

Análisis del patrón de lluvias en la Costa de Chiapas

Analysis of the rain pattern in the Chiapas Coast

CARLOS A. ESCALANTE SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM)

RESUMEN

La región denominada Costa de Chiapas ha sido afectada por inundaciones, las cuales han causado serios daños económicos y sociales. Se ha considerado a la deforestación como la principal causa de este hecho. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la variación espacial y temporal de la lluvia. Con este propósito se han seleccionado 19 estaciones climatológicas para analizar dicho comportamiento.

Algunas estaciones localizadas en dos zonas específicas han presentado modificaciones en el patrón de ocurrencia de las lluvias erosivas y en las acumuladas de 1 a 10 días, las cuales incrementan el riesgo a la pérdida de suelo y a las inundaciones.

PALABRAS CLAVE

Inundaciones, precipitación, análisis de series de tiempo.

ABSTRACT

The region named Costa de Chiapas has been affected by floods causing serious economical and social damages. Deforestation has been considered as the main cause of this fact, however, spatial and temporal variability of rain has to take in account. For this purpose, 19 gauging stations of rain has been selected to analyze such behavior.

Some stations located in two specific zones have shown modifications in erosive rain and 1-10 days cumulative rain occurrences which increase risk to land lost and floods.

KEY WORDS

Floods, rain pattern, time series analysis.

INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica de México es propicia para ser afectado por la ocurrencia de diversos fenómenos naturales que dan lugar a situaciones de amenaza para la población y el medio ambiente.

El concepto de desastre tiene una relación intrínseca con la amenaza o factor de peligro, la vulnerabilidad y el riesgo. La amenaza se refiere a aquellos factores recurrentes que tienen la capacidad de alterar o destruir las estructuras e infraestructura que construye el humano y que puede, a su vez, provocar la muerte o lesiones, tanto físicas como emocionales a una población. Por su parte la vulnerabilidad se refiere a la propensión que tiene una población en sus procesos productivos, de asentamiento o de actividad cotidiana, cuando se expone al factor de peligro contenido en la amenaza. Según la intensidad, frecuencia de recurrencia y naturaleza de la amenaza que coincida en tiempo y espacio con una población vulnerable, así será el riesgo social a sufrir daño. En este sentido, el riesgo se identifica con base en la probabilidad de que una comunidad, incluyendo las personas, estructuras físicas y sus sistemas productivos, le ocurra algo nocivo o dañino. Una población es más vulnerable en la medida que se hace susceptible a fenómenos con probabilidad alta de recurrencia y capacidad de producir daño. Estos conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo han quedado claramente expuestos en las situaciones de desastre meteorológico ocurridas en los años 1998 y 2005 en el estado de Chiapas.

Las inundaciones ocasionadas por fenómenos meteorológicos que sufre con mayor frecuencia el estado de Chiapas, ponen de manifiesto una

vez más que la degradación de los suelos, la deforestación y la modificación del patrón de lluvias aumentan la vulnerabilidad a huracanes, inundaciones y otros fenómenos climáticos.

COSTA DE CHIAPAS

El estado de Chiapas se localiza en el sureste de la República Mexicana, cuenta con 75 634.4 km² de superficie (3.8% del territorio nacional), es el octavo estado más grande del país. Está conformado por 118 municipios agrupados en nueve regiones económicas: Centro, Altos, Fronteriza, Frailesca, Norte, Selva, Sierra, Soconusco e Istmo-Costa. Limita al norte con el estado de Tabasco, al este con la República de Guatemala, al sur con el océano Pacífico y al oeste con los estados de Oaxaca y Veracruz.

La región denominada Costa de Chiapas se localiza en la vertiente del océano Pacífico en los estados de Chiapas y parte de Oaxaca, y comprende desde el río Tapanatepec hasta el Suchiate. Abarca desde los 14°30' a los 16°33' de latitud norte y de los 92°4' a los 94°19' de longitud oeste. Tiene una superficie total de 13 591 km².

La estructura general de esta región queda completamente definida por la existencia de la Sierra Madre de Chiapas, que origina un partea-guas paralelo a la costa, en el cual se tienen altitudes de 2 900 msnm en la Sierra del Soconusco, y de 2 500 msnm en el cerro de Tres Picos, al noroeste de Tonalá.

Los ríos son numerosos, todos ellos de longitud corta y área de cuenca pequeña, con un recorrido general de noreste a sureste, atravesando la faja de la región en su longitud más angosta. Por la estructura peculiar de esta vertiente se originan corrientes con pendiente muy fuerte en la fase inicial de su recorrido y de pendiente muy suave en el tramo final. Esto da lugar a que hacia las desembocaduras de

los ríos se presenten desbordamientos frecuentes y a la formación de lagunas y pantanos.

La lámina de lluvia media anual de la zona es de 2 660 mm, y se concentra en los meses de mayo a octubre, temporada en la que llueve 90% del total anual. La temperatura media queda restringida dentro de los 22.5°C a los 28.2°C. La lámina de evaporación media anual en la región es de 1 660 mm.

Deforestación

La capa vegetal de los bosques y selvas retiene el suelo con sus raíces, disminuye la fuerza del agua de lluvia y promueve su infiltración hacia el subsuelo. Esto impide la erosión y el deslave de los suelos, regula el flujo de agua a los arroyos y ríos y evita que los cuerpos de agua y las presas se azolven. Cuando se destruye la cobertura vegetal el agua se lleva el suelo, éste cubre el cauce de los ríos y al cubrirlos el agua se desborda, acrecentando las inundaciones.

El proceso de deforestación y degradación de los bosques y selvas de Chiapas se ha acentuado en las últimas décadas. La explotación de los recursos naturales se ha dado desde los siglos pasado y antepasado, cuando empresas extranjeras adquirieron miles de hectáreas para talar maderas preciosas, aunado al crecimiento de las comunidades en la época de formación de ejidos, y recientemente a las reubicaciones de indígenas en la sierra.

En la tabla 1 se observa el deterioro forestal acelerado que ha sufrido la llamada Costa de Chiapas (Escalante, 2000). El hecho significativo es que el número de hectáreas dedicadas a las actividades agrícolas o ganaderas que existían en 1974 se duplicaron para 1986, es decir en 12 años; sin embargo, este mismo incremento se volvió a dar en tan sólo cuatro años (1990), modificando sustancialmente la superficie forestal y, por ende, la capacidad de retención de las cuencas ante las lluvias.

Tabla 1. Variación del porcentaje de uso de suelo en la Costa de Chiapas.

Año	Agrícola o pastizal (%)	Forestal conservada (%)	Forestal fragmentada (%)
1974	13.85	67.14	19.01
1986	21.54	15.31	63.15
1990	43.04	0	56.96

Inundaciones

El problema principal de la Costa de Chiapas lo representa el fenómeno de las inundaciones, ya que a consecuencia de la intensidad de las lluvias que inciden en la zona, aunado a la morfología y degradación de las cuencas, la ubican en condiciones críticas de vulnerabilidad respecto a

la infraestructura situada en las márgenes de los principales cauces.

Estas condiciones han quedado de manifiesto por las lluvias torrenciales ocurridas en septiembre de 1998 y por los efectos del huracán Stan en octubre de 2005. En la tabla 2 se presentan los daños ocasionados por estos eventos (Reforma, 2005).

Tabla 2. Valoración de daños por los eventos hidrológicos extremos ocurridos en la Costa de Chiapas durante los años 1998 y 2005.

Concepto	Lluvias (1998)	Huracán Stan (2005)
Costo de los daños directos (en dólares)	603 000 000	2 200 000 000
Municipios afectados	39	52
Viviendas afectadas	25 000	43 000
Pérdidas humanas	229	71
Damnificados	500 000	300 000
Caminos afectados	3 600 km	3 000 km
Puentes afectados	40	86
Comunidades aisladas	83	10 000
Superficie agrícola afectada	100 000 ha	400 000 ha
Ríos desbordados	15	74

En dicha tabla se observa que tanto las pérdidas humanas como económicas en la región son de tal magnitud que es necesario tomar medidas urgentes que permitan reducir de manera significativa los efectos que estos eventos provocan en la región.

Un paso importante en el desarrollo de las estrategias de mitigación, es el conocimiento profundo de las características hidrológicas de la región. En el aspecto de la lluvia, es conveniente determinar si existe o no un cambio en el patrón de ocurrencia, no sólo en la periodicidad sino también en cuanto a su magnitud.

Patrón de lluvias

Para determinar el comportamiento de la precipitación en la región, se procedió a seleccionar un número de estaciones climatológicas que contaran con la mayor cantidad de información (Servicio Meteorológico Nacional, 2005) y estuvieran distribuidas a todo lo largo de la costa, quedando un total de 19 (tabla 3, figura 1). Las variables analizadas son: tormentas más adversas registradas, lluvia acumulada anual y mensual, lluvia acumulada para duraciones de 1 a 10 días, días con lluvia apreciable y días con lluvia en el año para diferentes alturas de precipitación.

Tabla 3. Características generales de las estaciones climatológicas utilizadas para caracterizar el patrón de lluvias en la Costa de Chiapas.

Clave	Estación	Latitud		Longitud		Altura (msnm)	Periodo de registro
		Grados	Minutos	Grados	Minutos		
7014	Belisario Domínguez	15	18	92	21	660	1963-2000
7018	Cacahoatán	14	59	92	9	350	1944-2002
7019	Cahuacán	14	43	92	16		1962-2000
7038	Despoblado	15	12	92	33	60	1965-2000
7045	El Dorado	14	40	92	12	9	1951-2000
7048	Finca El Triunfo	15	20	92	32	971	1973-2000
7053	Escuintla	15	19	92	39	110	1957-2002
7057	Finca Chicharras	15	7	92	14	1 264	1961-2000
7074	Horcones	15	57	93	36	140	1965-1992
7075	Huehuetán	15	0	92	24	44	1965-2000
7077	Huixtla	15	8	92	29	40	1954-2002
7084	Jesús	15	52	92	29	90	1965-2000
7113	Mapastepec	15	27	92	52	32	1961-1992
7115	Margaritas	15	35	93	3	80	1965-2000
7129	Pijijiapan	15	41	93	12	38	1959-2000
7191	Malpaso	14	59	92	14	303	1961-2000
7200	Tapachula	14	56	92	16	179	1952-2001
7201	Tonalá	16	5	93	42	17	1959-1999
7352	San Diego	15	44	93	18		1982-1996

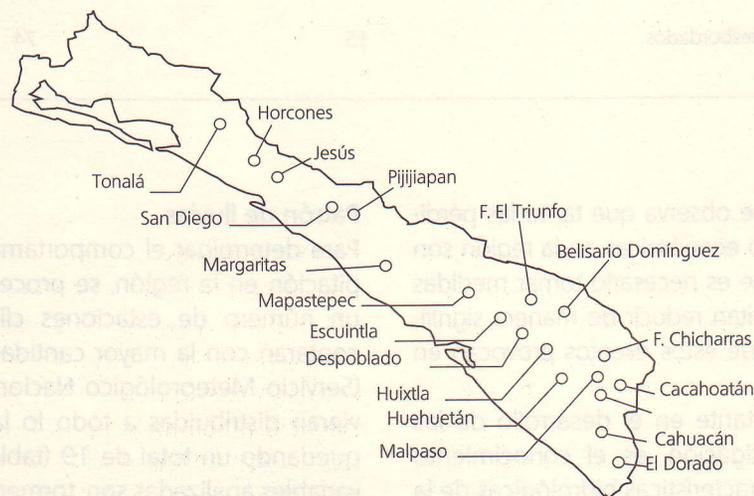


Figura 1. Ubicación de las estaciones climatológicas utilizadas para caracterizar el patrón de lluvias en la Costa de Chiapas.

Se ha argumentado que la tormenta ocurrida en septiembre de 1998 no tenía precedente en la región; sin embargo, como se observa en las

figuras 2 a 9, no en todos los sitios analizados fue así, de hecho, en algunos de ellos este tipo de tormentas o aun mayores se presentan con

cierta frecuencia. El factor que ha incrementado el potencial destructivo de este tipo de lluvias es la degradación sistemática de las cuencas. Lo que

sí se debe considerar como extraordinario, es la ocurrencia simultánea del fenómeno a lo largo y ancho de la zona.

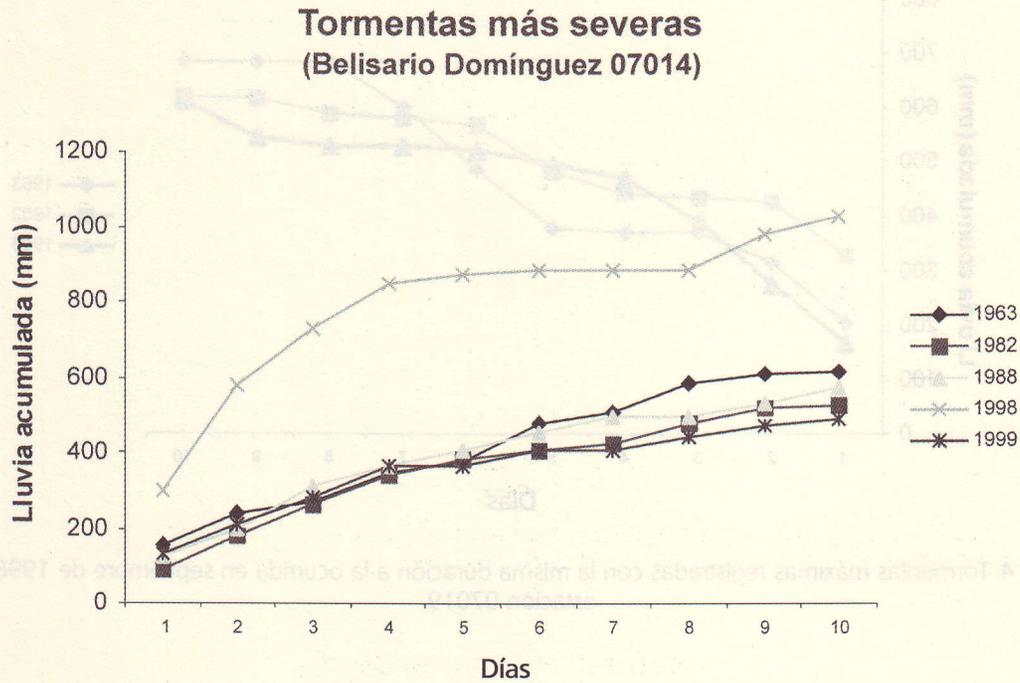


Figura 2. Tormentas máximas registradas con la misma duración a la ocurrida en septiembre de 1998 en la estación 07014.

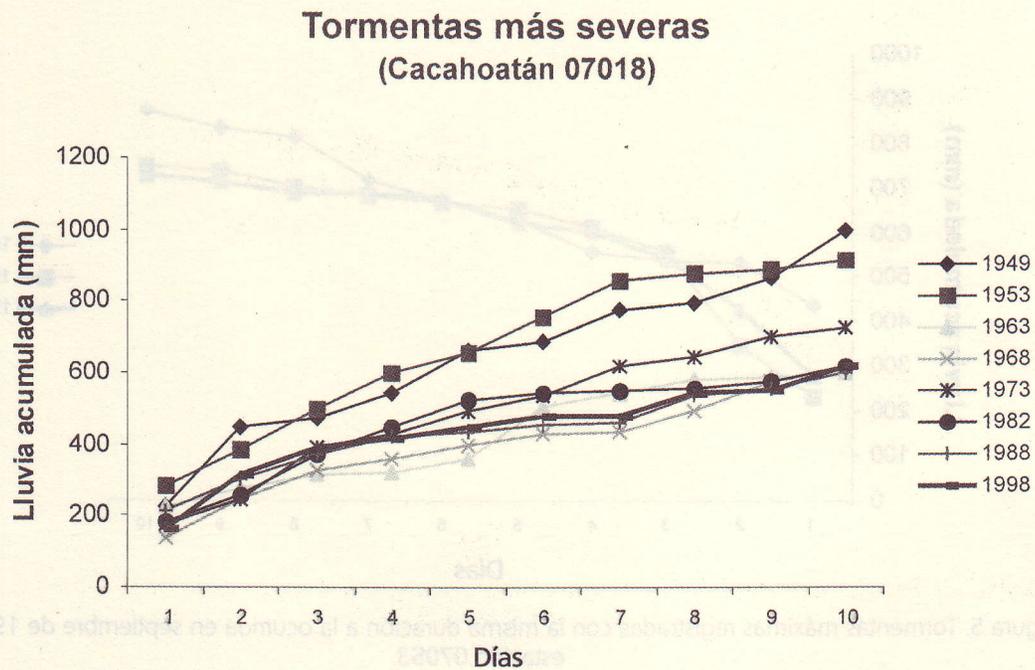


Figura 3. Tormentas máximas registradas con la misma duración a la ocurrida en septiembre de 1998 en la estación 07018.

Tormentas más severas (Cahuacán 07019)

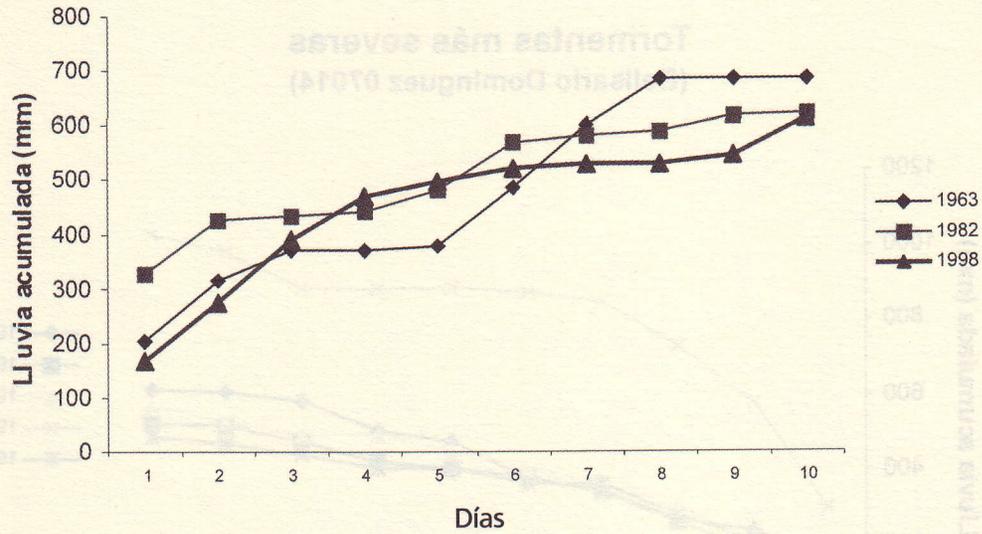


Figura 4. Tormentas máximas registradas con la misma duración a la ocurrida en septiembre de 1998 en la estación 07019.

Tormentas más severas (Escuintla 07053)

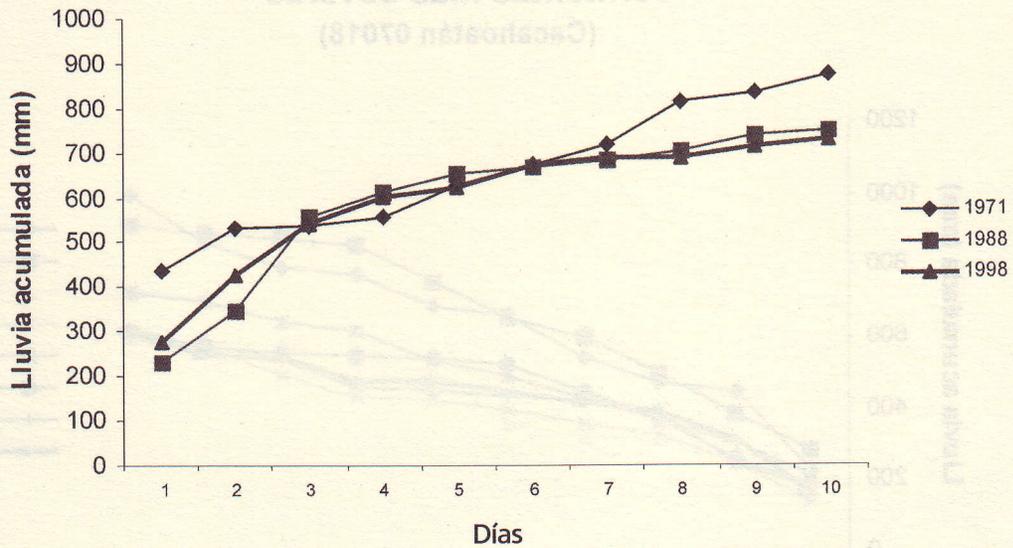


Figura 5. Tormentas máximas registradas con la misma duración a la ocurrida en septiembre de 1998 en la estación 07053.

Tormentas más severas Finca Chicharras (07057)

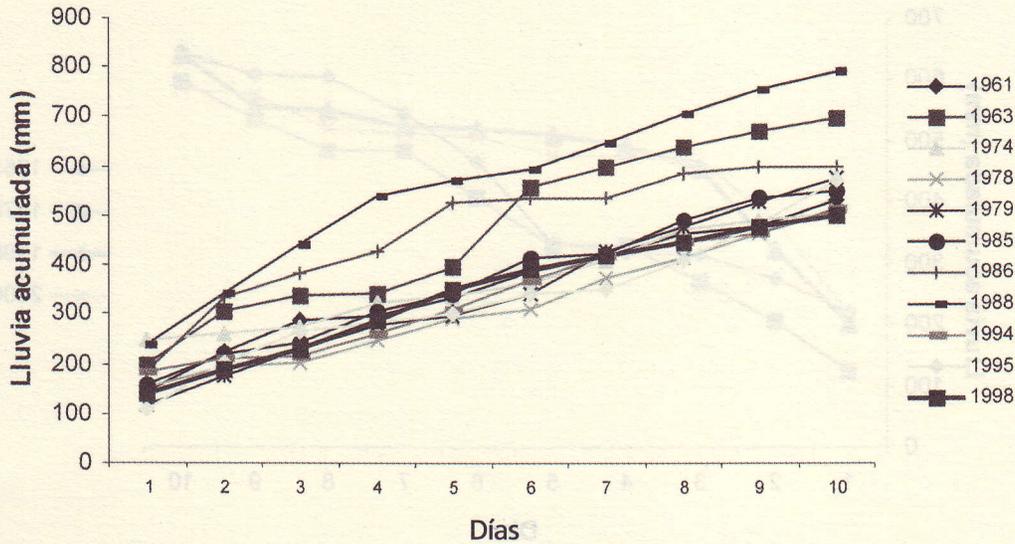


Figura 6. Tormentas máximas registradas con la misma duración a la ocurrida en septiembre de 1998 en la estación 07057.

Tormentas más severas (Pijijiapan 07129)

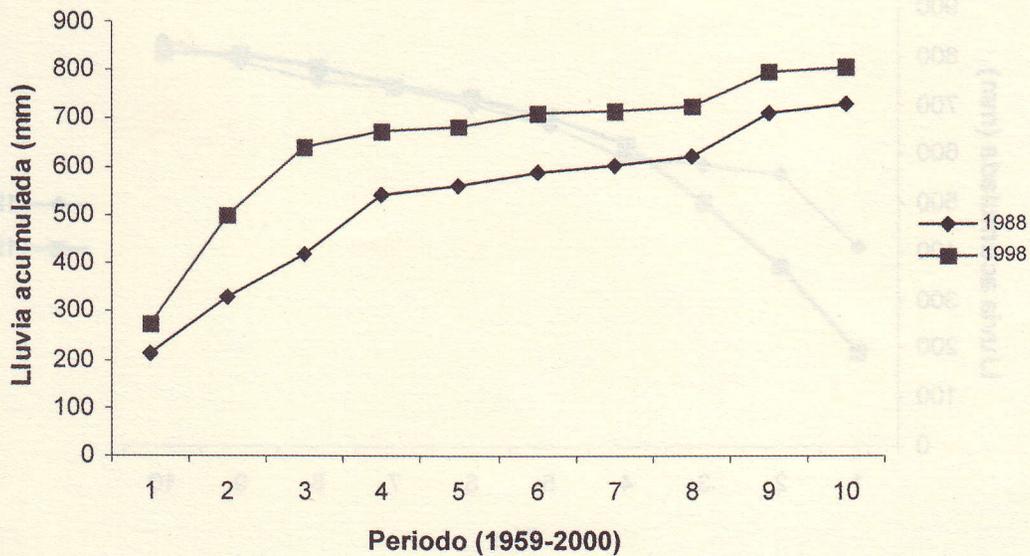


Figura 7. Tormentas máximas registradas con la misma duración a la ocurrida en septiembre de 1998 en la estación 07129.

Tormentas más severas (Malpaso 07191)

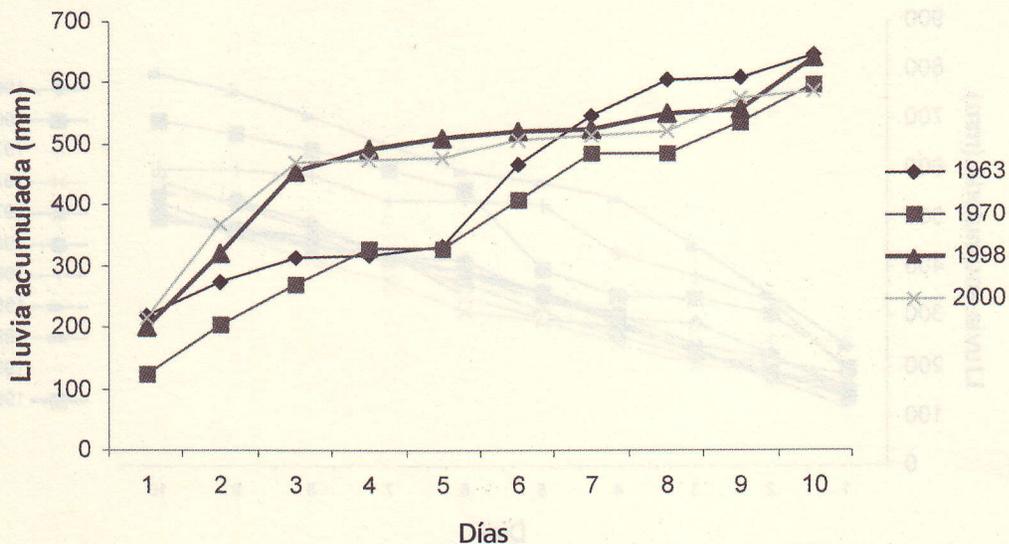


Figura 8. Tormentas máximas registradas con la misma duración a la ocurrida en septiembre de 1998 en la estación 07191.

Tormentas más severas (Tonalá 07201)

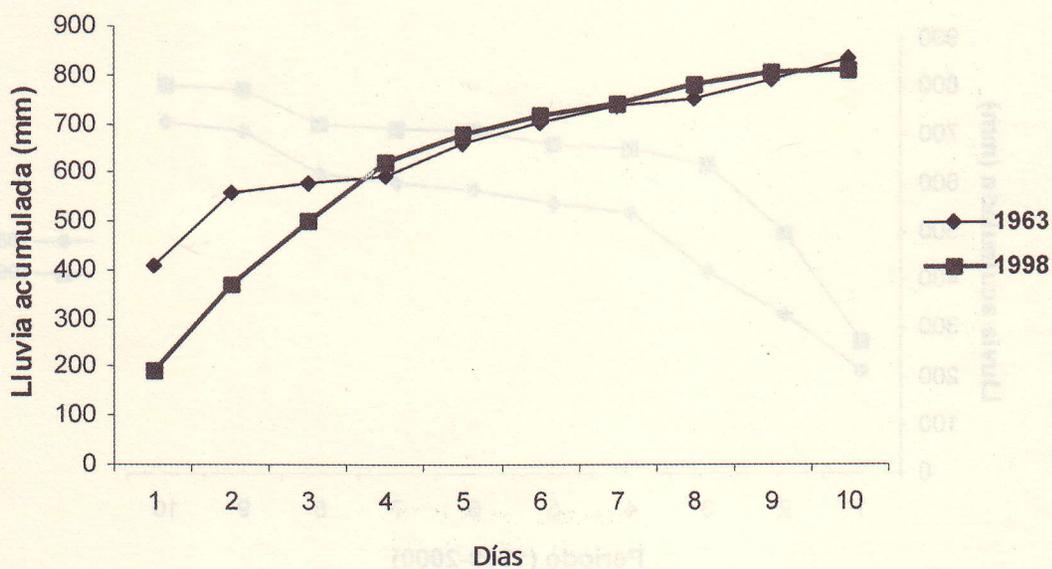


Figura 9. Tormentas máximas registradas con la misma duración a la ocurrida en septiembre de 1998 en la estación 07201.

En la tabla 4 se dan las láminas de lluvia anual y mensual promedio para diferentes periodos de tiempo de cada estación analizada. En algunas estaciones se aprecian tendencias a incrementar o disminuir la cantidad de lluvia anual. Sin embargo, ya sea que se mantenga o no el comportamiento temporal de la lluvia anual, es necesario analizar si esta cantidad de lluvia es producto del mismo proceso, esto es, si el número promedio de días con lluvia en el año tiende a mantenerse o a modificarse. Como ejemplo de este análisis se presentan los siguientes casos:

1. Estación El Dorado (07045). En la figura 10 se observa que la lámina de lluvia acumulada anual se ha mantenido alrededor de su promedio; sin embargo, de acuerdo con la figura 11, se nota un incremento temporal del número de días con lluvia en el año. Este aumento se debe a la ocurrencia de más lluvias de magnitud $0 < H_p(\text{mm}) < 10$ (figura 12), consideradas no erosivas ($H_p < 10$ mm), y una disminución de las lluvias del rango $20 < H_p(\text{mm}) < 30$ (figura 13), que forman parte de las lluvias que generan erosión ($H_p > 10$ mm).

Otro factor importante a considerar está representado por la lluvia acumulada máxima para diferentes duraciones. Como ejemplo de esto se tiene el evento ocurrido en septiembre de 1998, en que los daños generados en la zona fueron producto de la lluvia acumulada en 10 días. Como se observa en las figuras 14 y 15 las lluvias acumuladas se han mantenido alrededor de su promedio.

2. Estación El Triunfo (07048). En la figura 16 se observa que la lámina de lluvia acumulada anual se ha incrementado con el tiempo, a pesar de que el número de días con lluvia en el año se ha mantenido constante (figura 17). Este incremento se debe a la ocurrencia de menos lluvias de magnitud $0 < H_p(\text{mm}) < 60$

(figura 18), y un aumento de las lluvias del rango $60 < H_p(\text{mm}) < 120$ (figura 19). Esto implica que en la zona se ha incrementado de manera importante el potencial erosivo de la lluvia, situación que se ve agravada por la deforestación de la zona. De las figuras 20 y 21 se concluye que las lluvias acumuladas de 1 a 10 días han aumentado con el tiempo, lo cual genera, junto con las condiciones generales de las cuencas, problemas serios de inundación.

3. Estación Huixtla (07077). En la figura 22 se aprecia un descenso de la lluvia acumulada anual, aunado al decremento en el número de días con lluvia en el año (figura 23). Esta disminución obedece a una reducción de las lluvias en el rango $0 < H_p(\text{mm}) < 50$ (figuras 24 y 25). De las figuras 26 y 27 se concluye que no existe modificación en el patrón de las lluvias máximas acumuladas de 1 a 10 días.

4. Estación Pijijiapan (07129). En la figura 28 se aprecia cierta tendencia a disminuir la cantidad de lluvia acumulada anual; sin embargo, el sitio ha experimentado un incremento en el número de días con lluvia (figura 29). Esto último se debe al aumento de lluvias de magnitud $0 < H_p(\text{mm}) < 10$ y de $20 < H_p(\text{mm}) < 40$ (figuras 30 y 31) y de la disminución de otros rangos. En este caso es posible que debido a los incrementos y decrementos de las lluvias mayores a 10 mm, el potencial erosivo de la lluvia en la zona se mantenga estable. Con referencia a la lluvia acumulada máxima de diferentes duraciones (figuras 32 y 33), se observan valores alrededor del promedio.

Finalmente, en la tabla 5 se presenta un resumen sobre las condiciones observadas del patrón de lluvias para cada una de las estaciones consideradas en el análisis.

Tabla 4. Lluvia promedio anual y mensual para diferentes periodos de tiempo de cada estación en estudio.

Estación	Periodo	Hp anual	Hp mensual (mm)											
		(mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
07014	1963-1979	1911.1	5.0	4.3	38.8	81.1	185.4	377.1	273.3	337.1	388.2	160.3	42.4	18.3
	1980-1999	1854.7	5.0	18.2	37.5	103.1	174.8	366.9	218.2	327.2	403.2	139.4	47.5	13.7
	1963-2000	1888.2	5.0	11.9	38.5	90.9	175.3	373.9	246.8	331.7	407.1	145.9	44.3	16.8
07018	1944-1959	4787.1	20.2	32.0	129.9	300.1	629.3	710.2	577.3	590.3	764.7	785.3	207.2	40.9
	1960-1979	4234.1	29.5	32.3	100.3	236.2	527.0	683.8	476.9	578.7	714.8	610.4	199.0	45.3
	1980-1999	3966.2	23.6	51.0	56.9	237.7	482.2	645.5	493.3	590.5	669.4	491.0	193.2	32.1
	1944-2002	4293.4	23.8	37.1	91.9	256.2	544.4	670.9	509.9	588.6	718.8	615.3	196.8	39.9
07019	1962-1979	1437.8	3.6	2.3	10.1	44.6	147.4	283.9	196.7	229.0	306.5	174.1	28.9	10.8
	1980-1999	1404.4	0.7	4.4	18.4	39.1	152.0	232.8	206.1	195.0	337.4	165.4	44.1	9.0
	1962-2000	1422.0	2.1	3.3	14.1	40.8	154.8	253.7	200.4	209.6	324.3	170.0	37.9	11.0
07038	1965-1979	3350.4	13.4	7.2	29.5	81.4	331.9	578.7	529.6	593.9	588.4	455.6	112.1	28.7
	1980-1999	3146.0	10.0	15.7	21.5	73.0	348.0	439.6	524.8	538.3	614.3	420.9	112.8	27.3
	1965-2000	3217.7	11.1	11.9	24.4	74.7	348.6	495.8	525.9	560.4	593.7	429.9	114.1	27.1
07045	1951-1959	1231.8	2.4	0.0	4.3	33.5	122.9	235.5	156.8	153.1	226.9	279.3	14.6	2.5
	1960-1979	1389.7	3.1	1.2	8.5	41.1	126.9	286.2	184.8	239.7	306.8	132.7	47.3	11.5
	1980-1999	1351.2	2.0	1.5	12.9	52.6	150.8	231.5	206.0	189.8	316.0	141.8	39.6	6.9
	1951-2000	1339.9	2.5	1.0	9.3	43.5	135.2	251.3	187.0	201.8	296.9	163.5	39.9	8.1
07048	1973-1979	3305.9	29.0	8.1	58.1	154.0	409.7	544.4	422.5	569.4	667.9	318.1	102.1	22.5
	1980-1999	3470.0	21.4	19.8	54.5	146.8	449.0	577.9	442.7	510.4	725.2	371.4	113.8	37.2
	1973-2000	3457.6	23.9	16.4	54.4	148.0	461.5	568.8	436.8	525.9	715.0	355.2	119.4	32.4
07053	1957-1959	4002.9	14.1	20.3	12.7	124.8	362.6	917.4	565.2	628.6	729.0	543.9	84.4	0.0
	1960-1979	3308.0	13.1	7.4	26.8	87.6	336.8	570.0	514.3	583.5	620.6	435.2	104.4	8.3
	1980-1999	3368.5	12.4	15.4	27.6	99.5	376.8	556.3	483.6	624.4	684.9	389.7	79.4	18.5
	1957-2002	3361.1	12.0	11.2	25.6	94.3	362.7	571.7	503.3	601.8	665.5	411.9	89.2	11.9

Tabla 4. Continuación.

Estación	Periodo	Hp anual	Hp mensual (mm)											
		(mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
07057	1961-1979	4069.1	46.7	40.1	99.5	202.0	437.8	631.1	499.3	599.9	705.9	546.1	195.3	65.2
	1980-1999	4279.4	44.3	53.3	106.5	252.6	497.8	712.5	471.0	620.2	697.6	543.6	221.3	58.7
	1961-2000	4171.2	44.4	47.7	104.4	227.1	476.0	666.1	482.5	603.6	705.5	543.7	209.4	60.8
07074	1965-1979	2215.2	9.1	5.7	21.7	45.8	221.5	409.0	341.3	406.2	524.0	182.2	36.8	11.9
	1980-1992	2021.0	4.8	10.9	11.5	40.7	208.7	457.7	381.9	371.6	352.9	142.2	33.4	4.6
	1965-1992	2125.1	7.1	8.1	17.0	43.4	215.6	431.6	360.2	390.2	444.5	163.6	35.2	8.5
07075	1965-1979	2249.2	2.9	2.9	28.3	62.6	234.3	446.8	338.4	354.8	410.1	284.8	72.4	10.9
	1980-1999	2312.6	1.8	10.4	10.2	54.2	261.9	384.1	347.8	349.5	492.8	300.7	89.8	9.4
	1965-2000	2290.1	2.2	7.4	17.5	56.2	255.3	410.3	343.7	351.6	455.9	295.6	84.7	9.8
07077	1954-1959	3417.4	33.6	22.4	15.9	93.3	321.6	561.0	391.3	560.5	754.2	550.6	110.0	3.0
	1960-1979	3398.2	14.1	7.2	44.5	81.4	329.8	562.9	481.5	570.4	626.5	490.9	163.9	25.0
	1980-1999	3075.5	6.7	10.4	22.6	87.9	324.1	482.9	474.2	465.4	630.1	428.4	118.0	25.0
	1954-2002	3215.7	12.6	9.9	30.3	84.1	329.1	513.4	463.7	515.9	636.3	464.7	132.8	22.8
07084	1965-1979	2211.0	8.7	2.2	13.5	52.1	207.8	427.8	353.7	391.3	516.2	206.0	25.7	6.2
	1980-1999	2252.7	3.7	7.5	15.2	25.0	220.6	406.9	361.3	419.6	520.6	208.0	57.2	7.3
	1965-2000	2228.8	5.7	5.1	14.1	37.8	218.6	415.2	355.4	404.3	515.9	203.7	46.5	6.6
07113	1961-1979	2481.7	6.9	1.6	16.0	61.8	229.9	447.6	383.6	486.0	506.2	265.5	68.0	8.6
	1980-1992	2755.5	8.3	9.1	26.7	61.1	264.6	465.8	501.8	528.3	562.1	251.9	67.6	8.1
	1961-1992	2592.9	7.5	4.6	20.4	61.5	244.0	455.0	431.7	503.2	528.9	260.0	67.9	8.4
07115	1965-1979	2592.9	3.3	1.9	16.9	61.2	237.6	450.1	410.3	521.0	528.2	310.4	45.5	6.5
	1980-1999	2669.9	1.0	7.0	22.5	58.1	269.9	476.7	467.9	486.5	559.7	238.9	69.4	12.3
	1965-2000	2615.3	2.0	4.7	19.6	58.6	258.4	460.2	438.1	496.3	541.3	266.1	60.5	9.5
07129	1960-1979	2312.8	2.3	3.9	8.9	50.8	217.1	410.5	370.8	425.6	505.3	252.0	58.5	7.3
	1980-1999	2097.0	0.6	11.2	18.5	33.8	211.5	369.9	348.7	399.8	455.0	188.5	50.4	9.0
	1959-2000	2190.6	1.4	7.2	13.0	42.2	221.8	385.7	360.8	404.0	471.6	221.4	53.7	7.8

Tabla 4. Continuación.

Estación	Periodo	Hp anual		Hp mensual (mm)											
		(mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
07191	1961-1979	3763.5	24.4	16.5	69.9	181.1	441.5	599.2	419.9	503.6	728.3	569.9	180.5	28.8	
	1980-1999	3773.3	9.8	34.7	46.8	192.1	443.0	558.8	467.6	576.2	739.7	500.8	173.6	30.1	
	1961-2000	3788.4	16.5	25.4	57.2	184.5	456.4	581.7	443.3	546.8	732.5	536.4	177.7	30.2	
07200	1952-1959	2204.6	6.7	5.9	12.3	116.5	279.5	358.6	313.9	317.4	392.9	349.4	45.7	5.8	
	1960-1979	2425.1	11.4	9.4	37.2	98.3	262.1	436.7	338.5	369.4	470.6	309.8	69.8	12.0	
	1980-1999	2034.7	3.5	6.8	12.4	74.0	211.4	333.6	290.3	323.5	438.2	246.2	83.2	11.5	
	1952-2001	2208.7	7.1	7.5	22.0	88.4	247.5	375.2	312.2	340.3	439.9	285.4	71.9	11.3	
07201	1960-1979	1717.3	2.2	3.7	10.0	32.7	137.3	346.3	281.1	291.6	455.8	125.7	27.2	3.9	
	1980-1999	1681.7	0.4	5.6	7.6	22.0	182.2	335.7	250.4	311.5	406.9	123.6	35.2	0.8	
	1959-1999	1695.5	1.2	4.7	8.6	26.7	157.6	341.5	265.4	301.3	425.7	130.1	30.4	2.2	
07352	1982-1989	2230.2	1.9	13.9	14.7	12.6	245.7	376.8	372.8	462.9	484.0	159.8	82.6	2.5	
	1990-1996	1938.0	0.1	6.5	25.2	46.2	193.3	353.0	314.5	390.3	392.8	181.4	29.4	5.2	
	1982-1996	2093.8	1.0	10.4	19.6	28.3	221.2	365.7	345.6	429.0	441.4	169.9	57.8	3.8	

El Dorado (07045)

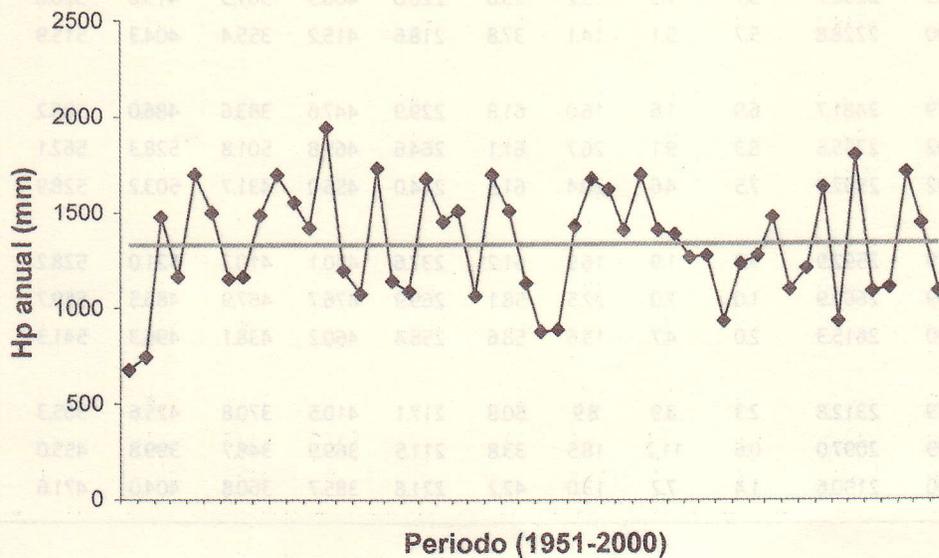


Figura 10. Variación y tendencia temporal de la lluvia acumulada anual en la estación 07045.

El Dorado (07045)

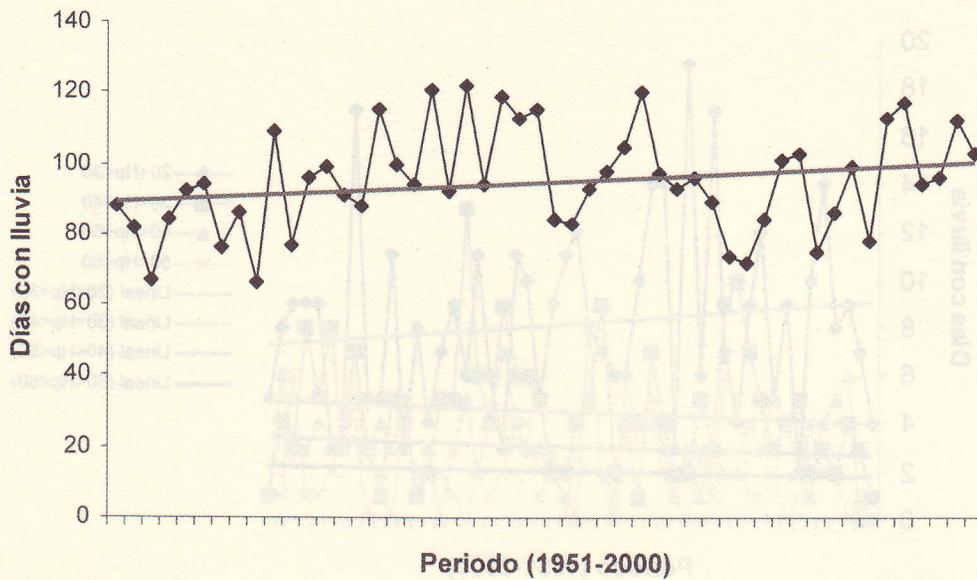


Figura 11. Variación y tendencia temporal de la variable días con lluvia apreciable en el año de la estación 07045.

El Dorado (07045)

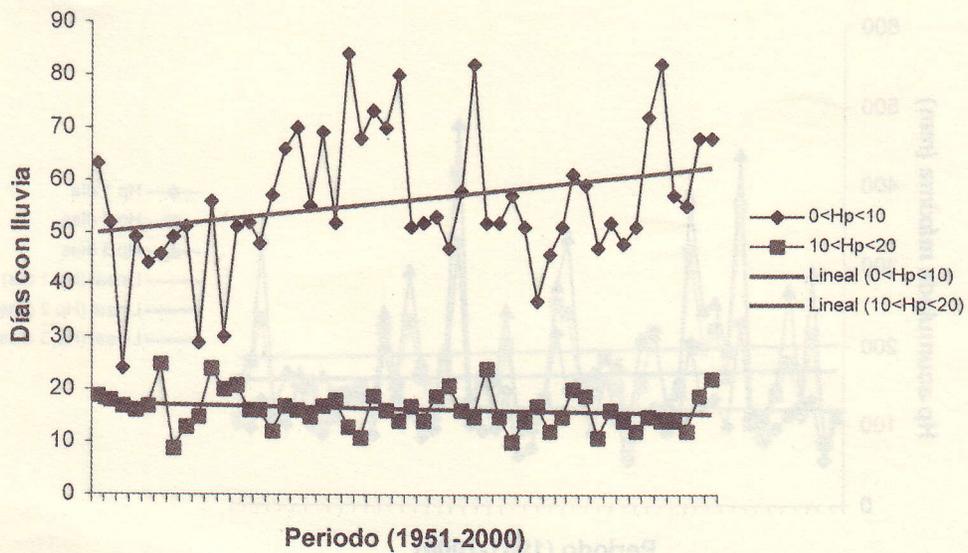


Figura 12. Variación y tendencia temporal de la variable días con lluvia para rangos de precipitación de 0 a 20 mm de la estación 07045.

El Dorado (07045)

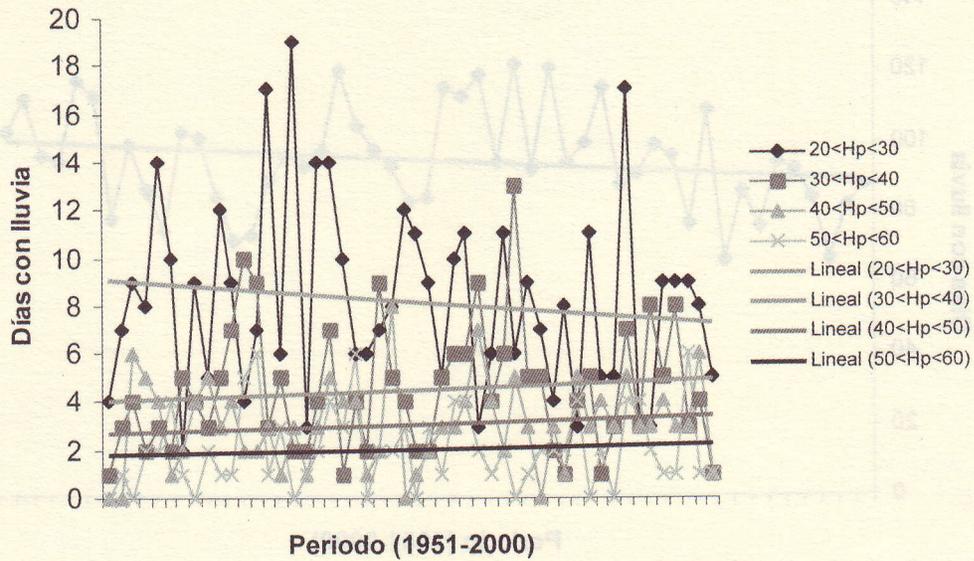


Figura 13. Variación y tendencia temporal de la variable *días con lluvia* para rangos de precipitación de 20 a 60 mm de la estación 07045.

El Dorado (07045)

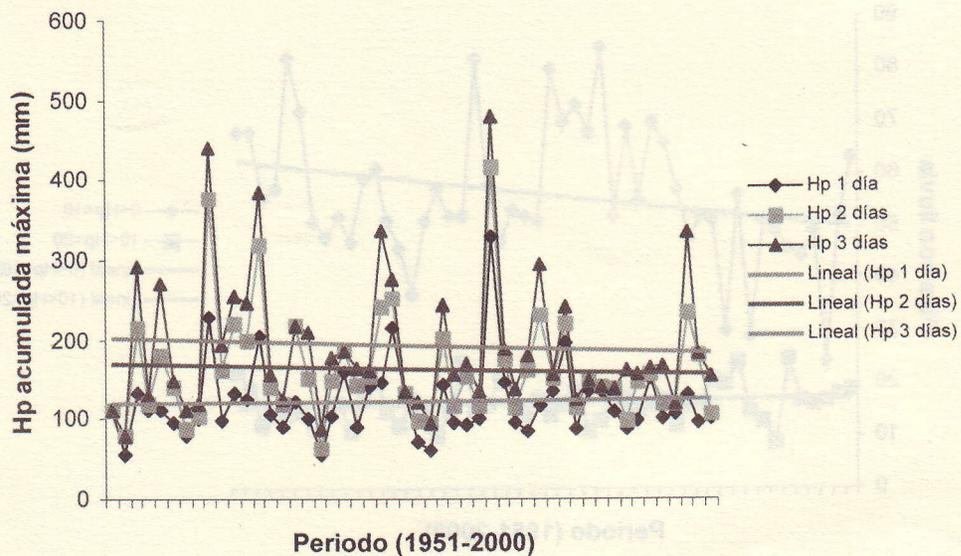


Figura 14. Variación y tendencia temporal de la *lluvia acumulada máxima* para duraciones de 1 a 3 días de la estación 07045.

(8) El Dorado (07045)

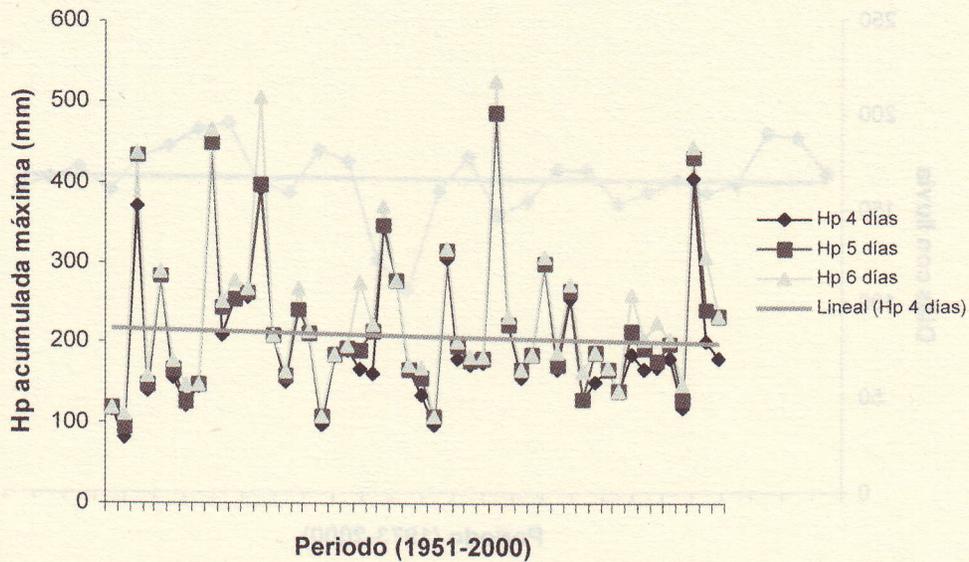


Figura 15. Variación y tendencia temporal de la lluvia acumulada máxima para duraciones de 4 a 6 días de la estación 07045.

Finca El Triunfo (07048)

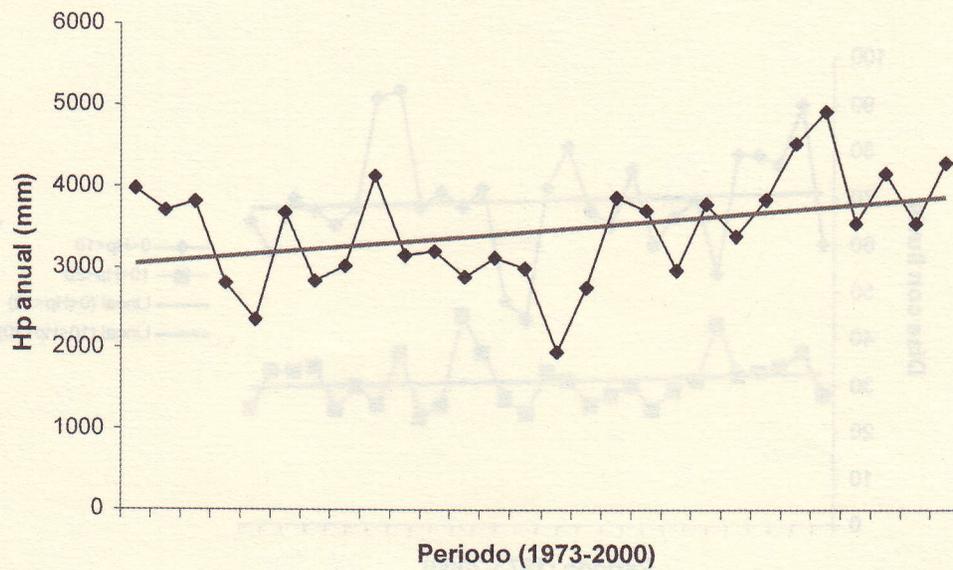


Figura 16. Variación y tendencia temporal de la lluvia acumulada anual en la estación 07048.

Finca El Triunfo (07048)

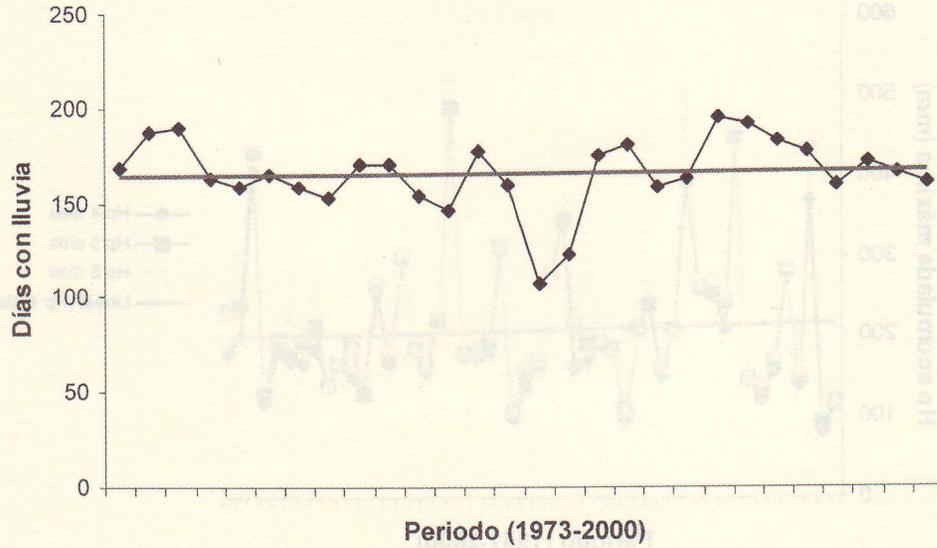


Figura 17. Variación y tendencia temporal de la variable *días con lluvia* apreciable en el año de la estación 07048.

Finca El Triunfo (07048)

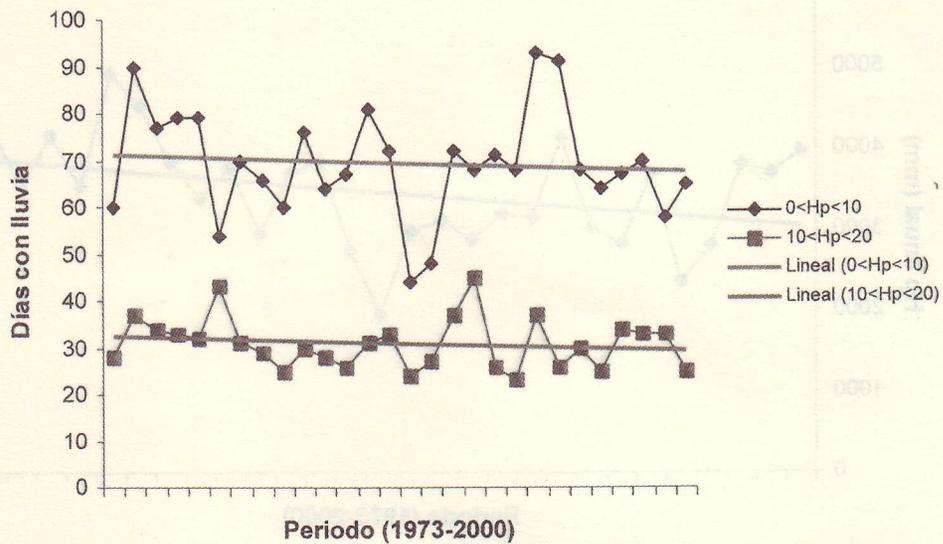


Figura 18. Variación y tendencia temporal de la variable *días con lluvia* para rangos de precipitación de 0 a 20 mm de la estación 07048.

Finca El Triunfo (07048)

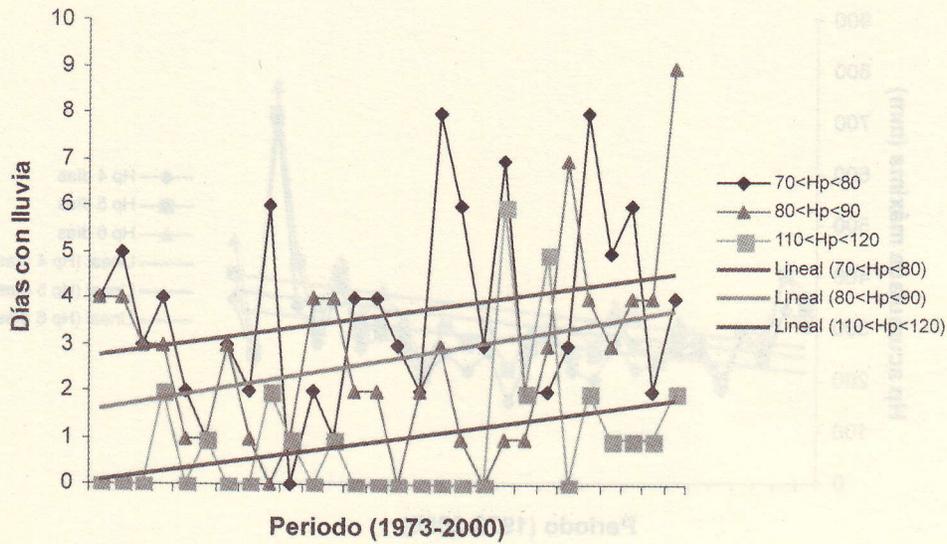


Figura 19. Variación y tendencia temporal de la variable días con lluvia para rangos de precipitación de 70 a 120 mm de la estación 07048.

Finca El Triunfo (07048)

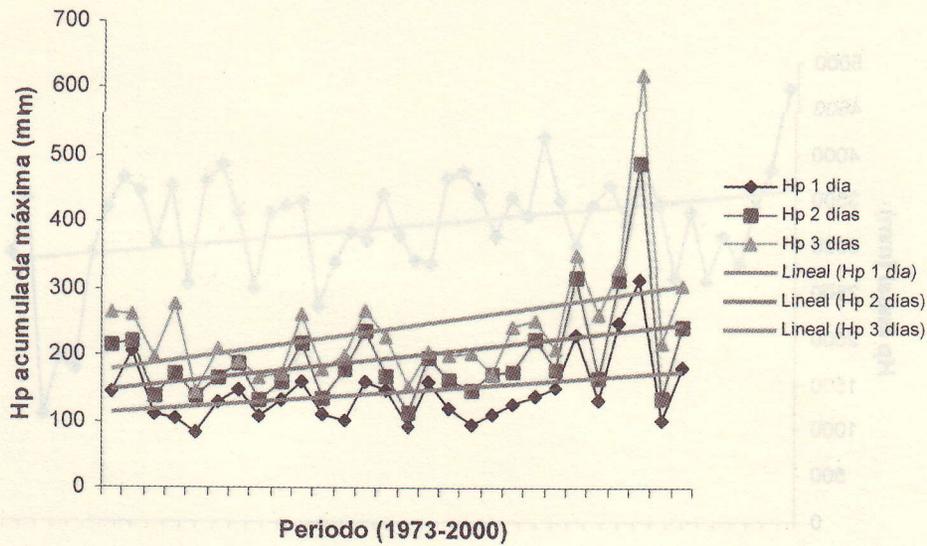


Figura 20. Variación y tendencia temporal de la lluvia acumulada máxima para duraciones de 1 a 3 días de la estación 07048.

Finca El Triunfo (07048)

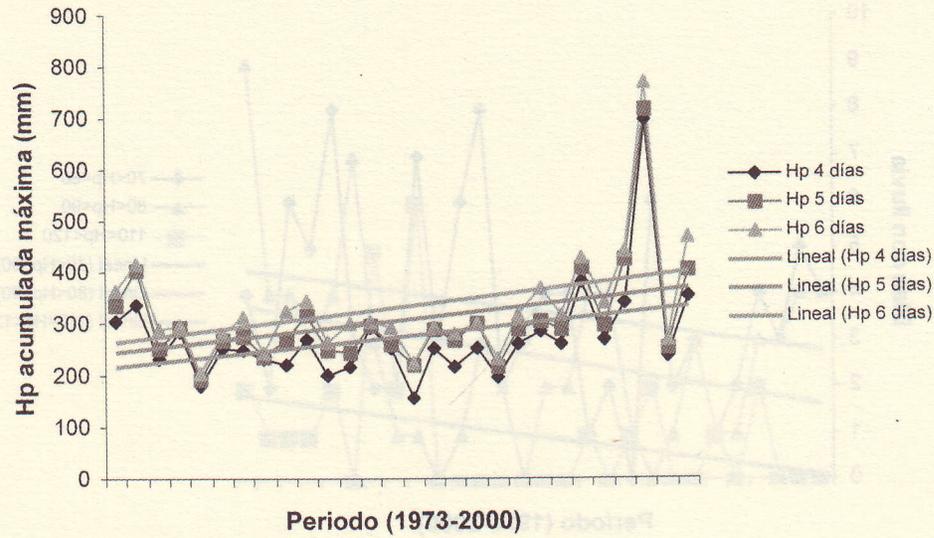


Figura 21. Variación y tendencia temporal de la lluvia acumulada máxima para duraciones de 4 a 6 días de la estación 07048.

Huixtla (07077)

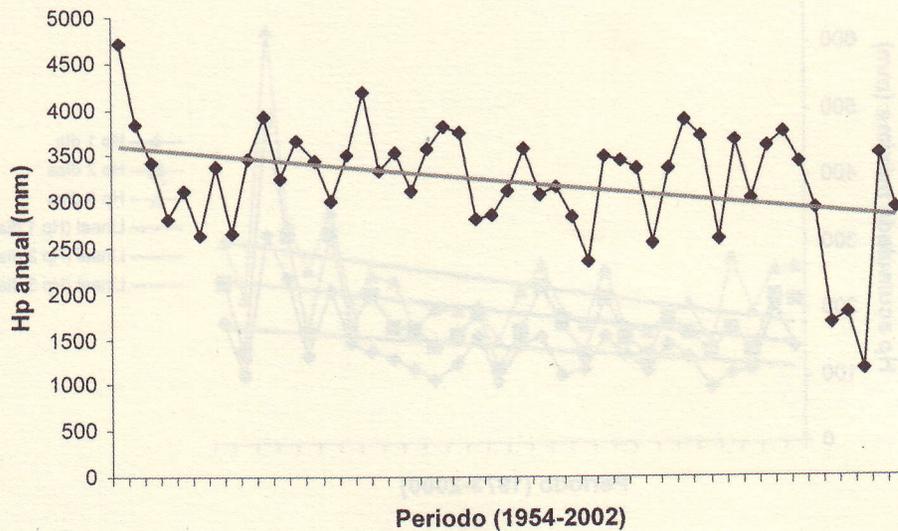


Figura 22. Variación y tendencia temporal de la lluvia acumulada anual en la estación 07077.

Huixtla (07077)

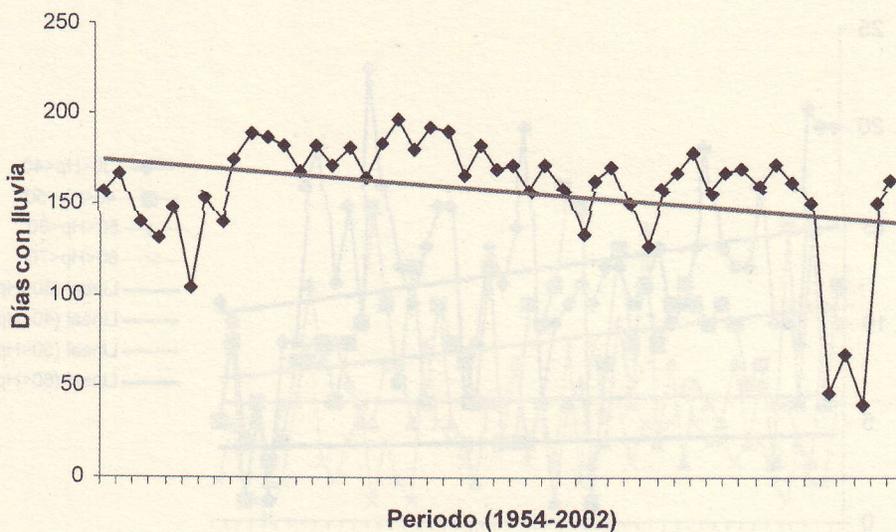


Figura 23. Variación y tendencia temporal de la variable días con lluvia apreciable en el año de la estación 07077.

Huixtla (07077)

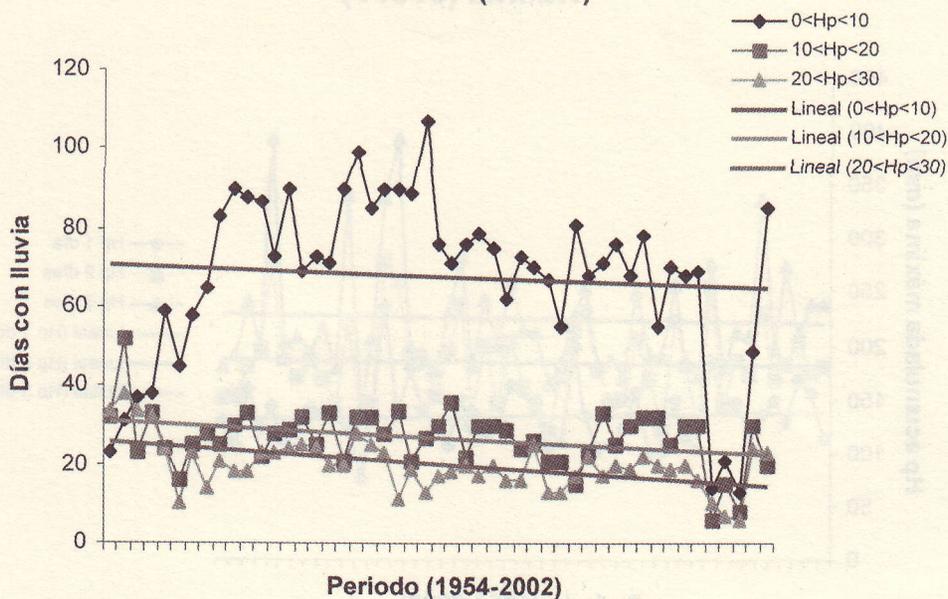


Figura 24. Variación y tendencia temporal de la variable días con lluvia para rangos de precipitación de 0 a 30 mm de la estación 07077.

Huixtla (07077)

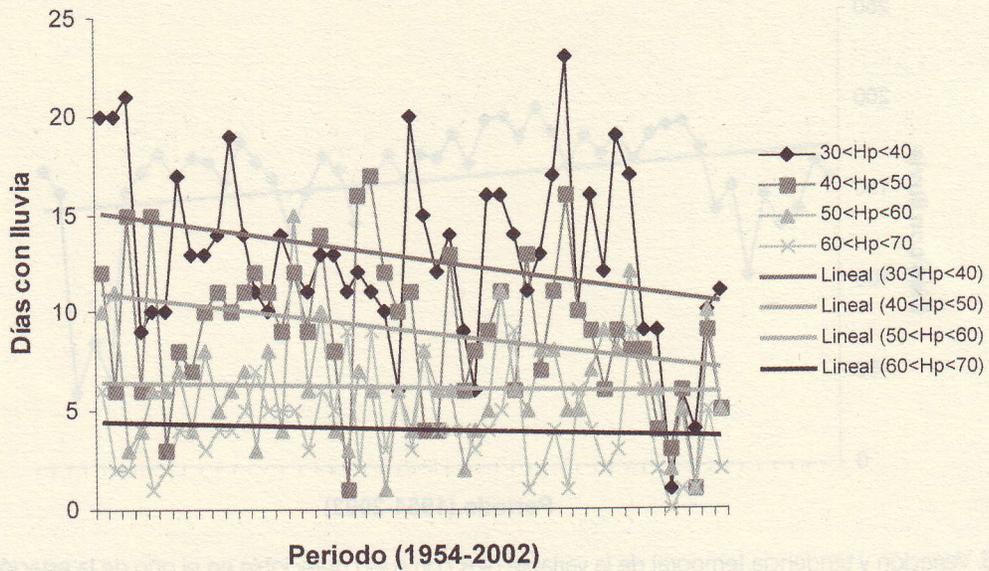


Figura 25. Variación y tendencia temporal de la variable días con lluvia para rangos de precipitación de 30 a 70 mm de la estación 07077.

Huixtla (07077)

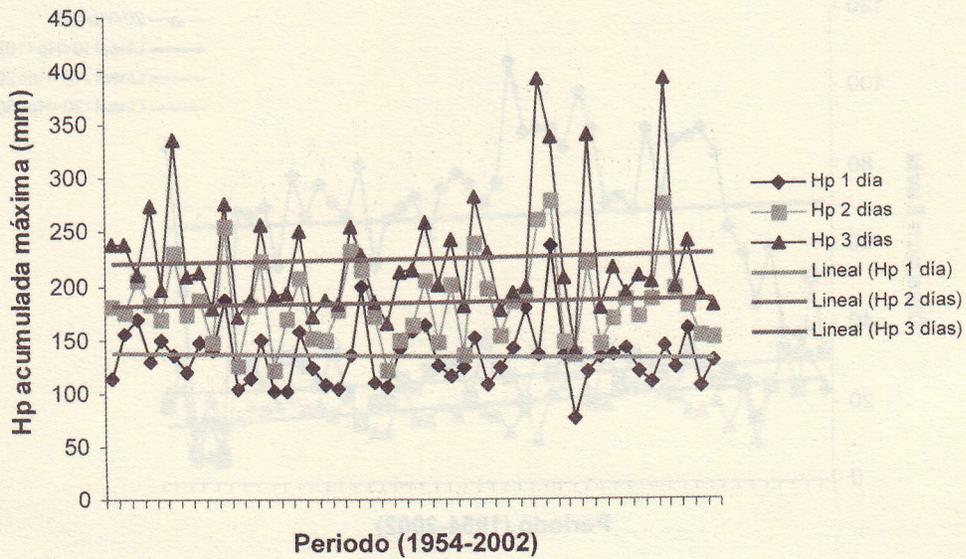


Figura 26. Variación y tendencia temporal de la lluvia acumulada máxima para duraciones de 1 a 3 días de la estación 07077.

Huixtla (07077)

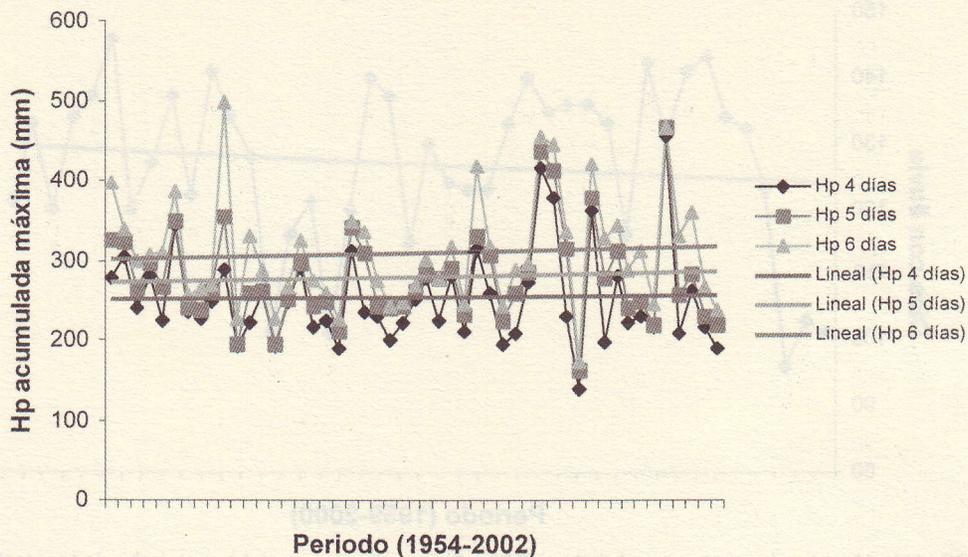


Figura 27. Variación y tendencia temporal de la lluvia acumulada máxima para duraciones de 4 a 6 días de la estación 07077.

Pijijiapan (07129)

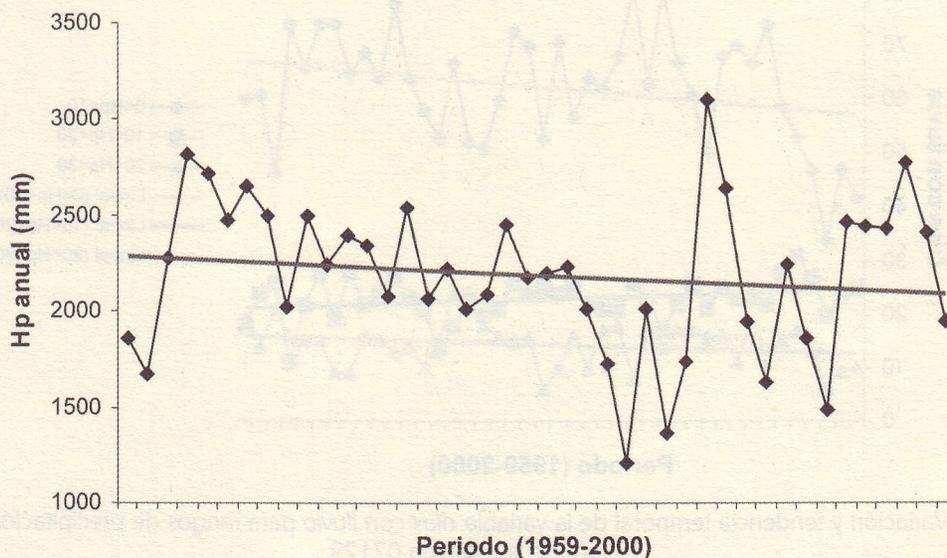


Figura 28. Variación y tendencia temporal de la lluvia acumulada anual en la estación 07129.

Pijijiapan (07129)

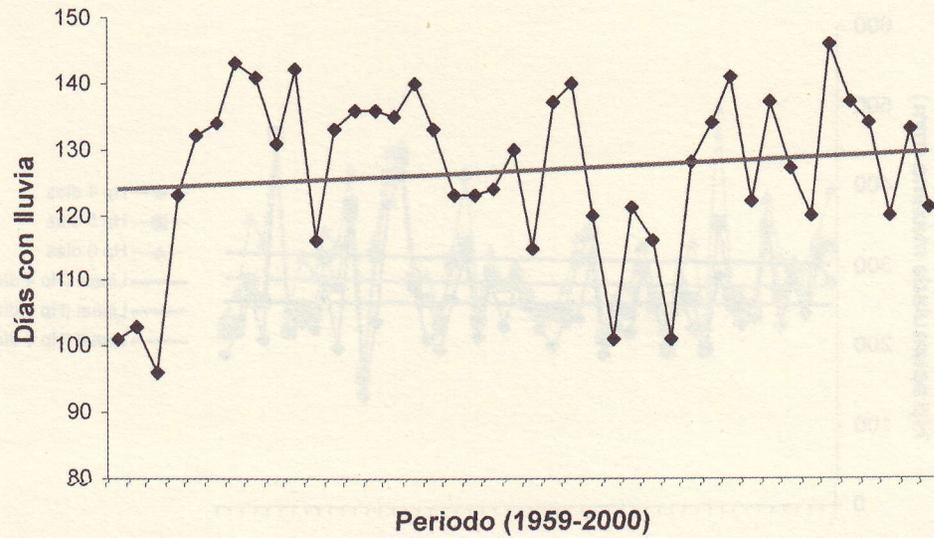


Figura 29. Variación y tendencia temporal de la variable días con lluvia apreciable en el año de la estación 07129.

Pijijiapan (07129)

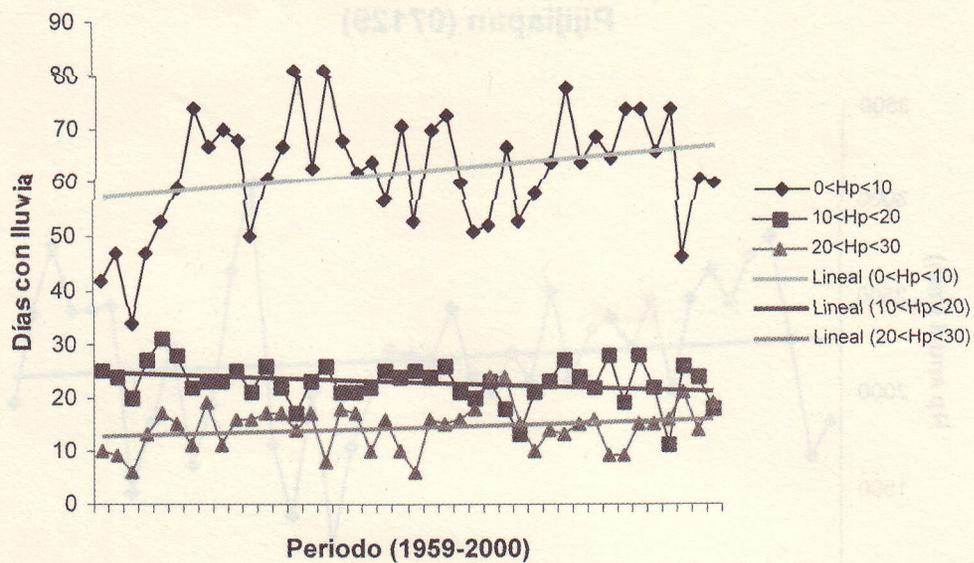


Figura 30. Variación y tendencia temporal de la variable días con lluvia para rangos de precipitación de 0 a 30 mm de la estación 07129.

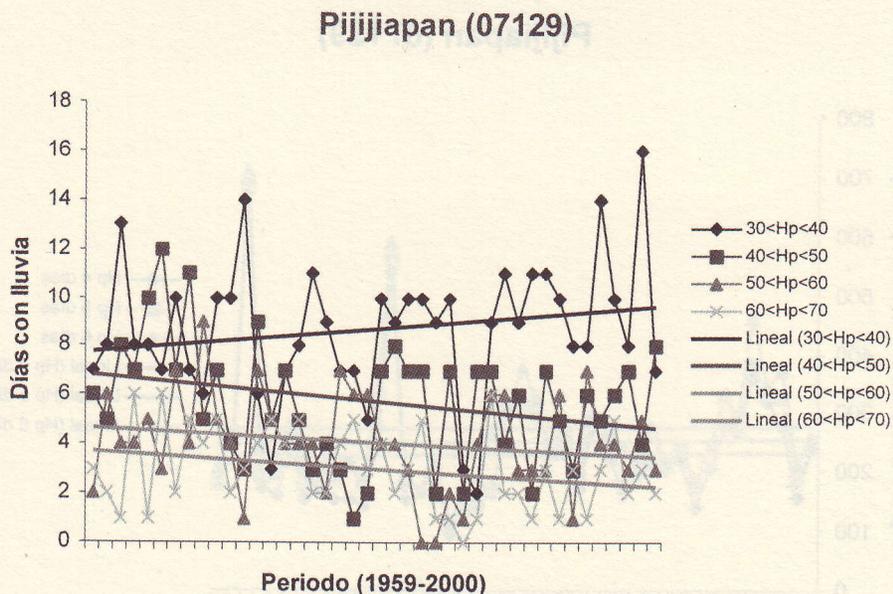


Figura 31. Variación y tendencia temporal de la variable *días con lluvia* para rangos de precipitación de 30 a 70 mm de la estación 07129.

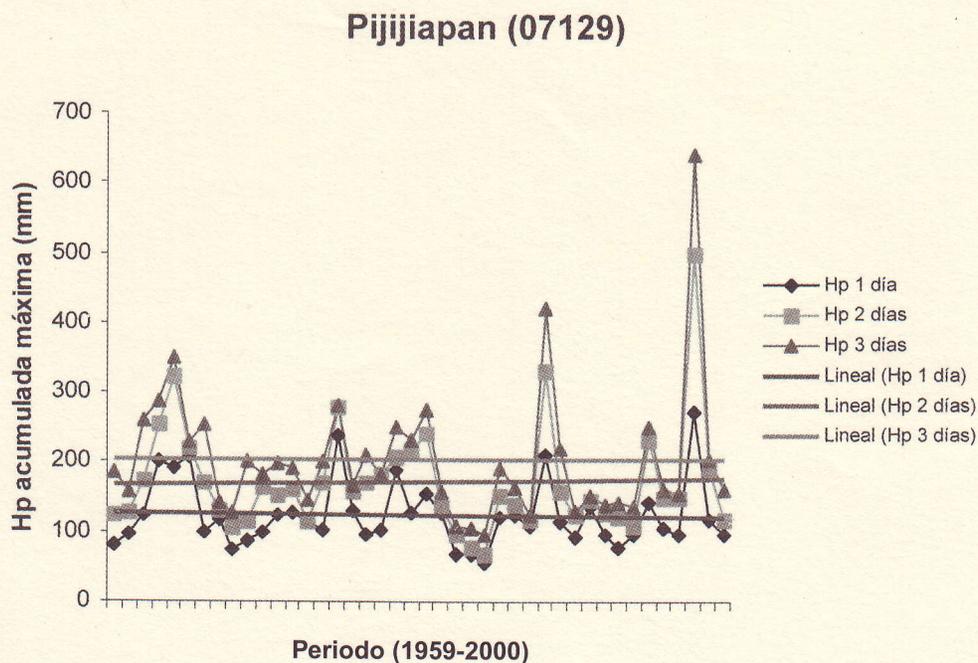


Figura 32. Variación y tendencia temporal de la *lluvia acumulada máxima* para duraciones de 1 a 3 días de la estación 07129.

Pijijiapan (07129)

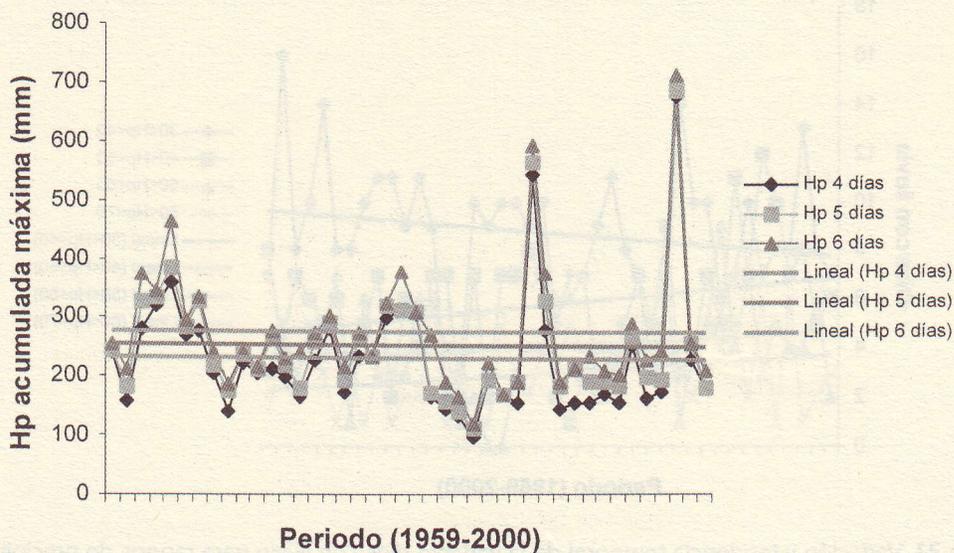


Figura 33. Variación y tendencia temporal de la lluvia acumulada máxima para duraciones de 4 a 6 días de la estación 07129.

Tabla 5. Tendencias de las variables que describen el patrón de lluvias en las estaciones analizadas de la Costa de Chiapas.

Estación	Lluvia anual	Días con lluvia en el año	Lluvias no erosivas	Lluvias erosivas	Lluvia acumulada de 1 a 10 días
07014	Estable	Decremento	Decremento	Incremento	Incremento
07018	Decremento	Decremento	Decremento	Decremento	Decremento
07019	Estable	Incremento	Incremento	Estable	Estable
07038	Decremento	Decremento	Decremento	Estable	Incremento
07045	Estable	Incremento	Incremento	Decremento	Estable
07048	Incremento	Estable	Decremento	Incremento	Incremento
07053	Decremento	Decremento	Decremento	Estable	Incremento
07057	Incremento	Decremento	Decremento	Incremento	Estable
07074	Decremento	Decremento	Decremento	Estable	Decremento
07075	Estable	Decremento	Decremento	Incremento	Incremento
07077	Decremento	Decremento	Decremento	Decremento	Estable
07084	Incremento	Decremento	Decremento	Incremento	Incremento
07113	Incremento	Incremento	Incremento	Incremento	Incremento
07115	Estable	Decremento	Decremento	Incremento	Incremento
07129	Decremento	Incremento	Incremento	Decremento	Estable
07191	Estable	Decremento	Decremento	Incremento	Incremento
07200	Decremento	Decremento	Estable	Decremento	Incremento
07201	Estable	Incremento	Incremento	Decremento	Estable
07352	Decremento	Incremento	Incremento	Decremento	Decremento

CONCLUSIONES

La Costa de Chiapas ha sufrido un proceso de degradación ambiental muy importante en las últimas tres décadas, que junto con la severidad de las lluvias, han provocado serios problemas de inundación. Como casos extremos se registran los acontecimientos de los años 1998 y 2005.

Asociado a la degradación de las cuencas, se tiene la modificación en las tendencias del patrón de lluvias de la región. Dos aspectos muy importantes a evaluar son el incremento en el número de días con lluvia mayor a 10 mm, que se consideran como erosivas, y la lámina de lluvia acumulada máxima para duraciones de 1 a 10 días, que generan los mayores problemas de inundación. A este respecto, de acuerdo con el análisis realizado, se observa que existen dos grandes zonas dentro de la región, las cuales han experimentado un incremento en la tendencia de estas dos variables. Dichas zonas están definidas como sigue: la primera abarca desde los 15°20' a los 16°00' de latitud norte y de los 92°50' a los 93°30' de longitud oeste, en tanto que la segunda ocupa de los 15°00' a los 15°30' de latitud norte y de los 92°00' a los 92°35' de longitud oeste.

Si bien se observa que el potencial de erosión e

inundación se ha incrementado en las zonas ya definidas, es urgente la implantación de un programa de conservación de cuencas en toda la Costa de Chiapas, que implique la reforestación, el control de la erosión de los suelos y la explotación racional de los recursos.

Recibido: 3 de noviembre de 2005

Aprobado: 7 de agosto de 2006

REFERENCIAS

ESCALANTE, C. Y PALACIO, J. (2000). *La Deforestación y su impacto en la Costa de Chiapas*, Primer Congreso de Deforestación, SEMARNAT, Texcoco, México.

REFORMA. *Causa Agua Mayor Daño*, Sección Estados, México, D. F., 30 de octubre 2005: 26-A.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL, COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (2005). *Información Climatológica*, México.

Dirección institucional del autor

CARLOS A. ESCALANTE SANDOVAL

Facultad de Ingeniería

Universidad Autónoma de México (UNAM)

Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D.F. 04510;

caes@servidor.unam.mx