

INTRODUCCION

Dada la preocupante disminución de los caudales en el periodo hidrológico 2001 – 2002 en El Salvador, junto con el hecho de que en el país nunca se ha realizado un análisis del comportamiento hídrico, se decidió realizar el presente estudio, con el objeto de establecer una perspectiva de las condiciones hídricas actuales en El Salvador y una tendencia de su comportamiento desde la década de 1970 hasta el 2002. Para lo anterior, se realizó un análisis de la variación de los caudales en el tiempo a partir de la información de caudales aforados y registrados en 17 estaciones ubicadas a lo largo del territorio nacional, para la época seca y lluviosa. Adicionalmente al análisis de variación de los caudales en el tiempo, se analizó específicamente el comportamiento hídrico de la época seca del año hidrológico noviembre 2001 – abril 2002 con relación a los promedios históricos de las estaciones estudiadas, partiendo de la base de que el año anterior El Salvador junto con el resto de países de América Central sufrieron los efectos de una sequía y del posible desarrollo de un fenómeno de El Niño en los próximos meses.

Dado que es el primer análisis a nivel nacional de este tipo, en su desarrollo se han descubierto vacíos de cantidad y calidad de la información hidrológica, los cuales deben ser revisados y corregidos en las bases de datos hidrológicas del país; sin embargo y a pesar de lo anterior, se observa una tendencia generalizada a nivel nacional de disminución de los caudales de los ríos en el tiempo para la época seca.

Tomando como base los resultados obtenidos en la investigación hidrológica, se procedió al análisis de las demás componentes del ciclo hidrológico, todas las cuales se encuentran estrechamente interrelacionadas, con el propósito de verificar en que medida inciden en el fenómeno observado. Para ello se contó con la colaboración de los profesionales cada una de las áreas especializadas del Servicio Nacional de Estudios Territoriales, por lo que el presente trabajo constituye el producto integrado de sus aportes.

Como resultado de los análisis se presentan conclusiones y recomendaciones tendientes a optimizar el manejo y análisis de la información hidrológica del país y enfocar líneas de investigación que permitan establecer posibles causas que originen la variación de los caudales en el país.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS

El objetivo general del presente capítulo es analizar el comportamiento hídrico de los ríos de El Salvador en el periodo comprendido entre 1970 a 2002 y determinar las posibles causas de variación de dicho comportamiento.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Analizar la tendencia del comportamiento hídrico en El Salvador, en la época seca, teniendo en cuenta los caudales anuales y los promedios decadales.

- Analizar la tendencia del comportamiento hídrico en El Salvador, en la época húmeda, teniendo en cuenta los caudales anuales registrados y aforados.
- Analizar el comportamiento del periodo seco 2001 – 2002 respecto a los promedios históricos mensuales y a la década 1970 a 1980.
- Determinar las posibles causas de variación de los caudales.
- Establecer recomendaciones que permitan mejorar la calidad de la información hidrológica nacional.
- Establecer recomendaciones que permitan orientar líneas de investigación para profundizar en las causas de variación de los caudales.

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION:

a) Componente Hidrológico:

La metodología seguida para la realización del análisis del comportamiento hídrico de El Salvador, se dividió en dos etapas, recopilación de la información hidrológica, análisis del comportamiento en la época seca y lluviosa en el periodo de registros de las estaciones (determinación y comparación de promedios decadales y determinación de tendencias). El análisis de la información se llevó a cabo para la Cuenca del Río Lempa, la Cuenca del Río Grande de San Miguel y la Zona Occidental Costera del país.

Para la época seca, se analizó la información de caudales promedios mensuales del periodo de registro de cada estación en los meses de noviembre a abril. Como se mencionó anteriormente, los datos faltantes en las series de registros históricos fueron completados con datos registrados de aforos realizados en cada una de las estaciones, teniendo en cuenta que en la época de estiaje no hay una variación significativa de los caudales debido a la ausencia de lluvias, y por lo tanto los caudales aforados son representativos del caudal base en el sitio específico.

En cuanto a los problemas presentados por la calidad de información, se decidió descartar aquellos datos que presentaran una tendencia completamente diferente a los promedios mensuales de cada estación, considerándolos fuera de rango, los cuales pueden deberse a una mala digitalización o a errores en las lecturas en las curvas de descarga. Adicionalmente, también se excluyeron del estudio, los eventos extremos como los huracanes, ya que estos eventos podrían afectar los promedios mensuales y no son representativos de los mismos.

Para la época lluviosa se analizó la información de caudales de los meses de mayo a octubre en el periodo de registro de cada una de las estaciones analizadas y se siguió un procedimiento similar al anteriormente descrito.

b) Variables Meteorológicas:

Se seleccionaron 26 estaciones meteorológicas con mejor registro de precipitación mensual de alrededor de 30 años y más, procurando que se encontraran funcionando actualmente. Para el análisis de la distribución espacial en aquellos sectores con escasa información se apoyo con otro tipo de estaciones meteorológicas. En algunos casos se utilizó el método de doble masa para probar la consistencia de los datos. Se prepararon resúmenes estadísticos separados, por grupo y sectores o cuencas hidrográficas y globales (a nivel de país). Se obtuvo información estadística

anual, estacional, interestival y mensual para el análisis cualitativo y cuantitativo en términos absolutos y porcentuales para la elaboración cuadros resúmenes, mapas y gráficos.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los registros históricos y las décadas 1971-2000. Además, se consultaron otros estudios sobre el tema con énfasis en los eventos ENOS.

Para analizar la Evapotranspiración Potencial (ETP), se realizaron los cálculos utilizando como insumo promedios mensuales de temperatura, humedad relativa y radiación solar, para las siguientes series de años, (1970-1979, 1980-1989 y 1990-1999). Se aplicó la fórmula de Hargreaves, realizando el estudio en 12 estaciones meteorológicas, la mayoría diseminadas en la cuenca del río Lempa, excepto Acajutla y Ahuachapán (ver mapa de estaciones); posteriormente, se procedió a realizar gráficos de la variación anual, mensual, inter-estacional y estacional de la ETP, para las tres décadas, así como también un mapa de la variación anual de la ETP.

c) Aspectos Geológicos e Hidrogeológicos

Para el presente trabajo se ha hecho un análisis de las litologías, características hidrogeológicas de las formaciones, para lo cual se revisó el Mapa Geológico de la Misión Geológica Alemana, trabajos en la zona de Geólogos del Mundo (G.M) y la base de datos de pozos y fuentes de ANDA, a partir de los cuales se hicieron las consideraciones finales. Se han unido las formaciones volcánicas más antiguas de Morazán y Chalatenango porque ocupan la mayor parte del área de la zona montañosa del norte de El Salvador. También se unieron los miembros de las formaciones Bálsamo en uno solo, así como también los de la formación Cuscatlan, ambas formaciones están presentes en las montañas del norte y en la cuenca de Quezalapa.

d) Cambios en el Uso del Suelo

La metodología utilizada consistió en la delimitación del área de las cuencas, Identificación y búsqueda de información para diferentes periodos: la información encontrada es de 1973 (Perfil Ambiental de El Salvador), 1992 (Mapa de Cultivos de la FAO), 1997 (Uso de Suelo del MAG), 2000 (Mapa de Vegetación del MARN); Compilación y depuración de la información recolectada; Homogeneización de información y Análisis de cuadro y figuras. Con esta homologación se elaboraron cuadros y figuras para su análisis e interpretación del efecto del uso del suelo en la reducción de caudales.

e) Variación Poblacional

Para llevar a cabo este estudio se utilizó una metodología de investigación bibliográfica y de campo, la cual consistió principalmente en la selección de los municipios dentro de cada cuenca a analizar que podrían presentar una influencia directa en la disminución de sus caudales, basándose en los criterios de Ubicación próxima al cauce, Proximidad a las estaciones hidrométricas objeto de estudio y comportamiento poblacional de los mismos; consulta de los

datos poblacionales en los censos nacionales realizados en los años 1971¹ y 1992² y calculo de proyecciones para el año 2002; analisis de información y visitas de campo a algunas de las comunidades cercanas a los ríos en estudio, con el propósito de encuestar a los pobladores y verificar las tendencias poblacionales de la zona en las ultimas décadas, así como tener una idea cualitativa de la percepción de los pobladores sobre la variación de los caudales de los ríos.

f) Impacto en la Población

La Investigación se ha realizado a partir de información de fuentes primarias y Secundarias. Las fuentes secundarias (recopilación bibliográfica) han servido en primera instancia como insumos básicos para la elaboración de los instrumentos para la obtención de los datos de fuentes primarias. Sobre esta base se plantea la elaboración del instrumento para la obtención de los datos de fuentes primarias.

1. ANALISIS HIDROLOGICO

(Ver Tablas, Graficas y Figuras de este capitulo en Anexo 1)

El Salvador cuenta actualmente con 27 estaciones que conforman la red hídrica nacional (figura 1.1.) y que para finales del presente año será ampliada a 30. De las 27 estaciones, fueron analizadas en este estudio 17, por contar con información histórica y de caudales aforados en los años 2001 y 2002.

Es de anotar que al analizar la información hidrológica de caudales se presentaron algunos problemas en cuanto a cantidad y calidad de información. La falta de información de las estaciones coincide con algunos años finales de la década de los 80 y años iniciales de la década de los 90, tiempo en el cual el país se encontraba en guerra. Debido a que tanto las estaciones hidrométricas como las pluviométricas presentan este inconveniente de falta de información, no se generaron los caudales faltantes por medios hidrometeorológicos ni estadísticos; sin embargo, para la época seca, los datos faltantes fueron completados con datos de aforos registrados en los casos en que estos existían, por considerar que en esta época los caudales aforados son representativos de los caudales base de los ríos; para la época lluviosa no se tuvo en cuenta esta consideración ya que los caudales aforados no necesariamente representan las condiciones medias del mes porque en el momento del aforo existe la posibilidad de que se hayan o no presentado lluvias.

¹ Censo Nacional IV de población y III de vivienda 1971.

² Censo Nacional V de población y IV de vivienda 1992.

- **RESULTADOS Y ANALISIS PARA LA EPOCA SECA**

Como se mencionó anteriormente, el análisis de la época seca se ha dividido en tres partes, la tendencia del comportamiento hídrico desde 1970 hasta el 2000, el comportamiento hídrico en el periodo noviembre 2001 a abril 2002 con relación a los promedios históricos y la comparación de el periodo noviembre 2001 a abril 2002 con los promedios de la década de los años 70.

TENDENCIA DE COMPORTAMIENTO HIDRICO DESDE 1970 A 2000

Con base en los datos de caudal aforados en 17 estaciones hidrométricas en el país, se analizó la información de promedios mensuales de los meses de noviembre a abril, correspondientes a la época seca en el periodo de registros de las estaciones, las cuales en su mayoría, presentan registros desde la década de 1970, con el fin de establecer su variabilidad temporal. De acuerdo a las graficas de variabilidad anual y decadal obtenidas se presenta el siguiente análisis por zona.

Zona Occidental Costera

Para la zona Occidental Costera se analizó la información registrada en la estación La Hachadura, ubicada sobre el río Paz, y la estación La Atalaya sobre el río San Pedro, en los Departamentos de Ahuachapán y Sonsonate respectivamente

Al analizar la grafica de caudales promedios históricos en los meses de noviembre a abril en las dos estaciones, en los periodos de registro, se observa una tendencia a la disminución de los caudales en el tiempo, la cual se evidencia de una forma más clara al observar las graficas correspondientes a los promedios decadales en los meses analizados durante el periodo de registro de la estación.

Para los promedios decadales en la estación La Hachadura se observan caudales superiores en la década de los años 1960 – 1970, los cuales disminuyen para las siguientes décadas especialmente para el mes de noviembre; para los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, se observa un comportamiento similar en las 4 décadas, mientras para el mes de abril, se observa un incremento de los caudales en la década 1990 - 2000.

Para la estación La Atalaya sobre el río San Pedro, se observa una disminución gradual de los caudales desde la década 1970 - 1980, con excepción del mes de abril en donde los caudales promedios decadales se presentan mayores en la década 1980-1990.

Cuenca del Rio Lempa

Para la Cuenca del río Lempa se analizó la información de las estaciones Citalá, Paso del Oso y San Marcos sobre el río Lempa, las estaciones Tacahico y Las Pavas en el río Suquiapa, estaciones San Andrés y El Jocote en el río Sucio, la estación Guazapa en el río Acelhuate, la estación La Sierpe en el río Tamulasco, la estación Suchitoto en el río Quezalapa y la estación Osicala del río Torola.

Al analizar la variabilidad anual de la estación Citalá, no se observa una tendencia clara de comportamiento de los caudales en el tiempo, sin embargo, al observar la variabilidad decadal, se evidencian dos comportamientos: en los meses de noviembre, diciembre y enero se observa un incremento de leve a moderado de los caudales de la década 90 – 00 con relación a la década 70 – 80, mientras que para los meses febrero, marzo y abril se presenta una leve disminución de los caudales.

Al igual que en el caso anterior, para la estación Paso del Oso no se observa una tendencia clara de comportamiento de los caudales, debido principalmente a que los caudales en esta estación en parte dependen de las descargas del embalse Guajoyo; sin embargo, se observa que para los meses diciembre, enero y febrero se presentó una disminución de los caudales de los años 90 en relación a las décadas anteriores, mientras los meses de noviembre y abril presentan un incremento.

Al graficar los caudales de la época seca noviembre – abril en toda el periodo de registro de la estación Tacachico, en el río Suquiapa, se observa una disminución de los caudales en el tiempo, la cual se observa con mayor claridad al comparar los periodos decadales, en donde existe una disminución de los caudales para todas las décadas analizadas, presentando los valores mas altos en la década 60 – 70 y caudales menores en las décadas posteriores.

Para la estación Las Pavas, se observa una disminución de los caudales promedio a través del tiempo, y disminución en los promedios para todos los meses del periodo seco década a década.

En el río Sucio, se analizaron las estaciones San Andrés y el Jocote, y aunque en la estación San Andrés no se observa una tendencia del comportamiento hídrico, en la estación el Jocote si se puede observar una tendencia de disminución en el tiempo.

De las estaciones analizadas, la estación Guazapa fue la única que presentó una tendencia al incremento de los caudales. Este aumento de los caudales registrados podría explicarse por el hecho de que en la zona ha existido un aumento de la urbanización, lo cual implica impermeabilización de áreas y por tanto mayores volúmenes de escorrentía superficial, así como el aumento de las descargas de aguas servidas hacia el cauce del río en los últimos años.

La estación la Sierpe, al igual que las estaciones anteriores presentó una disminución de los caudales entre la década de los 70 y de los 80 con mayor disminución en los meses de noviembre y abril. En el río Sumpul, estación Las Flores, no se cuenta con información de caudal en los años 80 y 90 por lo que no se puede realizar una comparación decadal.

Para la estación Suchitoto, solo se cuenta con información histórica de 1970 a 1976 y aforos a partir de 1997 por lo que no se puede establecer un comportamiento de variación continuo en el tiempo, sino un cambio de los caudales entre estos años. A pesar de la poca información disponible en esta estación, se observa la disminución de los caudales de 1997 – 2000 con relación a los caudales de 1970 a 1976.

En la estación San Marcos, se puede observar una tendencia al incremento de los caudales, sin embargo para este caso es importante aclarar que los caudales registrados en esta estación, están

influenciadas por las descargas del embalse 15 de septiembre, las cuales se llevan a cabo dependiendo de la demanda hidroeléctrica y de la regla de operación del embalse, por lo que el aumento detectado en el tiempo no es representativo del comportamiento hídrico nacional.

En la estación Osicala sobre el río Torola, es evidente una tendencia a la disminución de los caudales en el tiempo, esta disminución se puede observar para las década de los años 60 y 70 en donde existe registro completo de caudales en la estación.

Cuenca del Río Grande de San Miguel

En la cuenca del Río Grande de San Miguel, se analizó la información de las estaciones Villerías, y Vado Marín sobre el río Grande de San Miguel.

En la estación Villerías se observa un incremento de los caudales en la década 80 – 90 respecto a la década 70 – 80, a partir de la cual se presenta un nuevo decrecimiento en los años 90 y 2000, en todos los meses de la época seca excepto en el mes de abril en el cual presenta un comportamiento inverso. Para la estación Vado Marín no existe una tendencia clara de aumento o disminución, en la mayoría de los meses.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRICO EN EL PERIODO NOVIEMBRE 2001 – ABRIL 2002.

Adicionalmente a la variabilidad anual y decadal de los caudales en las diferentes zonas del país, se analizó el comportamiento del periodo seco noviembre 2001 – abril 2002 en relación a los promedios históricos de cada uno de los meses mencionados en cada estación. Con base en los resultados obtenidos se realiza el siguiente análisis por zonas del país:

Zona Occidental Costera

Los registros de las estaciones La Hachadura y La Atalaya indican que para la época seca 2001 – 2002, se presentó un comportamiento por debajo de los promedios históricos en las dos estaciones. Se observa que para los meses analizados, en el río Paz (estación La Hachadura), se presentaron en promedio caudales por debajo de sus promedios históricos en un 20%, siendo enero el mes donde los caudales estuvieron más bajos, alcanzando el 75% del caudal promedio registrado en la estación, es decir, con una disminución de 25% respecto al promedio histórico de este mes. De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional, en el mes de enero de 2002, las precipitaciones de la zona norte y montañosa del occidente del país presentaron un déficit de más de 50 mm, razón que explica la disminución de los caudales. El mes de marzo fue el que presentó el porcentaje de disminución menor, estando por debajo del promedio histórico de este mes en un 15%.

En el río San Pedro (estación la Atalaya) se presentó un comportamiento uniforme en los meses analizados, siendo este comportamiento inferior a los promedios históricos registrados en dicha

estación en un 40 %, es decir que solo se llegó hasta el 60% de los valores de los promedios históricos, siendo marzo el mes donde se presentaron los caudales más bajos respecto a los promedios.

Cuenca del Río Lempa

En todas las estaciones analizadas en esta zona, excepto en la estación Guazapa en el río Acelhuate, el comportamiento fue similar para el periodo analizado, presentándose caudales inferiores a los promedios históricos de cada mes; en el río Acelhuate por el contrario, se presentó un comportamiento superior a los promedios históricos de dicha estación.

En la estación Citalá ubicada a la entrada del río Lempa en el país, para la época seca 2001 – 2002, se observó una disminución generalizada de los caudales con respecto a los promedios históricos siendo los porcentajes de disminución de 23% para el mes de diciembre, 33% para enero, 25% en marzo y 60% en el mes de abril.

En el río Lempa, específicamente en la estación Paso del Oso, los caudales registrados están afectados por las descargas del embalse Guajoyo, sin embargo se observa que en el mes de diciembre de 2001 hubo una disminución de los caudales registrados en la estación debido a una disminución natural del caudal del río en comparación con el caudal promedio mensual al igual que en la estación Citalá y a una disminución en las descargas del embalse. Para los meses de enero y marzo se observa un comportamiento cercano a los promedios mensuales y en el mes de abril se presenta una disminución de aproximadamente el 50% debido al igual que en diciembre a la disminución en las descargas del embalse y a la disminución del caudal en el río Lempa.

De acuerdo a los datos registrados en la estación Tacachico, río Suquiapa, se observa un comportamiento por debajo de los promedios históricos mensuales excepto en el mes de diciembre, en el cual se presentó un comportamiento levemente superior a lo normal, superando al promedio histórico en un 7%. En los meses de febrero, marzo y abril se presentó una disminución alrededor de 20% en los caudales respecto a sus promedios históricos.

Para la estación Las Pavas ubicada en el río Suquiapa, se analizó la información de los aforos existentes, en los meses de febrero, marzo y abril, observándose una leve disminución de los caudales con respecto a los caudales promedios de estos meses, entre un 5 y 10%.

En el río Sucio, estación San Andrés, se observa una disminución de aproximadamente 40% en el mes de noviembre respecto al promedio histórico, mientras en los meses de febrero, marzo y abril se observa una disminución entre 25 y 30%. Para la estación El Jocote, ubicada sobre el mismo río, se observa un aumento de 10% respecto al promedio histórico en el mes de diciembre, mientras en los meses de febrero, marzo y abril al igual que para la estación San Andrés se presenta una disminución de 25% respecto a sus valores promedios.

La estación Guazapa ubicada sobre el río Acelhuate, presenta un comportamiento superior a los promedios históricos en los meses diciembre, enero, marzo y abril con un porcentaje promedio superior a los históricos en un 35%, llegando hasta 50% por encima del promedio en el mes de

enero y 18% por encima de su promedio en el mes de abril. Para abril del año 2002, este incremento de caudales presenta como una de sus causas el incremento de la precipitación en este mes en comparación con los promedios históricos (para la estación Aeropuerto Ilopango se registró una precipitación de 60.5 mm en el mes de abril, mientras su promedio histórico se encuentra en 30.9 mm).

Para la estación La Sierpe ubicada sobre el río Tamulasco en el Departamento de Chalatenango, en el periodo noviembre 2001 – abril 2002, se cuenta con información de aforos en el mes de noviembre, mes en el cual se observa una disminución de 80% respecto a su promedio histórico. A partir de diciembre, el río se secó, razón por la cual no se presentan aforos a partir de esa fecha.

Igualmente en el Departamento de Chalatenango, específicamente en el río Sumpul, estación Las Flores, se observa una disminución de los caudales para los meses analizados en comparación del promedio histórico de 1971 - 1979. En noviembre la disminución de los caudales respecto al promedio histórico del mes, se encuentra alrededor de 55%, mientras que para diciembre se observa una disminución de 30%. Para los meses de marzo y abril, se observa una disminución de 50% y 70% respectivamente.

De acuerdo a los aforos realizados en la estación Suchitoto en el periodo noviembre 2001 – abril 2002, se observa una disminución casi uniforme en los meses de noviembre, enero, marzo y abril, alrededor de un 60% por debajo de los promedios históricos de cada uno de dichos meses. En esta estación es importante destacar que los caudales aforados en este periodo se han comparado con la serie histórica que para esta estación presenta un periodo corto de registros y que corresponde al periodo de 1971 a 1975. Como se mencionó anteriormente la disminución de los caudales en la época seca 2001 – 2002 indica que a partir de la década de los años 70 ha habido un cambio en la cantidad de escurrimiento en la cuenca por cambios en el uso de la tierra o debido a efectos del cambio climático.

En la estación Osicala sobre el río Torola se observa una disminución de 60% en los caudales respecto a sus promedios históricos mensuales en la época seca 2001-2002, en los meses de noviembre, enero y febrero, aumentando esa disminución en marzo y abril hasta 70% y 80% respectivamente. Para el mes de diciembre se observa una disminución de 50%. De acuerdo a la información, se observa una disminución drástica en los caudales comparando la década de los años 60-70 con los registrados en los años 2001 – 2002, desde 60% en noviembre hasta una disminución de 90% en el mes de abril.

Cuenca del Río Grande de San Miguel

En el periodo 2001 – 2002, en el río Grande de San Miguel, se observa para las estaciones analizadas una disminución en los caudales registrados en promedio de 50% para el mes de noviembre respecto al caudal promedio en el periodo de registro. En el mes de enero, solo la estación Vado Marín presenta registro de aforos, observándose un comportamiento cercano al comportamiento normal de la estación para dicho mes. En el mes de febrero los registros de las estaciones Villerías y La Canoa, registran un comportamiento debajo de lo normal en un rango

de 10% a 15%. En el mes de marzo se observa un comportamiento cercano a lo normal en las estaciones Villerias y La Canoa registrando esta última un incremento de 10% respecto al promedio del mes, mientras la estación Vado Marín presenta una disminución en los caudales en un 20%. Para el mes de abril, se presenta un comportamiento desuniforme en las tres estaciones, observándose un incremento de los caudales con respecto al promedio del mes en un 26% en la estación Villerias, mientras la estación La Canoa presenta una disminución de 12% y Vado Marín una disminución de 23%.

COMPARACION DE LOS CAUDALES EN EPOCA SECA NOVIEMBRE 2001 – ABRIL 2002 EN RELACION A LA DECADA 1970 – 1980

Debido a que el periodo de registros de la mayoría de estaciones hidrométricas se vio interrumpido en la década 1980 – 1990 por la guerra, se decidió comparar los registros de la época de estiaje noviembre 2001 – abril 2002 con la década 1970 – 1980, con el objeto de establecer las diferencias porcentuales de caudales registrados en las dos épocas, ya que se observa que es el periodo que presenta una mejor cobertura de la información.

De los resultados, se observa que en forma general, se ha presentado una disminución de los caudales del periodo noviembre 2001 – abril 2002 en comparación con la década de los años 70, excepto en la cuenca del río Acelhuate, en la cual se presenta un incremento hasta de 35%.

Para el resto del país, los caudales han decrecido con porcentajes que varían desde 5% hasta 80%. Las cuencas que presentan una mayor disminución de los caudales en el periodo seco 2001 – 2002 respecto al promedio del periodo seco de la década 1970 – 1980 se encuentran ubicadas al norte del país, especialmente la cuenca del río Tamulasco, con disminución de 80%, y las cuencas de los ríos Sumpul, Quezalapa y Torola, con disminución porcentual entre 35 y 70%. Las demás cuencas del país presentaron disminución de los caudales en un porcentaje que oscila entre 10 y 35%.

- **PROYECCION DE CAUDALES**

(Ver figuras 1.15 a 1.17 del Anexo 1)

En vista de la disminución gradual de los caudales de las estaciones analizadas, se realizó una proyección en el tiempo trazando líneas de tendencia de los caudales, para los meses correspondientes a la época seca. Dicha proyección se realizó en cada estación para los meses que presentan mayor y menor tendencia de disminución respectivamente, para establecer en que años pudiera presentarse un cambio de ríos permanentes a ríos o quebradas solo de invierno. Es de anotar que aunque estas líneas de tendencia son un indicativo del posible comportamiento de los caudales, esta tendencia puede acelerarse o retardarse dependiendo de los posibles factores que estén causando actualmente la disminución de los caudales. De acuerdo a lo anterior, se obtuvieron los siguientes resultados:

- En la **zona Occidental Costera**, la estación la Hachadura sobre el río Paz, presenta una tendencia a pasar de río permanente a corriente de invierno cerca del año 2100 para el mes mas crítico (diciembre). Para la estación San Pedro en el río Atalaya, esta tendencia se presenta para el período comprendido entre el año 2020 y 2060 para los meses de febrero y noviembre respectivamente.
- En la **Cuenca del Río Lempa**, en la estación Citalá, la tendencia de cambio entre río permanente y río de invierno esta entre el año 2105 y 2160. Para el río Suquiapa en la estación Tacachico, esta tendencia se da entre los años 2010 y 2030, mientras para la estación Las Pavas sobre el mismo río, esta tendencia se da entre el 2100 y el 2155. Para el río Sucio en la estación San Andrés, de acuerdo a la proyección podría esperarse un cambio del régimen del río para el año 2140, mientras que para la estación El Jocote, se daría entre el 2040 y el 2060. La proyección en el río Tamulasco, estación La Sierpe, indica que para el año 2008, ya se presentaría un cambio de río permanente a río de invierno, sin embargo esta situación ya se comenzó a presentar desde diciembre de 2001. En el río Sumpul en la estación Las Flores el cambio se daría entre el 2060 y el 2130. Para el río Quezalapa, en la estación Suchitoto, entre el año 2020 y 2045 y para el río Torola en la estación Osicala, entre el 2037 y el 2048.
- En la **Cuenca del Río Grande de San Miguel**, la tendencia de cambio de río permanente a río de invierno, se da para los años 2087 y 2057 para las estaciones Villerías y Vado Marín respectivamente.

- **RESULTADOS Y ANALISIS PARA LA EPOCA LLUVIOSA**
(Ver figuras 1.18 a 1.23 Anexo 1)

En forma similar que para la época seca, para la estación lluviosa se analizó la tendencia de variación anual y decadal de los caudales en cada estación analizada para el periodo 1970 a 2000, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Zona Occidental Costera

La estación la Hachadura sobre el río Paz, registra en los meses de junio, julio, agosto y septiembre de la década 90-00 valores inferiores al comportamiento de los caudales de la década 70-80, al contrario de los meses de mayo y octubre en los cuales el comportamiento es diferente. Para la época lluviosa también se observa que la década 80-90 presentó caudales superiores a la década 70-80.

En el río San Pedro, estación la Atalaya, para los meses mayo, julio, agosto y septiembre se observan caudales superiores en la década 90-00 en comparación de la década 70-80 y al igual que en la estación anterior, para la década 80-90 se observa un incremento de los mismos.

Cuenca del Río Lempa

En la estación Citalá, se observa que para el mes de mayo al igual que abril, la transición entre la época seca y la lluviosa, no se presenta una variación entre los caudales registrados en la década de 1970-1980 y la década 1990-2000, sin embargo los meses de junio y julio presentan registros inferiores de la década 90-00 respecto a la década 70-80 y los meses de agosto, septiembre y octubre, presentan aumento de los mismos. Este comportamiento se puede explicar en el hecho de que en los meses de febrero y marzo correspondientes a la época de estiaje se ha presentado una disminución de los caudales a través del tiempo, lo cual hace que cuando comience el periodo de lluvias, el nivel freático se encuentra por debajo del que se encontraba en la década de los 70 por lo que en los primeros meses de lluvia, mientras sube el nivel freático, los caudales de la década de los 90 son inferiores a los de la década de los 70, una vez ha alcanzado altura el nivel freático, aumenta el escurrimiento superficial, y esta es la razón por la que en los meses de agosto, septiembre y octubre los caudales sean superiores en la década 90-00 en relación a la década 70-80.

El río Suquiapa en la estación Tacachico para la época de lluvia presenta un comportamiento superior de los caudales en la década 60-70 que en las décadas posteriores. Sin embargo, aunque las décadas posteriores presentan caudales inferiores, la década 80-90 presentó registros superiores a la década 70-80 en todos los meses de lluvia. En el mismo río, pero en la estación Las Pavas, se observa el mismo comportamiento observado en la estación Citalá del río Lempa en la cual los meses de junio y julio presentan una disminución de los caudales de la década de los 70-80 a los 90-00 y un aumento de los mismos en los meses de agosto, septiembre y octubre.

El río Sucio en las estaciones San Andrés y El Jocote, presenta un comportamiento similar, en el cual para la década de los años 1990-2000 los caudales registrados fueron inferiores a los registrados en 1980-1990.

El río Acelhuate en la estación Guazapa presenta una tendencia de aumento de los caudales de la época de lluvia en el tiempo, al igual que el comportamiento presentado para la época seca.

El río Tamulasco en la estación la Sierpe, presenta una disminución de los caudales en los meses de mayo, junio, julio y septiembre y aumento en los meses de agosto y octubre de la década 90-00 en comparación con la década 70-80. En la estación Torola, aunque no presenta datos en los años recientes, se observa disminución de los caudales de los años 70 en comparación de los años 60.

Cuenca del Río Grande de San Miguel

En la estación Vado Marín ubicada sobre dicho río, para la época de lluvia, se observa una disminución de los caudales de la década 70 – 80 con relación a la década 60 – 70; para las demás décadas no se presentan datos continuos en la época de lluvia, por lo que no se compararon los promedios decadales.

Todo lo anteriormente descrito puede resumirse de la siguiente manera:

A partir del Análisis Hidrológico se puede establecer que a nivel nacional se registra una tendencia de variación de los caudales a través del tiempo para el periodo seco del año, la cual se evidencia en los caudales promedios anuales y decadales. Esta variación, se da en forma de disminución en todas las estaciones analizadas (excepto en la estación Guazapa ubicada sobre el río Acelhuate), y va aumentando de década a década, en forma gradual.

En las estaciones analizadas, la década de los años 70, es la que presenta los mayores caudales promedios en el periodo seco del año, siendo 8 estaciones de las 17 (47 %) las que presentaron sus mayores caudales en esta década. Por el contrario, 13 de las estaciones analizadas (81%) presentaron los caudales promedios más bajos en los años 2001 y 2002.

Con relación a los caudales promedios históricos, se observa una disminución de los caudales registrados y aforados en la mayoría de las cuencas analizadas del país en el periodo seco noviembre 2001 – abril 2002. Al comparar los caudales del periodo seco noviembre 2001 – abril 2002 con los caudales promedios registrados en la década de 1970 a 1980, esta disminución se establece con mayor intensidad y en forma drástica en la cuenca del río Tamulasco la cual presenta una disminución de los caudales en un promedio de 80 %. Otras cuencas que presentan una elevada variación de los caudales en época seca respecto a los años 70 son las cuencas de los ríos Sumpul, Quezalapa y Torola con una disminución porcentual de los caudales que varían desde 35% a 70%. Las demás cuencas del país, excepto la cuenca del río Acelhuate, presentaron una disminución en los caudales de la época de estiaje, que varía entre 10 y 35%. Los ríos que presentan en menor proporción la disminución de los caudales, son el río Suquiapa, en las estaciones Tacachico y Las Pavas (con caudales inferiores a sus promedios históricos en un 10%), el río Grande de San Miguel, en las estaciones Villerías, La Canoa, Vado Marín (con una disminución promedio de 15% respecto a los caudales promedios de los años 70) y el río Paz con una disminución de 10% respecto a la década mencionada. La cuenca del río Acelhuate, fue la única cuenca que presentó un incremento de los caudales en un 35% para la época seca 2001 – 2002 respecto a la década de los 70 y respecto a los promedios históricos en general.

2. ANÁLISIS DE VARIABLES METEOROLÓGICAS
(Ver figuras en Anexo 2)

PRECIPITACION

El clima de El Salvador está determinado por factores principales como su posición geográfica, la preponderancia del mar sobre la tierra y la orografía.

El régimen de lluvia está influenciado por el movimiento a través del país de los sistemas semipermanentes de presión de la alta de las Bermudas y de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), acercándose ésta a las costas de El Salvador en los meses de junio y septiembre durante los cuales, generalmente, se producen los máximos de precipitación dentro de la estación lluviosa. La lluvia en El Salvador, como característica de los países tropicales y por

las condiciones topográficas, muestra grandes variaciones de un lugar a otro y amplias oscilaciones a través del tiempo.

El mapa de isoyetas del anexo 2, se muestran las cantidades promedios de precipitación anual basado principalmente en los registros de 27 a 54 años, hasta el año 2000, de 26 estaciones; en aquellos sectores escasos de información se utilizó la estadística de otras estaciones contenida en los Anuarios Meteorológicos 1992 y 1993 publicados por el Servicio Meteorológico Nacional. En dicho mapa se observa que el litoral presenta cantidades de precipitación anual alrededor de 1600 milímetros (mm), aumentando hasta los 2200 en la cordillera costera de occidente y más de 1800 mm en la parte oriental. Luego, en los valles interiores desde el occidente en los alrededores de la laguna de Guija hasta la zona oriental en el municipio de Pasaquina con cantidades desde 1700 mm hasta 1400, respectivamente. Las zonas más lluviosas se encuentran en la cordillera fronteriza con Honduras en los departamentos de Santa Ana y Chalatenango en el occidente y en los departamentos de Morazán y La Unión con cantidades anuales superiores a los 2300 mm.

Precipitación anual decadal 1971-2000 con relación a la serie.

Tal como se observa en el mapa de isomeras del anexo 2, toda la cordillera al norte del país presenta en el promedio anual decadal 71/80 cantidades inferiores hasta del 8% con relación al promedio de la serie, extendiéndose hasta los valles interiores; al contrario, la zona costera presenta cantidades superiores hasta del 4%. En la década 81/90, la zona costera presenta cantidades inferiores al promedio de la serie. Desde la cordillera, extendiéndose hacia el norte y abarcando la subcuenca del Río Acelhuate, existe un máximo del 8% arriba del promedio; en la cordillera norte, central y occidental, se encuentran máximos hasta del 4% y en la oriental hasta del 6% en la subcuenca del Río Torola.

Por último, en la década 91/2000 en la cordillera norte occidental las cantidades de precipitación anual fueron mayores que el promedio hasta cuatro por ciento, no así en la oriental la cual presenta déficit así como el área que comprende el Gran San Salvador. La zona costera presenta máximos arriba del promedio en orden del 2 al 4%.

Relación entre la precipitación promedio anual decadal 71/80 y las décadas 81/90 y 91/2000.

En la década 81/90, con relación a la década 71/80, se registro un máximo hasta del 10% en la subcuenca del Río Acelhuate; en la zona norte del país en la subcuenca del Río Sumpul se observa déficit no así en otros sectores como el de la subcuenca del Río Torola donde se observa un máximo hasta del 18%.

Por otra parte, en la década 91/2000, la zona norte del centro y occidente del país presentan máximos mientras que en la zona oriental se observan mínimos que alcanzan el 8%.

Considerando en forma especial la cuenca del Río Lempa se tiene que en la estación Santa Tecla, subcuenca del Río Acelhuate, la década 81/90 registra 9% arriba de promedio anual de la serie 1970-2000, o sea 167 mm más de lluvia que el promedio histórico de 1864 mm; esto no es

significativo como también los déficit del 3 y 7% de las décadas 71/80 y 91/2000, respectivamente.

Este análisis puede hacerse estacionalmente comparando la contribución de cada época, seca y lluviosa, en la producción anual. En la estación Santa Tecla, en promedio, lo que llueve en la época seca (de enero a abril y de noviembre a diciembre) es del 6 % de la cantidad promedio anual, llegando en caso extremos hasta el 19 % en 1998, esta cifra no es significativa como en otros lugares que superan el 30 %.

El conocimiento de la distribución estacional, interestival, mensual y a otras escalas de tiempo menores es importante para el entendimiento del comportamiento de los caudales de los ríos. Así como son importantes las distribuciones espaciales y temporales de la precipitación también lo son las intensidades de las tormentas así como el inicio, duración y término de la época lluviosa. Al graficar la la distribución mensual, se pueden observar dos aspectos relevantes como que el máximo secundario se da en julio, y no en junio como se asume generalmente para todo el país, y por otra parte, el hecho de que se observen diferencias apreciables en la distribución según la década.

Continuado con el análisis en la cuenca del Río Lempa encontramos que en la estación de Nueva Concepción, en la subcuenca del Río Jayuca, la tendencia de la producción anual decadal de la lluvia en los últimos 30 años (1971-2000) es creciente, aunque no significativa; a la vez la distribución mensual también es diferente a los registros en Santa Tecla. Esto demuestra la variedad grande de la precipitación en el país con el tiempo y en espacios cortos.

De la misma manera y siempre en la cuenca del Río Lempa, observamos los registros de La Palma y Las Pilas en las subcuencas de los Ríos Nunuapa y Sumpul, respectivamente. Ambas estaciones se encuentran cercanas pero muestran diferencias marcadas en la cantidad y distribución de la lluvia debido a factores orográficos y orientación distinta ante sistemas o fenómenos meteorológicos, ya que se puede observar que el comportamiento promedio decadal y de las series es completamente opuesto y distinto en cantidad, aunque ambas estaciones se encuentren prácticamente a la misma elevación con relación al nivel medio del mar. En La Palma, la tendencia del promedio decadal de lluvia es positiva (aumento) pero en Las Pilas es negativa (disminución). Al observar la distribución mensual, también encontramos diferencias importantes entre los registros de las dos estaciones pero observamos una similitud clara de tendencia en los meses de mayo y octubre que corresponden al inicio y fin de la época lluviosa.

Al este de la cuenca del Río Lempa en el norte de la zona Oriental del país no existe información suficiente disponible para este análisis. Ante este defecto, estudiamos el comportamiento de los registros de lluvia en la estación San Francisco Gotera, la cual está ubicada en la cabecera de la cuenca del Río Grande de San Miguel pero muy próxima a la subcuenca del Río Torola, afluente del Río Lempa. Con base a la consideración anterior, es de esperar que en el sector de la subcuenca próxima a la estación de San Francisco Gotera, exista una tendencia en la disminución de la lluvia, aunque no significativa, en los últimos 30 años y con relación al promedio del registro histórico. Referente a la distribución mensual, se observan los máximos principales en septiembre y secundarios en junio; esto es típico de la zona y es lo que ocurre generalmente en el país. Por otra parte observamos una similitud en el

comportamiento decadal en el inicio y fin de la época lluviosa, no así en el resto de los meses y especialmente en el periodo canicular en julio y agosto.

Tomando como referencia los valores absolutos y porcentuales de los promedios decadales con relación a los registros históricos y entre sí de todas las estaciones seleccionadas, la máxima variabilidad positiva registrada es del 9% en la estación Santa Tecla, mientras que la negativa del 10 % ocurre en la estación Las Pilas. También, la variación decadal con relación a la década 71/80 se da positiva hasta del 12 % (en Cojutepeque y Santa Tecla) y negativa hasta del 16 % en Las Pilas.

▪ **En síntesis, se puede decir que:**

- A nivel nacional, con relación a los registros históricos, la mayoría de estaciones experimentan disminución de la cantidad promedio de precipitación en las últimas tres décadas (1971-2000); pero, a nivel de la cuenca del Río Lempa la mayoría de estaciones registran precipitaciones arriba del promedio, excepto en la década 71/80.
- Considerando la clasificación de fases cálidas de ENOS, según diferentes autores, durante los últimos 30 años existe una tendencia creciente en cantidad e intensidad de los eventos ENOS; esto a nivel nacional, según este análisis, no ha impactado en el periodo estudiado en reducción de las lluvias y tampoco se puede asociar con los eventos “Niña”.
- Si consideramos los registros de precipitación de 30 años y más, entonces sí hay reducción de las lluvias en los últimos 30 años. Esto sí es coherente con los eventos “Niño”, al menos en sus intensidades. De todas maneras, no solo se debe tomar en cuenta los años “Niño” o “Niña”, sino también las fechas de entrada y salida de los mismos porque de esto depende en que forma afecte las épocas lluviosas.
- Según estudios recientes, en el inicio y duración de la época lluviosa en el país, predominan más las condiciones del océano Atlántico Tropical Norte, mientras que el océano Pacífico Tropical lo hace en el término de la misma. Esto, por supuesto, está relacionado con las cantidades de lluvia y su distribución en el espacio y tiempo en nuestro país.
- Los incrementos de precipitación en todo el país durante las décadas 81/90 y 91/2000, con relación a la década 71/80 son del 2 y 1 %, respectivamente. Entre cada década 71/80, 81/90 y 91/2000 con respecto a los registros históricos son de -2 %, 1 % y - 0.3 %, en el mismo orden, valores que se consideran poco significativos.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)

(Ver mapas y gráficos en Anexo No. 2)

- **Consideraciones de la variación de la ETP:**

La Evapotranspiración potencial (ETP), es la cantidad máxima de agua capaz de ser perdida por una capa continua de vegetación que cubre todo el terreno, cuando es ilimitada la cantidad de agua suministrada al suelo.

La oferta de agua esta dada por la cantidad de agua llovida en cada una de las cuencas que componen las regiones de un país, de la cantidad registrada, un gran porcentaje regresa a la atmósfera por evapotranspiración, el resto se infiltra en el suelo y otro porcentaje regresa al océano por escorrentía. De la cantidad de agua fluida, entre el 40 y el 60% se regresa a la atmósfera vía evapotranspiración, este porcentaje, varía con cada cuenca y con las condiciones climáticas de cada localidad.

En una región conformada por cuencas pequeñas con más de un 70% de terrenos considerados laderas, la capacidad de retención de agua en el suelo se reduce cuando este está desprovisto de vegetación. La eliminación de la vegetación resulta directamente en la disminución de la oferta hídrica y la calidad del recurso.

La utilización del agua esta determinada por la respuesta de todo el cultivo como suma de cada hoja aislada ; la evapotranspiración (ET) depende de factores meteorológicos, factores del cultivo (cobertura vegetal) y humedad disponible en el suelo.

Los factores climáticos susceptibles de intervenir en las variaciones de la ETP son la radiación neta, la temperatura del aire , el déficit de saturación y los movimientos del aire tanto verticales como horizontales.

La ETP a lo largo del día fluctúa grandemente, en función de la radiación neta, de la temperatura, del déficit de saturación y de la velocidad del viento, elementos del clima que presentan todos una variación diurna importante, el mínimo cotidiano de la ETP se alcanza durante la noche.

- **Resultados obtenidos:**

ZONA OCCIDENTAL:

Se puede observar en esta zona que hubo un incremento en la ETP, tanto en forma anual como mensual al comparar la mas reciente década con las anteriores, los mayores incrementos se dieron en la estación de Santa Ana El Palmar con una diferencia anual, entre décadas de 1970-1979 y 1990-1999 de 96 mm (5.3 % anual) y Ahuachapán de 71 mm (4.0% anual).

ZONA CENTRAL:

Se puede observar en esta zona que para dos estaciones hubo un decremento en la ETP, las anomalías fueron negativas tanto en forma anual como mensual al comparar la mas reciente

década con las anteriores, las mayores diferencias se dieron en la estación de Las Pilas con una anomalía negativa, entre las décadas del 70-90 de -79 mm (-5.0% anual) y La Palma de -6 mm (-0.4% anual).

Al contrario en las estaciones de La Nueva Concepción y Ilopango las anomalías fueron positivas con diferencias de 47 mm (2.4% anual) y 43 mm (2.5% anual) respectivamente.

ZONA PARACENTRAL Y ORIENTAL:

Se puede observar que en la zona paracentral para dos estaciones (Cojutepeque y Chorrera del Guayabo), la ETP fue mayor para la década 80-89, hubo un decremento en la ETP, las anomalías fueron negativas tanto en forma anual como mensual al comparar las décadas 80-90, las mayores diferencias se dieron en la estación de Chorrera del Guayabo con una anomalía negativa, entre las décadas del 70-90 de -39 mm (-2.0 % anual) y entre las décadas 80-90, la diferencia es de -112 mm (-5.8 % anual).

Al contrario en la estación de Puente Cuscatlán, la ETP fue menor para la década 80-89, con una anomalía negativa entre las décadas del 70-90 de -52 mm (-2.8 % anual). Para la estación de San Francisco Gotera tenemos una ETP anual mayor para la década 80-89 y una anomalía positiva entre las décadas 70-90 de 10 mm (0.5 % anual).

En conclusión, se puede decir en términos generales que la variación de la Evapotranspiración Potencial en 30 años de registros, no presenta grandes diferencias porcentuales de disminución ó aumento de la ETP, las anomalías tanto positivas como negativas no fueron mayores de 5.3 % anual.

3. ASPECTOS GEOLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS

(Ver figuras en anexo No. 3)

Los aspectos hidrogeológicos de estas montañas están vinculados al fisuramiento de las rocas y no al medio granular de los depósitos piroclásticos, la permeabilidad a la que se hace referencia es a la de las lavas sin considerar su composición química. Otro aspecto en consideración es la edad de las formaciones en el sentido más general, es decir, las rocas más antiguas están más alteradas que las más recientes.

• Geomorfología, Geología Estructural y Geología

En la zona montañosa del norte donde la morfología característica es abrupta con pendientes superiores al 50%, se localizan las rocas más antiguas que se encuentran en el territorio salvadoreño y están constituidas por rocas volcánicas, plutónicas y en menor medida sedimentarias. Entre las rocas volcánicas dominantes en esta región están los basaltos, andesitas, dacitas, riolitas y piroclastitas ácidas y rocas intrusivas como granodioritas parcialmente caolinizadas. Las sedimentarias por aflorar en la cuenca del río Sumpul donde no se manifiesta la reducción importante de sus caudales, no han sido consideradas, así como también los sedimentos Cuaternarios que no tienen implicaciones en el caudal base de los ríos.

Las montañas del norte están constituidas por litología variada, con intenso fracturamiento y alteración intemperica muy alta. Estos dos aspectos son los mas distintivos de esa región y revisten de importancia porque condicionan el comportamiento hídrico subterráneo de la región.

La montaña fronteriza está intensamente fracturada y un reflejo de ese fracturamiento es el desarrollo de valles y ríos, alineados de acuerdo a la dirección principal de los sistemas de fallas. El sistema más dominante es el NE-SW, el segundo WNW-ESE. Ambos están entrecruzados. Un tercer sistema no menos importante es el N-S.

- **Hidrología Subterránea**

Uno de los aspectos importantes de los materiales volcánicos en las montañas del norte, es el conocimiento de la forma de circulación y almacenamiento del agua subterránea, para lo cual es también importante una caracterización hidrogeológica de las formaciones aflorantes en cada cuenca. Estudios mas detallados implican la caracterización de los sistemas de acuíferos en esa región montañosa.

El suelo juega un papel importante en el movimiento de la escorrentía superficial, porque en el se desarrolla la vegetación que a su vez lo protege contra la erosión, permitiendo que el impacto de las lluvias se amortigüen en la cobertura vegetal, haciendo que el agua alcance el suelo con menor velocidad y disponga de menos energía y más tiempo para su transporte. Este comportamiento es favorable para la infiltración del agua meteórica a los estratos rocosos a través de los cuales se alimentan los acuíferos subterráneos. Sin embargo, El Salvador por encontrarse en la zona del trópico, el desarrollo del suelo tiene aspectos particulares muy importantes, debido a que las temperaturas promedio anuales son de 22 °C, y las precipitaciones anuales llegan alcanzar un promedio de 2300 mm/año en esta zona montañosa, ambos valores son altos. En un ambiente así predomina el intemperismo químico, que da como resultado el desarrollo de suelos residuales de gran espesor.

- **Unidades Hidrogeológicas**

La unidad Mora-Chalate es la unidad mas importante no tanto por sus características hidráulicas, sino por la gran extensión ($\cong 80\%$) que ocupa en el norte del país. La mayor parte de los ríos en estudio tienen sus cabeceras en esta unidad y recorren buena parte de la superficie de la misma. Esta unidad contiene las principales zonas de recarga de agua meteórica situada en las partes más altas, y las descargas en niveles más bajos en la forma de manantiales. La presencia de 75 manantiales San Ignacio y La Palma en Chalatenango (G.M, 2000), es un indicador de la cantidad que de estos podrían haber en toda la montaña del norte y en Quezalapa, y refleja el aspecto fracturado de las lavas y la presencia de niveles arcillosos en sus bases. La escasez de pozos de aguas como fuente de abastecimiento en esos sectores, en parte se debe, a que es difícil tener éxito y cuando se logra producen muy bajos caudales.

Los componentes lávicos desde ácidos hasta básicos están alterados y comúnmente presentan un suelo residual de espesor variable, que llega ser superior a 5 m. Estos tienen coloración rojiza, parda y café amarillento y son ricos en arcillas; los cuales cuando presentan grandes espesores llegan impedir la infiltración del agua meteórica hacia los estratos fracturados capaces de almacenarla.

Asociadas a las discontinuidades estructurales se encuentran arcillas que dificultan la infiltración y dependiendo del grado de desarrollo de estas en los planos de discontinuidades, así también será el grado de permeabilidad, que por lo general es baja, y debido a la presencia de estratos piroclásticos subyacentes, se forman acuíferos colgados de poca extensión, limitados por las barreras hidrogeológicas producidos por fallamientos, entonces, el agua en su movimiento surge a la superficie en niveles inferiores como fuente de pequeños caudales. Este mismo mecanismo ocurre con la unidad geológica Bálsamo, mientras que la Cuscatlan por ser de edad más joven que las anteriores, su permeabilidad secundaria (media-baja) esta menos afectada por el desarrollo de minerales arcillosos.

La infiltración ocurre cuando lavas fisuradas están cerca de la superficie y en zonas de pendientes moderadas presentando una capa delgada de suelo ($\cong$ 2-3 m) constituida por partículas de arena, limo y arcilla. Estos suelos pueden permitir la percolación de agua hasta el horizonte inferior y dar lugar a la circulación y almacenamiento de agua a través de los planos de fracturas y diaclasas, donde se moviliza hasta que surge a la superficie en niveles inferiores en forma de manantiales. Cuando las fracturas están completamente selladas por arcillas, el agua meteórica no puede penetrar a niveles profundos y la poca agua aceptada se queda en las partes superiores de la roca alterada donde es retenida por capilaridad.

Resumiendo, las formaciones geológicas de las montañas del norte están constituidas por las rocas volcánicas explosivas y efusivas mas antiguas del país, y se caracterizan por el desarrollo de suelos residuales arcillosos de potente espesor. Minerales arcillosos se desarrollan en los planos de discontinuidades estructurales reduciendo la permeabilidad secundaria original de las lavas y las capas piroclásticas endurecidas están argilitizadas. Por eso, estas formaciones poseen bajas permeabilidades y los fallamientos se comportan como barreras que impiden la existencia de acuíferos de gran extensión, dando lugar al establecimiento de numerosos acuíferos colgados y al establecimiento de numerosos manantiales de bajos rendimientos.

Los aspectos geológicos e hidrogeológicos en las áreas de estudio, responden a muchos miles de años de formación y no se observan cambios geológicos dramáticos regionales, que puedan causar una reducción drástica de los caudales de estiaje de los ríos. Pero si hay que considerar los siguientes aspectos:

La deforestación puede ser causa adicional que este disminuyendo la infiltración, ya que al estar desprovisto de cobertura vegetal no existe amortiguamiento del impacto de la lluvia y esta cae directamente sobre el suelo, donde se desplaza con velocidad y no hay suficiente tiempo de remanencia del agua en el suelo y la posibilidad de infiltración se ve disminuida. Finalmente, se ha observado que en la década de los 90's, se han venido desarrollando sistemas de abastecimiento de agua potable, a partir de la captación de los manantiales, impidiendo que el agua los manantiales circule por las quebradas.

4. CAMBIOS DE USO DE SUELO

Cuenca Alta del Río Lempa

En los años 1973, 1992 y 1997 las categorías de bosque latifoliado y de coníferas muestran una tendencia a la reducción de manera sistemática, mientras que las categorías pastos y granos básicos vegetación arbustiva han aumentado en los mismos años.

USO DEL SUELO	1973 PA		1992 FAO		1997 MAG	
	Km2	%	Km2	%	Km2	%
Areas urbanas	8.29	0.69	12.88	1.03	9.26	0.75
Bosque latifoliado	60.42	5.05	37.57	2.99	---	---
Bosque de coníferas	147.51	12.33	105.77	8.43	---	---
Cana de azucar	16.80	1.40	13.50	1.08	11.81	0.96
Cuerpo de agua	38.97	3.26	34.09	2.72	0.06	
Algodón + arroz	44.00	3.68	3.43	0.27	---	---
Pastos y granos basicos	718.13	60.04	863.67	68.83	994.64	80.92
Frutales	1.59	0.13	4.16	0.33	---	---
Veg rbustiva+matorrales+ bosque (MAG)	160.14	13.39	177.97	14.18	213.32	17.36
Aridos	0.31	0.03	1.78	0.14	---	---
TOTAL	880.17	73.58	1047.58	83.4845	1207.96	98.28

De los datos de la tabla se observa que el bosque latifoliado y de coníferas se ha reducido en un 2% y 3 % respectivamente de 1973 a 1992, sin embargo los granos básicos han aumentado un 8% para 1992 y 20% para 1997 comparados con los de 1973, esta misma tendencia se observa en la vegetación arbustiva en 1% para 1992 y 4% para 1997.

Cuenca del Río Quezalapa

En la cuenca del Río Quezalapa ha disminuido el área dedicada a bosques de coníferas, latifoliado, cultivo de caña, café, vegetación arbustiva; no así el área dedicada al cultivo de granos básicos que ha aumentado. Mientras que los datos del área urbana muestran una disminución para 1992 y un incremento para 1997 con respecto a 1973:

USO DE SUELO	1973 PA		1992 FAO		1997 MAG	
	Km 2	%	Km 2	%	Km 2	%
Áreas urbanas	7.56	2.41	4.1	1.05412	8.48	2.48
Bosques latifoliado	17.06	5.43	3.14	0.81		
Café	4.31	1.37	1.17	0.30	0.69	0.20
Caña de azúcar	13.83	4.40	0.33	0.08	6.25	1.83
Pastos y granos básicos	225.94	71.93	358.83	92.26	295.15	86.25
Frutales	4.02	1.28	3.89	1.00		
Vege Arbustiva + Matorral + Bosque (MAG)	41.41	13.18	17.49	4.50	31.62	9.24
TOTAL	314.13	100.00	388.95	100.00	342.19	100.00

El área dedicada al cultivo de granos básicos ha aumentado de 225 Km. en 1973 a 295 Km. en 1997 y 358 Km. en 1992, equivalente a un aumento de 69 y en 132 Km² para 1997 y 1992 respectivamente. Mientras que para 1992 se ha reducido el área dedicada a bosque latifoliado (13 %), café (3%), caña de azúcar (12%), vegetación arbustiva (24%) con respecto a 1973.

Cuenca del Río Torola

En la cuenca del río Torola ha disminuido el área dedicada a bosques latifoliado y de coníferas mientras que el área dedicada al cultivo de granos básicos muestra una tendencia al aumento, comparando los datos de área urbana de 1973, estos muestran un aumento significativo a 1992 y ligero para 1997, tal como se presentan en los anexos .

USO DE SUELO	1973 PA		1992 FAO		1997 MAG	
	Km 2	%	Km 2	%	Km 2	%
Áreas urbanas	1.61	0.17	12.07	1.23	1.76	0.18
Bosques latifoliado	15.67	1.64	0.88	0.09	---	---
Bosque coníferas	133.72	14.00	114.50	11.71	---	---
Café	30.20	3.17	37.26	3.81	36.02	3.63
Pastos y granos básicos	504.93	52.86	659	67.43	523.58	52.83
Frutales	0.28	0.03	16.70	1.71	0.28	0.03
Vege Arbustiva + Matorral + Bosque (MAG)	262.72	27.50	136.66	13.98	420.32	42.31
Aridos	----	---	0.37	0.04	---	---
Henequen	5.98	0.63	----	---	9.04	0.91
TOTAL	955.16	100.00	977.66	100.00	991	100.00

- **Usos más comunes del suelo en las cuencas.**

Granos Básicos (maíz, frijol, maicillo) y ganadería extensiva ocupa mas del 60 % en las cuencas analizadas, son suelos en laderas, de minifundio con áreas que oscila entre 0.5 y 2 ha

Bosques. Las categorías que se incluye son: a) bosques de coníferas, distribuido principalmente en la zona norte; b) bosques latifoliados, vegetación natural dispersa en el país, formado por especies perennifolio y caducifolios

Vegetación arbustiva, bosquetes dispersos, ocupan tierras agrícolas abandonadas, se encuentran en diversos grados de madurez y sucesión, fuente importante de leña y carbón,

Cafetales. Tienen gran importancia por la extensión, generación de empleo, biodiversidad, suministro de leña para uso domestico industrias.

- **Intensidad de uso de la tierra en las tres cuencas**

CATEGORIA	Alta de Lempa		Quezalapa		Torola	
	Km	%	Km	%	Km	%
Area urbana	0.8	0.1	4.3	1.3	0.4	0.0
Cuerpos de Agua	11.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Sobre-uso	660.4	45.2	278.9	81.5	466.9	47.1
Sub-uso	160.4	11.0	12.9	3.8	264.7	26.7
Uso correcto	627.9	43.	46.1	13.5	258.4	26.1
Total	1460.7	100	342.2	100	990.4	100

El sobreuso es la característica mas visible de estas áreas, el cual presenta un valor de 45, 81 y 47 % de SobreUso para las cuencas Alta de Lempa, Quezalapa y Torola respectivamente; mientras que el Sub Uso es de 11, 3.8 y 26.7 % para las mismas cuencas.

El uso correcto del suelo se da en la cuenca alta de Lempa con un 43 %, lo cual puede deberse a los bosques de coníferas que aun hay en esta área; sin embargo en la cuenca del río Quezalapa se hace en 13.5 % un uso Corrector del suelo debido que en esta cuenca hay municipios con alto crecimiento, desarrollo poblacional y urbano. Mientras que en la cuenca del río Torola el Uso correcto es de un 26%.

- **Principales amenazas en las cuencas**

Deforestación. La demanda de productos del bosque es alta, un 90 % de la población rural y 48 % de población rural utiliza leña para cocinar; el sector industrial y artesanal (panaderías, ladrilleras, salineras) consume altas cantidades de leña, el desarrollo de lotificaciones y urbanizaciones son de las principales causas de la deforestación.

Desequilibrios ambientales como el calentamiento global que afectan el clima y favorecen la recurrencia de eventos como huracanes, inundaciones, sequías, etc.; los cuales se dan con mayor frecuencia e impacto en la zona oriental.

Desequilibrios Territoriales. En algunos municipios como San Martín, Cojutepeque, Suchitoto con alta concentración de población, patrones de consumo y desarrollo de urbanizaciones ocasiona reducción de infiltración, menor recarga de fuentes subterránea y mayor contaminación de agua superficiales

A partir de lo anterior, se puede concluir en cuanto al uso del suelo en las tres cuencas:

- En las tres cuencas analizadas se muestra una fuerte tendencia al incremento de granos básicos siendo menor en la cuenca del río Torola
- De los años 1973 a 1992 y 1997, se presenta una tendencia a la reducción significativa del bosque en las tres cuencas analizadas
- En las tres cuencas hay un sobreuso arriba del 45%, siendo mayor en la cuenca del río Quezalapa con un 81%, esto puede deberse la mayor densidad poblacional de esta área o la cercanía de esta con el área del Gran San Salvador
- El uso del suelo es una de las causas de la reducción de caudales en los ríos de las cuencas analizadas, pero no la única.

5. VARIACION POBLACIONAL

Como resultado de la selección de los municipios en estudio, basada en el análisis de los criterios antes mencionados, fueron elegidos los municipios que se nombran en los siguientes cuadros, mostrando las poblaciones de los censos de 1971 y 1992, así como las proyecciones obtenidas para el 2002 y el porcentaje de variación poblacional mostrando su incremento (+) o disminución (-) para cada uno de los municipios seleccionados en cada una de las cuencas en estudio.

Cuenca Alta del Embalse del Cerrón Grande

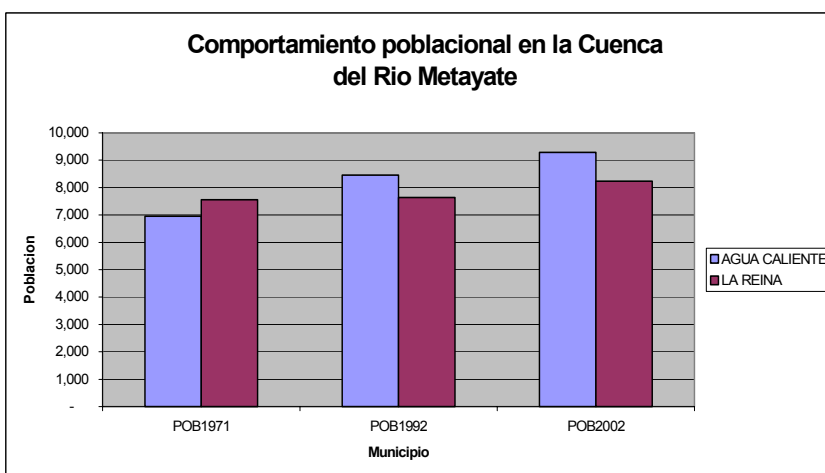
Cuenca Alta del Cerrón Grande				
Río	Municipio	Población		
		1971	1992	2002
río Metayate	Agua Caliente	6,952	8,460	9,281
río Grande de Tilaza	El Paraíso	3,603	9,979	11,829
	Tejuela	9,319	12,913	14,340
	La Reina	7,553	7,635	8,230
	San Francisco Morazán	4,278	2,279	2,600
	San Rafael	3,562	4,318	4,735
río Tamulasco	Chalatenango	21,633	9,048	2,163
	San Miguel Mercedes	2,538	2,204	2,405
	San Antonio Los Ranchos	2,207	1,031	1,190
	Las Vueltas	4,246	1,040	1,268
	Las Flores	4,402	1,490	1,768
	Nueva Trinidad	5,975	1,168	1,451
Río Mojaflor	Nueva Concepción	20,532	27,321	30,221

Cuadro de porcentaje de aumento o disminución poblacional				
Municipio	% (+)	Cantidad / hab	% (-)	Cantidad / hab
Agua Caliente	25	2,329		
El Paraíso	70	8,226		
Tejuela	35	5,021		
La Reina	8	677		
San Francisco Morazán			39	677
San Rafael	25	1,173		
Chalatenango	33	10,530		
San Miguel Mercedes			5	133
San Antonio Los Ranchos			46	1,017
Las Vueltas			70	2,978
Las Flores			60	2,634
Nueva Trinidad			76	4,524
Nueva Concepción	32	9,689		

■ Análisis de la Información:

El río Metayate y todos sus afluentes se encuentran ubicados dentro del Municipio de Agua Caliente cuya población se ha incrementado en un 25% lo que equivale a que la población entre 1971 y 2002 a crecido en 2,329 habitantes. El municipio de La Reina es parte de la recarga de la

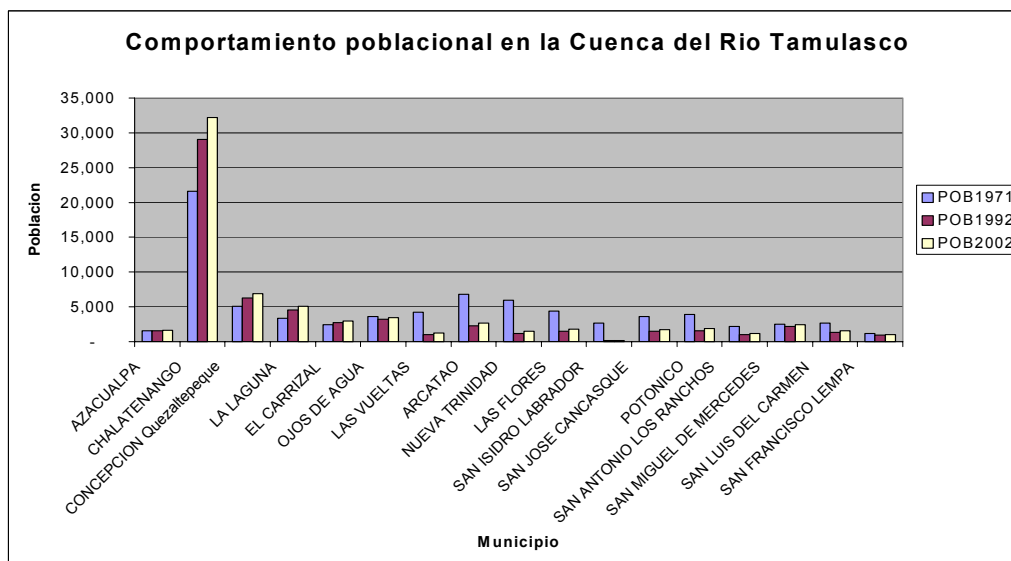
cuenca del río y en este la población ha aumentado en un 8%, equivalente a 677 habitantes. Los datos corresponden a la población total de los municipios, por lo que se comprende, que la población ha crecido tanto en el área urbana como rural; dentro del análisis se ha tomando también en cuenta la extensión de los municipios con el propósito de analizar la relación entre el comportamiento poblacional y la extensión territorial. Considerando de esta manera que la variación poblacional ha tenido una afectación moderada a baja en los caudales de todos los ríos que conforman la cuenca del río Metayate.



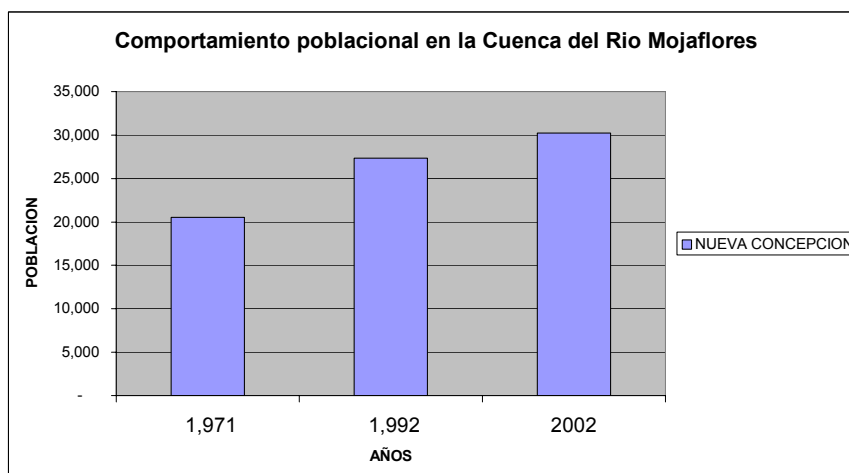
Gran parte de los afluentes del río Grande se encuentran ubicados en el municipio de San Francisco Morazán, en el cual la población ha decrecido un 39% equivalente a menos 1,678 habitantes, dentro del periodo en análisis 1971-2002. Sin embargo los municipios en su contorno que son parte de la recarga de la cuenca, en la mayoría, la población ha aumentado aunque no con cifras significativas considerando también la extensión de los municipios, a excepción de El paraíso (70%) y Tejutla (35%) en los cuales se ha incrementado la población con un total de 13,247 habitantes, ambos se encuentran ubicados en el extremo sur-oeste del río Grande ubicados en una zona que es parte de la recarga de la cuenca. Los datos corresponden a la población total de los municipios, por lo que se comprende, que la población ha crecido tanto en el área urbana como rural; dentro del análisis se ha tomando también en cuenta la extensión de los municipios con el propósito de analizar la relación entre el comportamiento poblacional y la extensión territorial. Se considera que el comportamiento poblacional sobre los caudales de las cuencas posee una afectación moderada a baja en la cuenca del río Grande.

El mayor porcentaje del río Tamulasco y sus afluentes se encuentra ubicado en el municipio de Chalatenango, el cual ha sufrido un incremento en la población de un 33%, equivalente a 10,530 habitantes. El resto de los municipios que conforman la cuenca del río ha sufrido una disminución en su población como por ejemplo: Las Vueltas (-70%), Nueva Trinidad(-76%), las Flores(-60%) y San Miguel Mercedes(-5%). A pesar de que la extensión territorial de estos municipios es menor que Chalatenango, el análisis indica que la cantidad total de la población que ha disminuido es mayor que la población que aumento en el municipio de Chalatenango. Por lo tanto puede considerarse que el comportamiento poblacional sobre los caudales de las cuencas

posee una afectación de moderada a baja en la cuenca del río Tamulasco. (ver anexos mapa datos de población Región 1 y gráfica siguiente)



El río Mojaflres y todos sus afluentes se encuentran ubicados dentro del Municipio de Nueva Concepción, cuya población se ha incrementado en un 32% lo que equivale a que la población entre 1971 y 2002 a crecido en 9,689 habitantes. Los datos corresponden a la población total de los municipios, por lo que se comprende, que la población ha crecido tanto en el área urbana como rural; dentro del análisis se ha tomando también en cuenta la extensión de los municipios con el propósito de analizar la relación entre el comportamiento poblacional y la extensión territorial. Considerando de esta manera que en la cuenca del río Mojaflres, el comportamiento poblacional posee una afectación de moderada a baja sobre la reducción de los caudales. (ver anexos mapa datos de población Región 1 y gráfica siguiente)

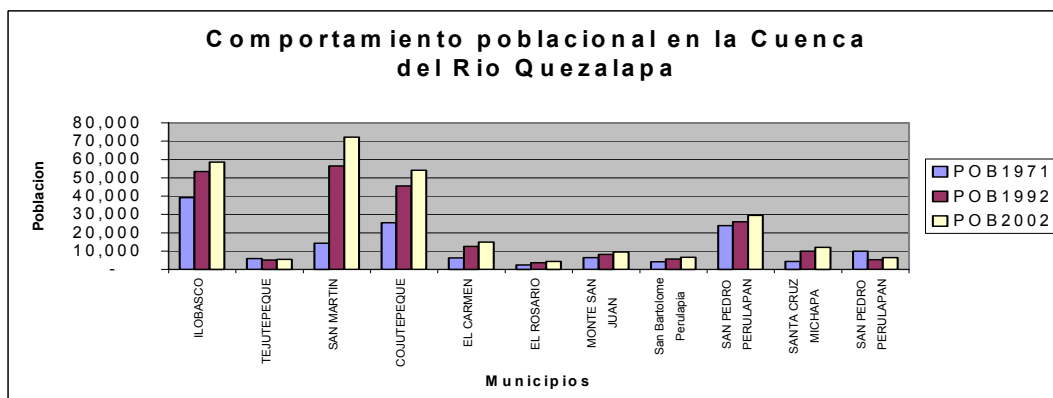


Cuenca Río Quezalapa

Cuenca Río Quezalapa				
Río	Municipio	Población		
		1971	1992	2002
Quezalapa	Ilobasco	39,247	53,513	58585
	Tejutepeque	5,995	5,087	5493
	El Rosario	2,367	3,679	4310
	San Pedro Perulapán	23,935	26,047	29507
	Santa Cruz Michapa	4,369	9,942	12073
	Tenancingo	10,030	5,333	6350
	San Martín	14,220	56,530	72,356
	Cojutepeque	25,521	45,601	54,126

Cuadro de porcentaje de aumento o disminución poblacional				
Municipio	% (+)	Cantidad/hab	% (-)	Cantidad/hab
Ilobasco	33	19,338		
Tejutepeque			8	502
El Rosario	45	1,943		
San Pedro Perulapán	19	5,572		
Santa Cruz Michapa	64	7,704		
Tenancingo			37	3,680
San Martín	80	58,136		
Cojutepeque	53	28,605		

Se observa que los municipios de la cuenca baja del río Quezalapa se han visto afectados por una disminución en su población en el periodo de estudio; aunque en Tejutepeque la disminución ha sido mínima 8% correspondiendo a menos 502 habitantes, en Tenancingo fue de 37% equivalente a menos 3,680 habitantes, probablemente por efectos de la pasada guerra. Contrariamente en los municipios ubicados en la cuenca alta del Quezalapa, en donde se encuentran la mayoría de los ríos afluentes, la población ha sufrido un incremento, entre ellos están San Martín (80%), Santa Cruz Michapa (64%), Cojutepeque (53%), El Rosario (45%), Ilobasco (33%), San Pedro Perulapán (19%). Los datos corresponden a la población total de los municipios, por lo que se comprende, que la población ha crecido tanto en el área urbana como rural; dentro del análisis se ha tomando también en cuenta la extensión de los municipios con el propósito de analizar la relación entre el comportamiento poblacional y la extensión territorial. Considerando de esta manera que en la cuenca del río Quezalapa, el comportamiento poblacional posee una afectación moderada sobre la reducción de los caudales. (ver mapa anexos datos de población Región 2 y gráfica siguiente)

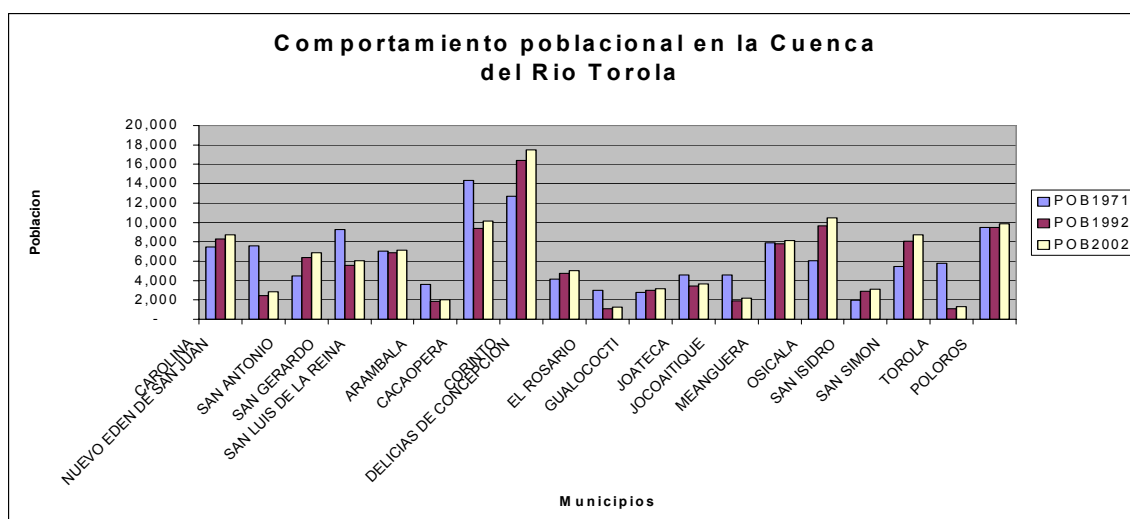


Cuenca Río Torola

Cuenca del Río Torola				
Río	Municipio	Población		
		1971	1992	2002
Torola	Cacaotera	14,343	9,351	10,123
	Corinto	12,696	16,402	17,485
	Hocicala	6,060	9,648	10,489
	Meanguera	7,899	7,781	8,109
	Jocoateca	4,552	3,411	3,646
	Arambala	3,570	1,840	2,034

Cuadro de porcentaje de aumento o disminución poblacional				
Municipio	% (+)	Cantidad / hab	% (-)	Cantidad / hab
Cacaotera			29	4,220
Corinto	27	4,789		
Osicala	42	4,429		
Meanguera	3	210		
Jocoateca			20	906
Arambala			43	1,536

Existe una diferenciación bien clara respecto al comportamiento poblacional de los municipios en esta zona, pues los que están ubicados en la parte norte de la cuenca su población ha sido reducida significativamente en cada uno de ellos: Arambala(43%), Cacaopera(29%) y Jocoateca(20%), probablemente por la migración que se dio durante este periodo por efectos de la guerra. En cambio los municipios del sur de la cuenca su población se vio incrementada: Osicala (42%), Corinto(27%) y Meanguera(3%), casi en un mismo porcentaje de la población que disminuyó en el norte. Los datos corresponden a la población total de los municipios, por lo que se comprende, que la población ha crecido tanto en el área urbana como rural; dentro del análisis se ha tomando también en cuenta la extensión de los municipios con el propósito de analizar la relación entre el comportamiento poblacional y la extensión territorial. . Considerando de esta manera que en la cuenca del río Torola, el comportamiento poblacional posee una afectación baja sobre la reducción de los caudales de la cuenca del río Torola. (ver anexos mapa datos de población Región 3 y gráfica siguiente)



Se ha analizado cada uno de los ríos que conforman las cuencas en estudio de manera independiente, ya que el comportamiento de la población en cada uno de ellos difiere en su afectación. El resultado del análisis realizado muestra que el comportamiento poblacional de estas zonas es un factor que afecta los caudales de los ríos pero no de una forma determinante, sino que es parte de un conjunto de factores integrantes que influyen en la disminución de los caudales de la zona en estudio.

6. IMPACTO ECONOMICO-SOCIAL PROVOCADO POR LA REDUCCION DE CAUDALES EN LA CUENCA DEL RIO LEMPA

El objetivo de la investigación es determinar el impacto en la población que ha generado la reducción de los caudales de los ríos que se ubican en los municipios de Nueva Concepción y Chalatenango del departamento del mismo nombre, así como del Municipio de Suchitoto

departamento de Cuscatlan y del Municipio de Osicala departamento de Morazán. En especial de las poblaciones que se ubican en las cuencas de dichas zonas.

▪ **Datos Obtenidos en la Investigación**

a) Datos en la Zona de Chalatenango

- Sus habitantes se dedican principalmente a la agricultura.
- Tienen cañerías para el abastecimiento del agua y aunque no les llega el vital líquido todos los días se programan y abastecen para no carecer del mismo.
- Sus habitantes manifiestan no usar el agua del río Quezalapa por estar sucia y mucho menos la del Embalse.
- El agua del río es usada únicamente como última alternativa o para aguar semovientes.
- Las poblaciones aledañas al río son asentamientos nuevos, surgidos después de la firma de los acuerdos de Paz. Anteriormente a 1992, manifiestan no habían asentamientos en dichas zonas, de ahí la escasa población registrada.
- A mayor distancia del río, menor es el riesgo que se percibe en cuanto a la afectación que la reducción de caudales pueda provocar en los habitantes.
- Los habitantes del casco urbano tienen poca o ninguna relación con el río Tamulasco.
- A pesar de que la mayoría de pobladores se dedican a la agricultura, esta es una economía de subsistencia ya que la mayor cantidad de ingresos que llegan a la comuna son por parte de los ingenios de caña.

b) Datos en la zona de Suchitoto

Se puede observar que más del 40% de la población tiene más de 20 años de vivir en dicha zona. Esto nos indica que la población entrevistada no es población joven, más bien es gente que ha hecho su vida a la orilla del río y difícilmente cambiaran ese hábito.

Según directivos del Comité Ambiental de Chalatenango, las principales causas de la reducción de caudales en los principales ríos de dicho departamento son las quemas indiscriminadas y la extracción de material pétreo.

Un poco más de la mitad de suelos del departamento de Chalatenango (en total tiene 200 mil hectáreas) están destinados a la *Ganadería*, en segundo lugar encontramos los *Bosques*, y en tercero, la *Agricultura*.

c) Datos de la zona de Osicala

La mayoría de pobladores manifiestan tener entre 5 y 10 años de vivir en la zona (75%). Es decir, son asentamientos nuevos surgidos a partir de 1992. Su principal fuente de abastecimiento de agua es a través del sistema de cañerías, en segundo lugar, la cantarera, y utilizan el río únicamente como último recurso para este uso.

▪ Conclusiones Preliminares

De acuerdo a fuentes primarias y secundarias utilizadas en la investigación, éstas muestran que los diferentes asentamientos ubicados en las cercanías de los ríos: Tamulasco, La Sierpe, Mojaflares, Río Grande, Quezalapa, y Osicala, son poblaciones pequeñas que se basan en una economía de subsistencia cuya mayor vulnerabilidad es la pobreza.

Estas poblaciones de acuerdo a los resultados no perciben la reducción de los caudales como un problema que afecte directamente su desarrollo, sobre todo considerando que los ríos investigados no son la fuente primaria para el desarrollo de sus actividades diarias y productivas de sus familias.

Siendo el abastecimiento de agua para el consumo familiar, una variable que podría afectar grandemente la presente investigación, se encontró que el 62% de éstas, abastecen sus necesidades de agua de fuentes alternativas existentes en la zona.

A través de la investigación se comprobó que la densidad poblacional es baja en las zonas que se ubican en las proximidades de los ríos en estudios, por tanto consideramos que los posibles impactos de estas reducciones podrían surgir en las grandes ciudades donde efectivamente existe una alta y diversa demanda del recurso hídrico.

Finalmente se rechaza que las poblaciones en las zonas de las cuencas que se ubican en el departamento de Chalatenango, Cuscatlán y Morazán hayan visto afectado sus niveles de vida producto de la reducción en los caudales de los ríos que componen las cuencas. En tal sentido la hipótesis planteada es falsa.

▪ Reflexiones

Es importante tomar en cuenta que un mal, o efectos adversos en las familias o en las poblaciones es mucho más nocivo, si éstos no son sentidos. Así, al no percibirse como tal, no habrá ninguna acción correctiva o compensadora que permita superar o reducir las fuentes generadoras. El problema se profundiza si vemos este aspecto en un contexto dinámico, es decir, la inacción en el futuro y el progresivo deterioro hasta el momento en que la recuperación es prácticamente prohibitiva o irrecuperable.

7. CONCLUSIONES GENERALES DE LA INVESTIGACION

En las áreas críticas analizadas (cuenca alta del embalse del Cerrón Grande –departamento de Chalatenango-, cuenca del río Torola, cuenca del río Quezalapa), se pueden establecer como posibles causas de la variación de los caudales en el tiempo las siguientes:

1. Decremento de precipitación en las cuencas en estudio desde un 2 – 6%
2. Posibles efectos del impacto de cambio climático que a nivel mundial ha aumentado la temperatura del planeta y han producido alteración hidroclimática.

3. Disminución de infiltración por cambios en el patrón de escurrimiento en las cuencas debido a cambios en el uso de suelos, y a usos no adecuados de los mismos.
4. Incremento en la utilización de manantiales para uso domestico

Todos estos elementos por si solos han experimentado variaciones poco perceptibles a veces, pero al interactuar generan impactos potenciados que disminuyen las cantidades de aguas superficiales disponibles en los ríos.

Para el caso específico del periodo seco noviembre 2001 – abril 2002, además de las causas anteriores, se adiciona hecho de que el país se ha visto afectado por una sequía en el periodo de invierno del año 2001, junto con el hecho de que en el año 2000 el invierno estuvo por debajo de las condiciones normales, lo que ha generó una disminución de los caudales base de los ríos. Recomendaciones:

- Profundizar en la revisión de las series de datos hidrológicos de caudales medios, máximos y mínimos, para dar mayor confiabilidad en la utilización de los mismos en estudios que demanden este tipo de información.
- Utilizar métodos estadísticos o hidrometeorológicos para completar los datos faltantes en las series históricas de las estaciones.
- Aumentar la cobertura de las estaciones hidrométricas y mejorar la capacidad de monitoreo del país, para tener información mas detallada de la variación de los caudales a nivel espacial.
- Coordinar y mejorar la toma, el procesamiento y el análisis de información de Aguas Subterráneas que permitan realizar análisis y establecer tendencias de variación de los niveles freáticos de los mantos acuíferos.
- Realizar análisis detallados del cambio en el patrón de escurrimiento superficial debido a cambios en el uso del suelo en las diferentes cuencas del país.
- Realizar análisis de Demanda Hídrica para los sectores Urbano, Industrial y Agrícola.
- Profundizar en análisis de variabilidad climática: cambios en la temperatura media en El Salvador³, variación de los regímenes y cantidades de precipitación en el país, aumento de la frecuencia y duración de eventos climáticos extremos (Fenómenos de El Niño, La Niña, Huracanes), cambios en poblaciones animales (mariposas, insectos, aves, ...)
- Impulsar la pronta creación de Ley de Aguas que regule las extracciones de agua de los ríos y las descargas de aguas negras y servidas a los mismos.
- Implementar un Plan de Ordenamiento Territorial que permita el Desarrollo del país de una forma integral y armónica con los recursos naturales.

³ En el país se ha desarrollado el estudio “Escenarios climáticos de referencia para La Republica de El Salvador” por Abel Centella, Luis Castillo y Alfredo Aguilar, en donde se observa la existencia de una tendencia estadísticamente significativa hacia el incremento de los valores de temperatura, que en términos medios indica un calentamiento del orden de 1.2 °C desde 1961 a 1990 (0.04 °C por año), siendo los años 1987, 1990 y 1987 los tres años mas calientes (con anomalías de 1.1, 0.8 y 0.7 °C respectivamente).

ANEXO 1