5. Resultados.

5.1 Regionalización Climática de El Salvador

Los cambios atmosféricos en las regiones tropicales de un día a otro son provocados por los cambios en la intensidad y la posición de tres tipos de sistemas: 1. Disturbios migratorios de escala sinóptica de las regiones extratropicales en los bordes de las regiones tropicales, 2. disturbios tropicales de la escala sinóptica de las regiones tropicales y 3. bajas y altas presiones, vaguadas y dorsales estacionales cuasiestacionarios en la escala hemisférica, además de los efectos convectivos por movimientos de mesoescala. Según Guard [1986] gran parte de América Central está fuertemente influenciada por factores marítimos y la orografía. La orientación noroeste-sureste de América Central tiene un profundo efecto en la circulación de bajo nivel, especialmente al sur y al oeste del área.

El Salvador se ubica en una latitud tropical donde los procesos periódicos diarios y la circulación local de mesoescala dominan el clima; la influencia del Pacífico es importante ya que produce amortiguamiento en las fluctuaciones térmicas, existiendo condiciones térmicas de poca variabilidad, además de aportar de manera importante la humedad productora de lluvia, otro factor que condiciona el clima es la orografía. El Salvador presenta dos estaciones bien definidas, la seca de noviembre a abril y la lluviosa de mayo a octubre, así como también presentan dos máximos de lluvia uno en septiembre y el otro en junio y disminución de la misma en julio y/o agosto a la que se le conoce como canícula.

Para determinar el país en regiones climáticas se consideraron 26 estaciones meteorológicas principales, definiendo las regiones I, II, III Y IV (Fig. 5.1.1), de acuerdo a características comunes que se presentan entre ellas al comparar la distribución anual y mensual de la precipitación, además, se revisaron mapas anuales de isoyetas existentes y se hizo el Análisis de Componentes Principales (PCA) del programa SYSTAT. También se consideró la orografía, mapas de canículas y la clasificación climática de Köppen, así como mapas de zonas térmicas, evaporación y el de las regiones de precipitación elaborado por el Proyecto Agricultura en Zonas de Ladera, CENTA-FAO [1998], Anexo A22 al A24. Es importante mencionar que todos estos mapas muestran bastante similitud con el de la regionalización climática resultado de la presente investigación. Así por ejemplo, las temperaturas y evaporaciones más altas y las consecutivas a éstas del proyecto CENTA-FAO pertenecen a la región I y a la región II, coincidiendo que la región I, es una de las más afectadas por el fenómeno de El Niño.

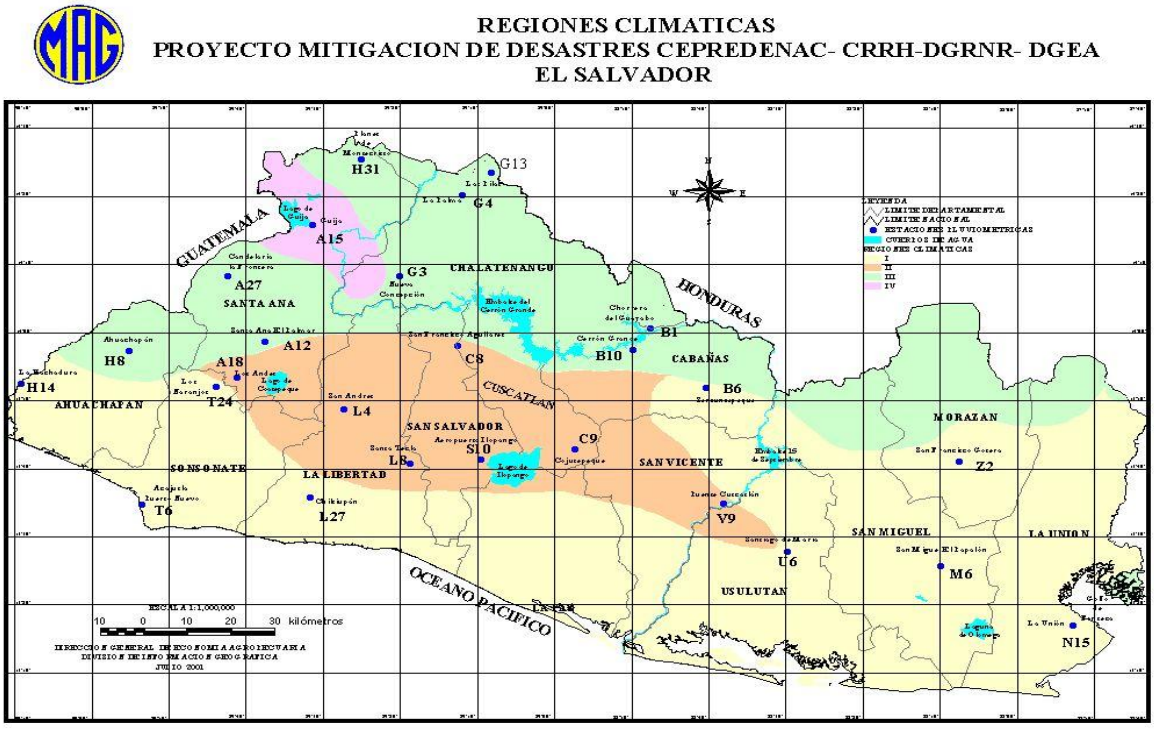


Figura 5.1.1: Mapa de Regiones Climáticas de El Salvador.

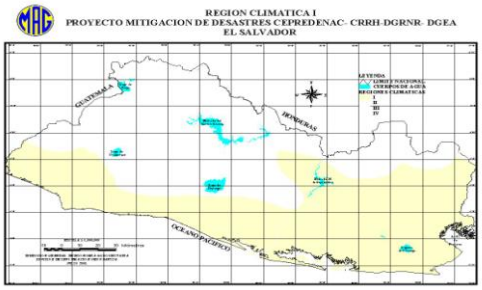


Fig. 5.1.2: Región Climática I

Región I

La mayoría de estaciones pertenecientes a esta región, Fig. 5.1.2, presentan un máximo primario de precipitación en septiembre y un máximo secundario en junio, así como disminución de la misma en julio y agosto, tal como se observa en la figura 5.1.3. donde aparece la distribución anual de la lluvia de tres estaciones de esa región.

En ésta región se encuentran estaciones de altura, altura intermedia y baja, así por ejemplo Los Andes con 1770 msnm. y Acajutla en la costa con 15 msnm.

Respecto al comportamiento anual, las estaciones muestran similitudes en su tendencia pero varían las cantidades de precipitación de acuerdo a la altitud en la que se encuentren. Esta región mostró las variaciones más bruscas de año con año observando saltos hasta de 1400 mm (Z2) y también cantidades debajo de los 1000 mm en algunas estaciones (H14, M6). Además, para la mayor extensión de esta región se presentan temperaturas de 25 a 30 °C y evaporaciones hasta de 1900 mm, según mapa de zonas térmicas y de evaporación de CENTA/FAO.

El análisis estadístico de componentes principales contribuyó a confirmar que las estaciones seleccionadas de acuerdo con las características antes señaladas, pertenecían a dicha región, estos resultados sirvieron de igual manera para agrupar el resto de regiones. Esta región también presenta las temperaturas medias anuales más altas (25.0 °C a 30.0 °C) así como también las

evaporaciones más elevadas, además según las regiones de precipitación, la región I pertenece a la Región Costera de El Salvador, Anexo A24.

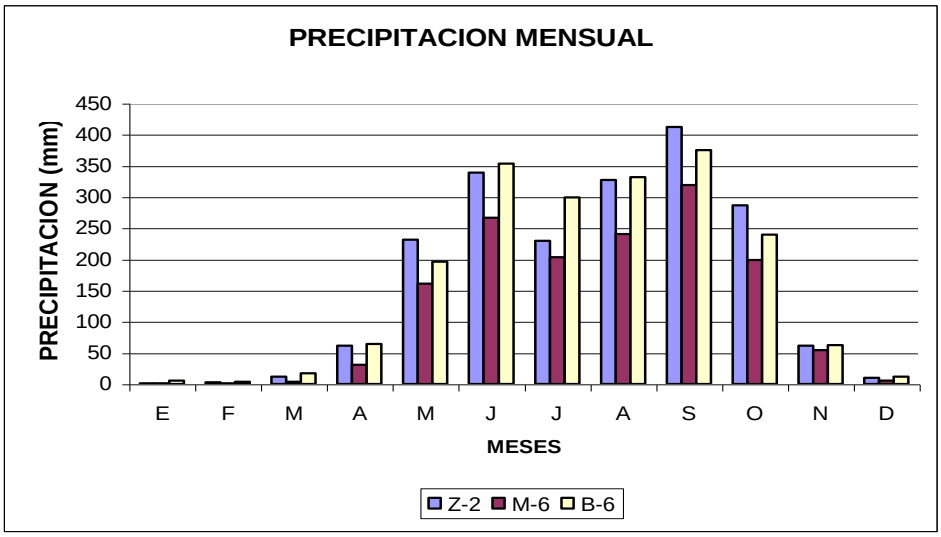
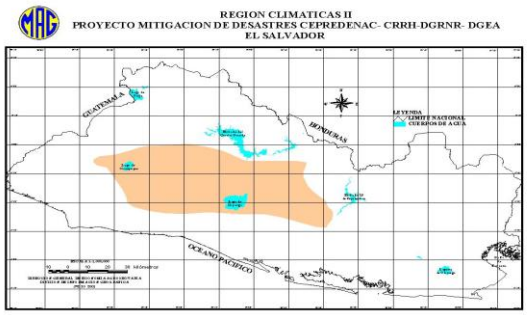


Figura 5.1.3: Distribución mensual de la lluvia, Región Climática I



Región II

El comportamiento mensual de las estaciones en esta región, Fig. 5.1.4, no mostró el déficit típico de julio y agosto, siendo esta su principal característica, tampoco se reconoce una distribución bimodal de la lluvia, como se muestra en la Figura 5.1.5.

Fig. 5.1.4: Región Climática II

La distribución anual en esta región presenta las variaciones más pequeñas de año tras año relativo a las otras regiones. La mayor parte de las estaciones estudiadas en esta región pertenecen a elevaciones intermedias. La mayor extensión de esta región presenta temperaturas medias anuales entre 20.0 °C a 25.0 °C y evaporaciones medias anuales de 1300 a 1800.(Ver Anexo A22 a A24.)

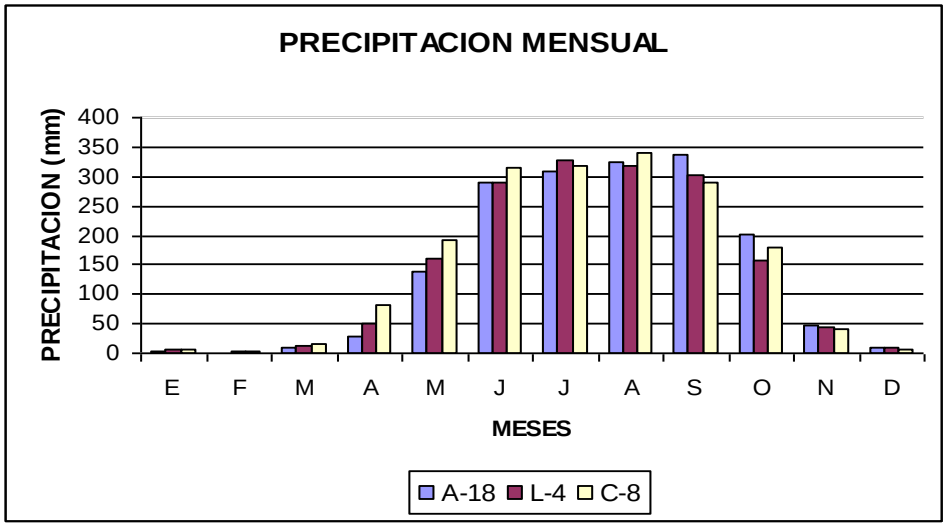


Figura 5.1.5: Distribución mensual de la lluvia, Región Climática II

Región III

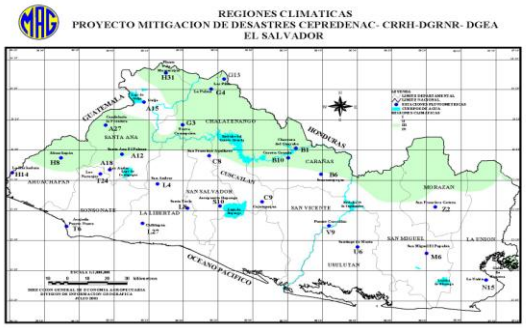


Fig. 5.1.6: Región Climática III

Las estaciones de esta región, Fig. 5.1.6, muestran en relación con la distribución mensual de la lluvia, el máximo de precipitación en junio y disminución en julio. Por otro lado, anualmente las estaciones presentan una tendencia similar, diferenciándose principalmente en las cantidades de precipitación, ya que de igual manera que la región I, ésta cuenta con estaciones de diferentes alturas, observándose los valores anuales más altos hasta de 2750 mm (G4), Figura 5.1.7.

Buena parte del territorio comprendido en esta región muestran temperaturas que varían entre 22.5 a 27.5 °C, no así en las zonas más altas donde se tienen temperaturas de 15 a 22.5 °C. De igual manera la evaporación en esta región varía en su mayoría en 1600 a 1800. (Ver anexo A22.)

Es necesario aclarar que en esta región se consideró también la zona norte del oriente del país (Morazán y La Unión), por las cantidades de precipitación que en esta se presentan, aunque mensualmente las estaciones comprendidas aquí, muestren comportamientos similares en cuanto a la distribución de la lluvia al de la región I.

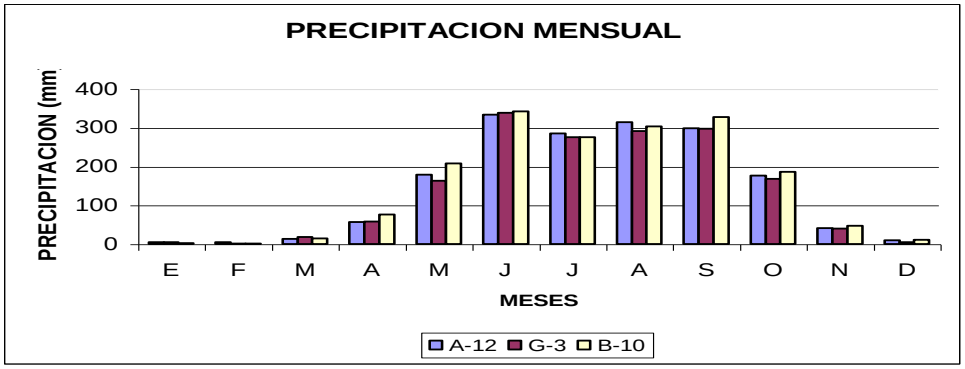


Figura 5.1.7: Distribución mensual de la lluvia, Región Climática III

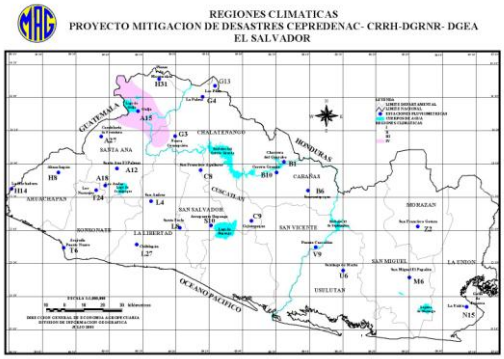


Figura 5.1.8: Región Climática IV

Región IV

Esta región, Fig. 5.1.8, fue definida con una sola estación (Güija), por la falta de información en esa zona.
Es necesario aclarar que Güija tiene un comportamiento parecido en la distribución mensual de la lluvia a las estaciones comprendida en la región III.
(Ver Fig. 5.1.9.)

La diferencia en Guija se presenta en las cantidades anuales de precipitación mucho menor que las del resto de la región III. En Guatemala la estación más cercana a esta área es Asunción y tiene un comportamiento similar a Güija, coincidente con lo establecido en el mapa de regiones de precipitación de CENTA-FAO. En esta región se presentan temperaturas en la mayoría de ella de 22.5 a 27.5 °C y evaporaciones hasta de 1800 mm/año, (ver en anexos A22.)

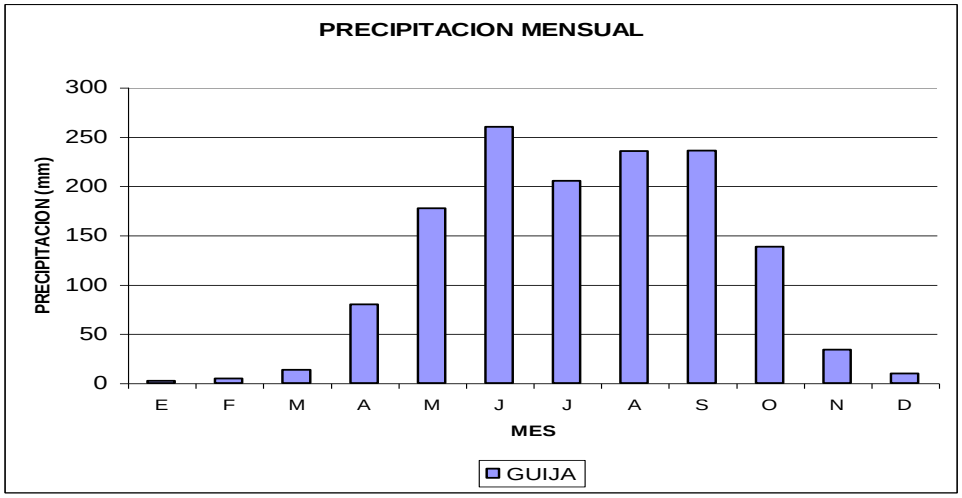


Figura 5.1.9: Distribución mensual de la lluvia, Región Climática IV

5.2 Cálculo Estadístico de Anomalías de Precipitación Mensuales y Anuales Absolutas y Porcentuales.

Para la realización de esta fase, se analizo el tipo de distribución de la lluvia anual de todas las estaciones, resultando que no se ajustaba a una distribución normal, de acuerdo con la metodología establecida para el estudio por la coordinación regional, se utilizó los terciles para calcular tres escenarios, el húmedo, el normal y el seco.

Los datos anuales se agruparon en forma descendente y el grupo comprendido entre el 33 % y el 66 % del total corresponden al segundo tercil o para nuestro caso llamado el grupo normal. Una vez determinados los años del escenario normal se calcularon los promedios mensuales utilizando este como el valor normal para calcular las anomalías mensuales desde enero de 1997 hasta junio de 1998, y las anomalías trimestrales, para estudiar y analizar los períodos pre-lluvioso (mayo, junio y julio de 1997), lluvioso (agosto, septiembre y octubre de 1997) y post-lluvioso. (abril, mayo y junio de 1998) Los cálculos elaborados en esta etapa se muestras en los anexos B.

5.3 Escenarios Climáticos

Región I (Franja costera y valles interiores y planicies del oriente del país)

Los escenarios húmedos, normales y secos de estaciones representativas de esta región, se muestran en las Figuras. 5.3.1 a la 5.3.4, (La Hachadura, Los Naranjos, Santiago de María y La Unión), muestran dos épocas climáticas bien definidas: de mayo a octubre la estación lluviosa y de noviembre a abril la estación seca. Además, se nota para casi todas las estaciones un máximo primario de precipitación en septiembre y un secundario en el mes de junio, así como también, una disminución de la precipitación para julio y agosto que son los meses en que se presenta la canícula.

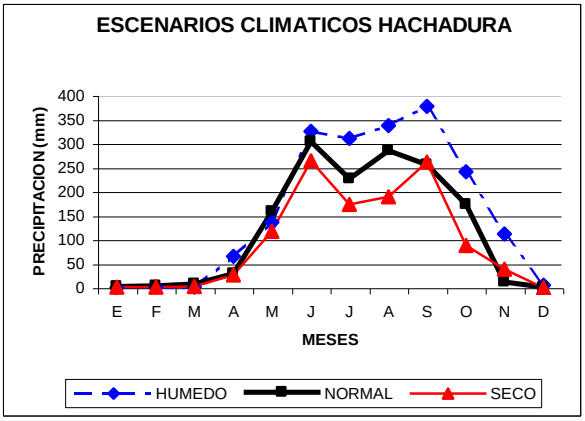


Fig. 5.3.1: Escenario húmedo, normal y seco para la Estación La Hachadura.

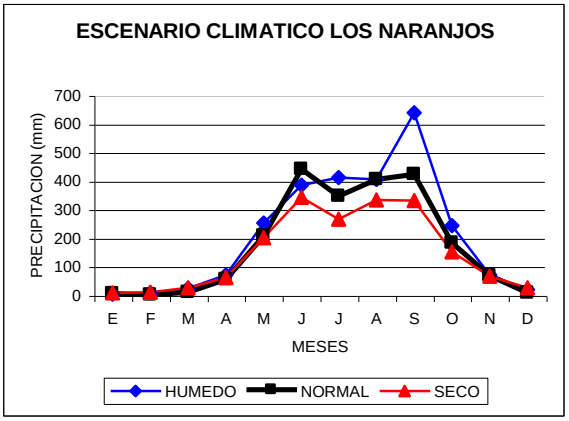


Fig. 5.3.2: Escenarios húmedo, normal y seco, Para la estación de Los Naranjos.

Se observa en los escenarios una tendencia similar en la mayoría de estaciones, diferenciándose básicamente en las cantidades de precipitación que ellas reflejan, por encontrarse ubicadas topográfica y orográficamente en sitios distintos. El escenario húmedo, para la mayoría de estaciones y para los diferentes meses del año, presenta cantidades de precipitación más altas, especialmente en septiembre, mientras que el escenario seco, muestra una situación contraria a la descrita. El escenario seco para la mayoría de estaciones presenta déficit de consideración en mayo y octubre, asociado posiblemente a una tardanza en el inicio de la estación lluviosa y probablemente la salida temprana de la misma. Para los escenarios normal y seco es evidente la disminución de la lluvia en julio.

Es necesario señalar que la estación de La Hachadura y Acajutla Puerto Nuevo, por encontrarse cercanas a la costa Pacífica, el escenario seco refleja un septiembre cercano a lo normal, característica relacionada quizá con los efectos directos de la ZCIT.

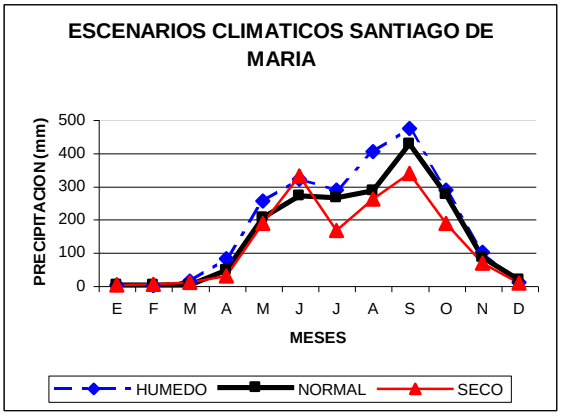


Fig. 5.3.3: Escenario húmedo, normal y seco para la estación de Santiago de María.

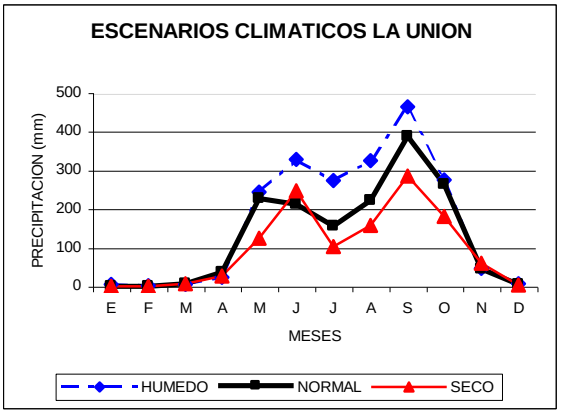


Fig. 5.3.4: Escenario húmedo, normal y seco para la estación de La Unión.

Región II (Meseta central y cadena montañosa occidental y central sur)

En esta región los escenarios climáticos para las diferentes estaciones presentan al igual que la región I, dos regímenes climáticos bien definidos el lluvioso y el seco. El mes de mayo para el escenario seco se presenta moderadamente deficitario, por otro lado octubre se muestra con tendencia casi normal o ligeramente debajo a lo normal. Importante es notar que en esta región no es claro el comportamiento bimodal de la lluvia, inclusive el máximo no es siempre septiembre.
Los escenarios húmedos en esta región presentan precipitaciones ligeramente superiores comparado con los escenarios normales y secos, solamente agosto muestra cantidades casi iguales en todos los escenarios. En ciertos casos el escenario húmedo se asemeja al normal o el seco al normal, Figuras. 5.3.5 a 5.3.8 (San Francisco Aguilares, Puente Cuscatlán, Cojutepeque e Ilopango) Finalmente las estaciones de esta región no tienen una definición clara en el tiempo en cuanto a la distribución de la precipitación.

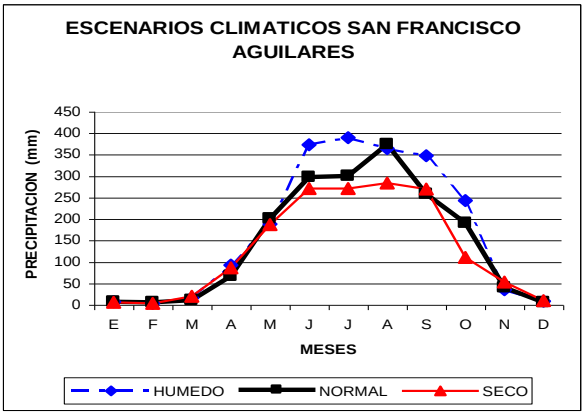


Fig. 5.3.5: Escenario húmedo, normal y seco para la Estación de San Francisco Aguilares.

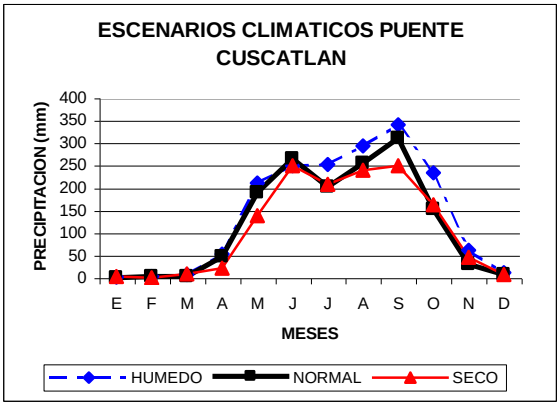


Fig. 5.3.6: Escenario húmedo, normal y seco para la Estación de Puente Cuscatlán.

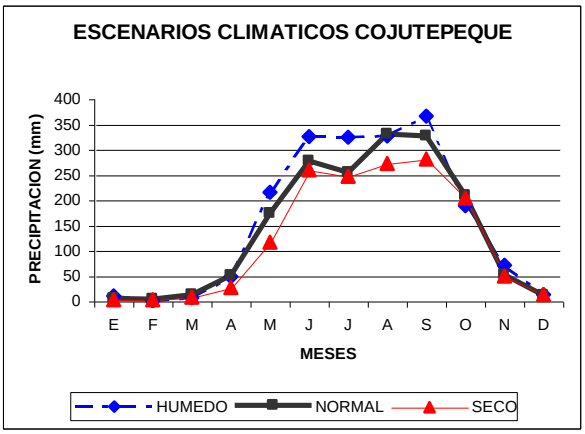


Fig. 5.3.7: Escenario húmedo, normal y seco para la Estación de Cojutepeque.

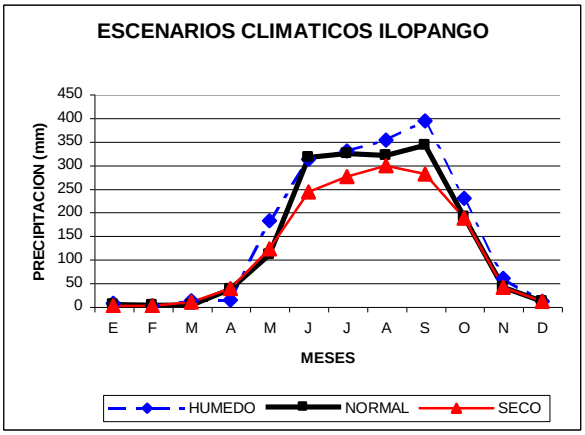


Fig. 5.3.8: Escenario húmedo, normal y seco para la Estación de Ilopango.

Región III (Sierra Madre Centroamericana, cadena montañosa norte planicies y valles interiores)

Los escenarios climáticos en la mayoría de estaciones de esta región reflejan un máximo de precipitación en junio y disminución en julio. Las estaciones en estudio muestran dos periodos estacionales definidos, el lluvioso y el seco, pero no todas las estaciones en esta región muestran el comportamiento bimodal. Por otro lado, el escenario seco para mayo muestra cantidades ligeramente menores a lo normal, mientras que octubre presenta en la mayoría de estaciones una disminución de la precipitación bastante clara. Entonces, para las diferentes estaciones se presentan similares tendencias y difieren únicamente en las cantidades de precipitación que éstas reportan. (Ver Figuras. 5.3.9 a la 5.3.12) (Ahuachapán, Nueva Concepción, Las Pilas y Chorrera del Guayabo).

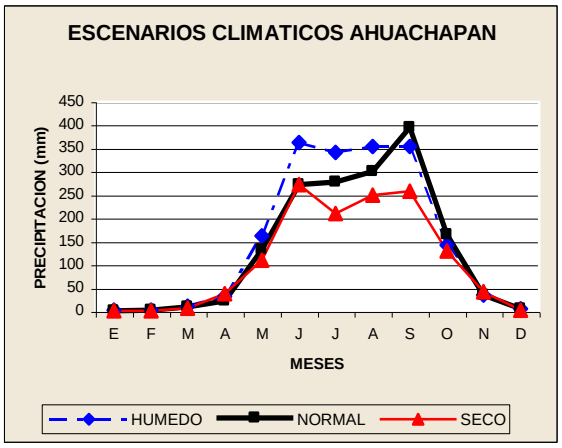


Fig. 5.3.9: Escenario húmedo, normal y seco para la Estación de Ahuachapán.

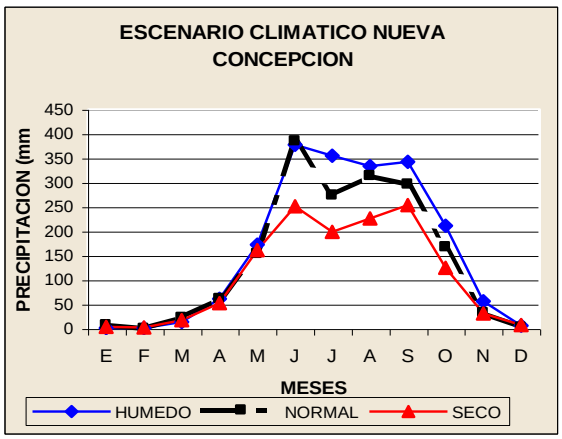


Fig. 5.3.10: Escenario húmedo, normal para la estación Nueva Concepción.

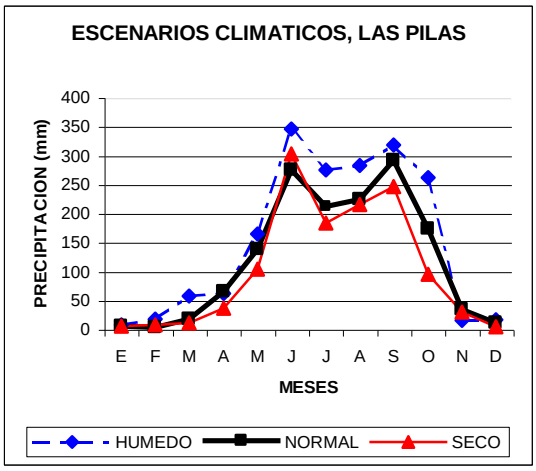


Fig. 5.3.11: Escenario húmedo, normal y seco para la estación de Las Pila.

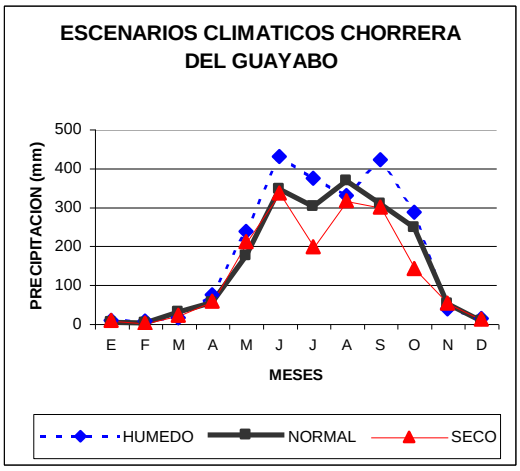


Fig. 5.3.12: Escenario húmedo, normal para la estación de Chorrera del Guayabo.

Región IV (Planicie Occidental)

En esta región únicamente se encuentra la estación de Guija, definiéndose claramente los períodos lluvioso y el seco, un máximo de precipitación se da en junio y la disminución en julio, situación similar a la región III, pero sin considerarse parte de esta última región por reflejar precipitaciones más bajas. Su particularidad es que no presenta el máximo relativo de lluvia en septiembre sino más bien en agosto como se muestra en la Fig. 5.3.13.

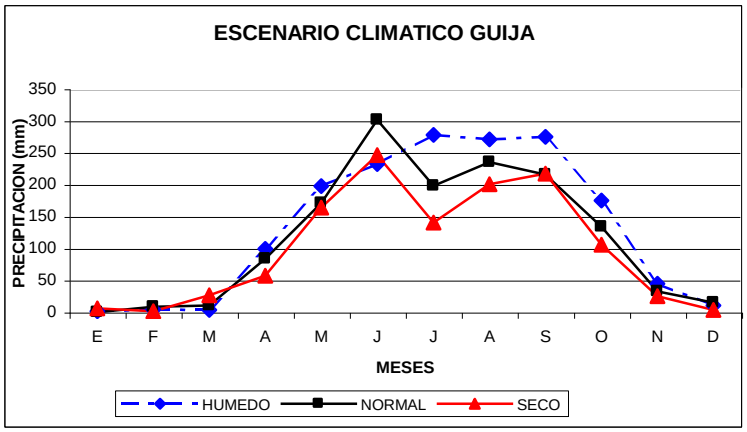


Fig. 5.3.13: Escenario húmedo, normal y seco para la estación de Güija.

5.4 Frecuencia de casos El Niño según escenarios climáticos y la relación entre los principales cultivos.

Región Climática I.

Con la lista de los Niños aparecidos durante el período de estudio, como se expuso en el capítulo de la metodología, se contabilizó la cantidad de estos para cada escenario. Para el caso las estaciones estudiadas en la región I, muestran una mayor frecuencia hacia el escenario seco, (ver Fig. 5.4.1 a la 5.4.4) (La Hachadura, Los Naranjos, Santiago de María y La Unión), esto es congruente con la regionalización elaborada. Esta región se clasifica entonces como una zona donde el fenómeno El Niño es más marcado provocando que sea el escenario seco el que incida, y por ende afecta en gran escala el sector agrícola tanto en el rendimiento como en la producción de los cultivos.

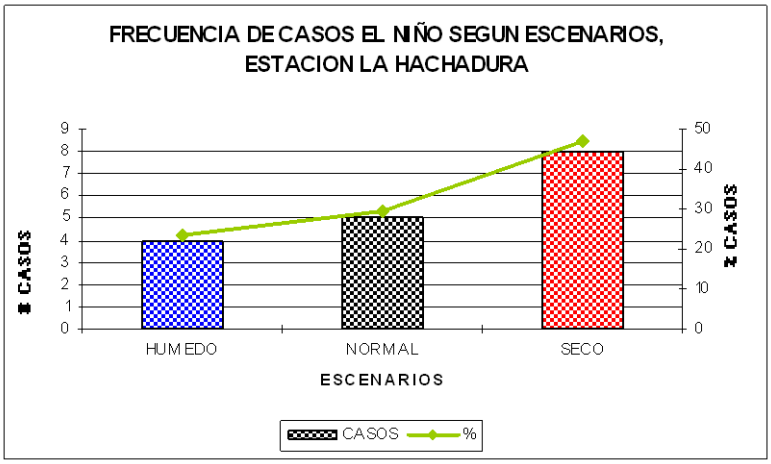


Fig. 5.4.1: Frecuencia de casos El Niño para cada escenario en la estación de Ahuachapán.

De acuerdo con lo analizado anteriormente se nota con claridad que la región I es la mayormente afectada por el fenómeno El Niño, debido a la más alta ocurrencia de escenarios secos en años en los que se presenta este fenómeno, es por esta razón que los principales cultivos como el maíz, sorgo, fríjol y arroz se ven afectados tanto en rendimiento como en producción.

Según los mapas de zonas productoras de maíz y sorgo, (Figuras 4.3.1 y 4.3.3), la región I es donde se cultiva básicamente maíz y fríjol, afectándose éstos en mayor grado, principalmente en valles interiores y planicies sur occidental y sur oriental y central, por ser áreas relativamente extensas de dichos cultivos. El fríjol y el arroz por otro lado se ven menos afectados porque el área de cultivo es menor (Figuras 4.3.2 y 4.3.4) y no porque el fenómeno no afecte. También el café se cultiva en buena parte del occidente de dicha región pero por ser un cultivo anual aparentemente se afecta poco (Figura 4.3.5).

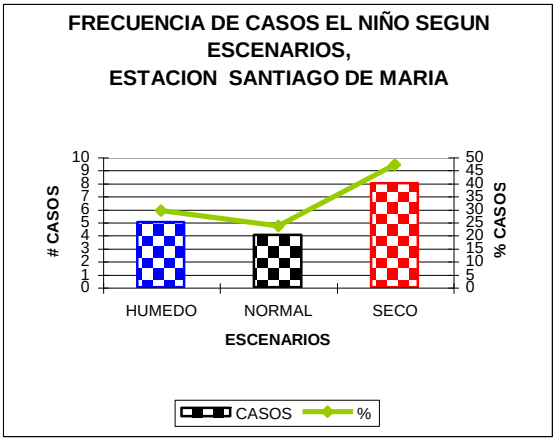


Fig.5.4.2: Frecuencia de casos El Niño para cada Escenario en la estación de Santiago de María.

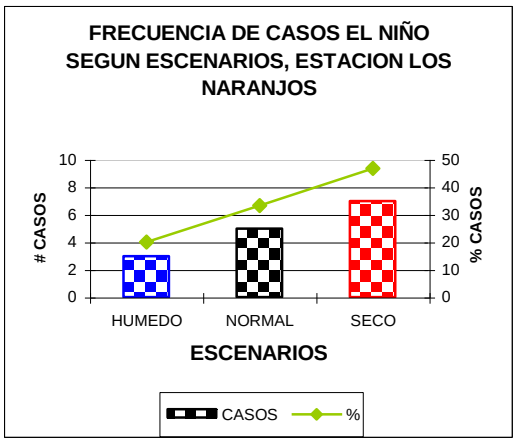


Fig. 5.4.3: Frecuencia de casos El Niño para cada Escenario en la estación de Los Naranjos.

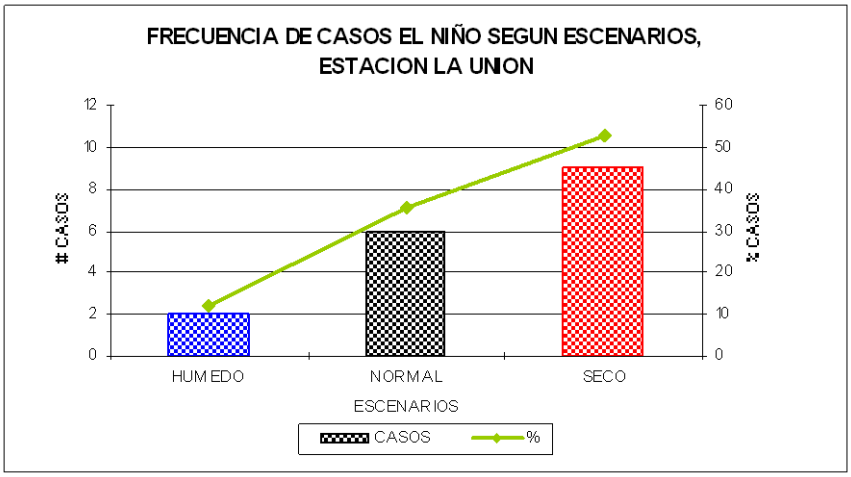


Fig. 5.4.4: Frecuencia de casos El Niño para cada escenario en la estación de La Unión.

Región Climática II (Meseta central y cadena montañosa occidental y central sur)

Según las estaciones analizadas no existe definición clara del escenario con mayor probabilidad de aparición si surgiera un fenómeno de El Niño, (Figuras. 5.4.5 a la 5.4.8) (San Francisco Aguilares, Puente Cuscatlán, Cojutepeque e Ilopango). Como puede observarse, por el número de casos o porcentualmente para cada uno de los tres escenarios, muestran cantidades similares, es decir que esta es una región en la que no hay predominancia de un determinado escenario. De igual manera, el comportamiento mensual y anual de la precipitación en la determinación de la regionalización, en la mayoría de estaciones no mostró características definidas.

En algunas estaciones parece ser el escenario normal el que tiene ligeramente la mayor frecuencia de aparición del fenómeno El Niño, por no contar entonces con una definición clara de la ocurrencia de un escenario en particular, se puede afirmar que los cultivos no se ven mayormente afectados en cuanto a su producción o rendimiento.

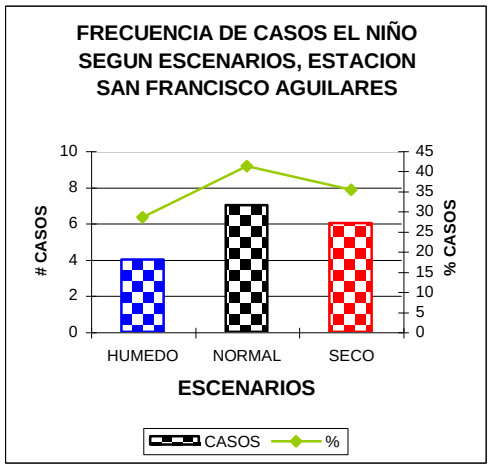


Fig. 5.4.5: Frecuencia de casos El Niño para escenario de la estación San Francisco Aguilares.

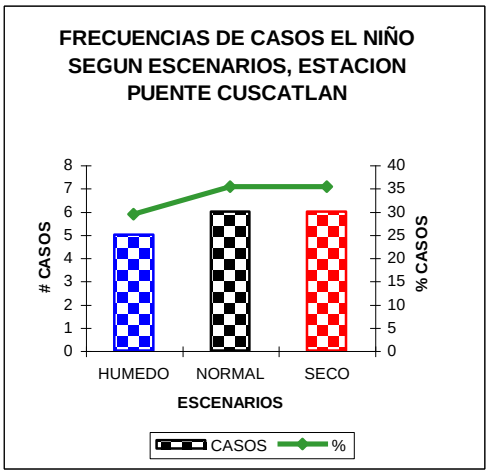


Fig. 5.4.6: Frecuencia de casos El Niño para cada Escenario de la estación de Puente Cuscatlán.

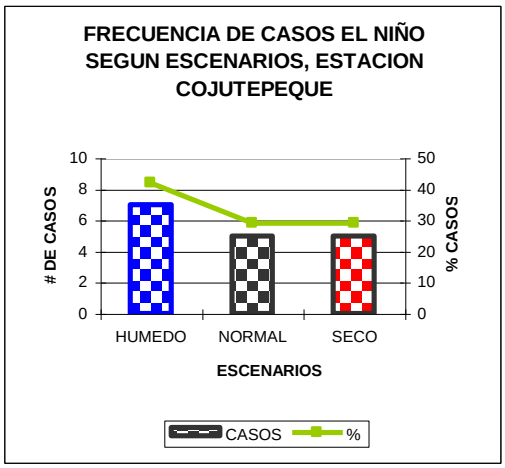


Fig. 5.4.7: Frecuencia de casos El Niño para cada escenario de la estación de Cojutepeque.

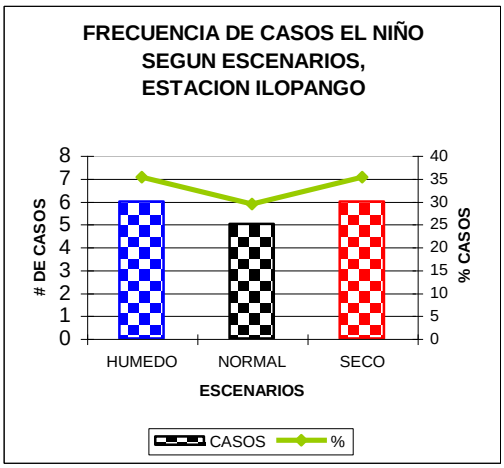


Fig. 5.4.8: Frecuencia de casos El Niño para cada Escenario de la estación de Ilopango.

Región Climática III (Sierra Madre Centroamericana, cadena montañosa norte, planicies y valles interiores)

La región III, se ve afectada por el fenómeno El Niño pero en menor magnitud que la región I. Esto se refleja claramente en el análisis de frecuencia de los escenarios, (Figuras. 5.4.9 a la 5.4.12) (Ahuachapán, Nueva Concepción, Las Pilas y Chorrera del Guayabo). A pesar que el escenario que más se repite es el seco, existe buena probabilidad de que se presente el escenario normal. Es decir en presencia de El Niño el escenario que tendría mayor probabilidad de presentarse es el seco o el normal.

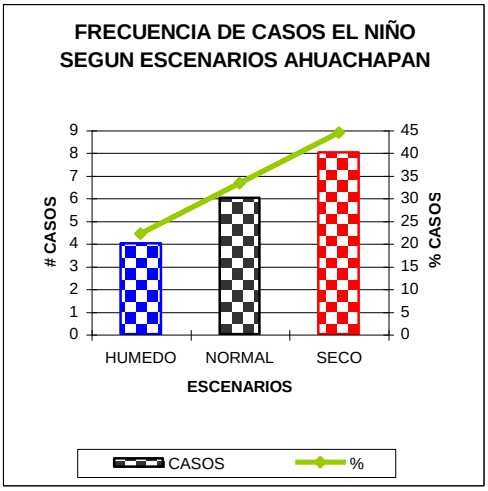


Fig. 5.4.9: Frecuencia de casos El Niño para estación estación de Ahuachapán.

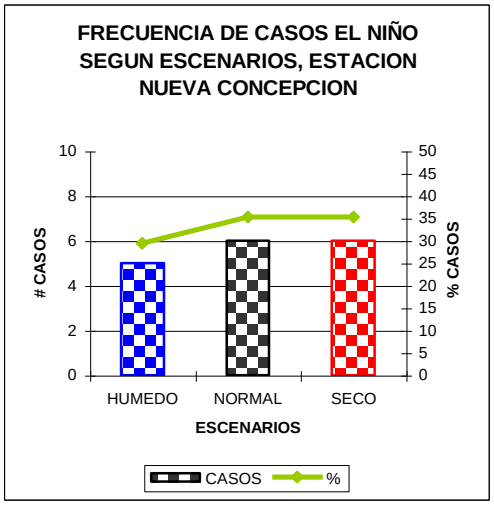


Fig. 5.4.10: Frecuencia de casos El Niño para la la estación de Nueva Concepción.

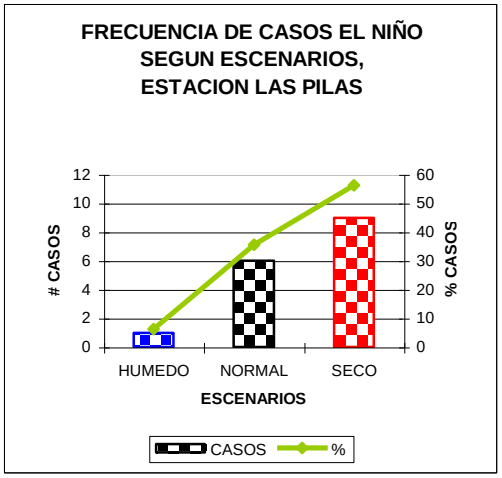


Fig. 5.4.11:Frecuencia de casos El Niño para estación de Las Pilas.

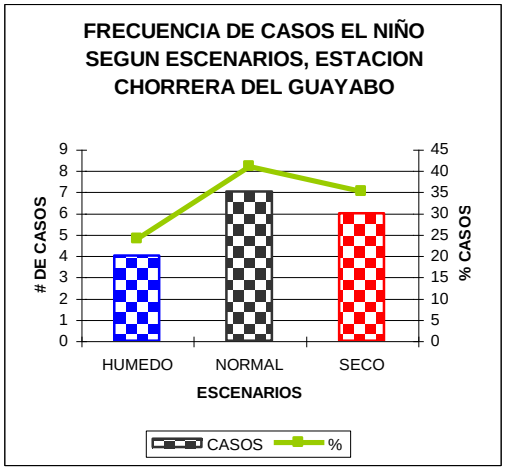


Fig. 5.4.12: Frecuencia de casos El Niño para la la Estación de Chorrera del Guayabo.

Región Climática IV (Planicie Occidental)

La única estación perteneciente a esta región es Guija, esta estación fue separada de la región III, por presentar cantidades de precipitación relativamente más bajas, siendo él numero mayor de casos El Niño aparecidos en el escenario seco, seguido del normal y el húmedo, estos dos últimos con frecuencias porcentuales similares, (ver Fig. 5.4.13). De acuerdo con lo antes mencionado se puede decir que en futuros eventos El Niño, el escenario seco tiene la mayor probabilidad de presentarse.

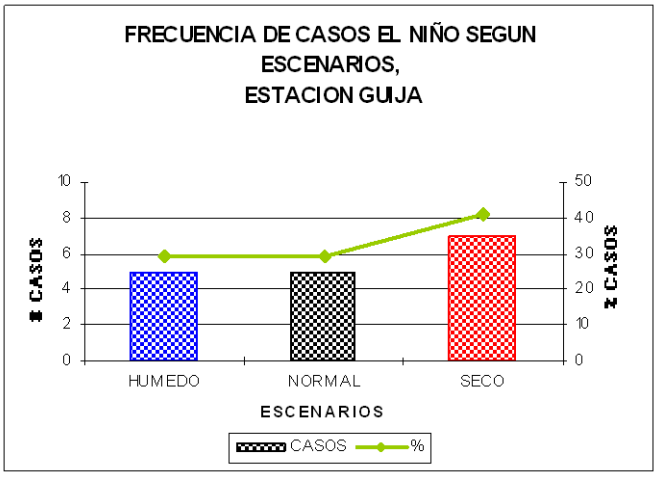


Fig. 5.4.13: Frecuencia de casos para la estación de Guija.

En esta zona a pesar de ser la más pequeña se vería entonces afectada en cuanto a la producción y rendimiento de los granos básicos, pues similar a la región I el escenario con mayor frecuencia y por tanto con mayor probabilidad de aparecer ante un evento El Niño es el seco.

5.5 Análisis de la Precipitación '97 – '98 versus Escenarios Climáticos.

Región Climática I

En ésta región la mayoría de estaciones analizadas durante el período de estudio de 1997 a 1998 (barras verdes), muestra un inicio de la estación lluviosa deficitario e incluso una tendencia en la mayoría de los meses de acumulaciones de agua menores al escenario seco (área roja), con una disminución marcada en agosto, congruente con lo antes indicado, así como también, un noviembre cercano al promedio (área blanca) o arriba de éste, (Figuras. 5.5.1 y 5.5.2) (La Unión y Acajutla Puerto Nuevo). En 1998 la estación lluviosa inicia con déficit similar al '97, o sea barras menores que el área roja (escenario seco), el área blanca muestra el escenario normal comprendido entre el límite del escenario seco y el del escenario húmedo (linea superior), finalmente el escenario húmedo esta arriba del área blanca, es decir del último límite mostrado en el gráfico.

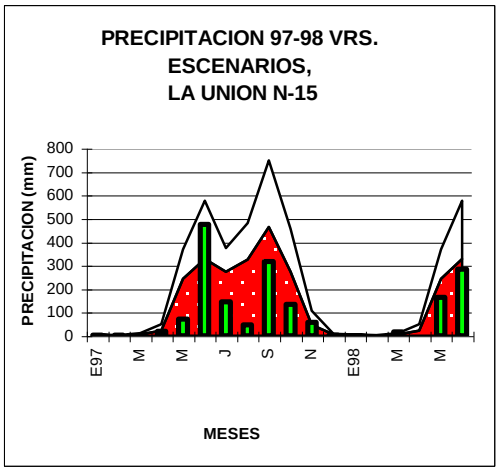


Fig. 5.5.1: Precipitación Real Versus Escenarios La Unión. Área roja: seco, área blanca: normal

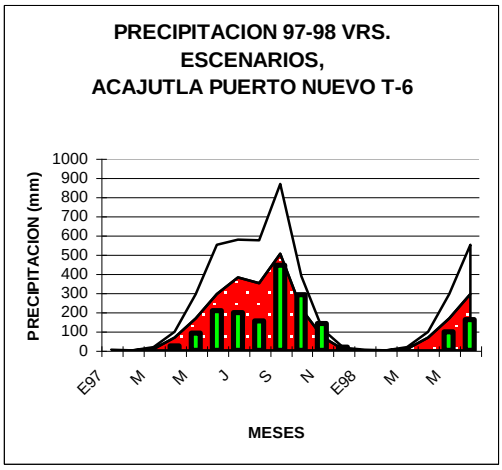


Fig. 5.5.2: Precipitación Real Versus Escenarios Acajutla Puerto Nuevo. Área roja: seco, área blanca: normal

Región Climática II

La región II señala para 1997 y 1998 disminución de la precipitación en varios meses, principalmente julio y agosto, pero a diferencia de la región I, mayo y junio del '97 muestras valores (barras) incluso cercanos al escenario húmedo (línea superior), no es así al iniciar las lluvias en el '98 donde es notorio

el déficit, probablemente mayor que el de la región I. (Ver Figuras. 5.5.3 y 5.5.4) (Aguilares y Puente Cuscatlán)

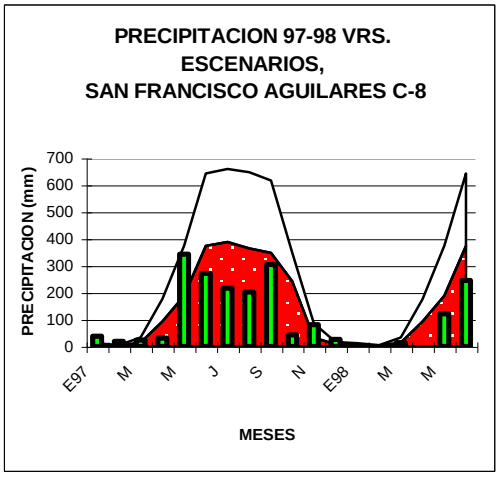


Fig. 5.5.3: Precipitación Real Versus Escenarios San Francisco Aguilares.

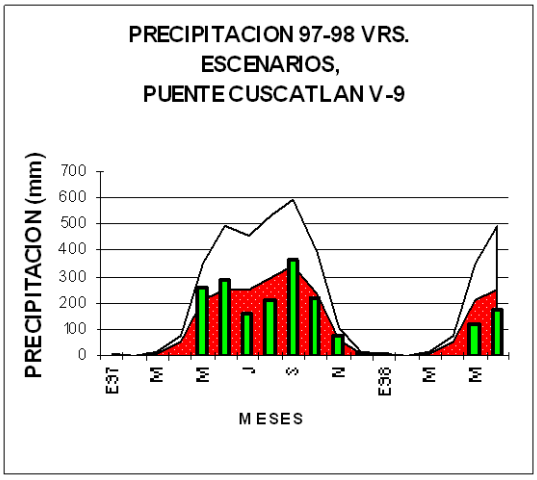


Fig. 5.5.4: Precipitación Real Versus Escenarios Puente Cuscatlán. Área roja: seco, área blanca: normal

Región Climática III

Las estaciones de la región III, presenta la disminución de la precipitación más marcada en julio y ligeramente en agosto, relativo al resto de meses de la estación lluviosa. El inicio de la temporada de lluvias en ambos años se muestra debajo o cerca de lo normal, con un noviembre del '97 lloviendo cerca o arriba de lo normal. El inicio de la estación lluviosa para el '98 se muestra deficitaria, (ver Figuras. 5.5.5 y 5.5.6) (Candelaria de La Frontera y Chorrera del Guayabo).

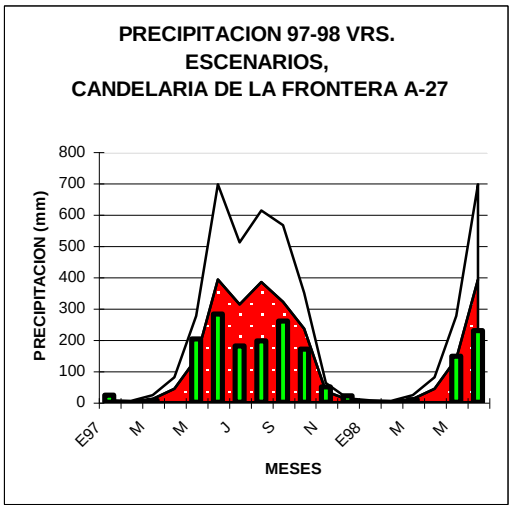


Fig. 5.5.5: Precipitación Real Versus Escenarios Candelaria de la Frontera.

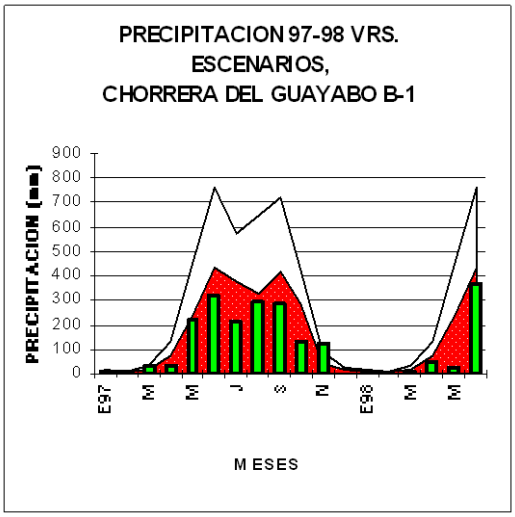


Fig. 5.5.6 : Precipitación Real Versus Escenarios Chorrera del Guayabo. Área roja: seco, área blanca: normal

Región Climática IV

Finalmente Guija, Fig. 5.5.7, muestra disminución drástica de la precipitación en abril, julio y agosto más marcada que el resto de meses de la estación lluviosa. El inicio de las lluvias para el '97 y '98, muestra una tendencia cercana a lo normal, noviembre se presenta normal o ligeramente arriba de lo normal.

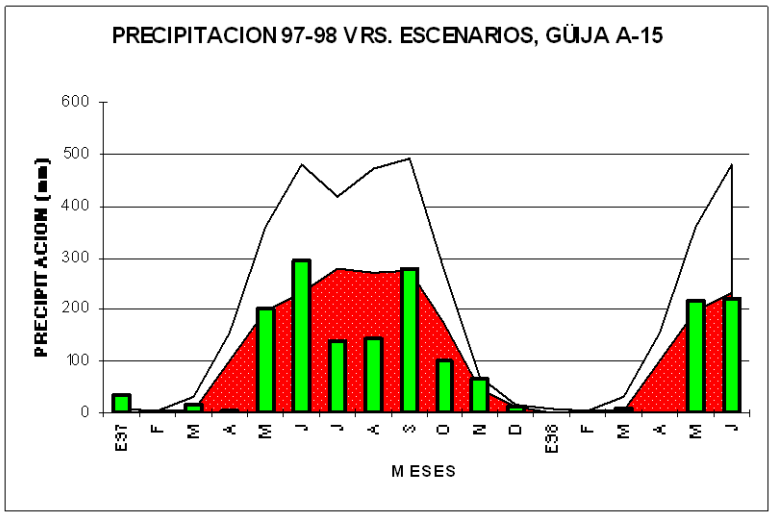


Fig. 5.5.7: Precipitación real Vrs. Escenarios Güija.

5.6 ANALISIS DE LOS MAPAS DE ANOMALIAS

5.6.1 Análisis de los Mapas de Anomalías de Enero, Febrero y Marzo 1997

De acuerdo con los mapas de anomalías los meses de enero, febrero y marzo (anexos A1 a A3), la Región I presenta anomalías máximas negativas de –17 mm (-94 %) en marzo para Acajutla Puerto Nuevo (T6), zona sur-occidental de dicha Región y máximos de +14 (1,240 %) en Santiago de María (U6) para el mes de marzo en la zona oriental de dicha Región. Generalizando, en estos meses se observa una tendencia de valores positivos al este y negativos al oeste.

La Región II, presenta en su mayoría durante los meses analizados anomalías positivas hasta de +33 mm (550 %) en el mes de enero, en la estación San Francisco Aguilares (C8), extremo norte de dicha región, y negativas hasta de –8 mm (-89 %) en el mismo mes para Santa Tecla (L8), extremo sur de dicha región.

La Región III de igual manera que la II, presenta predominancia de anomalías positivas, tal es el caso de La Palma (G4) de +49 mm (42 %) en el mes de febrero y un máximo negativo de –23 mm (-67 %) para la misma estación en el mes marzo.

La Región IV presenta en su mayoría anomalías positivas excepto para el mes de febrero en Guija que presenta un valor de –9 mm (-100 %).

A pesar que estos meses señalan dominancia de anomalías positivas respecto a lo normal, para este período no tiene mayor significancia este exceso de lluvia para los granos básicos, aunque en algunas zonas de la región II y III en esos meses finaliza la corta del café, no encontrando evidencias de que sea afectada negativamente esa actividad.

5.6.2 Análisis de Anomalías para el Mes de Abril de 1997

Este mes (anexo A4), refleja características diferentes respecto a los anteriores, es decir presenta en la mayoría de las regiones anomalías negativas y con valores más altos, así Guija (A15), presenta un valor de –81 mm (-96 %) y Santa Tecla (L8) muestra una anomalía positiva de +26 mm (97 %). En la Región I excepto un pequeño núcleo alrededor de los Naranjos (T24), es positivo. La región II al igual que la I muestra características similares, es decir casi toda refleja valores negativos hasta de –48 mm (-100 %) en Puente Cuscatlán (V9), excepto Santa Tecla (L8) que presenta anomalías positivas de +26 mm (97 %). La Región III presenta características similares a las regiones anteriores solo que

ésta muestra únicamente núcleos negativos, el máximo valor aquí encontrado es –73 mm (-9 %) para La Palma (G4). La Región IV presenta anomalías máximas de –81 mm (-96%) como ya se mencionó para Guija.

Por ser abril un mes de transición de la estación seca a la lluviosa, las cantidades de lluvia aquí registradas son importantes, dichas lluvias sirven para la preparación de tierras de la nueva cosecha, se observa que 1997 inicia con déficit de lluvia para realizar adecuadamente la actividad mencionada.

5.6.3 Análisis de Anomalías para Mayo, Julio y Agosto de 1997

Para estos meses se observan comportamientos similares en las anomalías, así, para la Región I mayo, julio y agosto presentan anomalías negativas, con máximos negativos de –213 mm (-58 %) en Acajutla Puerto Nuevo (T6) en el mes de agosto y un mínimo de –10 mm (-6%) en La Unión. (N15) Para esta Región, solo Sensuntepeque (B6) muestra una situación diferente, presentando un máximo positivo en el mes de julio. La Región II muestra una combinación de anomalías tanto negativas como positivas, predominando las negativas hasta de –211mm (-55%) para Santa Tecla (L8) en Agosto, coincidente con lo encontrado para esta Región en los escenarios climáticos. La Región III muestra en su mayoría anomalías negativas hasta de –242 mm (-71%) en Los Planes de Montecristo (A31) para el mes de agosto y positivas de +43 mm (25%) en Chorrera del Guayabo (B1) para el mes de mayo. Finalmente la Región IV para los diferentes meses presenta anomalías negativas hasta de –60 mm (-30%) y positivas de +31 mm (18%) en la estación de Guija. (Ver Anexos A5, A7, A8)

De acuerdo con lo reflejado para estos meses, los diferentes cultivos de la época maíz y frijol seguido del sorgo y el arroz se verían afectados por el déficit de lluvia observado en todas las Regiones Climáticas aquí establecidas, pero naturalmente aunque estas sean afectadas por dicha disminución se vuelve más sensible para algunas regiones, por la razón que son zonas mayormente productoras de los granos básicos, tal es caso de la Región I, III y IV. (Figuras 4.3.1 a 4.3.5)

5.6.4 Análisis de Anomalías para Junio de 1997

La Región I para este mes muestra anomalías positivas y negativas, predominando las negativas en la parte sur-occidental de la Región con valores hasta de –134 mm (-44%) en la Hachadura (H14) y positivas al sur-oriente de la Región con anomalías hasta de +262 mm (124%)en La Unión (U15). Es notorio que este mes comparado con mayo, julio y agosto varía drásticamente en cuanto a la predominancia anomalías positivas y sus valores, esto debido a un temporal producido por un sistema ciclónico en el Océano Pacifico vecino. La Región II presenta anomalías negativas y positivas predominando las positivas con valores hasta de +113 mm (32%) para Los Andes (A18) y negativas de –41 mm (-15%) para San Andrés (L4). La Región III presenta anomalías positivas y negativas, las primeras con máximos hasta de +198 mm (50%) en Los Planes de Montecristo (A31) y máximos negativos hasta de –114 mm (-32%) para Santa Ana el Palmar (A12). La Región IV muestra anomalías negativas no muy significativas de – 5 mm (-2%) en Guija (A15). (ver el anexo A6).

La presencia de fenómenos atmosféricos en este mes favorece la generación de precipitaciones, pero probablemente no se tenga una buena distribución durante todo el mes ni tampoco en todas las regiones, ya que depende de la cercanía del sistema y de la zona de influencia que éste tenga. De hecho la presencia de estos sistemas en los períodos de desarrollo vegetativo del cultivo permiten disminuir perdidas más grandes en los cultivos, no así si se presentan cuando la planta ha presentado estrés hídrico por ausencia de agua, o cuando esta tiene pocos días de su germinación.

5.6.5 Análisis de Anomalías para Septiembre de 1997

Este mes presenta para la Región I anomalías positivas y negativas, la zona sur-occidental de la Región presenta anomalías positivas con valores hasta de +157 mm (55%) en Acajutla Puerto Nuevo (T6) y hacia el centro y oriente de la Región anomalías negativas de –120 mm (-28%) en Santiago de María (U6). La Región II también señala anomalías positivas y negativas, con máximos negativos de –131 mm (-28%) para Los Andes y máximos positivos de +57 mm (18%) en V9 Puente Cuscatlán. La

Región III presenta mayormente anomalías positivas, alcanzando valores máximos positivos de +188 mm (39%) en La Palma (G4), siendo negativas principalmente en la zona occidental de dicha región, donde se observan valores negativos de –78 mm (-23%) en Candelaria de La Frontera (A27). Finalmente la Región IV muestra anomalías positivas hasta de + 100 mm en Guija. (anexo A9).

A pesar de que las zonas donde se presentan anomalías negativas más altas no son mayormente productoras de maíz y frijol, contar con déficit de agua en dichas regiones climáticas afectaría la segunda cosecha de estos cultivos, aquí se da una combinación de anomalías mostrándose para la región I predominancia de anomalías negativas afectando como ya se mencionó la segunda siembra de maíz y frijol y posiblemente afectaría también al sorgo.

5.6.6 Análisis de Anomalías para Octubre de 1997

En la Región I se presentan anomalías negativas en la zona sur-occidental de la Región con valores hasta de –104 mm (-60%) en Hachadura (H14) y anomalías positivas hacia el sur-oriente de la Región con valores hasta +130 mm (49%) en La Unión (N15), estos valores positivos están cerca de la costa, asociado quizá a aportes de humedad del pacifico vecino. Por otro lado en los extremos nortes de la Región I frontera con la Región II y III, las anomalías se muestran de nuevo negativas, alcanzando valores de –50 mm (-27 %) en San Miguel El Papalón (M6). En la Región II, III y IV prevalecen anomalías negativas con máximos de –148 mm (-78 %) en San Francisco Aguilares (C8), zona fronteriza entre la regiones II y III, encontrando anomalías positivas solo en una pequeña área de la Región III en La Palma G4 de +159 mm (83%), (ver el anexo A10).

El continuar con anomalías negativas en este mes afecta la segunda cosecha de los cultivos mencionados, así como también al sorgo, aunque éste por su naturaleza es un poco más resistente a la sequía.

5.6.7 Análisis de Anomalías para Noviembre y Diciembre de 1997.

En Noviembre (anexo A11), muestra anomalías positivas para la mayoría de regiones con máximos absolutos positivos de 138 mm (1098%) en la estación H14 de la Región I y 126 mm en Ilopango, Región II. Una pequeña área muestra anomalías negativas con un valor de –66 mm (-100%) en Sensuntepeque (B6).

En diciembre por su lado, (anexo A12), aumentan las áreas con anomalías negativas mostradas en el mes anterior, pero los valores absolutos y porcentuales son bajos. Respecto a las anomalías positivas en este mes los valores absolutos también son pequeños, alcanzando en Chiltiupán (L27) +33 mm (338%) y en Santa Ana (A12) + 33 mm (617%).

Las anomalías positivas en Noviembre durante la presencia del Fenómeno de El Niño, indicarían que la estación lluviosa finaliza un poco después de lo estadísticamente conocido en esas regiones. En ambos meses las anomalías positivas persisten en las zonas montañosas, afectando el cultivo del café debido a que el grano tiende a caerse con las lluvias o madura más rápido, acelerando así la recolección de la cosecha y por ende provocando una disminución en el rendimiento de la misma.

5.6.8 Análisis de Anomalías para Enero y Febrero de 1998

Los meses de Enero y Febrero del 98 muestran casi en su totalidad anomalías negativas para las diferentes regiones, mostrándose un máximo de –12 mm (-100%) en la Palma G-4. Anexo A13 y A14.

5.6.9 Análisis de Anomalías para Marzo y Abril de 1998

En marzo y abril continúan las anomalías negativas con valores más altos en abril. En marzo se presenta algunos valores positivos especialmente en la zona nor-oriental y nor-occidental de la Región III, tal es el caso de La Palma G4 con +77 mm (228%) y San Francisco Gotera con +30 mm (244%), ver anexos A15 y A16. En abril los valores negativos más altos son de –84 mm en la Región

IV y de – 76 mm en la Región III, siendo estos valores más altos comparados con el mismo mes de 1997, es por eso que se observaron en estos meses temperaturas bastantes altas y se contabilizaron muchos incendios forestales.

5.6.10 Análisis de Anomalías para Mayo y Junio de 1998

Persisten en estos dos meses las anomalías negativas, incrementando los valores relativo a los meses anteriores. Para la Región I, Mayo y Junio muestran en su totalidad anomalías negativas excepto para Sensuntepeque B-6 con +149 (71%) para el mes de mayo y Hachadura H-14 en junio con +78 (26%). La Región II, presenta anomalías negativas para ambos meses. La Región III, en su mayoría presenta anomalías negativas excepto para zona nor-oriental y nor-occidental de la Región con máximos en mayo de +126 (58%) en Los Planes de Montecristo A-31. La Región IV, presenta anomalías negativas para junio y positivas en mayo. Ver anexos A17 y A18.

Nuevamente en ambos meses del año '98 se refleja predominancia de anomalías negativas, se debe recordar que en mayo típicamente inician la estación de lluvias y se hacen las siembras, pero con los mapas mostrados se deduce un atraso en el inicio de la estación de lluvias o un inicio con déficit. Lo anterior afectaría la producción y los rendimientos de los diferentes cultivos de la época.

5.6.11 Análisis de Anomalías Trimestrales para Mayo, Junio y Julio de 1997 (Pre-lluviosa)

Este trimestre para la Región I muestra anomalías negativas y positivas, predominando las negativas, con valores máximos hasta de –308 mm (-45%) para Hachadura H14 y anomalías positivas con máximos de +98 mm (17%) para La Unión N15. La región II, muestra anomalías tanto negativas como positivas con era de esperar, máximas negativas de –189 mm (-27%) en Cojutepeque C9 y máximas positivas de +51 mm (8%) para Puente Cuscatlán V9. La Región III al igual que las regiones ya analizadas señalan predominancia de anomalías negativas con máximos de –217 mm (-32%) para Ahuachapán H8 y positivas de +95 mm (11%) en Los Planes de Montecristo A-31 y finalmente, la Región IV muestra anomalías negativas no muy representativas de –34 mm (-5%) para Guija (A-15). Anexo A 19.

El mapa presenta en su mayoría anomalías negativas principalmente para las regiones I y III, en este trimestre se refleja con claridad la disminución de que los cultivos como el maíz y el frijol tendrían en su primera cosecha, tanto en producción como en rendimiento. Se debe recordar que en junio de 1997 se presento un sistema ciclónico cerca del país, por lo que puede disminuir lo drástico del trimestre seco, en especial en las zonas cercanas a la costa.

5.6.12 Análisis de Anomalías Trimestrales para Agosto, Septiembre y Octubre de 1997 (Lluviosa)

La Región I, muestra similitud al trimestre ya estudiado, más anomalías negativas que positivas, pero con valores absolutos menores que el caso anterior, aunque se registraron máximos negativos en La Unión N-15 de –376 mm (-43%), en la zona costera y máximos positivos de 37 mm (4%) para Acajutla Puerto Nuevo T-6. La Región II muestra también anomalías positivas y negativas con mayor predominancia hasta de –318 mm (-29%) para Los Andes A18 y anomalías positivas hasta de +78 mm (11%) en Puente Cuscatlán V9. La Región III en su mayoría presenta anomalías negativas, con máximos de –294 mm (-34%) en Ahuachapán H8 y máximos positivos de +202 mm (20%) en La Palma G4. La Región IV muestra un máximo negativo de –64 mm (-11%)para Guija A-15. Anexo A20. Aunque septiembre es el mes mas lluvioso en muchas estaciones, esto no influyo en los cálculos del trimestre, por el contrario refleja que este mes fue seco también.

De igual manera el contar con déficit de precipitación para las diferentes regiones climáticas conlleva en este trimestre a que tanto la primera cosecha de granos básicos como la segunda tendrían disminución en producción y rendimiento.

5.6.13 Análisis de Anomalías Trimestrales para Abril, Mayo y Junio de 1998 (Post-lluviosa)

Predominan en estas regiones anomalías negativas. La Región I muestra anomalías negativas en su mayoría, con máximos negativos de –242 mm (-34%) para Los Naranjos T6 y máximos positivos de +60 mm (10%) en San Francisco Gotera Z2. La Región II muestra anomalías negativas con máximos de –247 mm (-49%) en Cojutepeque C9. La Región III muestra únicamente anomalías negativas con máximos de –317 mm (-25%) para G3 Nueva Concepción y la Región IV muestra anomalías negativas para Guija A15 de –117 mm (-21%). Anexo A21.

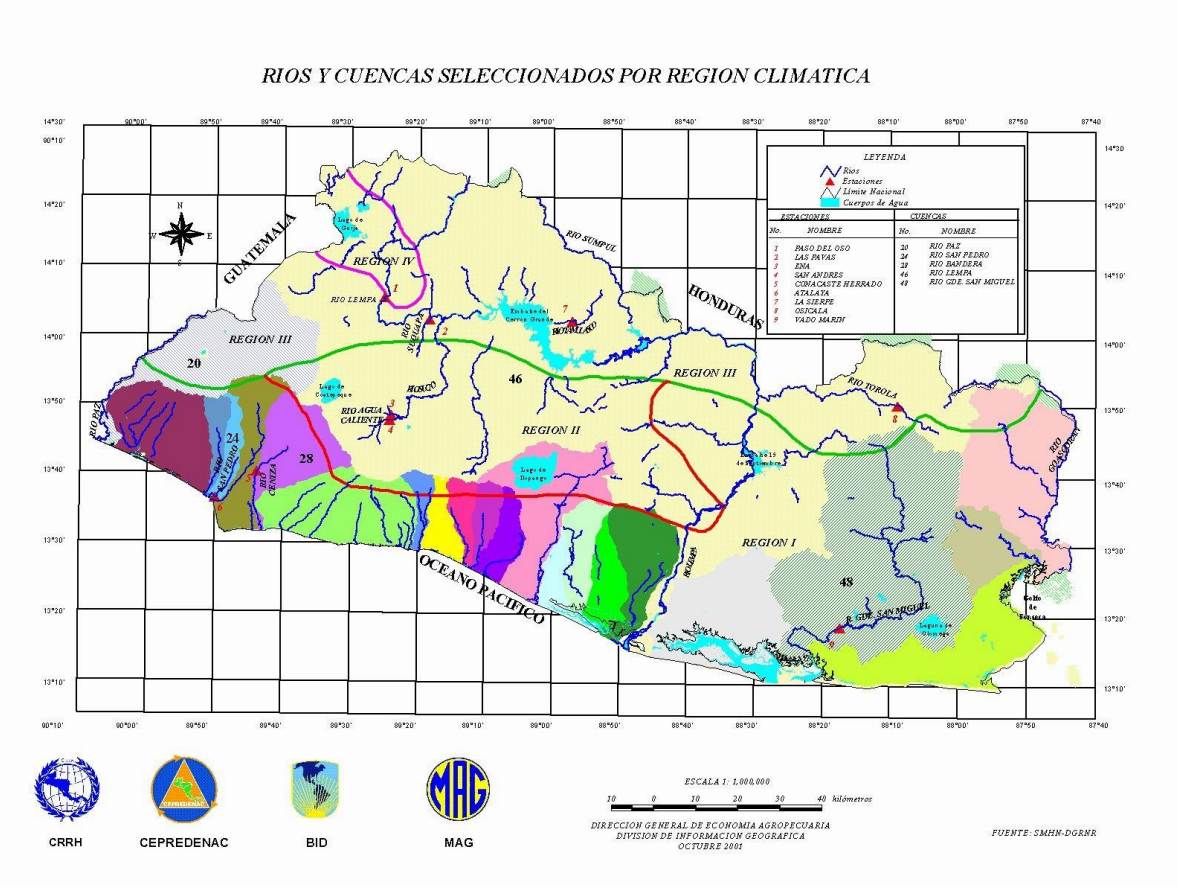
Finalmente el iniciar el segundo año del evento con déficit de precipitación similar o más marcada que la del año anterior, se esperaría tener un año agrícola deficitario ya que este trimestre simboliza el inicio de una nueva estación lluviosa y la fase madura del fenómeno El Niño, pero éste siempre mostrando su presencia.

5.7. Componente Hidrológico

De la red de estaciones hidrométricas, perteneciente al Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional (SMHN), se seleccionaron nueve estaciones como se muestra en el Cuadro 5.7.1 y en el Mapa 5.7.1, donde se puede visualizar su localización geográfica con respecto a la cuenca hidrográfica y región climática a la que pertenece. El criterio de selección se basó en el período de registro 1970-1999, calidad y cantidad de datos, así como la importancia de la cuenca, debido que son fuente de hidroelectricidad, se desarrollan importantes actividades agropecuarias y en general, ante escasez o abundancia de lluvias, ocasionan impactos en las actividades socio-económicas.

Cuadro 5.7.1. Estaciones hidrométricas seleccionadas, estudio de caso ene97-jun98.

ESTACION	RIO	REGION CLIMATICA	LAT. N.	LONG. O.	ELEVACION (msnm)
Atalaya	San Pedro	I (occidente)	13° 37'	89° 50'	3
Conacaste Herrado	Ceniza	I (occidente)	13° 40'	89° 44'	149
Vado Marín	Gde. de San Miguel	I (oriente)	13° 18'	88° 17'	19
San Andrés, ENA	Agua Caliente	II	13° 49'	89° 24'	445
San Andrés	Sucio	II	14° 48'	89° 24'	441
La Sierpe	Tamulasco	III (centro)	14° 02'	88° 57'	344
Las Pavas	Suquiapa	III (centro)	14° 02'	89° 18	265
Paso del oso	Lempa	III (centro)	14° 06'	89° 25'	295
Osicala	Torola	III (oriente)	13° 50'	88° 09'	277



Mapa 5.7.1. Ríos seleccionados por cuenca hidrográfica y según región climática.

En El Salvador hay 360 ríos en su mayoría cortos y torrentosos, la mayor parte de pequeño caudal, inferior a un metro cúbico por segundo, siendo algunos de ellos intermitentes (estacionales). El río Lempa es el de mayor importancia, su cuenca es compartida con Guatemala y Honduras y tiene un área de 18240 km^2; correspondiendo al país el 48.6 por ciento del territorio nacional.

5.7.1. Región Climática I

En la Región Climática I**,** que abarca toda la zona costera del país, se encuentran las cuencas hidrográficas de la vertiente sur de las montañas costeras, excepto en la zona oriental del país donde comprende, además, cuencas que abarcan el valle entre la colina de Jucuarán y las montañas en la parte norte del país colindante con Honduras. Esta región se ha subdividido en tres sectores para describir su hidrografía, sector occidental, central y oriental de los cuales se dispone información solamente del occidente y oriente.

5.7.1.1. Sector Occidental

Los Ríos Ceniza (cuenca Río Bandera) y San Pedro (cuenca Río San Pedro), representan la Región Climática I en su parte occidental. Las estaciones fluviométricas Conacaste Herrado y Atalaya describen el comportamiento de las cuencas de los ríos mencionados, respectivamente. En este sector occidental, hay varias cuencas de áreas relativamente pequeñas y por tanto el largo de los ríos es corto y los impactos debido a condiciones meteorológicas extremas son arealmente de menor magnitud, relativamente.

Como se puede observar en el Figura 5.7.1, los caudales registrados en la estación Atalaya de enero a mayo de 1997, fueron menores al promedio (1970-1999) hasta 0.93 m^3/s (62 por ciento). A partir de junio las anomalías son alternadamente positivas y negativas. En octubre se observa la mayor anomalía positiva de 4.42 m^3/s (98 por ciento con relación al promedio de 4.52 m^3/s en este mes). En los últimos 30 años, extraordinariamente se han registrado dos veces (sep79 y nov85) caudales medio mensuales que han alcanzado los 18 m^3/s; y cinco veces más, especialmente en septiembre y octubre, se han registrado caudales entre 8 y 9 m^3/s. En general, en el período de estudio de enero 1997 a junio 1998, la mayoría de los meses presentan anomalía negativa de caudales. En el período prelluvioso (mayo-junio-julio/1997) se registra anomalía negativa del cuatro por ciento y por otra parte, en el período lluvioso (agosto-septiembre-octubre/1997) es positiva del 31 por ciento; volviendo a ser negativa del tres por ciento, con tendencia a lo normal, en el período seco (abril-mayo-junio/1998).

Los caudales medio mensuales registrados en la estación Conacaste Herrado, que funcionó hasta 1997, presentan anomalías en forma heterogénea con relación a los de la estación Atalaya como se muestra en el Figura 5.7.1.

5.7.1.2. Sector Oriental

La Región Climática I en este sector, no solo abarca la zona costera sino que se extiende muchos kilómetros tierra adentro, pasando por la colina de Jucuarán hasta alcanzar la parte sur de las montañas, en el norte del país, colindante con Honduras. Aquí, la principal cuenca hidrográfica es la del Río Grande de San Miguel y la más importante del país, después de la cuenca del Río Lempa.

La cuenca del Río Grande de San Miguel comprende un área total de 2350 km^2 y la longitud de su cauce principal es de 137 Km. Las actividades agropecuarias en esta cuenca son afectadas grandemente ya sea por escasez de lluvias o por abundancia de las mismas; en este último caso ocurren muchas pérdidas de bienes y hasta vidas humanas por lo que es objeto de estudio constantemente y existen planes para su control integral.

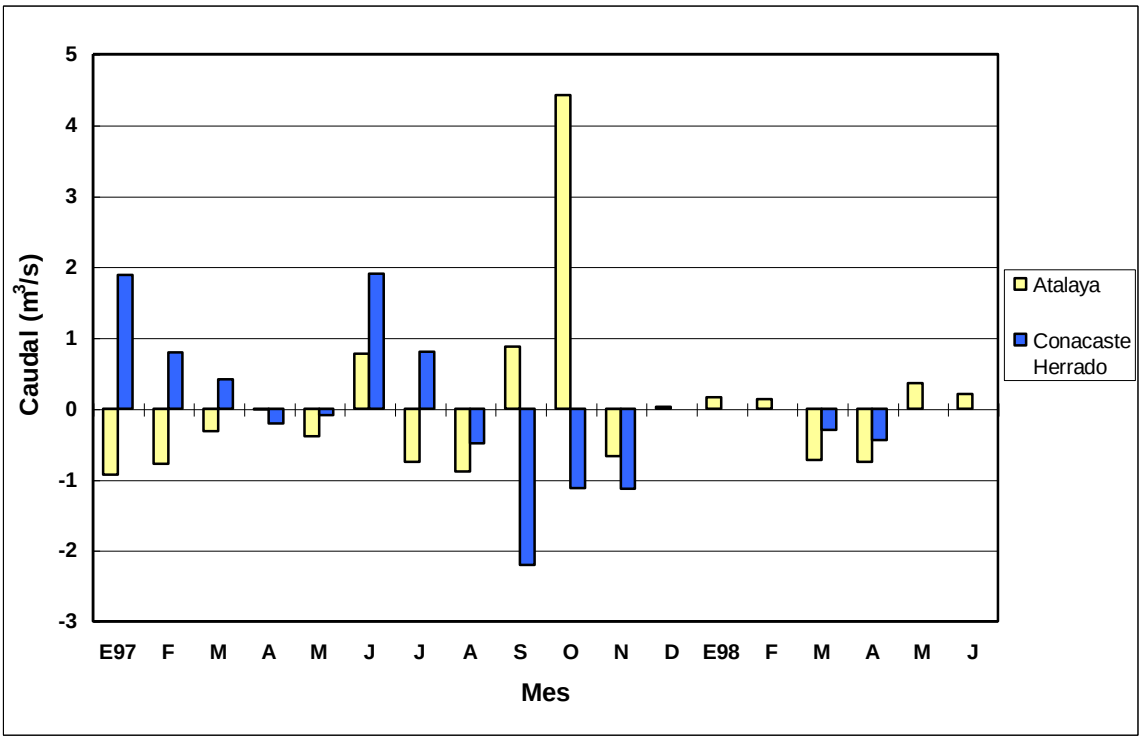


Figura 5.7.1. Anomalía mensual de caudales, estaciones Atalaya (Río San Pedro) y Conacaste Herrado (Río Ceniza), estudio de caso ene97-jun98, serie 1970-99.

La estación Vado Marín, ubicada en la parte baja de la cuenca y que representa un área de 1900 km^2 (81% del área total de la cuenca) es la única que posee la información necesaria para describir adecuadamente el comportamiento de caudales medio mensuales del sector.

Como se muestra en el Figura 5.7.2, de enero a abril de 1997 la estación Vado Marín registra anomalías negativas de caudales medio mensuales y desde mayo a noviembre del mismo año las anomalías son alternadamente negativas y positivas; de diciembre de 1997 hasta mayo de 1998, las anomalías vuelven a ser positivas y en el último mes del período de estudio (junio de 1998) la anomalía es negativa significativamente 24.96 m^3/s inferior al promedio de 44.31 m^3/s (56 por ciento con relación al promedio de la serie 1970-1899), así como fue en octubre de 1997 del 33% aún cuando en estos dos meses las lluvias son mayores durante la temporada lluviosa.

La estación Vado Marín también registra anomalía positiva en el trimestre mayo-junio-julio/97 (denominado período prelluvioso), mientras que en los otros períodos, lluvioso (agosto-septiembre-octubre/97) y seco (abril-mayo-junio/98), la anomalía de caudales es negativa del 8 y 21 por ciento, respectivamente.

5.7.2. Región Climática II

La Región Climática II, comprende la vertiente norte de las montañas costeras de zona central y paracentral del país, se ubica en el complejo interior de valles internos entre la parte norte de las montañas costeras y la margen derecha del Río Lempa; Algunas de las principales actividades agropecuarias, así como grandes núcleos poblacionales, tales como los del Gran San Salvador, tienen su asiento en esta región.

Dos estaciones hidrométricas (San Andrés en el Río Sucio y San Andrés, ENA en el Río Agua Caliente), seleccionadas para este estudio, se ubican en el occidente de esta región. Dichas estaciones se encuentran muy cercanas y sus registros evidencian que son cualitativamente

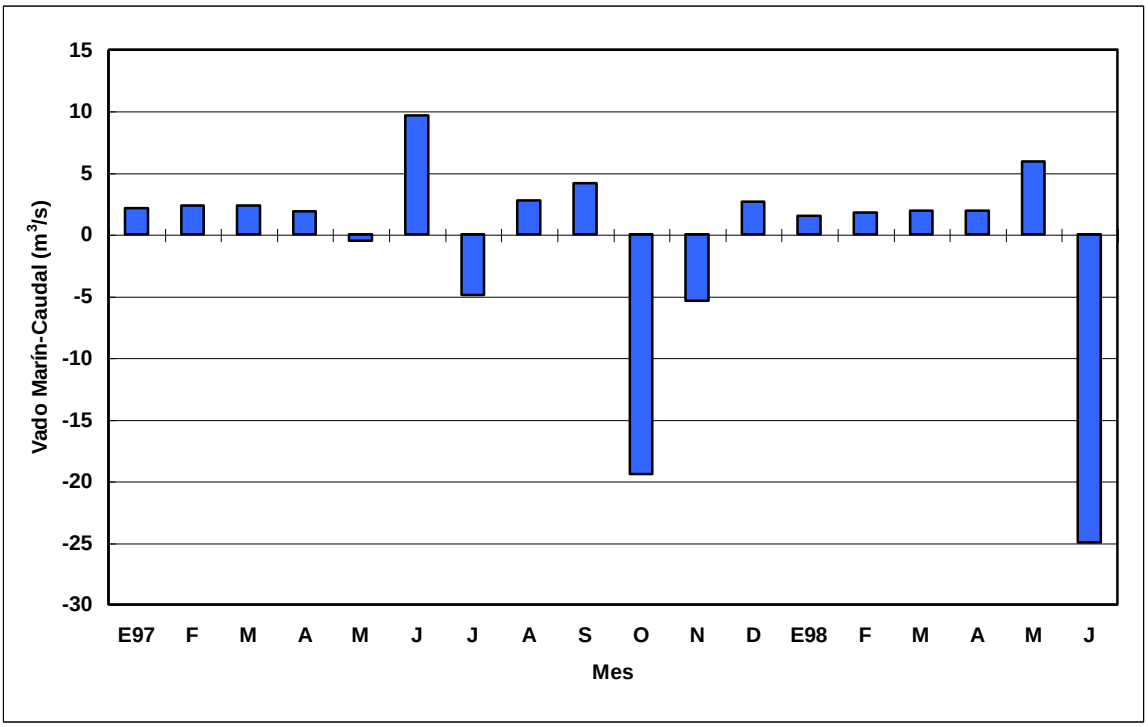


Figura 5.7.2. Anomalía mensual de caudales, estación Vado Marín, Río Gde. de San Miguel, estudio de caso ene97-jun98, serie 1970-99.

similares, excepto enero/97, como se observa en el Figura 5.7.3.

Según la Figura mencionada antes, se puede afirmar que a partir de febrero de 1997 hasta diciembre del mismo año se registraron anomalías negativas de caudales medio mensuales y solamente el mes de mayo (estación San Andrés) registra anomalía positiva. La mayor anomalía negativa de 4.96 m^3/s en esta fase se observa durante septiembre (36 por ciento con relación al promedio de 13.90 m^3/s de la serie 1970-99). Considerando la estación ENA, durante los últimos seis meses del período de estudio ene98-jun98, las anomalías de caudales son alternadamente positivas y negativas cada dos meses consecutivos. Son notables los registros de anomalías negativas, durante la época lluviosa de mayo a octubre, en la estación San Andrés.

Los registros de caudales medio mensuales durante los períodos trimestrales prelluvioso (mayo-junio-julio/97), lluvioso (agosto-septiembre-octubre/97) y seco (abril-mayo-junio/98), presentan anomalías negativas en forma generalizada.

5.7.3. Región Climática III

Esta Región Climática III, atraviesa el territorio nacional de oeste a este comprendiendo la franja norte del complejo interior de valles internos hasta la cordillera norte, compuesta de altas montañas fuertemente diseccionadas, limitada con el territorio de Honduras. En las partes más bajas de esta región, se ha desarrollado una agricultura de subsistencia conformada por cultivos en asocio maíz-maicillo, combinada con pequeños hatos de ganado bovino, algunos cerdos y aves de corral; estos sistemas persisten en fincas pequeñas en las partes más altas de la región.

Para describir en forma adecuada la hidrología de esta región la subdividimos en tres sectores. El sector occidental que limita con el territorio de Guatemala donde se ubica la cuenca hidrológica transfronteriza del Río Paz; el sector central que comprende afluentes entorno de la represa más importante del país, El Cerrón Grande, ubicada en la cuenca del Río Lempa de

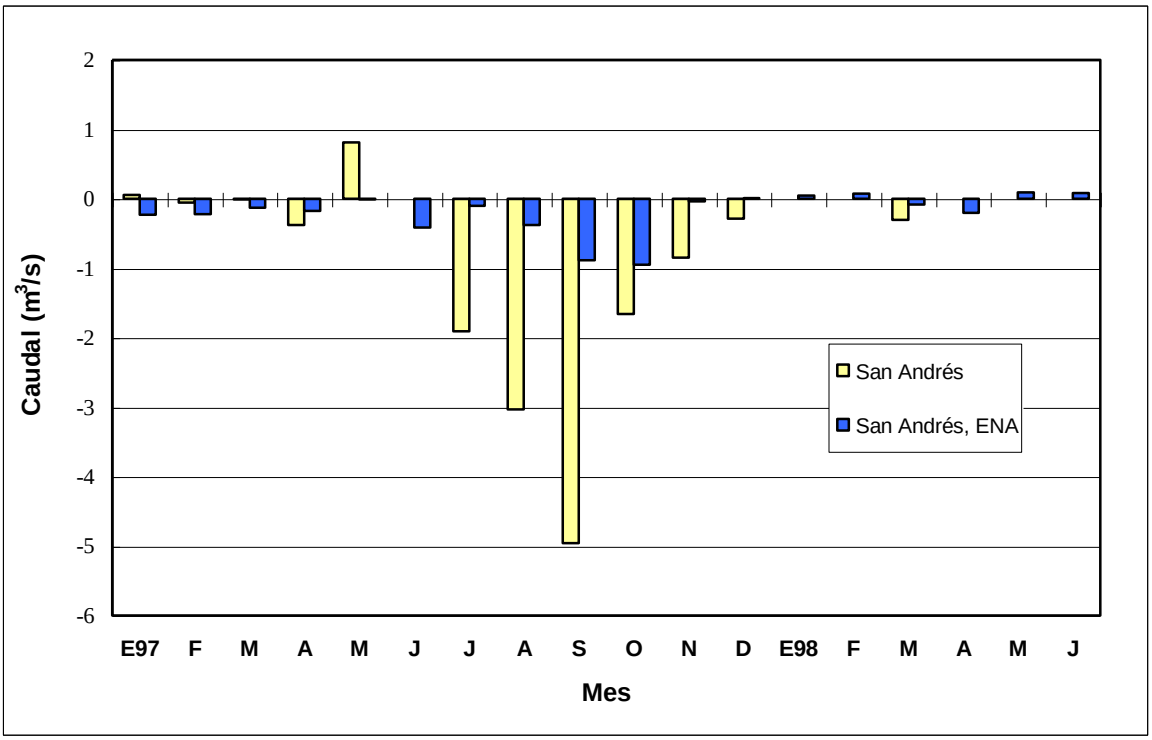


Figura 5.7.3. Anomalía mensual de caudales, estaciones San Andrés (Río Sucio) y San Andrés, ENA (Río Agua Caliente), estudio de caso ene97-jun98, serie 1970-99.

relevante importancia tanto para la producción de energía eléctrica como para la dotación de agua para grandes núcleos poblacionales del Gran San Salvador y no menos importante como abastecimiento para la agricultura; finalmente, el sector oriental que comprende la cordillera norte de esa zona siempre sobre la cuenca del Río Lempa.

5.7.3.1. Sector Central

En este sector, por el este de la represa del Cerrón Grande se ubican las estaciones fluviométricas de Las Pavas en el Río Suquiapa (afluente del Río Lempa) y Paso del Oso en el Río Lempa; por el oriente de la represa se encuentra la estación La Sierpe en el Río Tamulasco que desemboca precisamente en el Río Lempa. Estas tres estaciones sirven de referencia para describir los registros de caudales medio mensuales del Sector Central de la Región Climática III.

Como se puede observar en la Figura 5.7.4, aunque los flujos registrados en ambas estaciones tienen diferente procedencia geográfica, las anomalías de caudales son similares cualitativamente, salvo raras excepciones. Durante los dos primeros meses del período de estudio en Paso del Oso las anomalías son positivas; pero, a partir de marzo hasta octubre las anomalías se revierten a negativas notablemente con una máxima de 73.62 m^3/s en agosto de 1997 (76 por ciento inferior al promedio de 96.53 m^3/s de la serie 1970-99). Desde noviembre de 1997 hasta abril de 1998 las anomalías no son significativas sino hasta mayo y junio, de este mismo año, donde la anomalía se hace notablemente positiva y negativa, respectivamente.

Tanto Las Pavas como Paso del Oso, registran significativamente anomalías negativas en los acumulados trimestrales de los períodos prelluvioso (mayo-junio-julio/97) y lluviosos (agosto-septiembre-octubre/97). Las Pavas registra anomalía negativa del 30 por ciento aún en el período seco (abril-mayo-junio/98) no así Paso del Oso la cual registra anomalía positiva del 2 por ciento con tendencia a lo normal.

Por otra parte, en el otro extremo de la represa del Cerrón Grande, la estación fluviométrica La Sierpe (Figura 5.7.5), en el Río Tamulasco, registra anomalías negativas importantes de caudales medio mensuales en casi todo el período de estudio, especialmente de mayo a agosto de 1997 como se muestra en la Figura. Entre mayo y agosto de 1997 se registran anomalías negativas desde 1.27 hasta 1.58 m^3/s que van desde el 34 hasta el 81 por ciento.

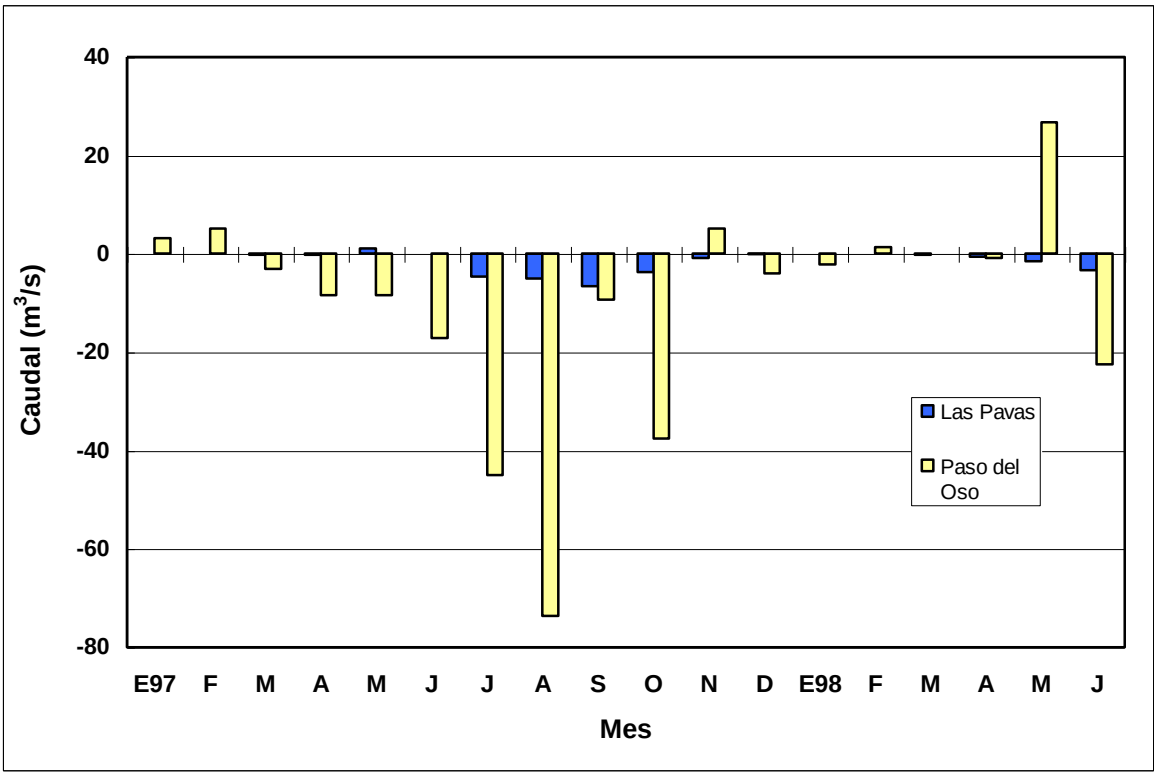


Figura 5.7.4. Anomalía mensual de caudales, estaciones Las Pavas (Río Suquiapa) y Paso del Oso (Río Lempa), estudio de caso ene97-jun98, serie 1970-99.

5.7.3.2. Sector Oriental

La parte este de la Región climática III se ubica también en la cuenca del Río Lempa. Específicamente en el Río Torola se encuentra la estación fluviométrica Osicala cuyos registros de anomalías pueden observarse en la Figura 5.7.6. No obstante, que este sector pertenece a otra región climática diferente como la Región Climática I, la cual comprende la estación Vado Marín, las anomalías de caudales medio mensuales registradas en estas dos estaciones se comportan similarmente con un parámetro de asociación del 84%.

Considerando las anomalías registradas en la estación Osicala, cuantitativamente hay un dominio de anomalías negativas durante la época lluviosa de 1997 hasta alcanzar un máximo de 14.85 m^3/s en octubre (23 por ciento inferior al promedio de 65.15 m^3/s). En resumen, de enero a abril de 1997 se registran anomalías positivas y de mayo a noviembre, época lluviosa, alternadamente negativas y positivas en el mismo año; desde diciembre de 1997 hasta mayo de 1998, se observan solamente anomalías negativas tomando como referencia, por razones antes expuestas, los registros de la estación Vado Marín. El últimos mes, junio de 1998, del período de estudio se asume anomalía negativa bastante significativa. De la misma manera, se puede concluir que en los períodos acumulados trimestralmente, prelluvioso, lluvioso y seco se registran anomalías negativas.

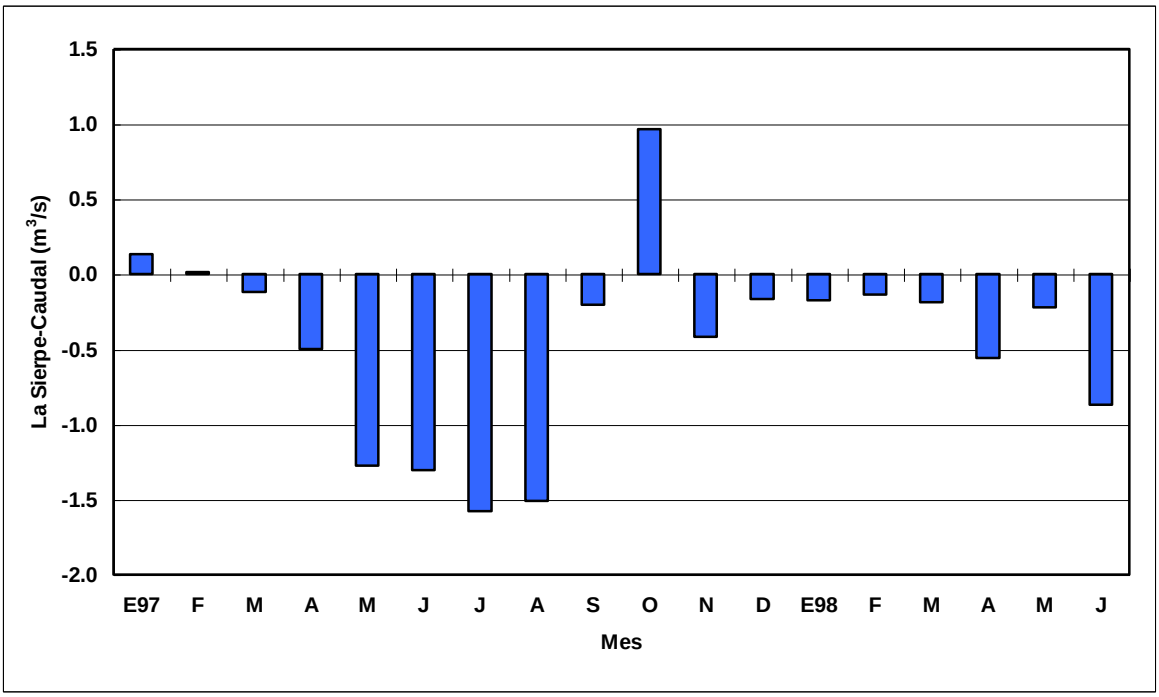


Figura 5.7.5. Anomalía mensual de caudales, estación La Sierpe, estudio de caso ene97-jun98, serie 1970-99.

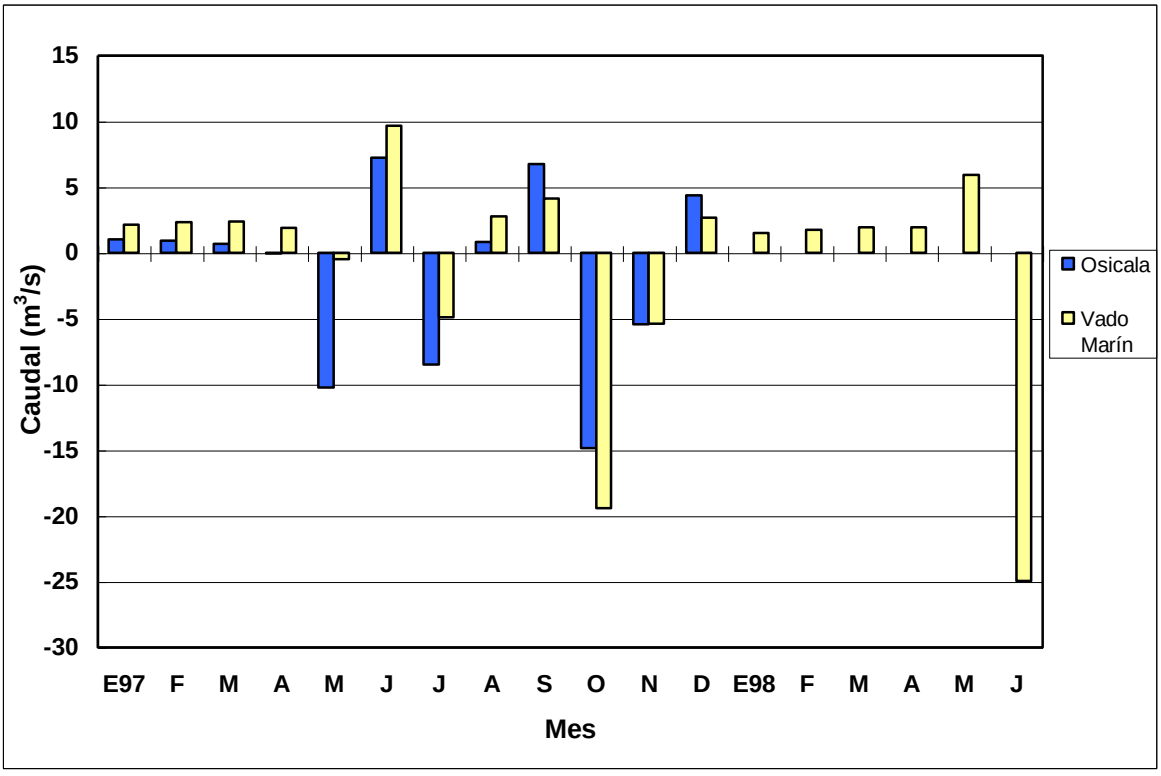


Figura 5.7.6. Anomalía mensual de caudales, estaciones Osicala (Río Torola) y Vado Marín (Río Gde. de San Miguel), estudio de caso ene97-jun98, serie 1970-99.

5.7.4 Región Climática IV

De la región Climática IV no hay información hidrológica necesaria disponible; pero, se asume que esta región es una prolongación del complejo de valles interiores dispersos y son por lo general valles antiguos, muchos de ellos de origen lacustre o lacustre fluvial como el Valle de Candelaria de La Frontera, Nueva Concepción y por lo tanto, su régimen hidrológico deber ser semejante al descrito en la parte oeste del sector central de la región climática III

5.7.5 Comportamiento regional de caudales

Considerando, que en El Salvador se observa en el transcurso del año una estación lluviosa, de mayo a octubre, y una estación seca de noviembre a abril, se presenta en el Cuadro 5.7.2 un resumen del comportamiento de caudales según región climática.

De acuerdo al Cuadro 5.7.2, el comportamiento de caudales mensuales entre el sector occidente y oriente de la región climática I comienza a ser menor que el promedio a partir de la transición seca-lluviosa de 1997 (abril-mayo); en el período canicular (julio-agosto) vuelven a ser menores en ambos sectores de la región (ver Cuadro 5.7.3) finalizando la estación lluviosa con valores mayores que el promedio en el occidente (14%) y menores en el oriente (-13%). Esto último, se invierte en la estación seca 1997-1998 y nuevamente al comienzo de la estación lluviosa de 1998.

Cuadro 5.7.2. Comportamiento de los caudales mensuales según región climática durante enero de 1997 a junio de 1998.

REGION CLIMATICA	1				2		3		2		1						2	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
I (Occidente)	67	21	14	-11	-12	35	-1	-17	-11	40	-34	1	5	5	-47	-50	9	3
I (Oriente)	25	29	32	25	-2	22	-17	7	6	-33	-26	24	17	22	26	25	21	-56
II	-7	-10	-5	-17	12	-11	-13	-21	-34	-31	-12	-6	2	3	-14	-8	3	2
III (Centro)	29	9	-27	-40	-28	-18	-46	-49	-17	-14	-21	-23	-34	-31	-36	-40	10	-28

1 : Estación seca
2 : Estación lluviosa
3 : Período canicular

: % de caudal mensual sobre el promedio

: % de caudal mensual bajo el promedio

Cuadro 5.7.3. Comportamiento de los caudales mensuales según el período del año y la región climática durante enero de 1997 a junio de 1998.

REGION CLIMATICA	1				2		3		2		1						2	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
I (Occidente)	23				11		-9		14		-20						6	
I (Oriente)	28				10		-5		-13		15						-17	
II	-10				1		-17		-32		-6						3	
III (Centro)	-7				-23		-47		-15		-31						-9	

1 : Estación seca
2 : Estación lluviosa
3 : Período canicular

: % de caudal estacional sobre el promedio

: % de caudal mensual bajo el promedio

En la región climática II, la mayoría de caudales se registran bajo el promedio hasta de menos 34% y menos 31% en septiembre y octubre de 1997, respectivamente; los caudales positivos solamente se observan al principio de cada estación lluviosa, especialmente.

El sector central de la región climática III, observa también valores menores que el promedio en casi todo el período, abarcando toda la estación lluviosa de 1997 y alcanzando valores hasta de menos 49% en el mes de agosto. Es notorio, que en todos los sectores de todas las regiones durante el período canicular (julio-agosto) todas las regiones registran valores inferiores al promedio hasta de menos 47% en el sector central de la región III y a partir de este período canicular en adelante hasta el final, la característica predominante es la de anomalías negativas de caudales.

5.7.6. Comparación entre la Precipitación y el Comportamiento de Caudales.

Una comparación entre la precipitación y la escorrentía en una cuenca o región es aplicable si los cambios de almacenamiento, en un período largo (años) y para un área extensa, tienden a minimizarse y se pueden considerar nulos. En períodos cortos (días, semanas y meses) los cambios de almacenamiento deben considerarse ya que afectan la escorrentía superficial.

El origen de la escorrentía es la precipitación, no obstante, el camino que sigue una gota de agua desde el momento que toca la superficie terrestre hasta el cauce del río es incierto. Existen estimaciones que para cada uno de los meses del año, la influencia de la precipitación en un mes es equivalente al 70% de la precipitación del mes en estudio más el 20% de la precipitación del mes anterior más el 10% de la precipitación del mes próximo anterior.

Para comparar las anomalías de caudales medio mensuales presentadas, durante el período de estudio (de enero de 1997 a junio de 1998), y los patrones de precipitación, se seleccionaron estaciones pluviométricas cercanas y/o cuyos registros son considerados de influencia a las correspondientes estaciones hidrométricas. En el Cuadro 5.7.4 se presentan las estaciones pluviométricas seleccionadas y las correspondientes estaciones hidrométricas y regiones climáticas, y en las Figuras 5.7.7-5.7.12 las correspondientes comparaciones entre la precipitación y caudales.

Cuadro 5.7.4. Estaciones hidrométricas y pluviométricas seleccionadas.

RIO	ESTACION HIDROMETRICA	LAT. N.	LONG. O.	ESTACION PLUVIOMETRICA	LAT. N.	LONG. O.	REGION CLIMATICA
San Pedro	Atalaya	13° 37'	89° 50'	Acajutla SM	13º 34'	89º 50'	I (occidente)
Ceniza	Conacaste Herrado	13° 40'	89° 44'				
Gde. de San Miguel	Vado Marín	13° 18'	88° 17'	Beneficio El Papalón	13º 26'	88º 08'	I (oriente)
Agua Caliente	San Andrés, ENA	13° 49'	89° 24'	San Andrés	13º 48'	89º 24'	II
Sucio	San Andrés	14° 48'	89° 24'				
Tamulasco	La Sierpe	14° 02'	88° 57'	Chorrera del Guayabo	13º 60'	88º 45'	III (centro)
Suquiapa	Las Pavas	14° 02'	89° 18	Santa Ana, El Palmar	13º 59'	89º 34'	III (centro)
Lempa	Paso del oso	14° 06'	89° 25'	Güija	14º 14'	89º 29'	III (centro)

REGION CLIMATICA I

Sector Occidental

Los registros de precipitación para este sector, solamente están disponibles de la estación Acajutla Puerto Nuevo la cual se encuentra muy próxima al sur y entre las cuencas de los Ríos San Pedro y Bandera.

De acuerdo a la Figura 5.7.7, al comparar el promedio de los caudales medios mensuales de las estaciones hidrométricas Atalaya y Conacaste Herrado con la precipitación normal de

Acajutla Puerto Nuevo, se observa con claridad que durante cuatro meses de la estación lluviosa (mayo-octubre) de año 1997, tanto los caudales como las precipitaciones estuvieron por debajo del promedio y normal, respectivamente, en esa época del período de estudio (ene97-jun98).

Otra observación es la similitud durante octubre, el caudal y la precipitación superan al patrón de los mismos. No se puede esperar mucha correspondencia porque las mediciones de precipitación se realizan fuera y debajo de las cuencas mencionadas y mientras los caudales aumentan hacia la costa la precipitación aumenta tierra adentro; de todas maneras, los registros de caudal y precipitación durante el período de estudio son diferentes a los patrones de la serie 1970-1999.

Sector Oriental

De acuerdo a la Figura 5.7.8, siempre en la región climática I pero en el oriente del país, los registros de caudales de la estación Vado Marín en la cuenca y Río Gde. de San Miguel, se han comparado con los registros de precipitación de la estación Beneficio El Papalón ubicada en la parte media de la cuenca.

El comportamiento de los patrones de caudal y precipitación coinciden, al menos en los meses de los máximos principales, el mayor en septiembre y el segundo en junio; los registros de la estación Acajutla, de la misma región climática I, difieren en este aspecto. La relación caudal-precipitación es diferente según la estación seca o lluviosa del año. En este sector, durante la estación lluviosa, es mayor la cantidad de meses con registros inferiores a los patrones en ambas estaciones. Tanto el caudal como la precipitación durante junio de 1997 exceden a los patrones; esto es diferente en septiembre, el mes más lluvioso de la época. En ésta, los registros de caudales siguen al respectivo patrón, no así, los registros de precipitación.

REGION CLIMATICA II

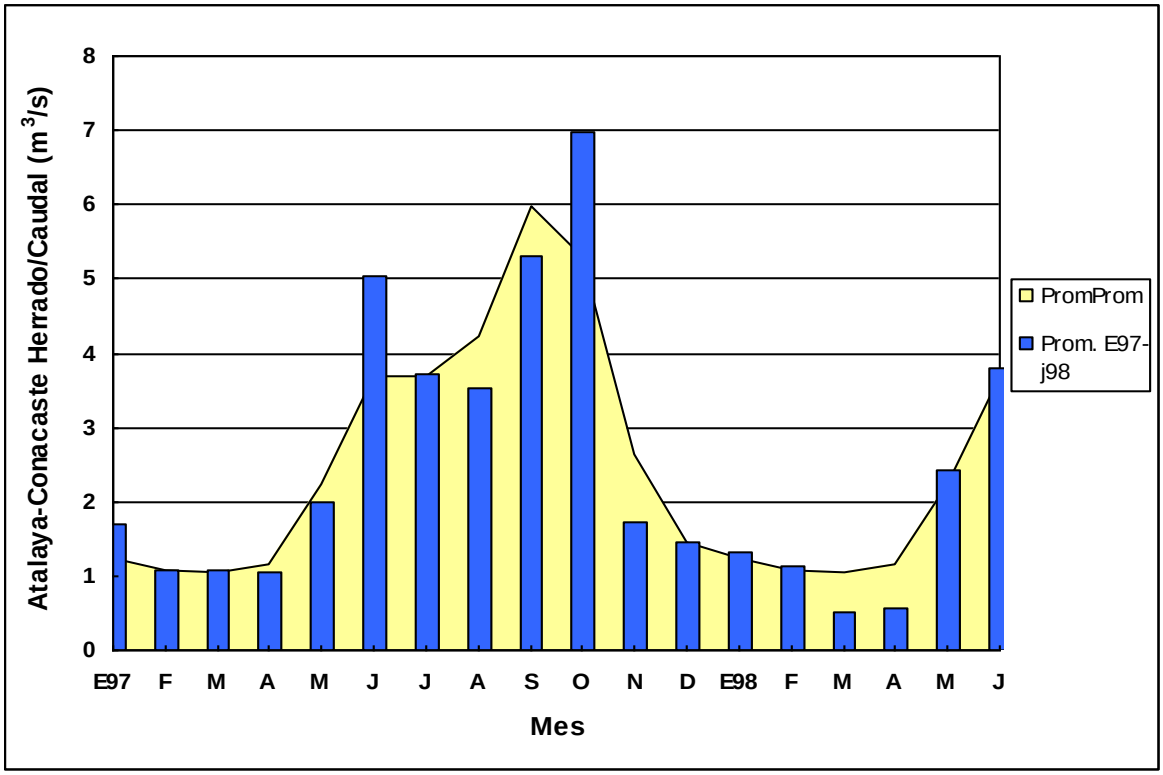
En esta región, sector oeste, se han comparado los promedios de los caudales registrados en las estaciones San Andrés y San Andrés, ENA, con los registros de lluvia de la estación San Andrés, todas ubicadas en la cabecera de la subcuenca del Río Sucio, afluente del Río Lempa.

Según la Figura 5.7.9, el promedio de caudales mensuales, de las estaciones antes mencionadas, es inferior al promedio del patrón en prácticamente todo el período de estudio (ene97-jun98), acentuándose más en la estación lluviosa y siguiendo el patrón. Con relación a la lluvia, los registros del período de estudio no siguen en comportamiento mensual normal de la misma y al igual que el comportamiento de caudales, las precipitaciones son inferiores con respecto a lo normal, excepto durante mayo de 1997 donde la precipitación excede a lo normal significativamente. En mayo y junio de 1998 los registros de caudales se consideran normales, no así las precipitaciones, incluso en mayo, el registro es muy inferior al patrón.

REGION CLIMATICA III

Sector Central

Este sector, en la región climática III, es de mucha importancia en el país desde el punto de vista social y económico, en el rubro agropecuario y de producción de energía hidroeléctrica.



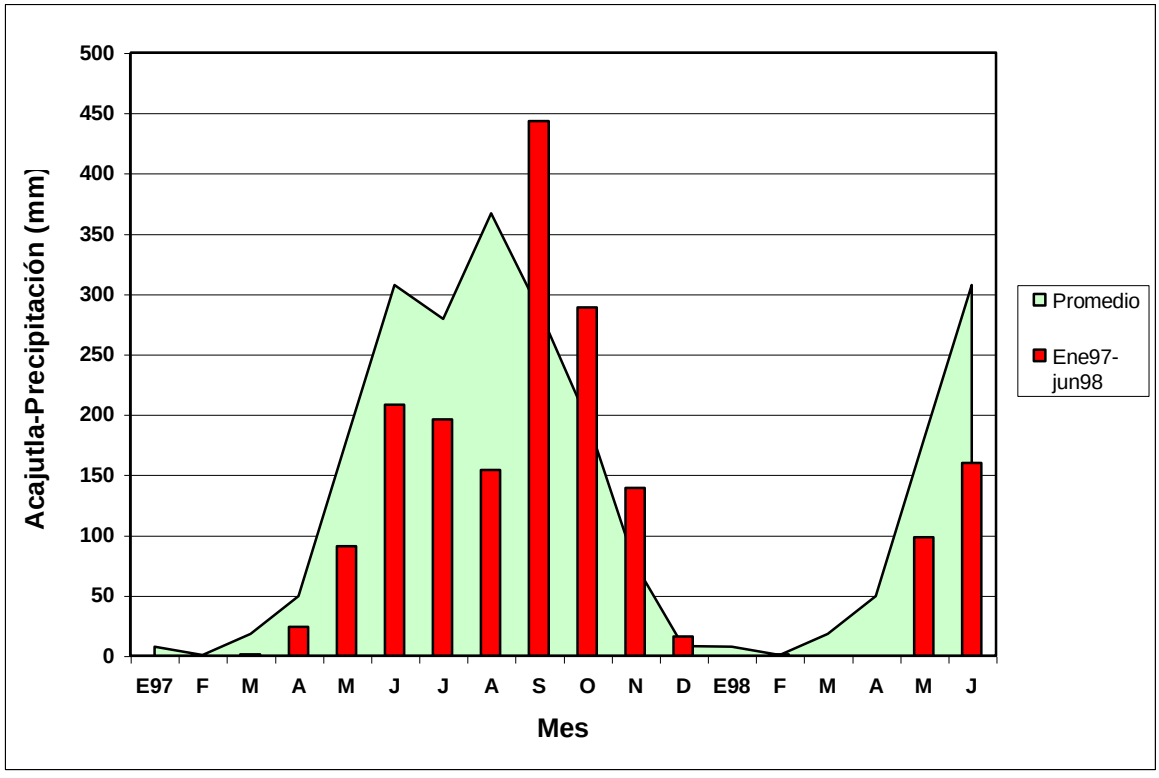


Figura 5.7.7. Comparación entre caudal (estaciones Atalaya y Conacaste Herrado) y precipitación mensual (estación Acajutla), sector occidente, región climática I.

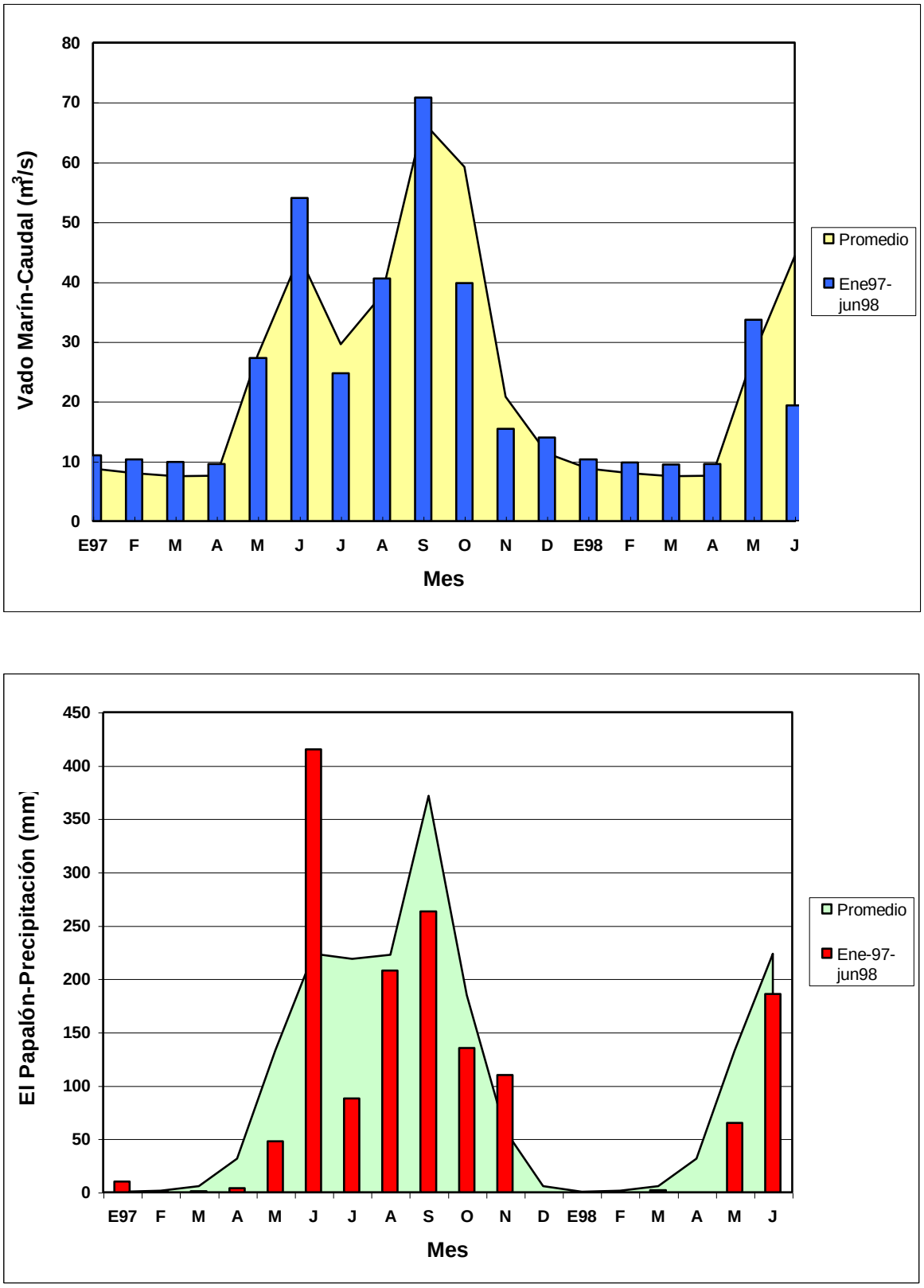
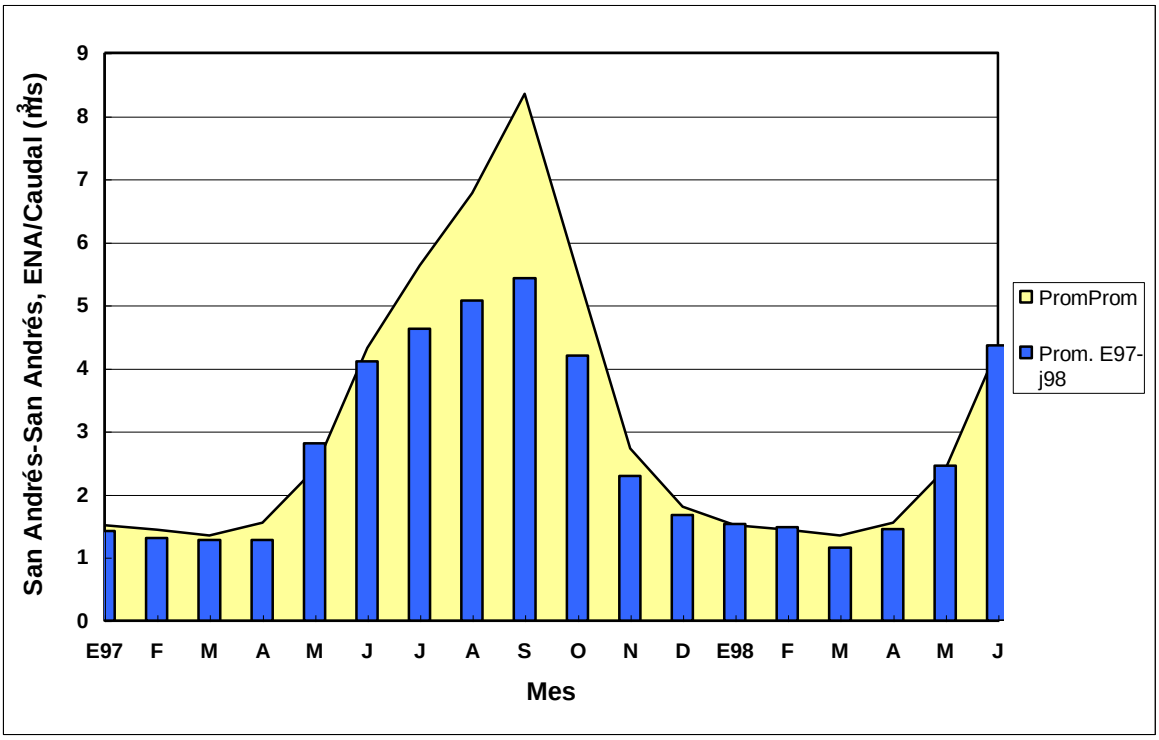


Figura 5.7.8. Comparación entre caudal (estación Vado Marín) y precipitación mensual (estación El Papalón), sector oriente, región climática I.



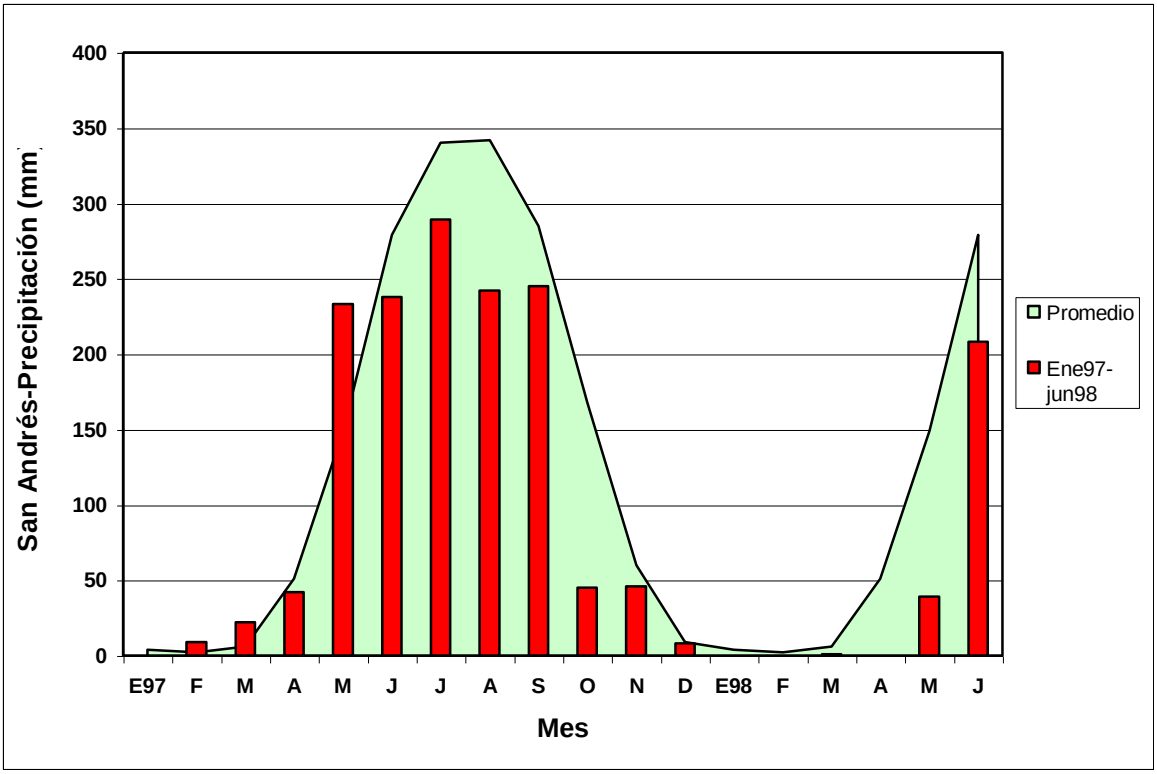


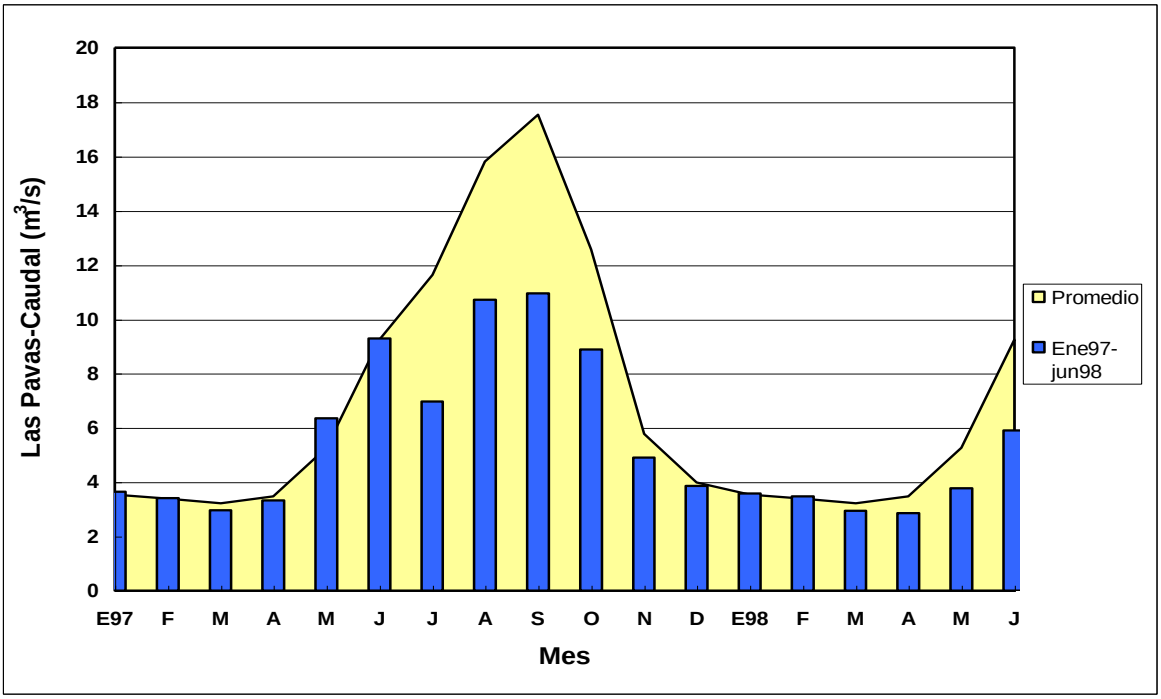
Figura 5.7.9. Comparación entre caudal (estaciones San Andrés y San Andrés, ENA) y precipitación mensual (estación San Andrés), región climática II.

Por un lado, se comparan los registros de caudales de la estación Las Pavas en la subcuenca del Río Suquiapa, afluente del Río Lempa, con los registros de precipitación de la estación de Santa Ana, El Palmar; por otra parte se comparan los registros de caudales en la estación Paso del Oso con los de precipitación en la estación Guija y por último, se hace el mismo análisis con los registros de las estaciones La Sierpe (caudales) y Chorrera del Guayabo (precipitación).

En la Figura 5.7.10, se presenta los registros de caudales de Las Pavas, aguas abajo del Río Suquiapa, y los registros de precipitación en Santa Ana, El Palmar, ubicada en la cabecera de la subcuenca del Río Suquiapa. Se puede observar que ambos registros, durante el período de estudio y estación lluviosa, están por debajo de los patrones respectivos; el comportamiento de los caudales, en el período de estudio mencionado, sigue al patrón y es similar al comportamiento de los registros de precipitación.

En cuanto a la relación caudal, estación Paso del Oso, en el Río Lempa y precipitación en la estación Guija (Figura 5.7.11), al norte del área de recogimiento de la estación Paso del Oso, todos los meses durante la estación lluviosa de 1997 están por debajo del patrón de caudales; sin embargo, las lluvias exceden en septiembre al patrón de la misma. Otra observación es que, durante junio y septiembre de 1997, el máximo principal de caudal se conserva en septiembre así como el máximo de precipitación en junio con relación a los patrones correspondientes.

Por último, la relación caudal-precipitación entre las estaciones correspondientes a La Sierpe y Chorrera del Guayabo, la primera ubicada en la subcuenca del Río Tamulasco y la segunda se localiza en la ribera del Río Lempa contiguo a la Central Hidroeléctrica 5 de Noviembre. Como se ha observado en las comparaciones anteriores, en esta zona del sector central de la región climática III, también durante la mayor parte de la estación lluviosa los registros de caudales y precipitaciones del período de estudio se encuentran por debajo de los patrones correspondientes como se muestra en la Figura 5.7.12. El patrón de lluvia en agosto, como el mes más lluviosos de la época, no es la regla general en el país; septiembre continúa siendo uno de los meses más lluviosos de la estación lluviosa de mayo a octubre, lo que se puede ver reflejado como el máximo principal de caudales, tanto en el patrón como en el período de estudio.



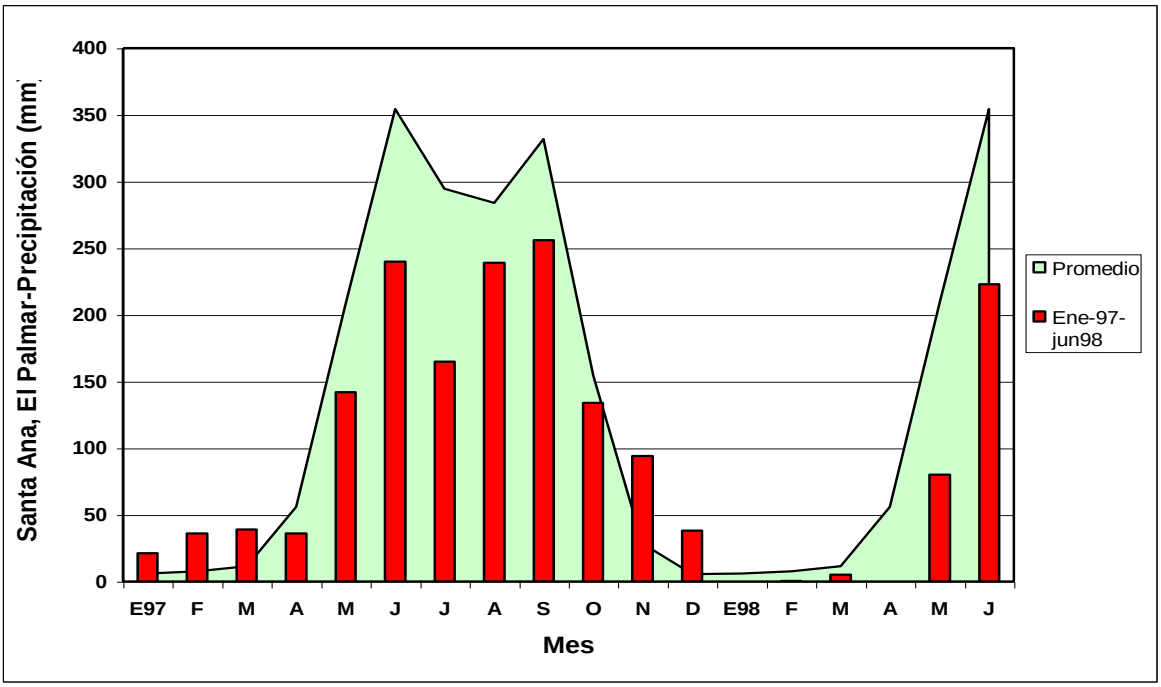
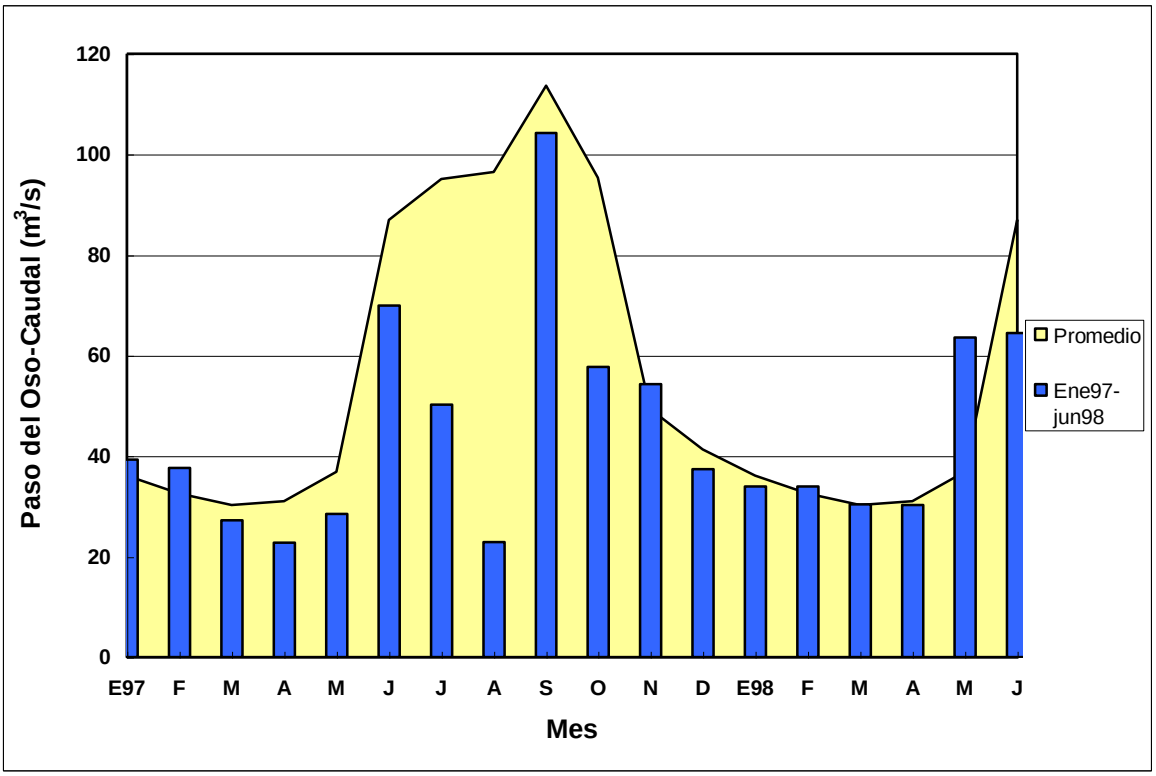


Figura 5.7.10. Comparación entre caudal (estación Las Pavas) y precipitación mensual (estación Santa Ana, El Palmar), sector centro, región climática III.



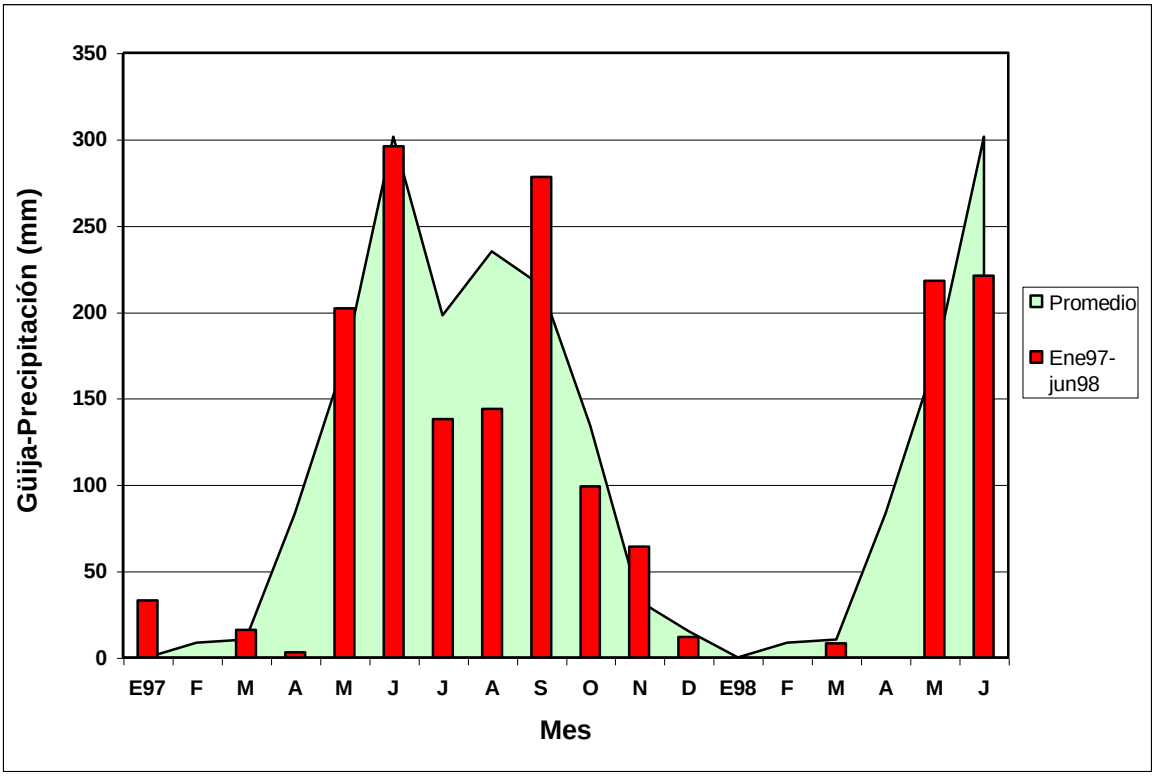
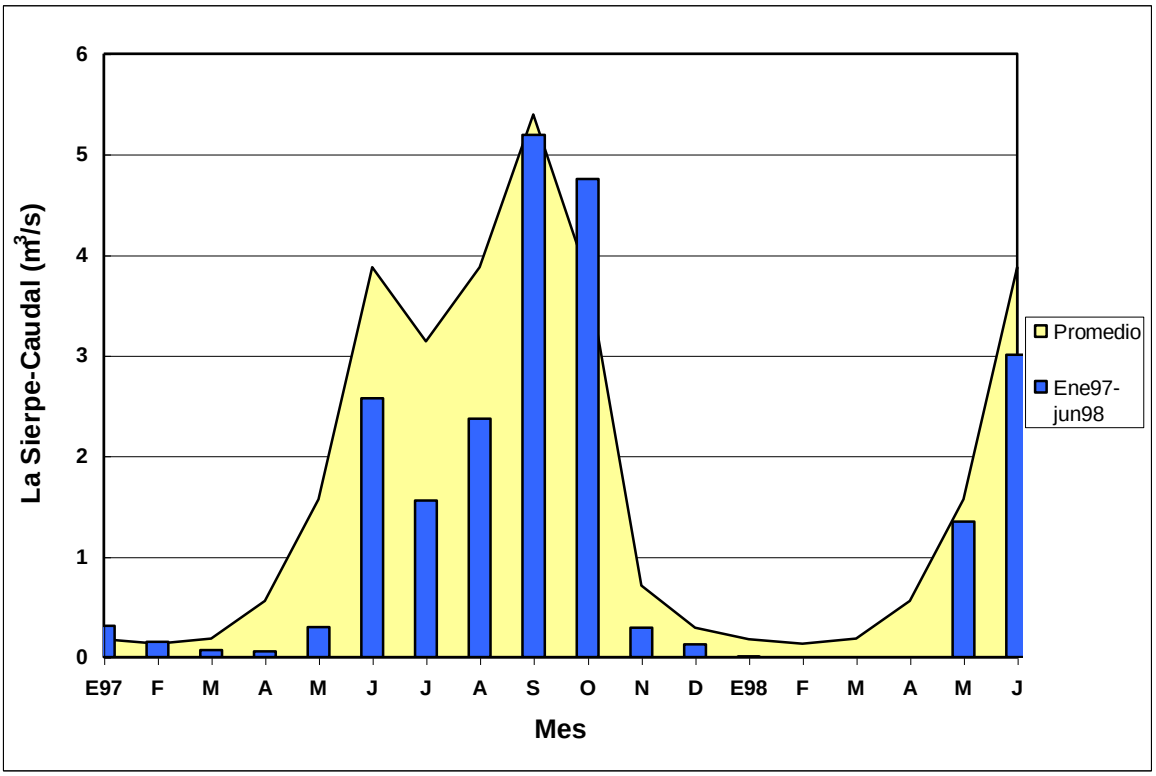


Figura 5.7.11. Comparación entre caudal (estación Paso del Oso) y precipitación mensual (estación Güija), sector centro, región climática III.



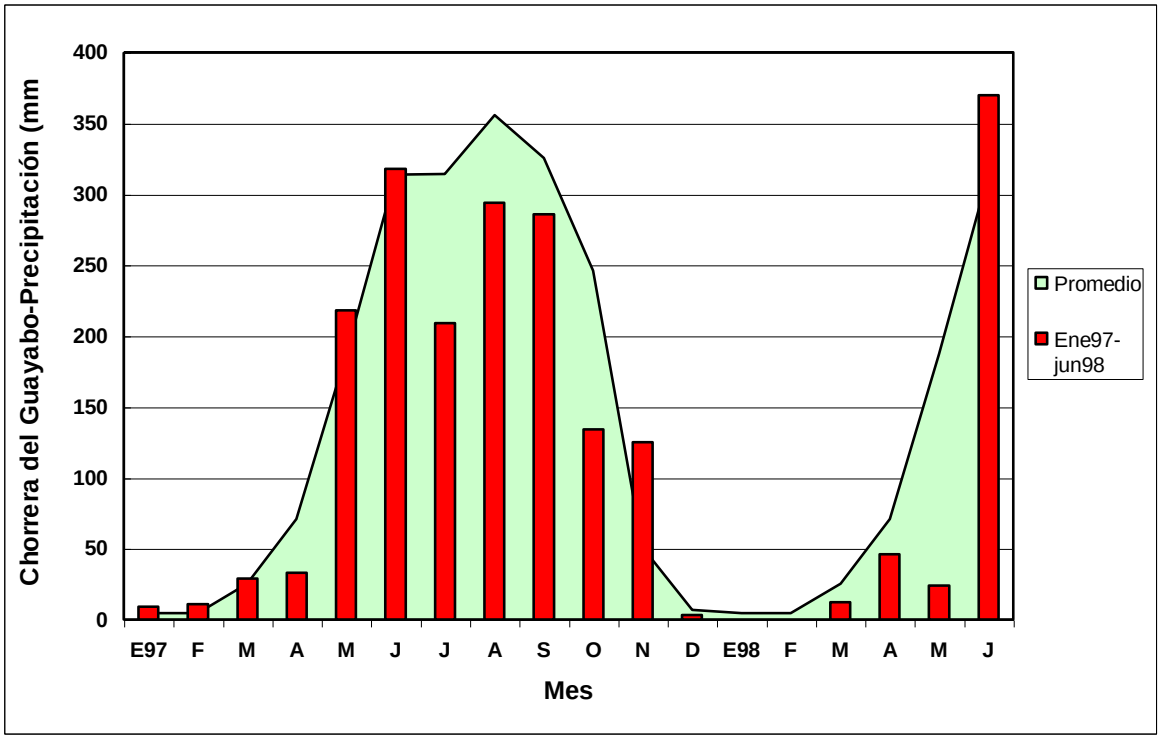


Figura 5.7.12. Comparación entre caudal (estación La Sierpe) y precipitación mensual (estación Chorrera del Guayabo), sector centro, región climática III.

5.8 Resultados Sector Agrícola.

Con los datos agrícolas es necesario estudiar primero la distribución temporal de la variable superficie sembrada de los granos básicos, pues es notorio como toda la década de los '80, durante la guerra civil, muestran una disminución de ésta y por ende afectaría la producción y los rendimientos. En términos generales la superficie usada para el maíz es la que decreció en mayor magnitud, seguida del sorgo y no es notoria en el frijol y el arroz. Además la superficie sembrada de maíz y frijol indican una tendencia de crecimiento durante todo el periodo de estudio. (Ver Figura 5.8.1)

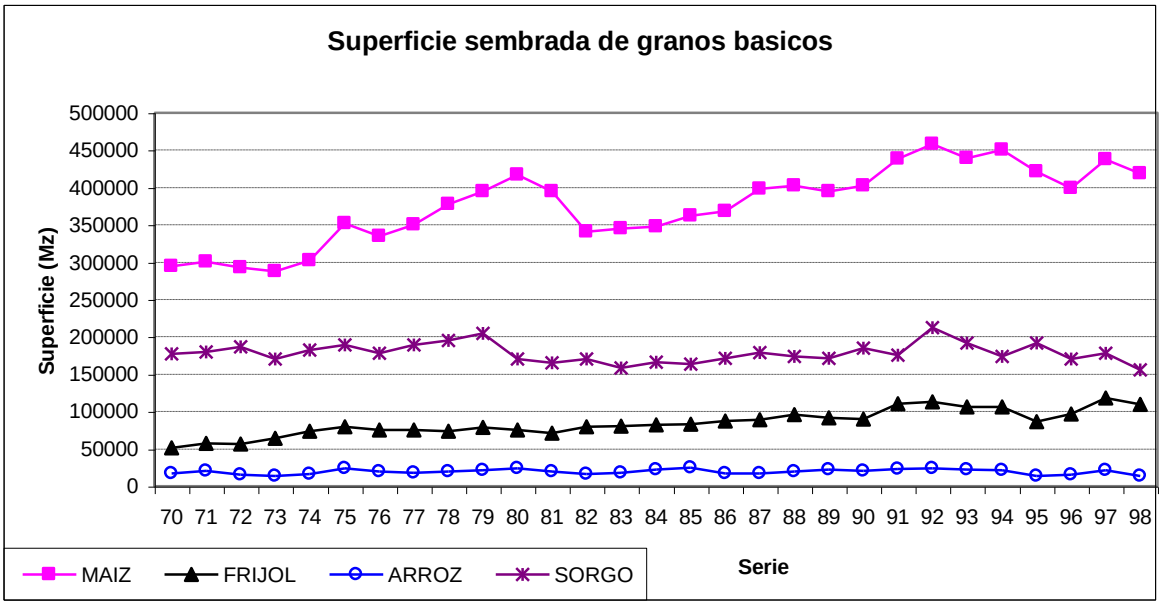


Fig. 5.8.1: Superficies de siembra de granos básicos.

Al revisar la producción de los cultivos principales, (ver Fig. 5.8.2), es notorio como varía éste año con año. Lo más importante es recalcar las disminuciones que presentan en los cultivos, asociado en muchos casos a eventos del Fenómeno de El Niño. Entre los cultivos, el maíz presenta mejor la baja en la producción, incluyendo los años 72, 82, 91, 94 y 97. En los otros tres cultivos no es notoria, dichas disminuciones, excepto el sorgo en el 87.

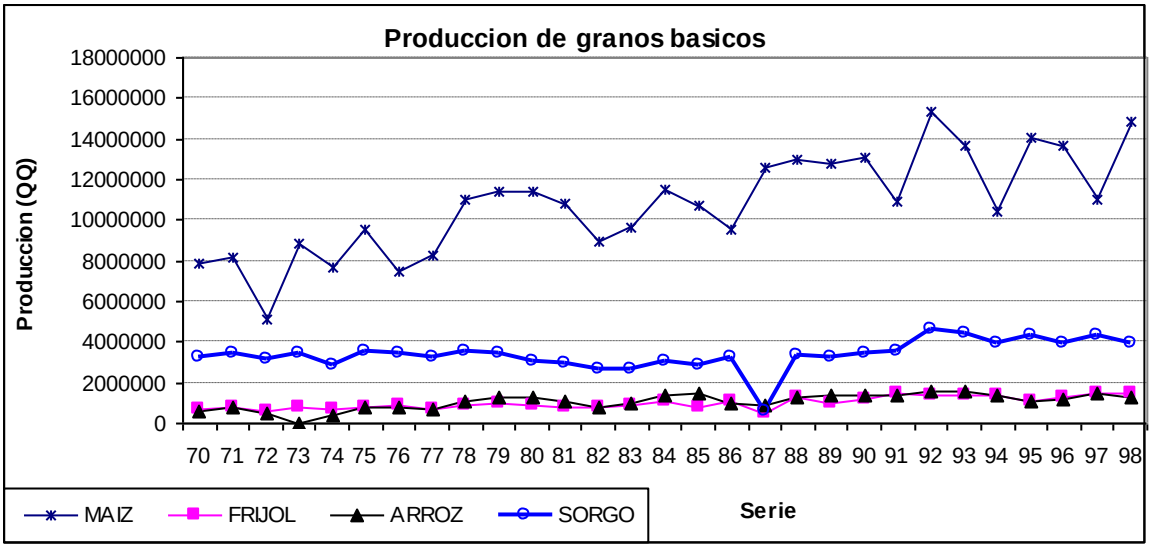


Fig. 5.8.2: Producción de granos básicos.

Los rendimientos también muestran una tendencia parecida a la de la producción. (Ver Figura 5.8.3.) Pero en este caso es más fácil descubrir el comportamiento altibajo incluyendo disminuciones en el arroz y levemente en el frijol y el sorgo. Es notorio como los rendimientos del arroz fue creciendo en el tiempo, hasta alcanzar rendimientos bastante altos como se muestran.

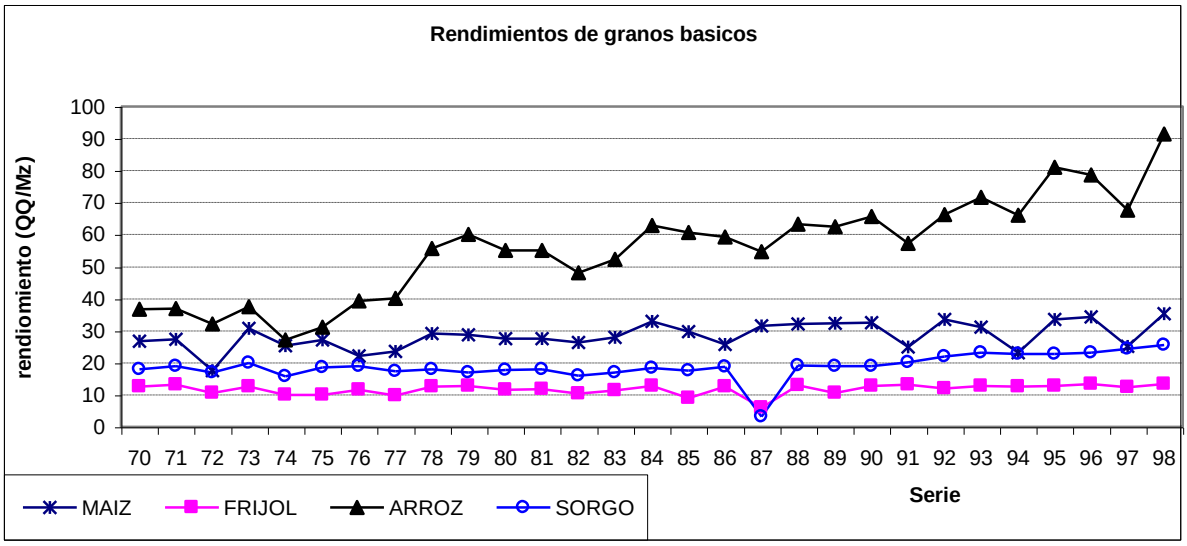


Fig. 5.8.3: Rendimientos de granos básicos.

La baja en los rendimientos del maíz más drásticos se dan en los años 72, 87, 91, 94 y 97, todos relacionados con eventos reconocidos como El Niño, esto prueba los resultados encontrados al analizar los escenarios y los mapas de isoyetas con las anomalías negativas mensuales de la lluvia.

Para estudiar con profundidad estas variables analizaremos el comportamiento de la producción nacional producto de 4 diferentes zonas agrícolas, dichas zonas son una división geopolítica utilizada por la Dirección General de Economía Agropecuaria (DGEA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Dichas zonas se denominan para ser precisos como regiones pero en este documento para no confundirlo con las regiones climáticas se le llamarán zonas. Los departamentos que componen cada zona son: Zona Agrícola 1; Ahuachapán, Santa Ana, Sonsonate; Zona Agrícola 2, Chalatenango, La Libertad, San Salvador y Cuscatlán; Zona Agrícola 3, La Paz, Cabañas, San Vicente; Zona Agrícola 4, Usulután, San Miguel y La Unión.

Respecto a las regiones climáticas no hay coincidencia con las zonas agrícolas debido a las diferencias en criterios de selección utilizados, pero cabe mencionar que la zona agrícola 4 con los resultados presentados en los capítulos anteriores es la mas afectada con la aparición del fenómeno El Niño, además en cada zona se estudiará el comportamiento que tienen las tres cosechas de maíz, el grano más consumido y el más afectado, de esta manera se presenta a continuación un análisis mas detallado para que al final se entienda la relación que existe entre la variable agrícola y la variable meteorológica.

Respecto a la producción anual de los granos si nos concentramos en el maíz, se puede iniciar un análisis mas profundo de esa variable estudiando los datos de producción en las 4 zonas agrícolas y de las tres cosechas que componen el dato anual, (Ver Figura. 5.8.4).

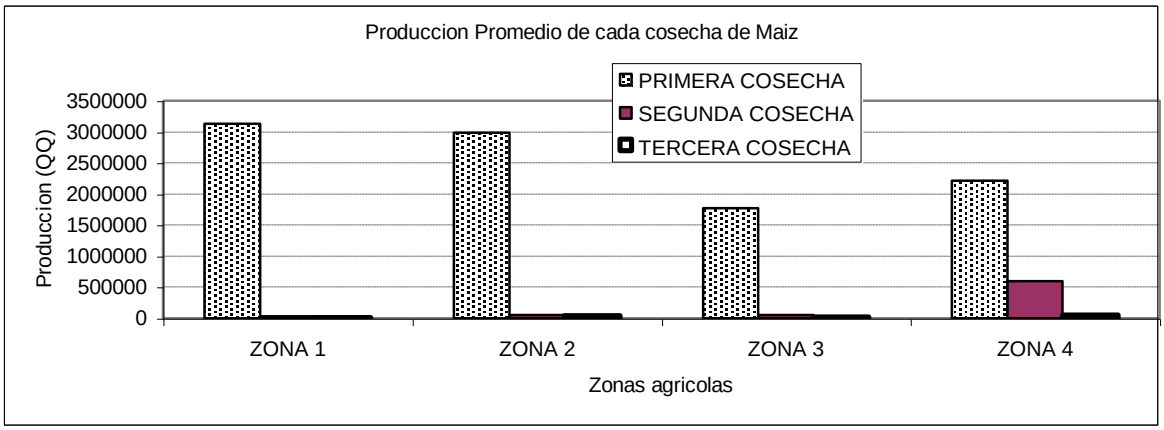


Fig. 5.8.4: Producción promedia de maíz en las 4 zonas agrícolas.

En la figura 5.8.4, se muestra la producción promedio de cada cosecha en las 4 zonas agrícolas, notando como la contribución de la primera cosecha juega el papel más importante en el dato anual, además solo en la zona 4 la segunda cosecha alcanza un valor grande, al final si se suma cada cosecha es la zona 1 la primera en producción seguida por la zona 2, luego la zona 4 y de último la 3.

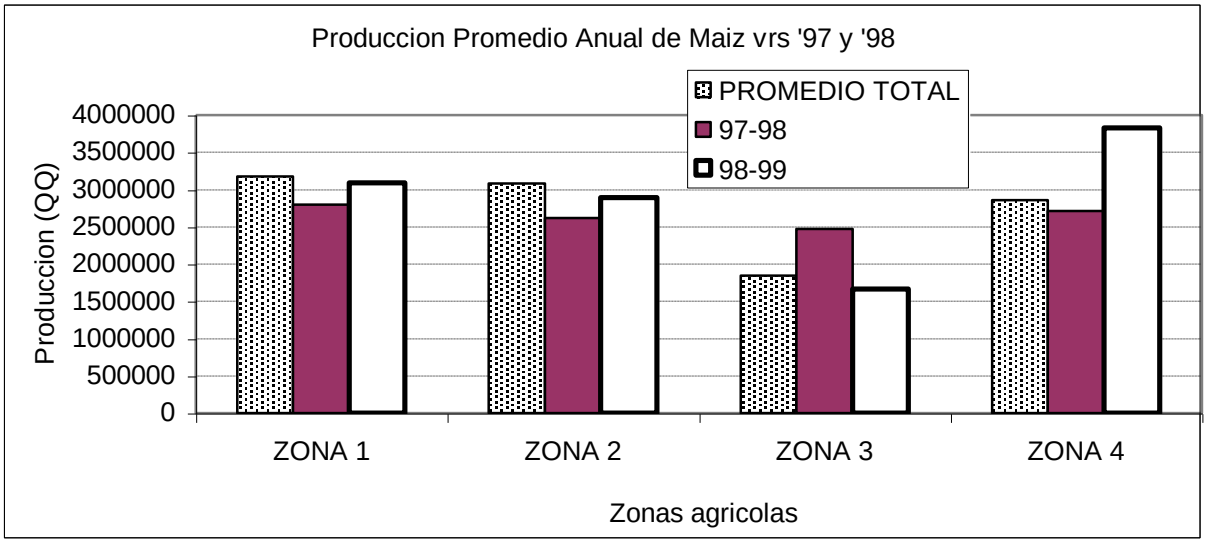


Fig. 5.8.5: Producción anual promedio de maíz, versus promedios de los años 1997 y 1998.

Al comparar la producción promedio de maíz con los años del caso en estudio, Figura 5.8.5, se nota que en 1997 es claro la disminución de la producción en las zonas 1, 2 y 4, mientras en 1998 la disminución respecto al promedio es menor en las zonas 1, 2 y 3.

Al estudiar el comportamiento de la primera cosecha en la zona 1 y 2, Figura.5.8.6, se logra apreciar los cambios año con año en la zona 1, con disminuciones importantes en la década de los ’80 en 1982 y en al siguiente década en el ‘91 y en el ‘94.

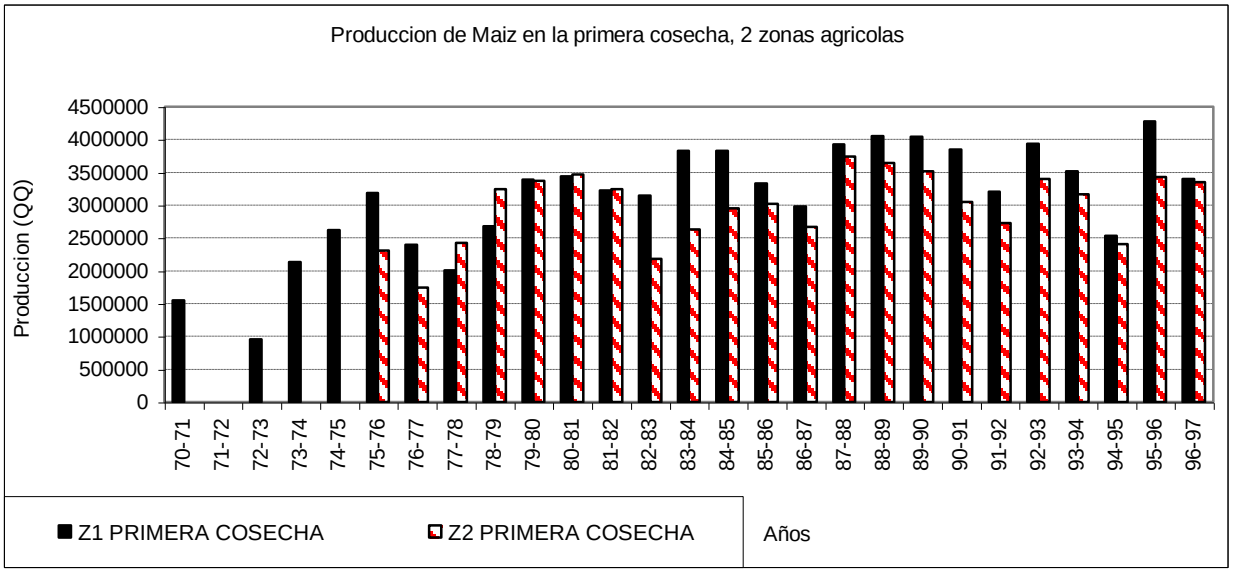


Fig. 5.8.6: Producción de maíz en la primera cosecha, zona 1 y 2.

Al estudiar el comportamiento de la primera cosecha en la zona 3 y 4, Fig.5.8.7, se aprecian cambios mucho mayores en la producción año con año en la zona 4 (zona oriental de la región climática I), con disminuciones importantes en el '83, '86, '91 y en '94.

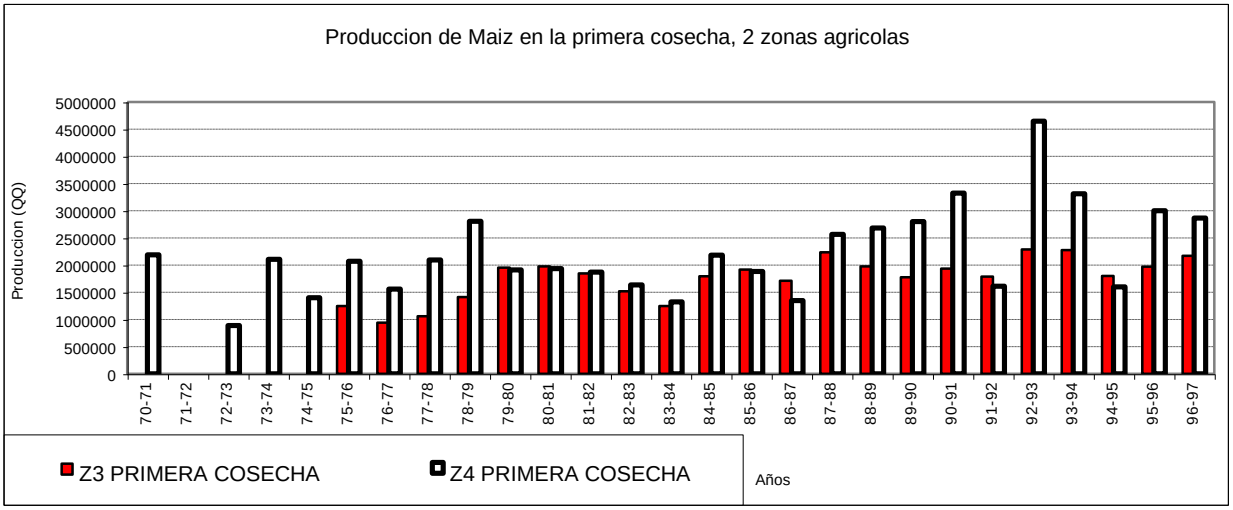


Fig. 5.8.7: Producción de maíz en la primera cosecha, zona 3 y 4.

Al comparar los datos de producción de la primera cosecha de maíz de la zona agrícola 4 con las anomalías de la lluvia de 4 estaciones meteorológicas ubicadas en la región climática I, representativas de la zona oriental, Figura 5.8.8, se reconoce en general como en años con déficit de lluvia, también hay déficit en la producción tanto en la primera cosecha como en la producción total.

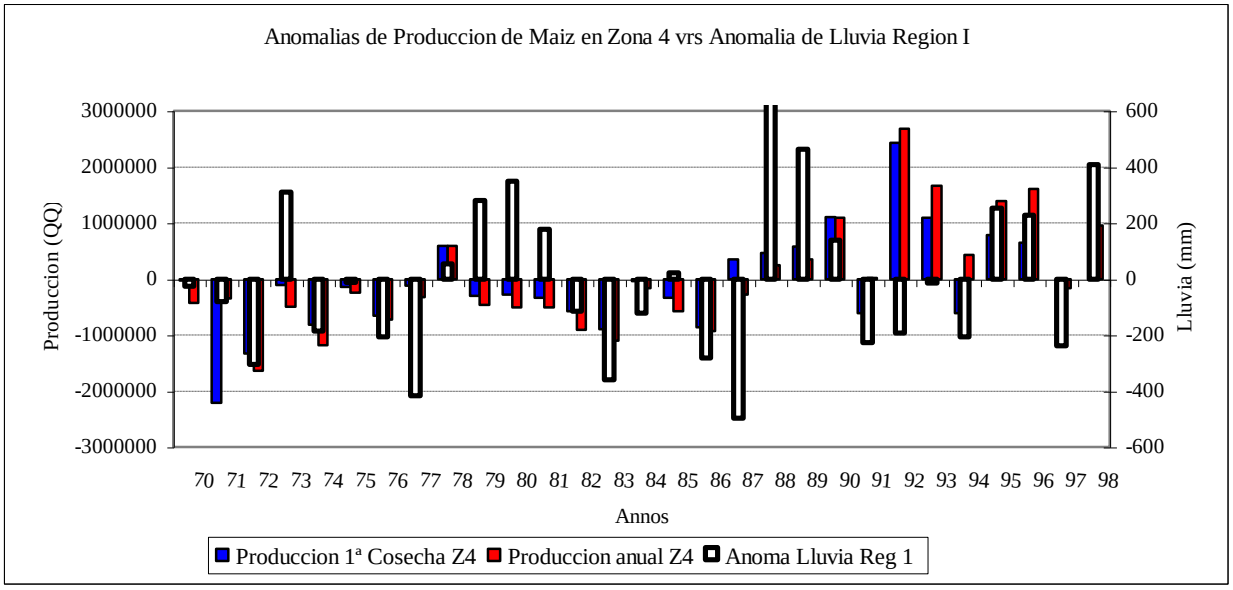


Fig. 5.8.7: Anomalías de producción de maíz en la primera cosecha, Zona 4 versus lluvia.

Los efectos sobre la economía y los resultados mostrados anteriormente se pueden resumir con los Cuadros que se muestran en la siguiente página.

Debido a la disminución en la producción de granos, en cuanto a las importaciones del maíz se puede decir que respecto al promedio de la serie '94-'98 en 1997 las importaciones fueron altas alcanzando para el maíz un 115 %, un incremento del 79 % para el frijol y del 68% para el arroz. También debido a la escasez los precios al nivel del productor para el mismo grano mostraban que en 1998, los precios

para los 12 meses del año fueron mayores que las de 1997, inclusive fueron mayor que los precios promedios del mes, alcanzando un valor máximo en marzo (¢ 125.00) y otro en agosto (¢122.00), aunque en 1998 los precios fueron menores que los del año '97, fueron mayores que los del promedio, alcanzando el precio máximo en julio.

Cuadro 5.8.1: Índices económicos anuales. Fuente: Banco Central de Reserva.

Concepto	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
PIB agropecuario, Mill US $	- 1.4	- 2.4	4.5	1.3	0.4	- 0.7	6.9
Generación Energía Hidráulica (millones Kwh)	1512	1442	1465	1877	1424	1562	1759
Generación Energía Térmica (millones Kwh)	856	1260	1396	1064	1709	1888	1421
Índice de Precios al consumidor, Alimentos, %	21.2	10.8	5.8	11.8	.4	6.9	-5.2

Aun cuando algunos índices delatan problemas en algunos sectores, como el crecimiento negativo del PIB agropecuario en 1998, la disminución de energía hidráulica en 1997 y el aumento de energía por fuente térmica en el '97 y en el '98, además de observar del Cuadro 5.8.1 que el índice de precios al consumidor en los alimentos subió en el año '98 relativo al año anterior, al revisar los índices macroeconómicos en su totalidad indicaron una estabilización de la economía en el año 1997, alcanzándose la meta de crecimiento, con una inflación debajo de lo programado y con una acumulación mayor de reservas internacionales netas [ECA, 1997].

Respecto a la población rural es bueno conocer que el hogar promedio se compone de 6 miembros, aumentando esta cantidad en proporción directa con el aumento de la pobreza, la edad promedio de dicha familias es de 26.5 años, las familias más pobres son mas jóvenes con un promedio de 23.2 años. Siendo el analfabetismo es el área rural de 29.2 %

El 70 % de terrenos cultivados en la zona rural son parcelas menores a 2 manzanas, solo el 12 % son mayores a 5 manzanas, en promedio el tamaño de tierra cultivada es de 4.4 manzanas. En estas zonas se dedican a los cultivos de granos básicos, un 85 % de la población cosecha maíz, el 32 % sorgo, el 25 % se dedica al frijol, el café ocupa el 14 %. Igualmente la mayor parte de la producción es consumida por ello mismos, en un 67 % el frijol, el 66 % el maíz y en un 55 % el sorgo [FUSADES, 1997]. Por esta práctica de autoconsumo la caída en la producción no solo afecta los ingresos, sino también la disponibilidad de alimentos para el hogar, aumentando la degradación ambiental, por lo que el fenómeno El Niño, incide incluso en el nivel nutricional de la población rural. [PROCESO, 1997]

En resumen el MAG estimo perdidas aproximadas del 25 % en las cosechas de granos básicos, de 17% en el café, un 11 % en la caña de azúcar. Totalizando con otros sectores un 2 por ciento del producto interno bruto. [Hernández, 2000] Otros datos revelaban que en la zona oriental, San Miguel, Morazán y La Unión, las perdidas en la producción de granos básicos fueron del 69 % en la cosecha de maíz, 66 % en la cosecha de frijol y 59 % en la cosecha de maicillo, afectando la seguridad alimentaría, inclusive se llego a entregar alimentos para unas 4500 familias, mas 27,000 personas con raciones de frijoles, maíz, arroz y aceite.