

Impacto de la variabilidad climática en el proceso de erosión hídrica

YELEINE ALMOZA, GUSTAVO ALONSO, HANOT MEDINA, MARIA ELENA RUIZ*

Grupo de Investigaciones Agrofísicas (GIAF) de la Universidad Agraria de la Habana, Cuba

(*)Email: mruiz@isch.edu.cu

RESUMEN

Según Enfield (2003) las interacciones entre la temperatura de la superficie del mar en los Océanos Atlántico y Pacífico y la convergencia atmosférica de los vientos Alisios del Norte y del Sur dan como resultado anomalías en las precipitaciones de la región del Caribe. Esta confluencia es la responsable de la mayor parte de la variabilidad climática en la zona (eventos extremos), que conlleva a cambios globales, es decir, a cambios en otras esferas y recursos naturales.

Particularmente este trabajo tiene como objetivo analizar la influencia de la variabilidad del clima en el proceso de pérdida de suelo (erosión hídrica) en la cuenca del río Cuyaguaje en el occidente de Cuba. En Cuba específicamente en la cuenca de dicho río los incrementos en acumulados y erosividad de las lluvias en la década de los años ochenta han sido significativos en comparación con décadas anteriores (1960 al 1970). Utilizando una base de datos pluviográfica del período del 1965-1992 se calculó un indicador de erosividad, el factor R del Modelo (RUSLE) Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Universal Revisada que sirvió para comparar la variabilidad del clima en estos dos períodos. Este factor describe la erosividad de las lluvias con una intensidad máxima a los 30 minutos. Además se realizó un análisis de cambio de estacionalidad en el período antes mencionado. Como resultado se evidencio un aumento en las últimas décadas del valor del factor R, así como también se detectó un corrimiento del período seco en la década de los años 60 que va disminuyendo a medida que nos acercamos a los años de 1990.

Palabras Claves: Clima, Variabilidad, Suelo, Erosión.

ABSTRACT

According to Enfield (2003) the interactions among the sea surface temperature in the Oceans Atlantic and Pacific and the atmospheric convergence of the Alisios winds from north and south, they give anomalies as a result in the precipitations of the Caribbean region. This convergence is the responsible for the climatic variability in the area (extreme events) that bears to global changes, to changes in other spheres and natural resources. Specifically the goal in this research is to analyze the influence of the climate variability in the soil resource, particularly in the Cuyaguaje basin in the west of Cuba.

In Cuba specifically in the basin of the Cuyaguaje River, the increments in rainfall records and erosivity in the eighty decade has been significant in comparison with the decades of the years 1960 and 1970. Using a pluviographic database of the 1965-1992 period was calculated an erosivity rainfall indicator, the R factor, part of the (RUSLE) model "Revised Universal Soil Losses Equation". This factor describes the rainfall erosivity with a maximum intensity at 30 minutes. Before was carried an analysis of seasonality change in the period mentioned. As a result was evidenced an increase in the last decades of the R factor value, as well as a displacement of the dry period was detected in the decade of 1965-1980 that it goes diminishing near to 1990 years .

Keys words: Climate, Variability, Soil, Erosion.

INTRODUCCIÓN

Los términos clima y suelo tienen mucho en relación. Este último es el resultado de la interacción entre el material rocoso, el clima y los organismos vivos. La variación en el régimen de temperaturas y precipitaciones tiene impactos sobre el proceso constante de formación de los suelos. No obstante, al mismo tiempo el incremento considerable de la actividad lluviosa propicia pérdidas de este recurso, este proceso es conocido como fenómeno de Erosión Hídrica, y se desarrolla con mayor rapidez que el proceso de formación.

Cuba no es ajena al problema de la erosión de los suelos, uno de los problemas medioambientales más serios que tiene el país es precisamente la degradación de los mismos, la cual responde en gran medida a la intensa actividad erosiva en gran parte de ellos. Aunque hay diversos agentes causantes de este fenómeno, son sin dudas las precipitaciones las que tiene un mayor peso en la forma con que se manifiesta. Se estima que más del 92 % del volumen total de masa desplazado producto de la erosión responde a la erosión hídrica. Esta proporción es superior en nuestra zona geográfica debido a los patrones corrientes de distribución e intensidad de las lluvias. De ahí que, la valoración precisa del riesgo de erosión en una región determinada depende en lo fundamental de la adecuada caracterización espacial y temporal del potencial erosivo de las precipitaciones. Por tal razón el objetivo de este trabajo es caracterizar la influencia de la variabilidad del clima en el proceso de pérdida de suelo (erosión hídrica) en la cuenca del río Cuyaguaje en el occidente de Cuba.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio

El trabajo se enmarca en las áreas de la cuenca del río Cuyaguaje, localizado en la Provincia de Pinar del Río en el Oeste de Cuba (Ver Figura 1). Esta cuenca constituye la principal del occidente y está entre las ocho más importantes del país. Tiene una extensión de 723 km² con una longitud del río principal de 112,4 km desde la desembocadura en el Mar Caribe hasta su nacimiento que se origina en las faldas del Cerro de Cabras (583 m.s.n.m) (Academia de Ciencias de Cuba, 1981). La cuenca del río Cuyaguaje tiene un relieve accidentado y una precipitación media anual de 1766 mm. El 20% del uso del suelo está dedicado a la agricultura de pequeña y gran escala con cultivos como tabaco, hortalizas y granos (INRH, 2000). La estacionalidad de la precipitación se ha caracterizado por un periodo seco de noviembre a

abril y un período húmedo de mayo a octubre, sin embargo se evidencian alteraciones en este régimen en cuanto a la cantidad, la concentración y la erosividad de la lluvia. Referente a esto se abordará en los siguientes epígrafes.

Base de datos utilizada

Para la realización del trabajo estuvo disponible una base de datos pluviográficos y pluviométricos de las estaciones experimentales que se encierran en la cuenca del período de 1965 a 1992, estos datos fueron brindados por el Instituto de Recursos Hidráulicos de la Provincia de Pinar del Río.

Relación Clima-Suelo en el Modelo de la Ecuación de Pérdida de Suelo Universal Revisada RUSLE

Los modelos tanto físicos como empíricos en cuestiones de pérdidas de suelo en regiones tropicales deben tener presente el factor clima (Precipitación). Este juega el papel de agente en movimiento capaz de desprender y posteriormente mover las partículas de suelo.

Un ejemplo muy usado por su simplicidad es el modelo RUSLE, que es una versión revisada del modelo original USLE (Renard et al., 1994). Dicha actualización del modelo está sustentado en el análisis estadístico de datos de 10 000 campo-año (Wischmeier W. H. and Smith D. D., 1978).

RUSLE es conveniente para estimar erosión media anual de una pendiente. Se utiliza sólo para calcular la pérdida de suelo por erosión laminar y erosión en surcos (Renard et al., 1997). Este modelo usa un método de análisis de factores para estimar la erosión del suelo, estos representan la erosividad de las precipitaciones R , la vegetación como capa protectora del impacto de la gota de lluvia C , la erodibilidad del suelo K , y la topografía del paisaje descrito por la longitud de la pendiente, ángulo y forma LS , ver la ecuación (1).

Ecuación de la pérdida de suelo en el modelo RUSLE con la ecuación (Renard et al., 1997):

$$(1) \quad A = R * K * LS * C * P$$

Donde A es la media de la pérdida de suelo anual en, ton/ha/año,
 K se expresa en, t ha h/ha MJ mm, y R se expresa en, MJ mm/ha h,

Determinación del Factor Erosividad, R .

El cálculo del factor R está basado en la utilización de la ecuación 2, (Renard et al., 1997):

$$(2) \quad R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m \right)$$

Donde R es erosividad media en una época de n años en MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹, m es el número de chubascos en cada año, n es número de año, i es el año, j chubascos y EI es erosividad de un chubasco en, MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.

Para el cálculo de cada uno de sus parámetros se utilizaron las ecuaciones 3, 4 y 5, (Renard et al., 1997):

$$(3) \quad E = (E) \cdot (I_{\text{B}}) = \left(\sum_{k=1}^q e_k \cdot \Delta V_k \right) \cdot I_{\text{B}}$$

$$(4) \quad e_k = 0.9 \left[1 - 0.2 \cdot \exp(-0.6 \cdot I_k) \right]$$

$$(5) \quad i_k = \frac{\Delta V_k}{\Delta t_k}$$

Donde E es energía cinética total del chubasco en, $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, I_{30} es la intensidad máxima del chubasco durante 30 minutos en mm/h , q es el número de pluviofases del chubasco, e_k es energía cinética por unidad de lluvia del pluviofase k en, $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$. ΔV_k es la cantidad de lluvia en pluviofase k en mm , i_k es la intensidad de lluvia en pluviofase k en, mm/h y Δt_k es la duración del pluviofase k en, h para más información ver (Almoza, 2006).

R es calculado sumando el producto de la energía cinética por la intensidad máxima para cada tormenta durante 30 minutos, ocurrido en “ n ” número de años (Wischmeier W. H. and Smith D. D., 1978).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento Estacional y Acumulativo de las Precipitaciones en los Períodos del 1965-1980 y 1980-1992

La variabilidad climática tiene repercusión en el proceso de pérdida de suelo representado por la acción de las precipitaciones. Mientras más acumulados se registren más vulnerable es de ser desplazado el suelo. Hay dos puntos que identifican este proceso de pérdidas, uno es el proceso de salpicadura de la gota de lluvia y el otro es la escorrentía. En dependencia de los volúmenes de las precipitaciones y de su intensidad será la cantidad de suelo desplazado, si este no tiene una buena cobertura. Estas partículas desprendidas por la acción de las salpicaduras, posteriormente son transportadas y finalizan en el río en un punto de deposición.

Analizando los valores de los acumulados en milímetros se vio que en las décadas del 1965-1980 (escenario A) el comportamiento de las precipitaciones era diferente en comparación al del 1980-1992 (escenario B). ¿Cuales fueron esas diferencias? Si observamos la Figura 2 existe un aumento paulatino de los acumulados de precipitaciones tendiendo a aumentar a medida que nos acercamos a la década de los 90 (Tablas 1 y 2). Estos valores varían desde 1559.23 mm (escenario A) como promedio anual hasta 1813.36 mm (escenario B). Por otro lado también hubo una variación en la estacionalidad del período lluvioso y seco. En la figura 3 b) se observa como el período seco se redujo en el escenario B, es decir en el escenario A (figura 3 a)) el período seco afiliaba siete meses del año de noviembre a mayo, no sucediendo así en el otro escenario donde solo hay seis. Este último gráfico se confeccionó con los acumulados promedios de los meses de todos los años que encierran estos períodos. Esta tendencia se puede apreciar mejor con ejemplos por separados de algunos años. La figura 4 es representativa de los años del escenario A y la figura 5 muestra el escenario B.

La Variabilidad Climática, Efectos en la Erosividad de las Precipitaciones

En estos escenarios antes mencionados no solo hubo cambios en acumulados (mm) y estacionalidad, la erosividad de las lluvias con el Factor R (intensidad y energía cinética) también aumentó en el período del 1980-1992. Aunque los análisis se realizaron para las décadas del 1965-1980 y del 1980-1992, en la figura 6 se presenta el análisis desde el año 1938. Ver resultados en la Tabla 3. No obstante el peso de este aumento recae en los meses húmedos. Si comparamos el promedio de energía cinética de la lluvia en los meses secos que es de 2.5 MJ/ha en el escenario A, y en el escenario B de 5MJ/ha, esto no demuestra gran diferencia entre los escenarios en esta estación seca. Aunque hay algunos picos en el período de 1980-1992. Sin embargo en la estación húmeda las diferencias son más marcadas en cuanto energía cinética; el escenario A tiene un promedio de 5 MJ/ha y en el escenario B de 40 MJ/ha. Esto último demuestra lo antes mencionado, es precisamente el período húmedo el que marca la diferencia. Como es de suponer estos valores de energía cinética repercuten en el valor del Factor R. Al calcular el factor R para ambos escenarios y para todas las estaciones de la Cuenca se obtuvo un valor máximo en el escenario A de 13958 MJmm/hah y para el escenario B de 18417 MJmm/hah, ambos valores en la estación experimental de San Laureano al Norte de la Cuenca. Los valores del factor R van disminuyendo espacialmente del noreste al suroeste como se ve en la figura 11 a) y b) para ambos escenarios, pero siempre demostrando valores superiores en el escenario B.

Clasificación cualitativa de la Erosividad de las Precipitaciones

Como se pudo ver anteriormente el valor máximo para la cuenca es de 18467 MJmm·ha⁻¹·h⁻¹. Este es un valor elevado en comparación con otros lugares del mundo como por ejemplo en algunos sitios de Portugal es de 3741.8 MJmm·ha⁻¹·h⁻¹ (Laureiro, C. 2001). En Flanders, Bélgica de 860 MJmm·ha⁻¹·h⁻¹ y en otras áreas de este país se pueden encontrar valores de más de 1963 MJmm·ha⁻¹·h⁻¹ (Biesemans, J. 2000). Evidentemente estos últimos responden a climas completamente diferentes al nuestro (templados). Por ejemplo en Brasil para precipitaciones medias anuales de 3600 – 4000 mm, superiores a las de Cuba, se estiman valores de erosividad entre 20000 – 24000 MJmm·ha⁻¹·h⁻¹ (Da Silva, 2003), estos son bastantes elevados en relación con los demás y un poco más que los obtenidos en el Cuyaguajeje.

Luego según Carvalho 1994 citado por Da Silva, (2003), (Ver Tabla 4) gran parte de la cuenca del río Cuyaguajeje tiene muy alta erosividad. Convirtiéndose en una zona de peligro total respecto a la erosividad de las lluvias en la provincia de Pinar del Río y del país. Para más información sobre estos resultados consultar (Almoza, Y., 2006).

CONCLUSIONES

Entre los años 1980 a 1990 hay ligero aumento de los acumulados de las precipitaciones, así como un aumento de la intensidad y energía cinética, esto está influenciado por el paso de los eventos extremos.

El 96% de la cuenca del río Cuyaguajeje tiene muy alta erosividad de las lluvias en los dos periodos analizados.

El promedio de erosividad para el período 1965-1979 es 40 % menor que el de los años 1980-1992.

En la estación húmeda de mayo a octubre es donde se presentan los mayores incrementos en acumulados e intensidad del período 1980-1992.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Academia de Ciencias de Cuba, 1981. “Monografía Hidráulica de la Cuenca del Río Cuyaguaje”. pp 12-20.

Almoza, Y., 2006. “Análisis de la influencia de las precipitaciones en la erosión de la Cuenca del Río Cuyaguaje”. Trabajo de Diploma. Facultad de Mecanización Agrícola. UNAH. pp 62-64. Cuba

Biesemans, J. 2000. Erosion modeling as support for land management in the loess belt of Flanders. Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Ghent University, Belgium.

Da Silva, 2003. Rainfall erosivity map for Brasil, pp 23-25.

Enfield 2003. Informe Anual. Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global

INRH. 2000. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos: “Catalogo de Cuencas Hidrográficas Río Cuyaguaje”, pp 1-6.

Laureiro, C. 2001. A new procedure to estimate the $RUSLE EI_{30}$ Index based on monthly rainfall data and applied to the Algarve region, Portugal”. pp 60.

Renard K. G., Foster G. R., 1997. “Predicting rainfall-erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)”. Agriculture Handbook: 703, United States Department of Agriculture, Washington DC, USA, pp 34.

Renard K. G., Foster G. R., 1994. “RUSLE revisited: Status, questions, answers, and the future”. Journal of Soil and Water Conservation, 49(3), pp213–220.

Wischmeier W. H. and Smith D. D., 1978. “Predicting rainfall-erosion losses”: A guide to conservation planning Agriculture Handbook, United States Department of Agriculture, Washington DC, USA. pp537.

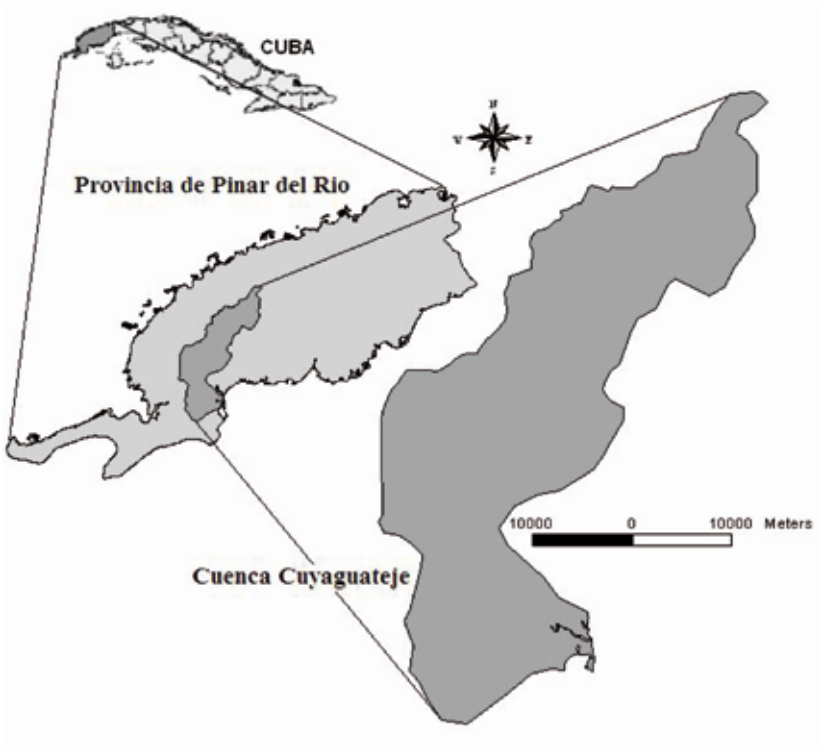


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio, Cuenca Río Cuyaguaje.

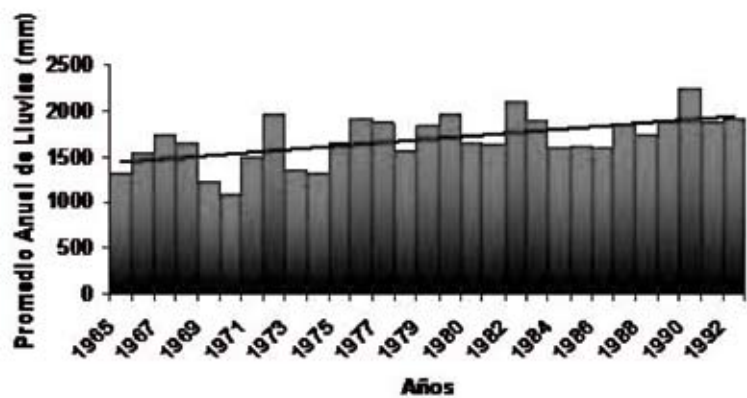


Figura 2. Acumulados de precipitación promedio anual del 1965-1992.

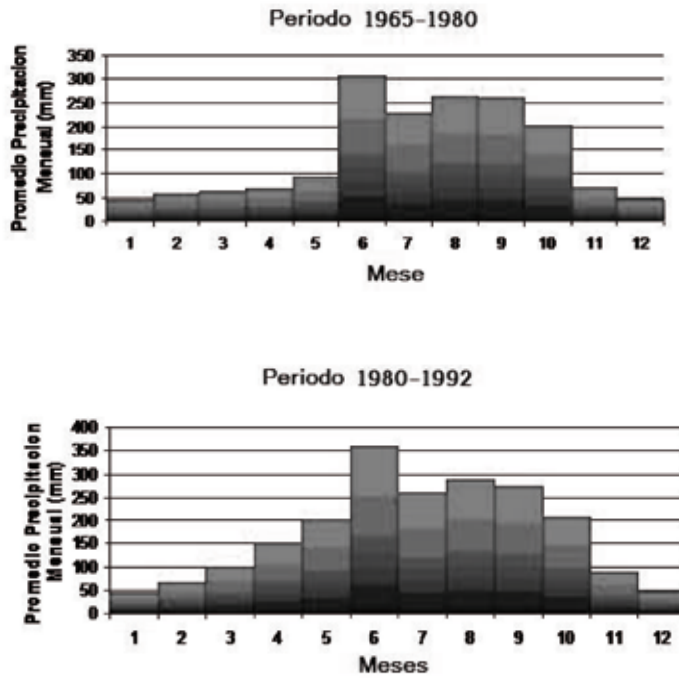


Figura 3. a) Escenario A con extensión del periodo seco, b) Escenario B comportamiento actual de la estacionalidad.

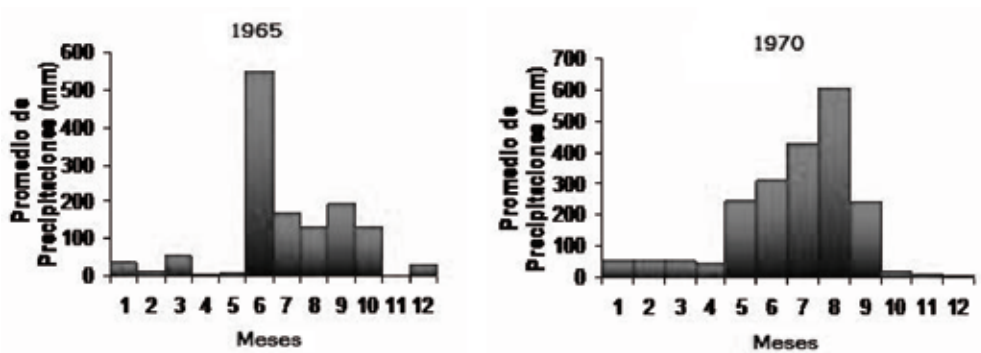


Figura 4. Años representativos del corrimiento del periodo seco.

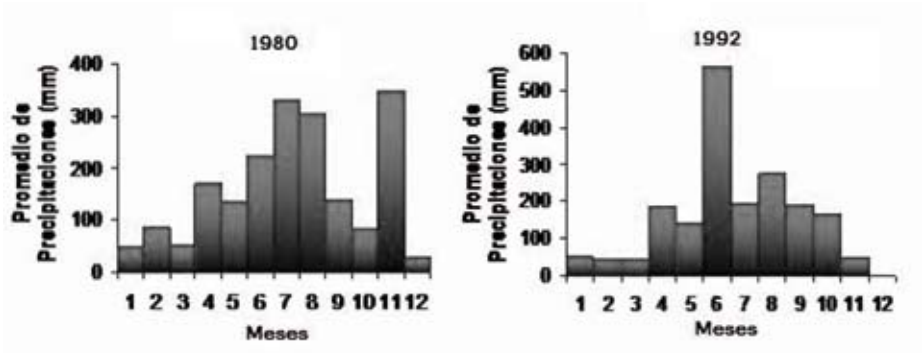


Figura 5. Años representativos del corrimiento del periodo húmedo.

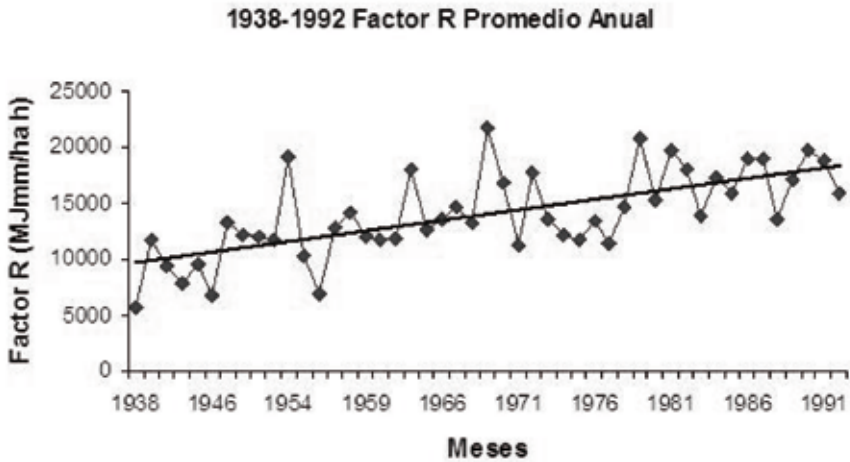


Figura 6. Comportamiento temporal del factor R.

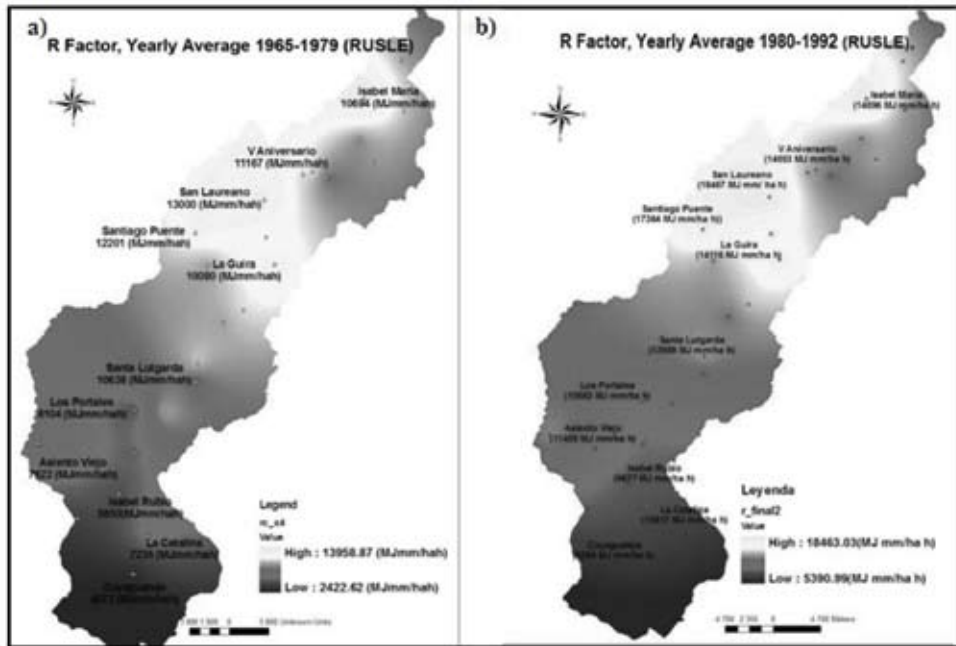


Figura 7. Mapas del factor erosividad de las lluvias para a) período (1965-1980), b) período (1980-1992)

Promedio		Promedio	
Años	(mm)	Años	(mm)
1965	1317.5	1980	1655.8
1966	1946.7	1981	1636.6
1967	1739.2	1982	2097.5
1968	1650.7	1983	1882.6
1969	1224.7	1984	1600.7
1970	1079.8	1985	1614.2
1971	1494.3	1986	1596.2
1972	1953.1	1987	1846.8
1973	1346.6	1988	1742.8
1974	1306.3	1989	1872.5
1975	1657.3	1990	2242.4
1976	1903.6	1991	1879.4
1977	1878.8	1992	1902.2
1978	1260.0	Promedio	1813.36
1979	1233.3	Máximo	2242.4
Promedio	1559.23	Mínimo	1600.7
Máximo	1955.8		
Mínimo	1079.8		

Tablas 1 y 2. Promedios anuales de las precipitaciones, por períodos.

Tabla 3. Promedios Anuales de Erosividad de las precipitaciones.

Años	R (MJ mm/ha h)
1965	12608.00155
1966	13566.31333
1967	14716.87
1968	13307.57
1969	21692.37
1970	16829.83
1971	11214.54
1972	17791.09
1973	13570.54
1974	12178.93
1975	11660.31
1976	13435.45
1977	11414.03
1978	14687.95
1979	20772.51
1980	15231.52
1981	19828.19
1982	18005.59
1983	13948.35
1984	17236.65
1985	15846.51
1986	18991.12
1987	18941.43
1988	13557.16
1989	17104.64
1990	19764.97
1991	18827.09
1992	15895.16

Rangos	Clasificaciones
$R \leq 2452$	Baja Erosividad
$2452 < R \leq 4905$	Media Erosividad
$4905 \leq R \leq 7357$	Entre Media y Alta Erosividad
$7357 \leq R \leq 9810$	Alta Erosividad
$R > 9810$	Muy Alta Erosividad

Tabla. 4. Clasificación del Factor R, según Carvalho 1994.