

VARIACIONES HIDROCLIMATICAS O EVIDENCIAS DE CAMBIO CLIMATICO EN EL SALVADOR?

Adriana María Erazo Chica

Investigadora Hidróloga

Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET

El Salvador

aerazo@snet.gob.sv

Resumen

Se presentan registros gráficos y análisis de series de temperatura media anual y precipitación anual de estaciones hidroclimatológicas en El Salvador con registros superiores a 40 años, así como información de caudales medios mensuales en los meses de febrero y marzo, los cuales corresponden a los últimos meses de la época seca. Los resultados indican tendencia al incremento de la temperatura en el país, a partir de mediados de 1970, con rangos que varían desde 0.4 °C hasta 2.2 °C; al igual que las reducciones de los caudales superficiales de los ríos en época seca. En relación a la precipitación, no hay una tendencia generalizada al incremento o disminución de la misma, pues los dos comportamientos se presentan en las estaciones analizadas, sin embargo se destaca la fuerte reducción de la lluvia en dos estaciones en particular ubicadas al oriente del país, con disminución de 800 y 590 mm respectivamente en más de 70 años. La longitud de los registros disponibles es una limitante para establecer un cambio en el patrón de las variables hidroclimáticas con relación a datos de siglos pasados, siendo difícil determinar si estos cambios corresponden a un cambio climático o la variabilidad natural del clima; sin embargo, evidencian un cambio hidroclimatológico en los últimos años.

Palabras Clave:

El Salvador, Cambio Climático, Variaciones hidroclimáticas, Incremento de temperatura, Reducción de caudales, Variación en régimen de lluvias.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se han realizado diversos estudios relacionados con la búsqueda de evidencias de cambio climático y la determinación de las causas y consecuencias del mismo. Para muchos, el cambio climático es debido al aumento de las concentraciones atmosféricas de los gases efecto invernadero y para otros se debe a un ciclo natural de cambios de temperatura en el planeta, como lo han sido las glaciaciones o calentamientos pasados de la tierra. Sin embargo y contrario a este último planteamiento de la variación natural del clima, hay pruebas que indican que el incremento de la temperatura a nivel mundial coincide con el

incremento de emisiones de gases producto del inicio de la industrialización. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático IPCC, en 1995, escribía en uno de sus Informes: "el conjunto de evidencias sugiere un cierto grado de influencia humana sobre el clima global".

Como evidencia de este cambio climático, se menciona el aumento de temperatura de la superficie terrestre, que de acuerdo al IPCC, aumentó aproximadamente 0.6 °C en el siglo XX y los modelos de simulación pronostican un aumento entre 1.5 a 4.5 °C para los próximos 100 años¹.

El año 2005 fue declarado de acuerdo a la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (NASA) el año más caluroso en el planeta desde que se tienen registros (finales del siglo XIX), seguido en orden descendente por los años 1998, 2002, 2003 y 2004. De acuerdo a informes científicos, el calentamiento actual se produce en todo el planeta, pero con mayor énfasis en las altas latitudes del hemisferio norte. En los últimos 50 años, los mayores calentamientos medidos por año y por verano se han producido en Alaska y Siberia, aunque también en la península Antártica, según la NASA.

En general, países como Estados Unidos, Rusia, países Europeos y en el continente Americano, Colombia, Ecuador, Chile, Argentina, Cuba, entre otros, han evidenciado aumentos en las temperaturas, cambios en regímenes de lluvia, variaciones en los caudales de los ríos y disminución en la extensión de glaciares.

Y en El Salvador, hay evidencias de cambio climático o variaciones en los regímenes hidroclimáticos?

En el caso de El Salvador, en el año 1998 fue desarrollado el estudio Escenarios climáticos de referencia para la República de El Salvador, en el cual una de las conclusiones más relevantes indicaba que durante el periodo de 1961 a 1990, la temperatura superficial del aire en el país, presentó una tendencia significativa hacia el incremento de sus magnitudes anuales, en un orden cercano a 1.2 °C y los años más cálidos del período considerado fueron 1987, 1990 y 1983, en los cuales se produjeron anomalías de 1.1°C, 0.8°C y 0.7°C, respectivamente. En relación a las precipitaciones, los resultados no arrojaron tendencias significativas en cuanto a la variación interanual de las mismas

En el año 2002, el Servicio Nacional de Estudios Territoriales llevó a cabo una investigación sobre la reducción de los caudales superficiales a nivel generalizado en el país, evidenciando una mayor y crítica reducción en las zonas de Chalatenango, Morazán y Suchitoto, del orden de 30 hasta 80% con base a los caudales registrados en los años 70, en la época seca.

Este trabajo pretende determinar la existencia de evidencias del cambio climático o variaciones hidroclimáticas en El Salvador y detectar si la tendencia continúa actualmente.

¹ IPCC. Tercer Informe de Evaluación Cambio Climático 2001. La base Científica.

DATOS

Para analizar los datos de temperatura y precipitación, se trabajó con las series anuales de estaciones que presentaran registro superior a 40 años y preferiblemente que estuvieran funcionando actualmente, con el fin de detectar algún cambio significativo en el patrón de comportamiento de las variables en dicho periodo. De esta forma se lograron identificar 17 estaciones con registro de lluvia y 10 estaciones con registro de temperatura que cumplieran los requisitos.

Para el caso de los caudales medios se analizaron los caudales de los últimos meses de la época seca, específicamente los de los febrero y marzo donde se presentan los caudales base de los ríos, tomando como referencia el estudio realizado en el 2002 de reducción de caudales en la época seca. Debido a que la red de estaciones hidrométricas comenzó a funcionar después de que comenzó la red pluviométrica y que debido al conflicto armado en la época de los años 80 se perdió gran parte de la información, no se puso un límite en el tiempo de los registros para analizar las series de caudales, la consideración que se tuvo fue que tuvieran datos antiguos y que funcionaran actualmente.

Los datos tanto de temperatura media anual, precipitación anual y caudales medios mensuales de febrero y marzo fueron graficados y se trazó la línea de tendencia de los registros. En las figuras 1, 2 y 3 se encuentran las representaciones gráficas de las estaciones analizadas. En el mapa 1 se presenta la ubicación de las estaciones analizadas.

RESULTADOS

Las tablas 1 y 2 muestran los resultados del análisis de variación de temperatura media anual y precipitación anual respectivamente de las estaciones analizadas. El incremento o disminución está dado por la diferencia indicada por la línea de tendencia. El signo + indica incremento de la variable y el signo - indica disminución.

Tabla 1. Resultados de Incremento de Temperatura media anual en las estaciones analizadas

Nombre de Estación	Código de Estación	Departamento	Altitud msnm	Periodo de registro	Numero de años	Variación de Temperatura (°C)
Santa Ana El Palmar	A 12	Santa Ana	725	1959 - 2002	43	+ 2.2
Guija	A 15	Santa Ana	485	1964 - 2005	41	+ 1.4
Finca Los Andes	A 18	Santa Ana	1770	1963 - 2005	42	+ 0.7
Chorrera El Guayabo	B 1	Cabañas	190	1956 - 2005	49	+ 1.0
La Palma	G 4	Chalatenango	1000	1964 - 2005	41	+ 1.3
San Andrés	L 4	La Libertad	460	1949 - 2005	56	+ 0.4
Beneficio El Papalón	M 6	San Miguel	80	1950 - 2002	52	+ 1.7
Aeropuerto Ilopango	S 10	San Salvador	615	1957 - 2005	48	+ 1.1
Acajutla Puerto Nuevo	T 6	Sonsonate	15	1954 - 2005	51	+ 1.3
Santiago de Maria	U 6	Usulután	920	1958 - 2005	47	+ 0.6

Tabla 2. Resultados de variación de Precipitación en las estaciones analizadas

Nombre de Estación	Código de Estación	Departamento	Altitud msnm	Periodo de registro	Numero de años	Variación de Precipitación (mm)
Santa Ana El Palmar	A 12	Santa Ana	725	1958 - 2005	47	- 160
Guija	A 15	Santa Ana	485	1960 - 2005	45	+ 100
Finca Los Andes	A 18	Santa Ana	1770	1963 - 2005	42	- 180
Chorrera El Guayabo	B 1	Cabañas	190	1956 - 2005	49	- 170
Nueva Concepción	G 3	Chalatenango	320	1961 - 2005	44	0
La Palma	G 4	Chalatenango	1000	1964 - 2005	41	+ 70
San Andrés	L 4	La Libertad	460	1947 - 2005	58	- 120
Santa Tecla	L 8	La Libertad	965	1942 - 2005	63	- 40
Beneficio El Papalón	M 6	San Miguel	80	1962 - 2005	43	+ 100
Cutuco	N2	La Unión	5	1927 - 2005	78	- 800
Aeropuerto Ilopango	S 10	San Salvador	615	1955 - 2005	50	- 150
Acajutla Puerto Nuevo	T 6	Sonsonate	15	1959 - 2005	46	- 25
Finca El Triunfo	T 8	Sonsonate	620	1955 - 2005	50	+ 10
Usulután	U 4	Usulután	75	1928 - 2000	72	- 590
Santiago de Maria	U 6	Usulután	920	1957 - 2005	48	+ 120
Beneficio San Mauricio	U8	Usulután	550	1910 - 2005	95	
San Francisco Gotera	Z 2	Morazán	250	1956 - 2005	49	- 110

Variaciones en la Temperatura

Se destacan varios aspectos con relación a los resultados de las 10 estaciones analizadas, que cumplan con registros superiores a 40 años:

- De acuerdo a la línea de tendencia trazada para cada una de las estaciones analizadas, se observa un incremento generalizado en la temperatura media anual en el rango entre 0.4 °C hasta 2.2 °C, lo que implica un incremento promedio de 0.03 °C/año, variando en el rango de 0.01 °C/año a 0.05 °C/año.
- El rango de altitud de las estaciones analizadas, varía entre 15 y 1770 msnm, y todas han presentado incremento en la temperatura.
- La estación que presenta mayor incremento de temperatura, es la estación Santa Ana El Palmar (2.2 °C), la cual tiene registros desde 1959. La estación con un incremento menor es la estación San Andrés (0.4 °C), con registros desde 1949.
- Dos de las estaciones que presentan mayor incremento de las temperaturas (Santa Ana El Palmar y Beneficio El Papalón), se encuentran ubicadas en zonas urbanas (las ciudades de Santa Ana, San Miguel respectivamente)

- El incremento de la temperatura en la mayoría de las estaciones se inicia alrededor del periodo 1975 – 1977.
- El mayor incremento de temperatura se registra en el periodo de 1987 a 1993, en 8 de las 10 estaciones. En este periodo se presentaron dos de los fenómenos del Niño más fuertes y prolongados registrados el siglo pasado, 1992 y 1987. En los años 1983 y 1997-1998 donde igualmente hubo presencia de eventos Niño fuertes, se evidencia un incremento de temperatura en varias de las estaciones, pero de menor magnitud que el incremento del periodo 1987-1993, excepto en las estaciones Aeropuerto Ilopango y Acajutla Puerto Nuevo donde la temperatura de los años 1997-1998 supera el periodo mencionado.
- Dentro del periodo 1987-1993, el año 1989 presenta una reducción de la temperatura, pero manteniéndose por encima de los promedios de cada estación. Este año corresponde a un año en el que se presentó un evento Niña fuerte.
- En la mayoría de las estaciones que presentan el mayor incremento de temperatura en el periodo 1987-1993, los registros disminuyen un poco a partir de 1994, pero se mantienen por encima de los registros de los años 70 y 80. Sin embargo, las estaciones Aeropuerto Ilopango y Acajutla Puerto Nuevo, presentan una tendencia incremental cada año, y esta reducción no se produjo a partir de 1994.
- La serie mas larga analizada corresponde a la estación San Andrés, con registro de 56 años. En la gráfica de esta estación se observa que los datos registrados entre los años 1950 a 1960 presentan datos similares a los registrados en el periodo 2000-2005.
- Aunque de acuerdo a la NASA los años mas cálidos en el planeta corresponden a 2005, 1998, 2002, 2003 y 2004, en El Salvador, las temperaturas mas altas se han dado en los años 1992, 1991, 1987, 1997 y 1998.

Variaciones en la Precipitación

Con relación a los resultados de las 17 estaciones de lluvia analizadas, se menciona:

- De acuerdo a la línea de tendencia, 10 de las estaciones presentan disminución en la cantidad de lluvia registrada en el periodo en el que tienen datos; 5 estaciones presentan incremento en las lluvias; 1 estación no presenta modificación en el patrón de lluvias; en 1 estación no pudo ser identificada su línea de tendencia por la falta de información entre los años 80 y 90.
- La estación Beneficio San Mauricio, que es la que presenta registro mas antiguo, desde 1910, desafortunadamente es la estación en la cual no se pudo establecer la línea de tendencia en los registros de lluvia debido a la falta de información en el periodo mencionado anteriormente.
- En las estaciones que presentaron tendencia a disminución de las lluvias, el rango de disminución, va desde 40 mm en 63 años (estación Santa Tecla)

hasta 800 mm en 78 años (estación Cutuco), con un promedio de disminución de 3.9 mm/año.

- Las reducciones más severas de precipitación se presentan en las estaciones Cutuco y Usulután con promedios de 10.3 mm/año (800 mm / 78 años) y 8.2 mm/año (590 mm / 72 años) respectivamente. Es importante mencionar que la zona oriental del país, donde se encuentran ubicadas las dos estaciones mencionadas, corresponde a la zona que se ve más afectada por la ocurrencia del fenómeno del Niño, y es la región del país que presenta las mayores temperaturas promedio.
- En las estaciones que presentaron tendencia al incremento, el rango varía entre 10 a 120 mm, con un promedio de incremento de 1.50 mm/año.
- La estación que presentó mayor incremento fue la estación Santiago de María con promedio de 2.5 mm/año.
- Como se han mencionado en estudios anteriores, se observa una relación entre los años en que se han presentado disminuciones de lluvia con los años en que se ha presentado el fenómeno del Niño, y también incremento de lluvia en los años Niña.
- Los años en los que se observa mayor reducción en las lluvias anuales corresponden a 1983 y 1987.

Variaciones en los Caudales

Debido a que la información de caudales no presenta una continuidad en el tiempo como las series de temperatura y precipitación, no se trazaron líneas de tendencia en las gráficas correspondientes a esta variable por no considerarlas representativas; sin embargo con base en los datos registrados para el mes de marzo, el cual es el mes donde se producen los caudales más bajos en el año, se puede mencionar lo siguiente:

- De las 15 estaciones que presentan registros en los años 70-80 y registros actuales, 9 de ellas presentan una disminución de los caudales actuales con relación a los antiguos, 1 estación (Guazapa en el río Acelhuate) presenta incremento significativo y 5 debido a la gran falta de información no se les puede detectar variación en el comportamiento.
- Los ríos que presentan mayor diferencia entre los caudales de la época de los años 70-80 con los datos actuales, son los ríos Paz, Tamulasco, Torola, Quezalapa, Sumpul
- El aumento de caudales de la estación Guazapa en el río Acelhuate se explica por el aumento de descargas industriales y domésticas al cauce del río, que se han incrementado con la urbanización de la ciudad de San Salvador y áreas vecinas.
- Una de las causas que incide en la reducción de los caudales, es el efecto local de cambios en el uso del suelo, los cuales en época de lluvias generan mayor escurrimiento por la disminución de la infiltración de agua en el suelo, lo que conlleva a que en época seca el caudal base de los ríos sea menor.
- Una de las limitantes que existe es la falta de información con relación a extracciones de agua para uso agropecuario que pueden incidir en la

reducción de caudales en las zonas del país donde se presenta este uso del agua.

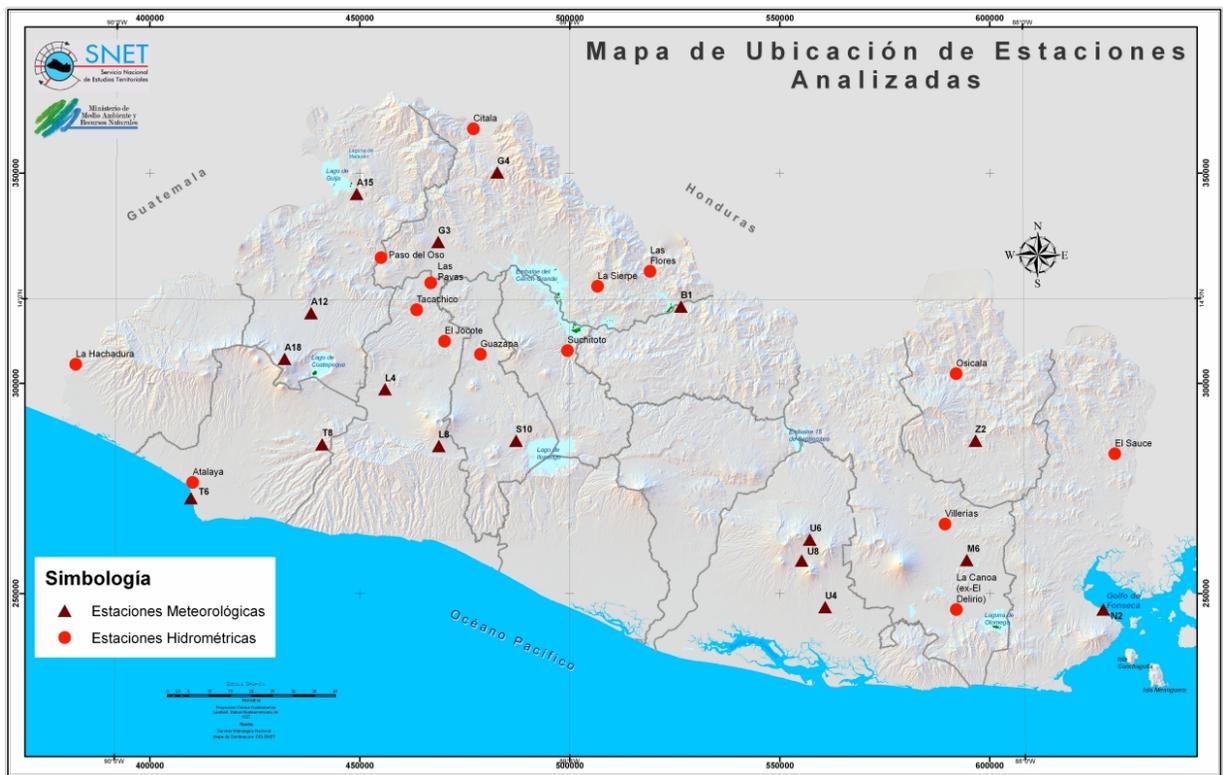
CONCLUSIONES

- La longitud de los registros no es lo suficientemente larga para poder establecer un cambio en el patrón de las variables hidroclimáticas con relación a datos de principios del siglo XX o con datos de siglos anteriores; sin embargo la longitud de los registros existentes en El Salvador evidencian un cambio hidroclimatológico a partir de mediados de los años 70, el cual se ha ido incrementando a nivel de la variable temperatura, y disminuyendo en relación a los caudales superficiales de los ríos.
- La variable precipitación no presenta una tendencia generalizada a la disminución o al aumento, ya que de los dos comportamientos se presentan en las estaciones analizadas; sin embargo, dos estaciones presentan una reducción fuerte en sus registros, con diferencias de 800 y 590 mm con relación a los registros de los años 1930 - 1940, las cuales son las estaciones Cutuco y Usulután respectivamente, ubicadas en la zona oriental, la cual se ve mas afectada por el fenómeno del Niño.
- Las variables precipitación y temperatura, con mayor énfasis la temperatura, presentan una relación directa de la influencia de la temperatura superficial del mar, lo que se evidencia en los cambios de magnitud en los años en que se han presentado eventos Niño o Niña.
- Los cambios en los patrones de comportamiento de las variables hidroclimatológicas no deben ser vistos aisladamente como consecuencia de un cambio climático mundial, sin tener en cuenta que este cambio climático es producido por el aumento de gases efecto invernadero, la deforestación y reducción de áreas de bosque, el uso inadecuado de los suelos, las practicas agrícolas inadecuadas, los cuales son realidades en el país.

RECOMENDACIONES

- Es importante investigar como se han modificado los diferentes ecosistemas del país y los aumentos del nivel del mar en las costas salvadoreñas producto de estos cambios hidroclimatológicos señalados.
- Es necesario, debido a los registros cortos con los que se cuentan no solo en el país sino en todos los países, realizar reconstrucciones climáticas del pasado para identificar si el cambio climático es producto de la variabilidad natural del clima o se debe al aumento de las emisiones de gases efecto invernadero. En esta área de la Investigación, actualmente Europa y Estados Unidos han realizado reconstrucciones climáticas de temperatura desde el año 1500 y de sequías del oeste de Estados Unidos en el último milenio respectivamente.

San Salvador, El Salvador, Julio 2006.



Mapa 1. Ubicación de estaciones analizadas

Temperatura

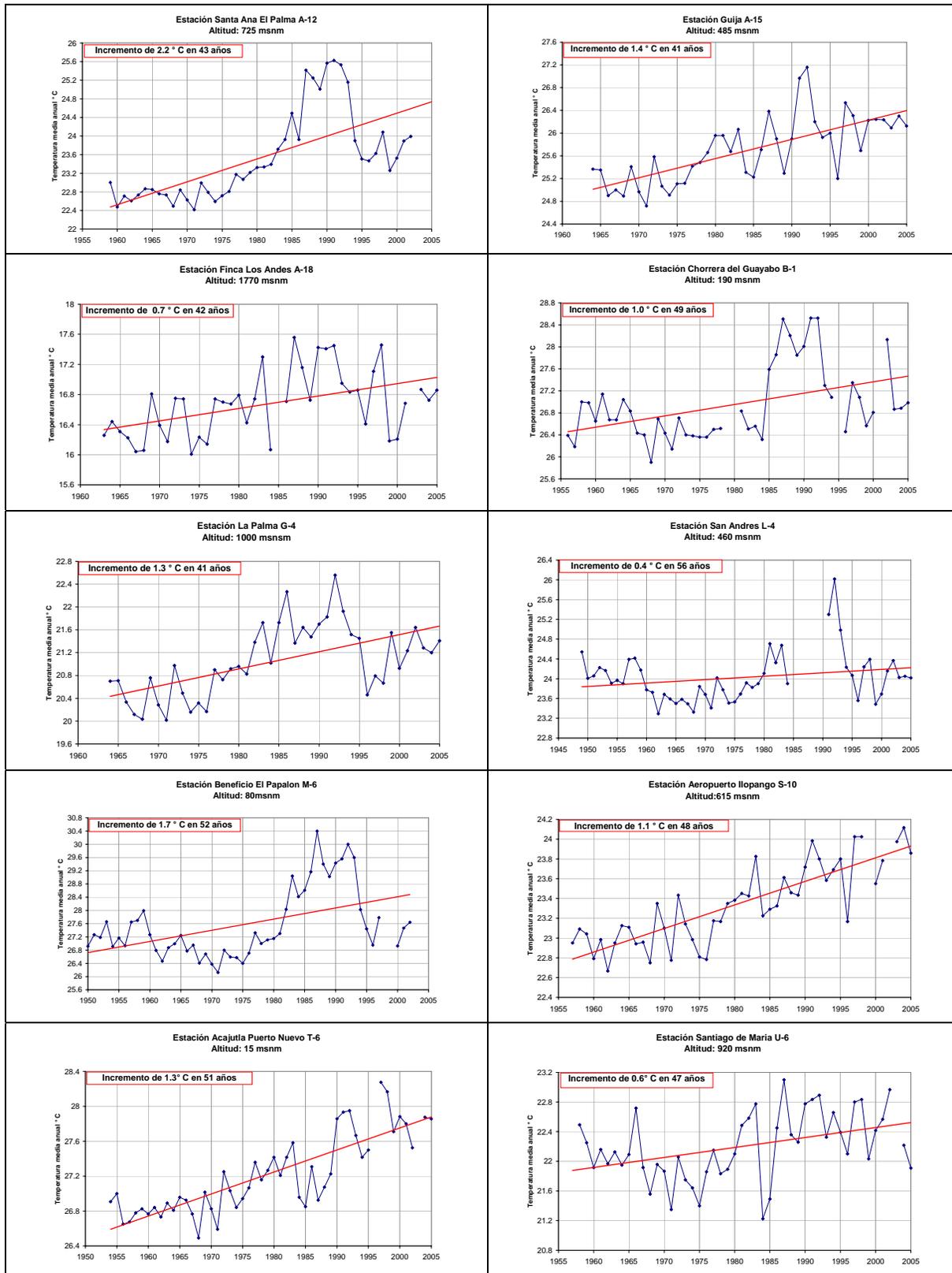


Fig 1. Gráficas de Temperatura media anual en diferentes estaciones de El Salvador (Línea con puntos: datos registrados; línea sin puntos: línea de tendencia)

Precipitación

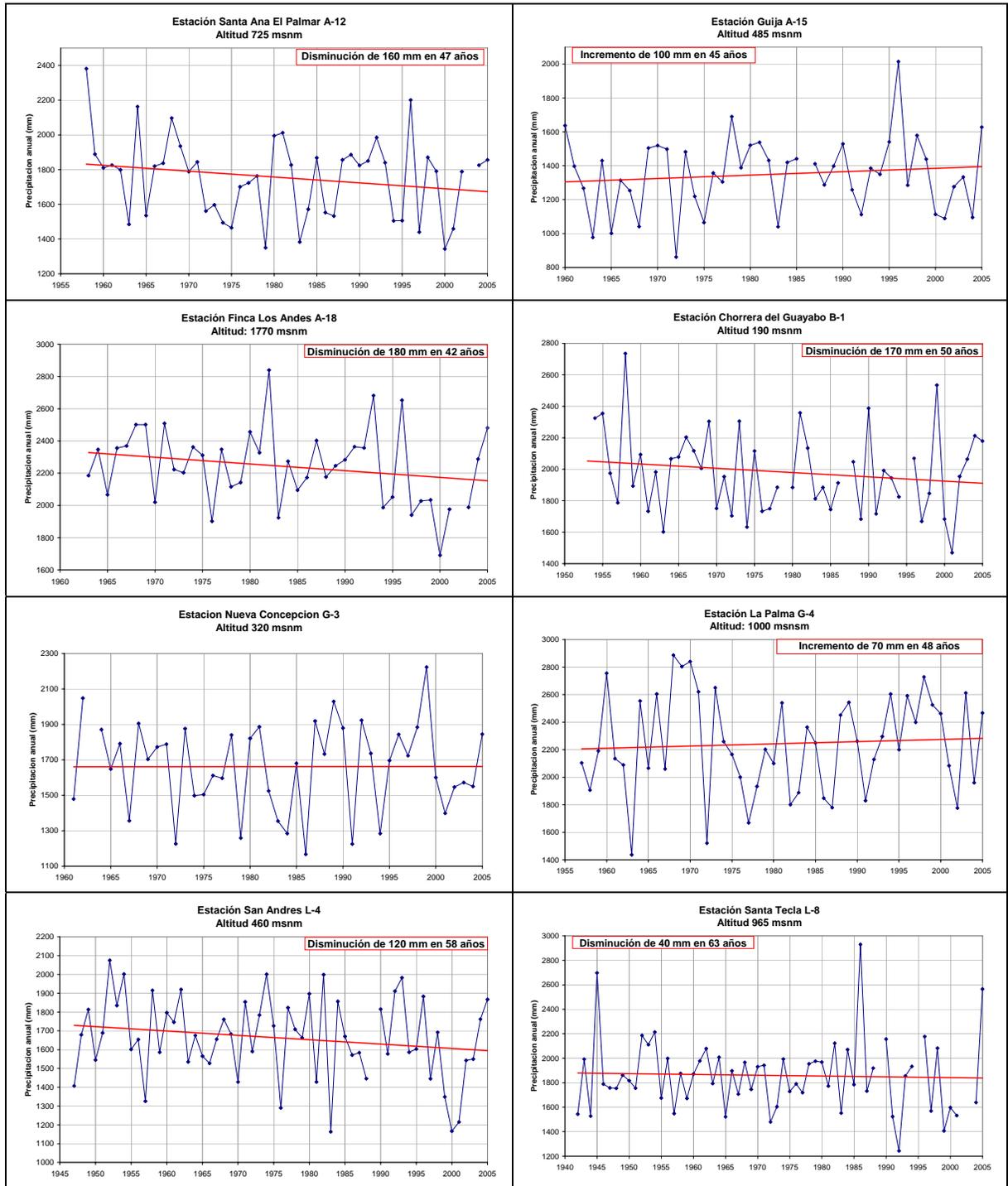
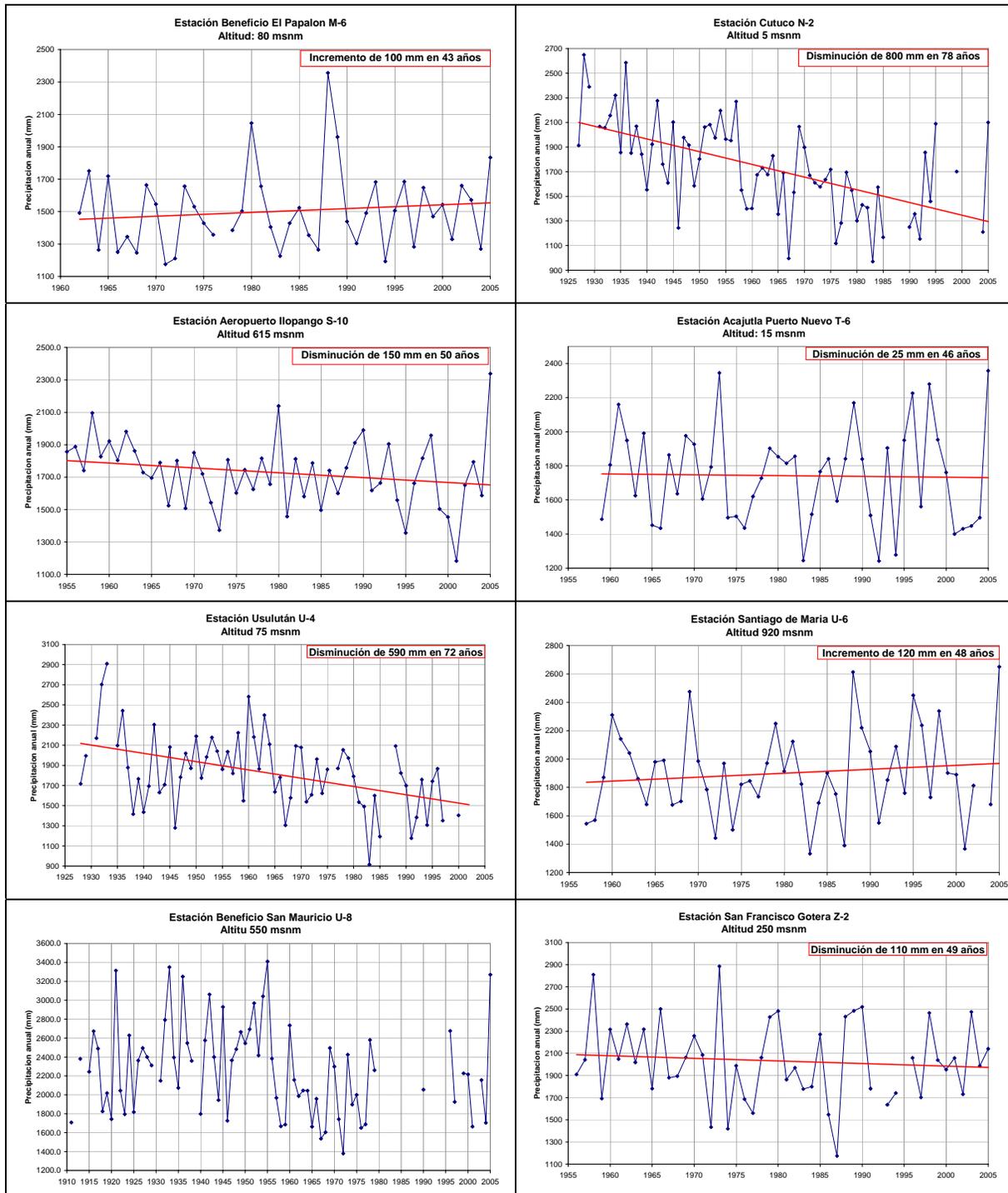


Fig 2. Gráficas de Precipitación anual en diferentes estaciones de El Salvador (Línea con puntos: datos registrados; línea sin puntos: línea de tendencia)

Precipitación



Continuación Fig 2. Gráficas de Precipitación anual en diferentes estaciones de El Salvador (Línea con puntos: datos registrados; línea sin puntos: línea de tendencia)

Caudales

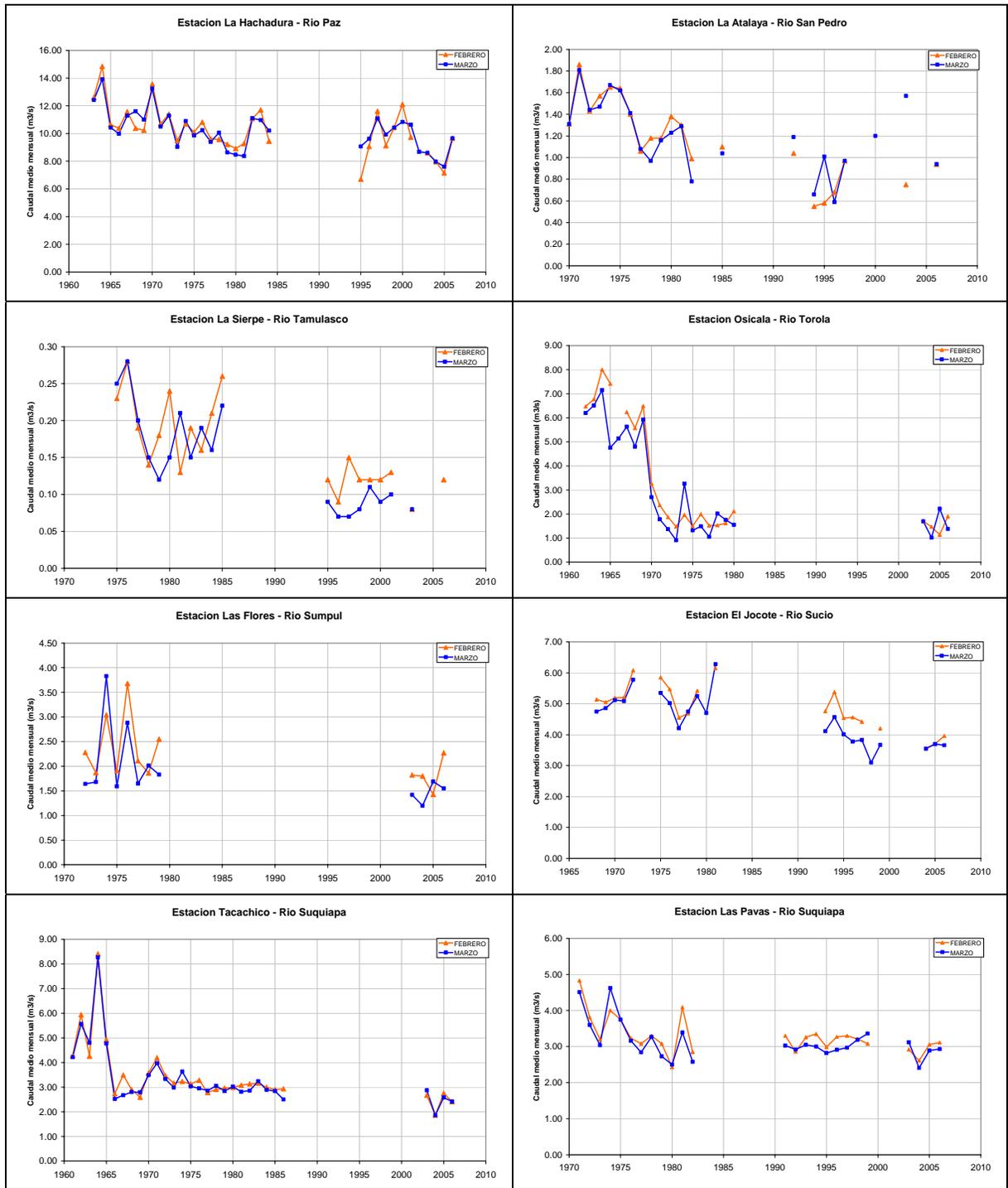
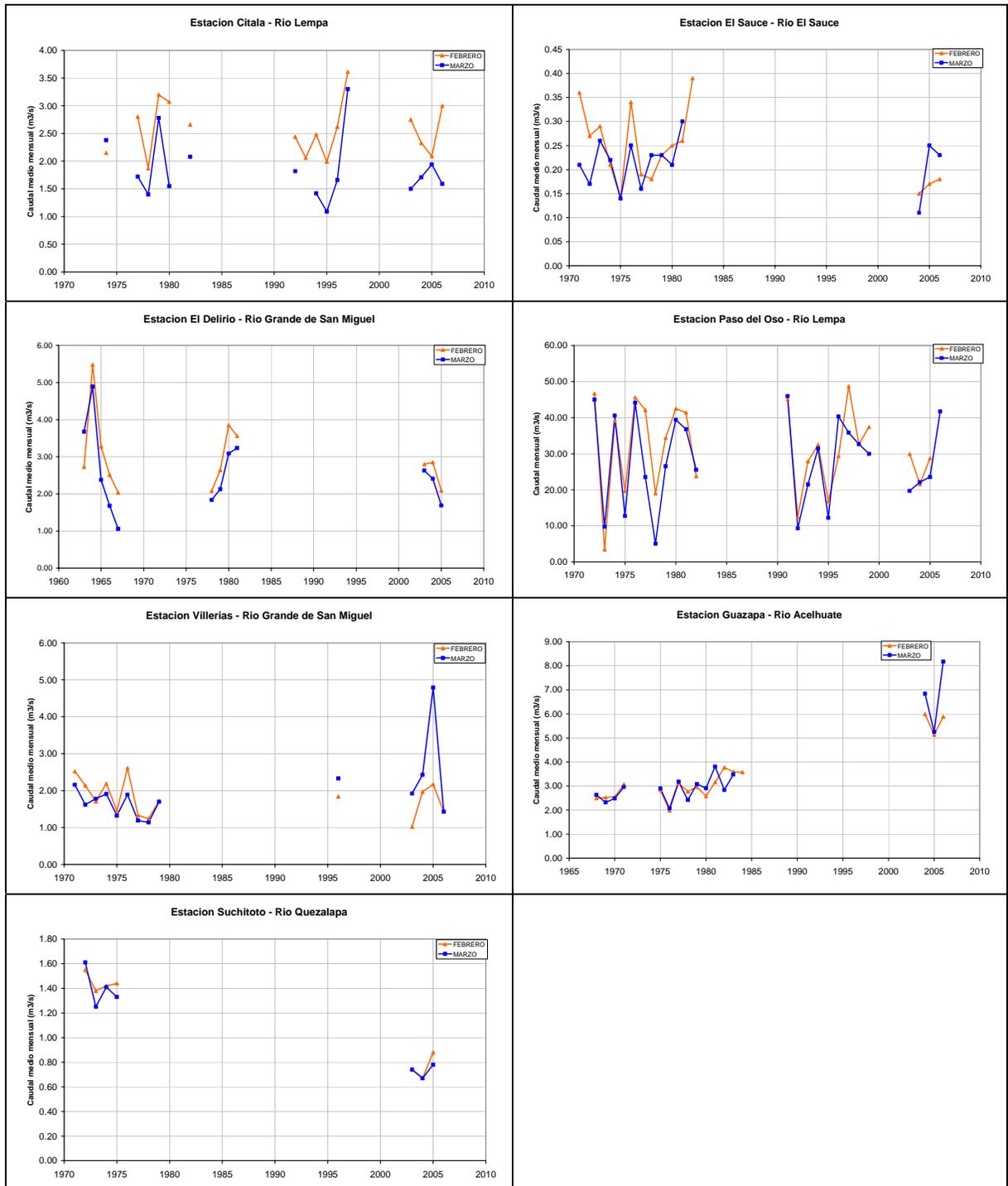


Fig 3. Gráficas de Caudal medio mensual en diferentes estaciones de El Salvador

Caudales



Continuación Fig 3. Gráficas de Caudal medio mensual en diferentes estaciones de El Salvador

REFERENCIAS

Aguilar E., et al (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961 – 2003. *J. Geophys. Res.*, 110, D23107, doi:10.1029/2005JD006119.

Cáceres L., Mejía R., Ontaneda G. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Evidencias de Cambio Climático en Ecuador. Quito, Ecuador.

Centella, A., L. Castillo y A. Aguilar, 1998: Escenarios climáticos de referencia para la República de El Salvador, PNUD ELS97G32, San Salvador, El Salvador, 21 pp.

Erazo A., Rivas T., Hernández O., Rivas C., Jaimes I. 2002. Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET. Comportamiento hídrico en El Salvador, causas e implicaciones. El Salvador.

Pérez C., Poveda G., Mesa O., Carvajal L., Ochoa A. Universidad Nacional de Colombia. Evidencias de cambio climático en Colombia: Tendencias y cambios de fase y amplitud de los ciclos anual y semianual. Medellín, Colombia.

Salinger J, Sivakumar M.V.K, Motha R. 2005. Increasing Climate Variability and Change.

World Meteorological Organization. WMO Statement on the status of the global climate in 2005.