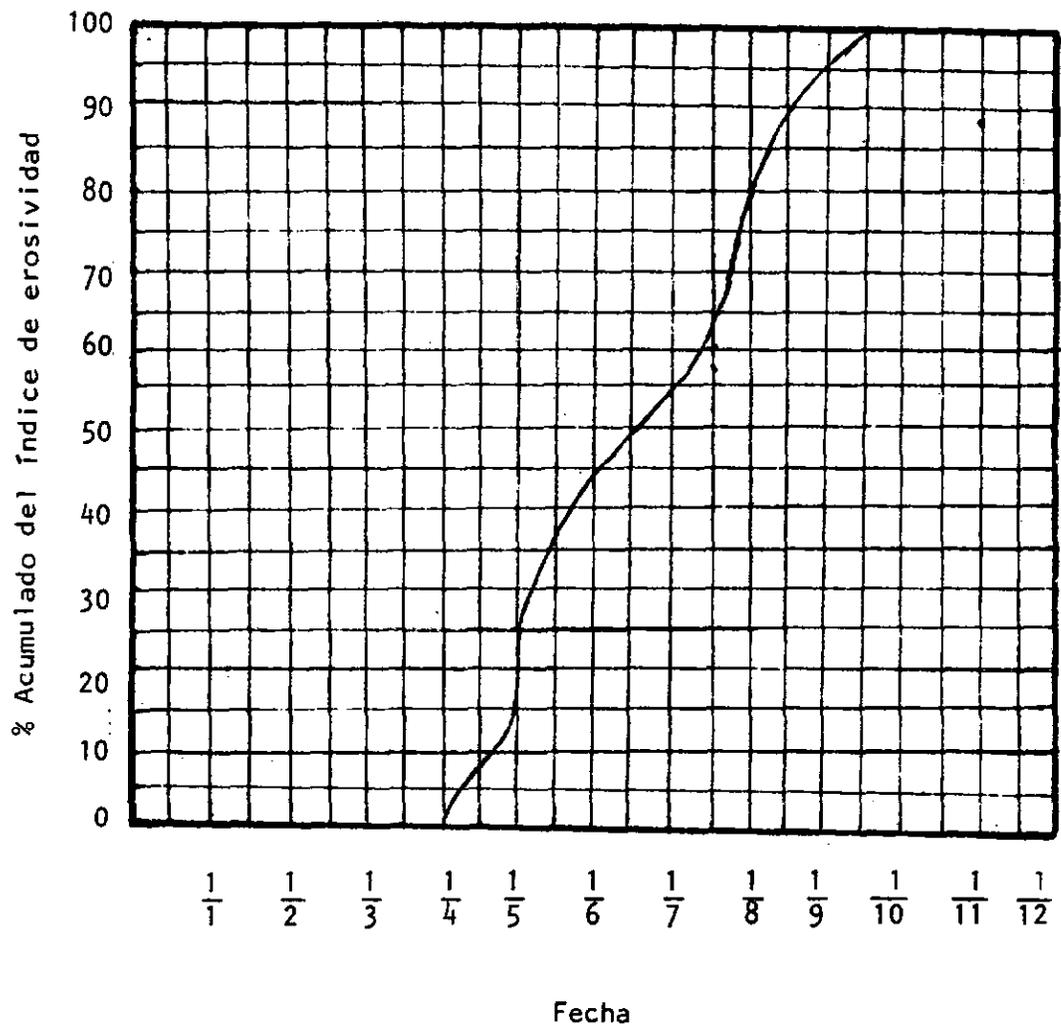


Figura 3. Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Fragua.

CUADRO 6. Índice de erosividad de lluvia, estación Ipala, de 1,971 a 1,983, expresado en MJ.mm/ha.h.año.

Mes	Media R mensual	% R	% Acumulado
Enero	34.37	0.83	0.83
Febrero	79.49	1.92	2.75
Marzo	48.06	1.16	3.90
Abril	215.62	5.20	9.11
Mayo	354.13	8.54	17.65
Junio	1,044.53	25.20	42.85
Julio	776.57	18.74	61.58
Agosto	680.10	16.41	77.99
Septiembre	585.23	14.12	92.11
Octubre	235.08	5.67	97.08
Noviembre	67.46	1.63	99.41
Diciembre	24.35	0.59	100.00
	4,144.98	100.00	

En el Cuadro 6, se presenta el valor anual del índice de erosividad en la estación Ipala, el cual es de 4,144.98 MJ.mm/ha.h.año. El valor promedio mensual más alto de erosividad es de 1,044.53 MJ.mm/ha.h. en junio y el más bajo es de 24.35 MJ.mm/ha.h. en diciembre. De abril a octubre corresponde a los meses de mayor precipitación e índice de erosividad, que acumulan el 93.88% de los datos. El comportamiento de éstos valores en el transcurso del año se observa en la curva de distribución promedio mensual que se presenta en la Figura 4.

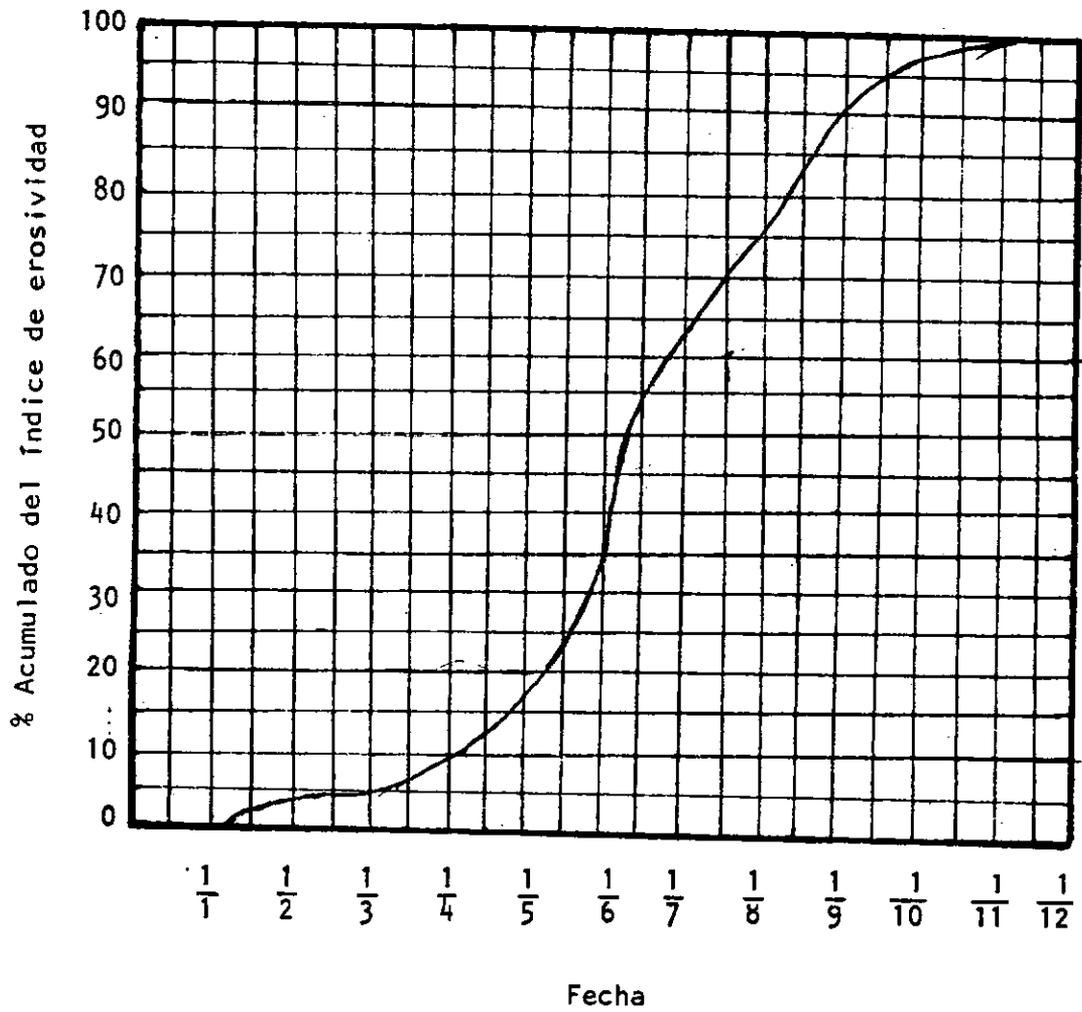


Figura 4. Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Ipala.

CUADRO 7. Índice de erosividad de lluvia, estación Esquipulas, de 1,972 a 1,978, expresado en MJ.mm/ha.h.año.

Mes	Media R mensual	% R	% Acumulado
Enero	-	-	-
Febrero	-	-	-
Marzo	-	-	-
Abril	243.94	3.75	3.75
Mayo	958.71	14.72	18.47
Junio	1,015.94	15.60	34.06
Julio	583.33	8.96	43.02
Agosto	1,626.18	24.97	67.09
Septiembre	1,689.72	25.94	93.93
Octubre	363.42	5.58	99.51
Noviembre	31.83	0.49	100.00
Diciembre	-	-	-
	6,513.07	100.00	

En el Cuadro 7, se presenta el valor promedio anual del índice de erosividad en la estación Esquipulas, el cual es de 6,513.07 MJ.mm/ha.h.año. El valor promedio mensual más alto de erosividad es de 1,689.72 MJ.mm/ha.h. en septiembre y el más bajo es de 31.83 MJ.mm/ha.h. en noviembre. De mayo a septiembre corresponde a los meses de mayor precipitación e índice de erosividad, que acumulan el 90.18% de los datos. El comportamiento de éstos valores en el transcurso del año se observa en la curva de distribución promedio mensual que se presenta en la Figura 5.

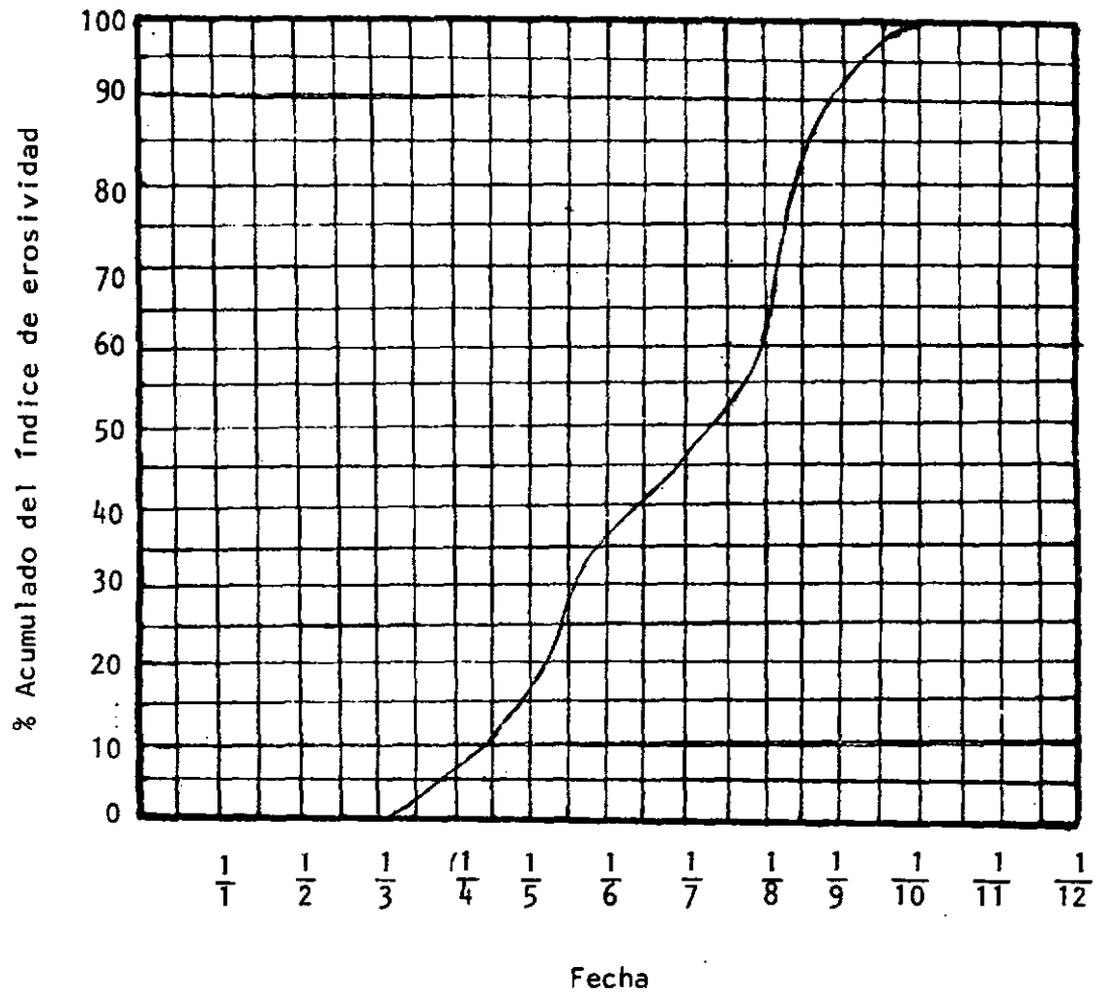


Figura 5. Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Esquipulas.

CUADRO 8. Índice de erosividad de lluvia, estación Asunción Mita, de 1,974 a 1,984, expresado en MJ.mm/ha.h.año.

Mes	Media R mensual	% R	% Acumulado
Enero	-	-	-
Febrero	-	-	-
Marzo	-	-	-
Abril	169.63	3.70	3.70
Mayo	858.32	18.70	22.39
Junio	964.50	21.01	43.40
Julio	601.62	13.11	56.51
Agosto	818.55	17.83	74.34
Septiembre	739.94	16.12	90.46
Octubre	379.58	8.27	98.73
Noviembre	48.61	1.06	99.79
Diciembre	9.65	0.21	100.00
	4,590.39	100.00	

En el Cuadro 8, se presenta el valor promedio anual del índice de erosividad en la estación Asunción Mita, el cual es de 4,590.39 MJ.mm/h. año. El valor promedio mensual más alto de erosividad es de 964.50 MJ.mm/ha.h. en junio y el más bajo es de 9.65 MJ.mm/ha.h. en diciembre. De mayo a septiembre corresponde a los meses de mayor precipitación e índice de erosividad, que acumulan el 86.77% de los datos. El comportamiento de éstos valores en el transcurso del año se observa en la curva de distribución promedio mensual que se presenta en la Figura 6.

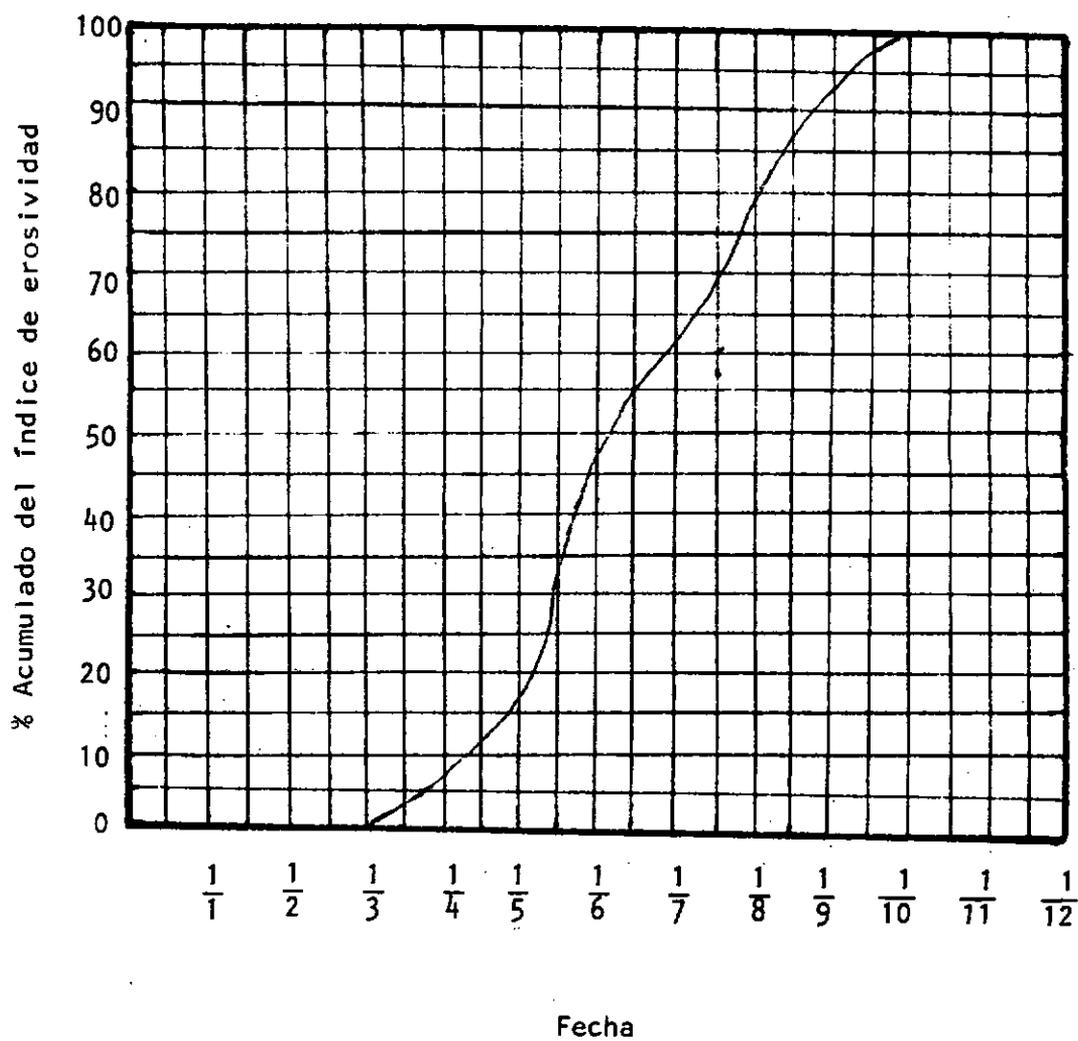


Figura 6. Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Asunción Mita.

CUADRO 9. Índice de erosividad de lluvia, estación Montúfar, de 1,973 a 1,980, expresado en MJ.mm/ha.h.año.

Mes	Media R mensual	% R	% Acumulado
Enero	-	-	-
Febrero	-	-	-
Marzo	-	-	-
Abril	909.12	11.21	11.21
Mayo	872.55	10.75	21.21
Junio	1,787.06	22.03	43.98
Julio	1,599.45	19.71	63.70
Agosto	749.59	9.24	72.94
Septiembre	1,507.93	18.59	91.52
Octubre	583.32	7.19	98.71
Noviembre	104.50	1.29	100.00
Diciembre	-	-	-
	8,113.52	100.00	

En el Cuadro 9, se presenta el valor promedio anual del índice de erosividad en la estación Montúfar, el cual es de 8,113.52 MJ.mm/ha.h.año. El valor promedio mensual más alto de erosividad es de 1,787.06 MJ.mm/ha.h. en junio y el más bajo es de 104.50 MJ.mm/ha.h. en noviembre. De mayo a octubre corresponde a los meses de mayor precipitación e índice de erosividad, que acumulan el 87.50% de los datos. El comportamiento de éstos valores en el transcurso del año se observa en la curva de distribución promedio mensual que se presenta en la Figura 7.

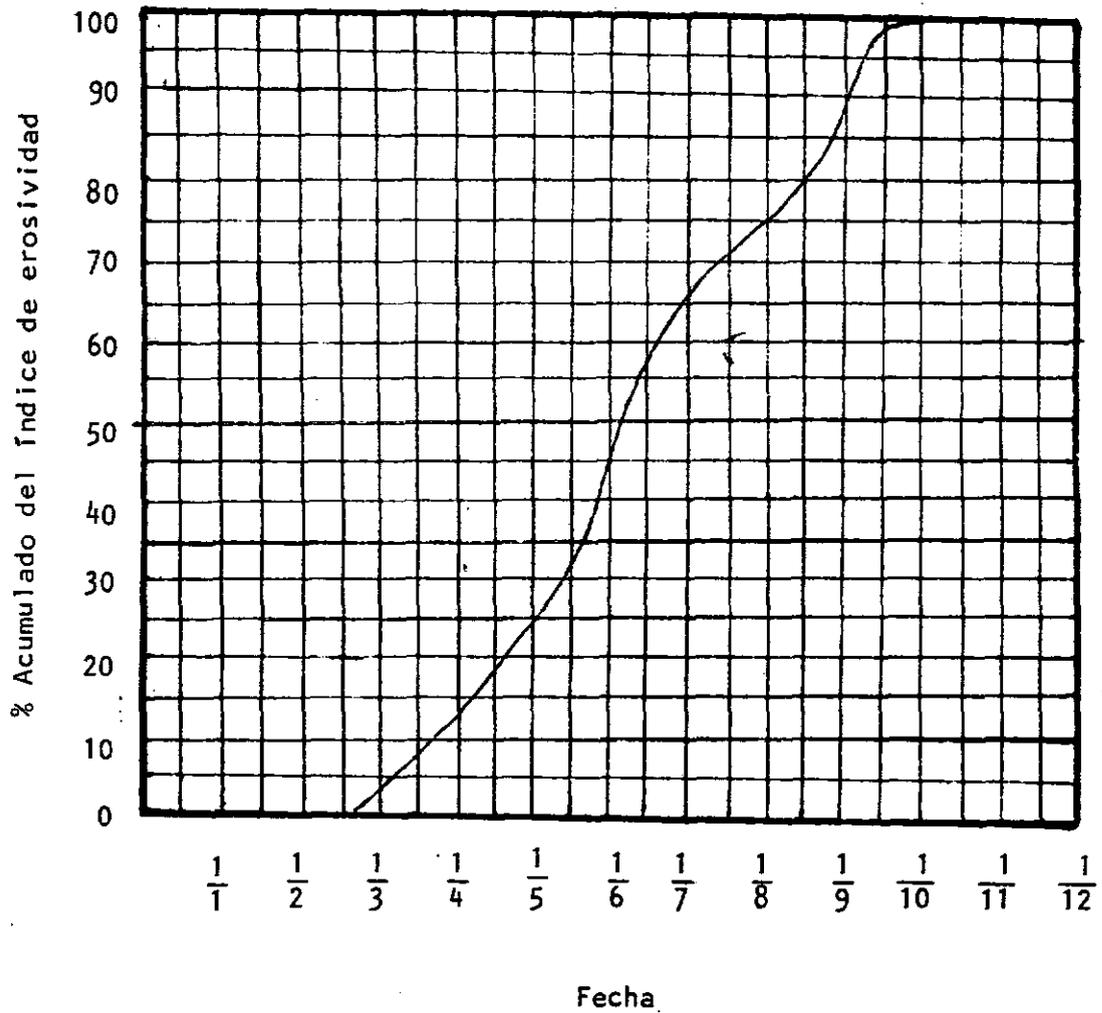


Figura 7. Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Montúfar.

CUADRO 10. Índice de erosividad de lluvia, estación Jobo, de 1,974 a 1,982, expresado en MJ.mm/ha.h.año.

Mes	Media R mensual	% R	% Acumulado
Enero	-	-	-
Febrero	-	-	-
Marzo	-	-	-
Abril	23.07	0.43	0.43
Mayo	477.81	8.96	9.39
Junio	853.57	16.01	25.40
Julio	1,033.93	19.39	44.79
Agosto	1,387.88	26.03	70.82
Septiembre	1,158.90	21.73	92.55
Octubre	298.31	5.59	98.14
Noviembre	99.01	1.86	100.00
Diciembre	-	-	-
	5,332.46	100.00	

En el Cuadro 10, se presenta el valor promedio anual del índice de erosividad en la estación Jobo, el cual es de 5,332.46 MJ.mm/ha.h.año. El valor promedio mensual más alto de erosividad es de 1,387.88 MJ.mm/ha.h. en agosto y el más bajo es de 23.07 MJ.mm/ha.h. en abril. De junio a septiembre corresponde a los meses mayor precipitación e índice de erosividad, que acumulan el 83.16% de los datos. El comportamiento de éstos valores en el transcurso del año se observa en la curva de distribución promedio mensual que se presenta en la Figura 8.

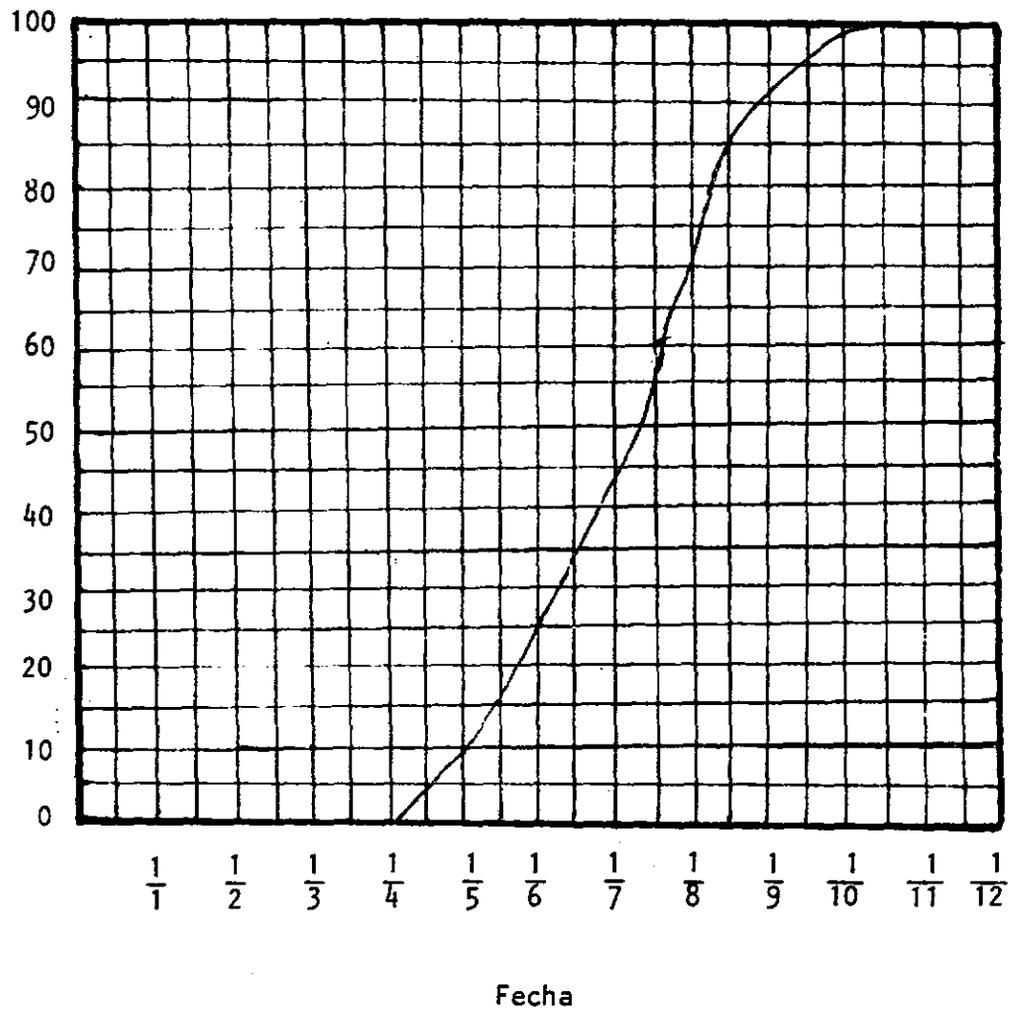


Figura 8. Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Jobo.

CUADRO 11. Índice de erosividad de lluvia, estación Potrero Carrillo, de 1,975 a 1,983, expresado en MJ.mm/ha.h.año.

Mes	Media R mensual	% R	% Acumulado
Enero	-	-	-
Febrero	6.82	0.26	0.26
Marzo	-	-	-
Abril	93.62	3.51	3.77
Mayo	407.62	15.28	19.04
Junio	904.70	33.91	52.96
Julio	415.67	15.58	68.54
Agosto	362.81	13.60	82.14
Septiembre	374.61	14.04	96.18
Octubre	101.90	3.82	100.00
Noviembre	-	-	-
Diciembre	-	-	-
	2,667.75	100.00	

En el Cuadro 11, se presenta el valor promedio anual del índice de erosividad en la estación Potrero Carrillo, el cual es de 2,667.75 MJ.mm/ha.h.año. El valor promedio mensual más alto de erosividad es de 904.70 MJ.mm/ha.h. en junio y el más bajo es de 6.82 MJ.mm/ha.h. en febrero. De mayo a septiembre corresponde a los meses de mayor precipitación e índice de erosividad, que acumulan el 92.41% de los datos. El comportamiento de éstos valores en el transcurso del año se observa en la curva de distribución promedio mensual que se presenta en la Figura 9.

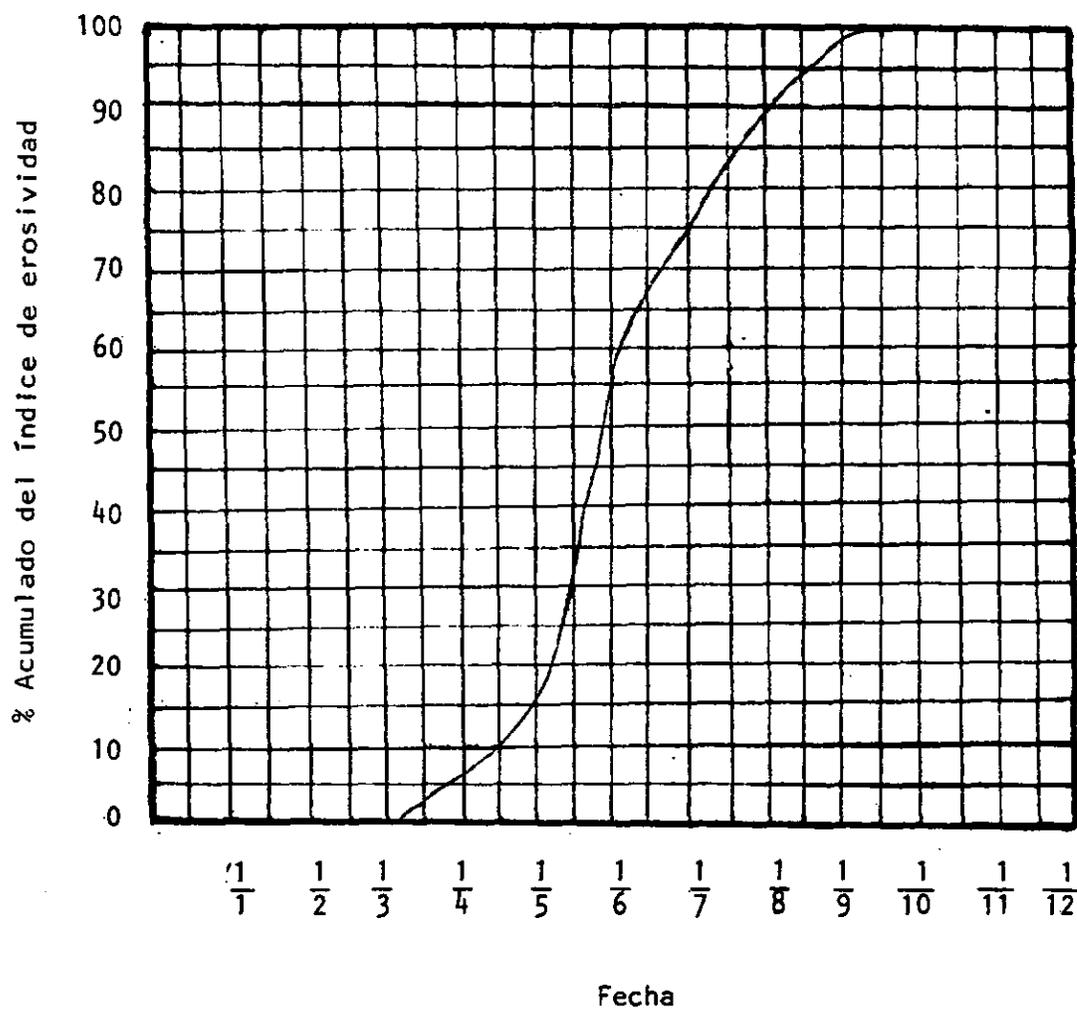


Figura 9. Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Potrero Carrillo.

CUADRO 12. Índice de erosividad de lluvia, estación Ceibita, de 1,974 a 1,984, expresado en MJ.mm/ha.h.año.

Mes	Media R mensual	% R	% Acumulado
Enero	-	-	-
Febrero	-	-	-
Marzo	7.49	0.18	0.18
Abril	24.19	0.59	0.77
Mayo	983.03	21.63	22.39
Junio	1,194.36	28.92	51.32
Julio	556.07	13.47	64.78
Agosto	698.47	16.92	81.70
Septiembre	609.18	14.75	96.45
Octubre	117.47	2.85	99.30
Noviembre	29.04	0.70	100.00
Diciembre	-	-	-
	4,129.30	100.00	

En el Cuadro 12, se presenta el valor promedio anual del índice de erosividad en la estación Ceibita, el cual es de 4,129.30 MJ.mm/ha.h.año. El valor promedio mensual más alto de erosividad es de 1,194.36 MJ.mm/ha.h. en junio y el más bajo es de 7.49 MJ.mm/ha.h. en marzo. De mayo a septiembre corresponde a los meses de mayor precipitación e índice de erosividad, que acumulan el 95.68% de los datos. El comportamiento de éstos valores en el transcurso del año se observa en la curva de distribución promedio mensual que se presenta en la Figura 10.

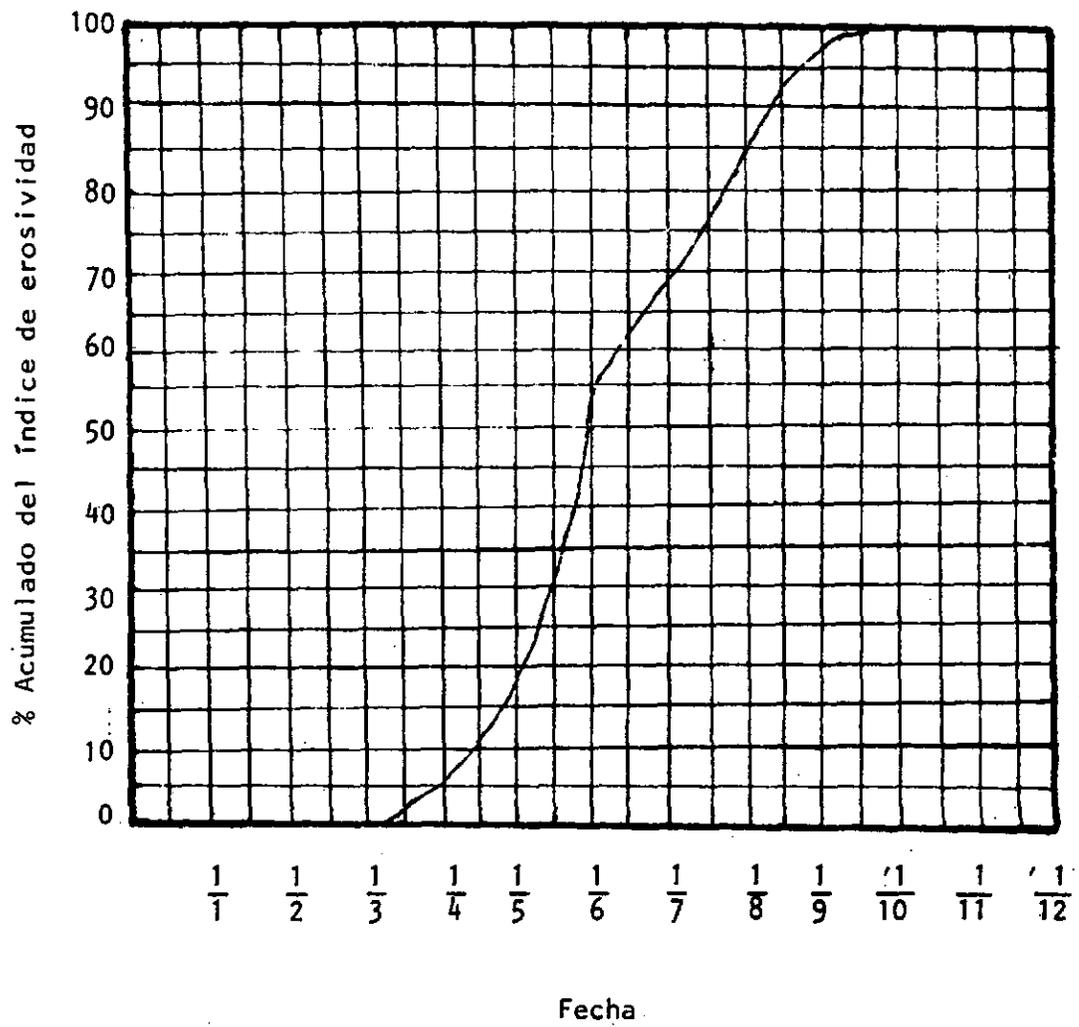


Figura 10. Curva de distribución promedio mensual del índice de erosividad en la estación Ceibita.

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

La capacidad erosiva de las lluvias está definida por el índice de erosividad de la lluvia, factor R y por su distribución promedio mensual. La erosividad depende entre otros factores de la intensidad y la energía cinética de la lluvia.

Los valores del índice de erosividad que se determinaron tienen un rango entre 1,565.73 a 8,113.52 MJ.mm/ha.h.año. Estos valores son relativamente intermedios en comparación con los reportados por Del Cid (7) y Hernández (11), para la zona noroccidental y suroccidental del país, los cuales oscilan entre 1,034.50 a 2,095.14 y 1,166.45 a 34.047.58 MJ.mm/ha.h.año.

Para las estaciones Fragua, Esquipulas, Asunción Mita, Potrero Carrillo y Ceibita, el porcentaje mayor de índice de erosividad corresponde a los meses de mayo a septiembre, para la Unión y Montúfar el porcentaje mayor corresponde de mayo a octubre, para Ipala el porcentaje mayor corresponde de abril a octubre y para el Jobo el porcentaje mayor corresponde de junio a septiembre.

La información obtenida facilita la clasificación de las lluvias en cuanto a su potencial erosivo, pero las condiciones topográficas de cobertura y de manejo del suelo en el área de influencia de cada estación pluviográfica permite conocer las implicaciones de la erosión y en consecuencia planificar la conservación de los suelos.

VII. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones de ésta investigación:

Para las estaciones Fragua, Esquipulas, Asunción Mita, Potrero Carrillo y Ceibita, el índice de erosividad es de 1,565.73, 6,513.07, 4,590.39, 2,667.75 y 4,129.30 MJ.mm/ha.h.año, de mayo a septiembre corresponde el 97.26, 90.18, 86.77 y 95.68%. Para Unión y Montúfar es de 6,835.96 y 8,113.52 MJ.mm/ha.h.año, de mayo a octubre corresponde el 85.87 y 87.50%. Para Ipala es de 4,144.98 MJ.mm/ha.h.año, de abril a octubre corresponde el 93.88%. Para Jobo es de 5,332.46 MJ.mm/ha.h.año, de junio a septiembre corresponde el 83.16%.

El mayor índice de erosividad ocurre en la estación Montúfar, con 8 años de información analizada y el menor en la estación Fragua con 9 años. En la distribución promedio mensual total el mayor índice de erosividad corresponde a los meses de mayo a septiembre.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Usar el índice de erosividad de las lluvias o factor R, para estimar previo al cálculo de los factores de la erosión las pérdidas de suelo, en las áreas de mayor precipitación de las estaciones pluviográficas que corresponden a Zacapa, Chiquimula, Jutiapa y Jalapa.
2. Determinar los demás factores que componen la ecuación universal de predicción de pérdida de suelo (K, L, S, C, P), para las áreas de influencia de las estaciones pluviográficas de Unión, Fragua, Ipala, Esquipulas, Asunción Mita, Montúfar, Jobo, Potrero Carrillo y Ceibita.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ARIAS R., H.M. 1980. El factor R de la ecuación universal de la pérdida de suelo en la cuenca del río Texcoco. Tesis Maq. Sc. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. p. 113-155.
2. ARNOLDUS, H.M.J. 1977. Predicting soil due sheet and rill erosión. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Conservation Guide no. 1. p. 99-124.
3. BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. 1983. Física de suelos. Trad. Inglesa por Jorge Manuel Rodríguez. 4 ed. México, UTEHA. 429 p.
4. CASTANEDA, L. et. al. 1983. Diagnóstico de la situación de los recursos naturales renovables de Guatemala. Tikalia (Gua.) 1(2)93-97
5. CRUZ, J.R. DE LA. 1976. Clasificación de zona de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala, INAFOR, Unidad de Evaluación y Promoción. p. 13-29.
6. CURLEY, M.A.; URIZAR, M.T. 1978. Recursos naturales renovables. Guatemala, s.n. p. 226-228.
7. DEL CID ASTURIAS, R.G. 1986. Determinación del índice de erosividad de las lluvias, para las estaciones pluviográficas de la zona noroccidental de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 34 p.
8. FAO (Italia). 1965. La erosión del suelo. Roma. p. 161-170.
9. FOSTER, G. et. al. 1981. Conversión of the universal soil loss equation to SI metric units. Journal of Soil & Water Conservation (E.E.U.U.) 36(6):355-359.
10. GAVANDE, S.A. 1979. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, LIMUSA. 351 p.
11. HERNANDEZ DIAZ, H. 1986. Determinación del índice de erosividad de la zona suroccidental de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad Agronomía. 42 p.
12. HUDSON, N. 1979. Soil conservation. New York, Cornell University Press. p. 320-324.
13. KOOLHAAS, M.A. 1977. La ecuación universal de pérdida de suelo. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Boletín no. 130. 31 p.

14. MANUAL DE conservación de suelos y agua. 1979. Chapingo. México, Colegio de Postgraduados. p: 580-584.
15. MITCHEL, J.K.; BUBENZER, G.D. 1984. Estimación de la pérdida de suelo, In Kyrbby, M.J. y Morgan, R.P.C. eds. Erosión de suelos. Trad. de la 1 ed. Inglesa por Jorge Hurtado Vega. México, LIMUSA. p. 35-88.
16. PAULET ITURRI, M. 1983. Guía para el planeamiento del uso de las tierras agrícolas en las zonas de lluvia del Perú. Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 55 p.
17. _____. 1982. Intensidades máximas y erosividad de las lluvias en la República Dominicana. Santo Domingo, IICA-INDRHI. 15 p.
18. PLOEY, O.; DE GABRIELS, D. 1984. Medición de la pérdida de suelo y estudios experimentales. In M.J. Kyrbby, M.J. y Morgan R. F.C. eds. Erosión de suelos. Trad. de la 1 ed. Inglesa por Jorge Hurtado Vega. México, LIMUSA. p. 89-139.
19. SANTANA RODRIGUEZ, Q. 1980. Guía para el planeamiento del uso de las tierras de secano en la República Dominicana. Santo Domingo, Secretaria de Estado de Agricultura, Departamento de Tierra y Aguas. 86 p.
20. SUAREZ DE CASTRO, F. 1980. Conservación de suelos, San José C.R., IICA. 321 p.
21. VARELA, J. 1979. Notas sobre problemas de erosión y su mapeo. Bogotá, Col., Centro Interamericano de Fotointerpretación. 42 p.
22. WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planing. Washington.D.C., U.S. Department of Agriculture Hanbook no. 537. 58 p.



Vo. 100
Petrucci

X. A P E N D I C E

CUADRO 13. Estaciones y años analizados con información pluviográfica y resultados obtenidos de índice de erosividad total anual y número de eventos anuales, expresados en MJ.mm/ha.h.año.

Estación	Unión	Fragua		Ipala		
Año	R total anual	Número de eventos	R total anual	Número de eventos	R total anual	Número de eventos
1,960			1,920.22	16		
1,961			2,716.74	13		
1,962			795.32	10		
1,971	6,313.56	22	1,045.08	11	3,766.99	29
1,972	7,410.86	29	2,205.62	6	2,643.13	26
1,973	9,628.16	21	1,994.29	10	4,535.38	30
1,974			799.27	6	7,155.62	40
1,975			1,807.65	7		
1,976			807.34	6	4,252.40	33
1,977	7,769.46	27			5,336.47	38
1,978	5,053.97	21			4,709.14	23
1,979	7,129.68	21			4,430.92	38
1,980	6,285.16	12				
1,981					3,004.39	15
1,982	2,915.86	21			2,094.39	18
1,983	9,103.66	37			3,664.34	19
1,984	6,750.30	36				

Continuación del Cuadro 13.

Estación		Esquipulas		Asunción Mita		Montúfar	
Año	R total anual	Número de eventos	R total anual	Número de eventos	R total anual	Número de eventos	
1,972	5,382.30	26					
1,973	7,891.37	18			13,820.42	34	
1,974	3,959.84	21	3,463.53	20	9,255.09	20	
1,975	5,925.37	32	6,158.37	30	6,253.89	22	
1,976	9,014.25	19	5,432.66	28	5,509.41	11	
1,977	7,445.14	24	4,482.31	25	10,894.14	28	
1,978	5,973.59	12	3,543.45	17	6,194.69	31	
1,979			5,225.01	24	6,620.09	26	
1,980			5,105.27	26	8,130.81	27	
1,981			5,233.44	28			
1,982			3,284.57	24			
1,983			4,981.88	25			
1,984			3,543.80	25			

Estación		Jobo		Potrero Carrillo		Ceibita	
Año	R total anual	Número de eventos	R total anual	Número de eventos	R total anual	Número de eventos	
1,974	3,377.17	17			4,352.21	21	
1,975	4,987.43	23	2,521.99	17	2,242.34	22	
1,976	4,207.54	26	2,895.15	20	8,136.48	30	
1,977	6,058.96	26	1,884.63	15	3,864.28	16	
1,978	5,821.46	32	2,002.02	14	5,509.41	17	
1,979	3,371.55	14	2,567.57	17	4,703.53	25	
1,980	6,540.92	33	2,202.56	19	2,616.01	20	
1,981	5,793.33	23	2,529.87	26	2,643.63	27	
1,982	7,833.79	30	4,053.21	29	2,969.24	8	
1,983			3,353.08	24	4,996.95	16	
1,984					4,288.18	10	

CUADRO 14. Tabla para calcular la energía de la lluvia en MJ/ha.mm.
en función de la intensidad de lluvia en mm/h.

Inten- sidad de lluvia mm/h.	Energía Cinética de la lluvia en MJ/ha.mm. <u>1/</u>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0	0.119	0.145	0.161	0.172	0.180	0.187	0.193	0.198	0.202
10	.206	.210	.213	.216	.219	.222	.222	.224	.226	.229
20	.233	.234	.236	.238	.239	.241	.243	.244	.245	.247
30	.248	.249	.250	.252	.253	.254	.255	.256	.257	.258
40	.259	.260	.261	.262	.262	.263	.264	.265	.266	.267
50	.267	.268	.269	.270	.270	.271	.272	.272	.273	.274
60	.274	.275	.275	.276	.277	.277	.278 ^{2/}	.278	.279	.280
70	.280	.281	.281	.282	.282	.283	.283 ^{2/}			

Fuente : Foster, G. et. al. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. Journal of Soil & Water Conservation. 1,981.

1/ Calculada con $EC = 0.119 + 0.0873 \log i$, donde EC es la energía cinética en MJ/ha.mm. de lluvia e "i" es la intensidad en mm/h.

2/ Cuando la intensidad "i" excede los 76 mm/h. se utiliza ésta cifra como límite para el cálculo de EC.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto 25 de octubre, 1988

"IMPRIMASE"




ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
DECANO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
Biblioteca Central