

Lluvia y sequía en el norte de México. Un análisis de la precipitación histórica en Chihuahua

ELIZABETH ESQUIVEL E.



INTRODUCCIÓN

En fechas recientes se han agudizado las disputas entre México y los Estados Unidos de América por la utilización del agua de la cuenca del río Bravo. En diferentes medios de comunicación se han hecho declaraciones en torno a la existencia de una «sequía severa» que ha durado varios años en los estados del

norte de México, lo que impide cumplir con los compromisos contraídos en el tratado de aguas fronterizas de 1944 entre nuestro país y los EE.UU. Por tanto, es pertinente plantearse ciertas preguntas como: ¿existe actualmente sequía en el norte de nuestra nación? Si esto es cierto ¿cuál es su severidad (magnitud,

duración, extensión espacial) respecto de otros periodos de sequía que se hayan presentado en la misma región? Por último, ¿tiene relación la sequía con el llamado cambio climático global?

¿CÓMO SE DEFINE UNA SEQUÍA?

La sequía puede considerarse como la disminución de las precipitaciones de una región respecto del valor normal en un periodo, lo que crea una escasez de agua para los diferentes usos: de almacenamiento, agrícola, municipal, industrial, etc. y para el ambiente: ríos, aguas subterráneas, humedad del suelo.

La definición de sequía depende de la historia del clima en una región específica. Así, lo que se considera como sequía en Tabasco, puede representar un clima húmedo para la zona norte del estado de Coahuila.

De acuerdo con el National Drought Mitigation Center (2002), la sequía es un rasgo normal y recurrente del clima, aunque muchos la consideran como un evento raro y fortuito. Ocurre virtualmente en todas las zonas climáticas, pero sus características varían significativamente de una región a otra. La sequía es una aberración temporal y difiere de la aridez, la cual está restringida a regiones con una baja precipitación y es un rasgo permanente del clima.

Existen tres tipos principales de sequía: meteorológica, agrícola e hidrológica. Algunos especialistas, también enfocan la sequía en términos socioeconómicos.

La sequía meteorológica es una expresión de la desviación de la precipitación respecto de la normal en un periodo de tiempo. Estas definiciones dependen de la región considerada, y se basan presumiblemente del conocimiento de la climatología regional.

La sequía agrícola ocurre cuando no existe humedad suficiente en el terreno para un cultivo determinado en un momento particular de tiempo. La sequía agrícola sucede después de la sequía meteorológica.

La sequía hidrológica se refiere a deficiencias en las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas. Se mide de acuerdo con los niveles de agua en los ríos, lagos, presas y aguas subterráneas. Se requiere un periodo de tiempo entre el déficit de precipitación y la disminución de agua en los ríos, lagunas, presas, etc. Por lo que este no es el primer indicador de la sequía.

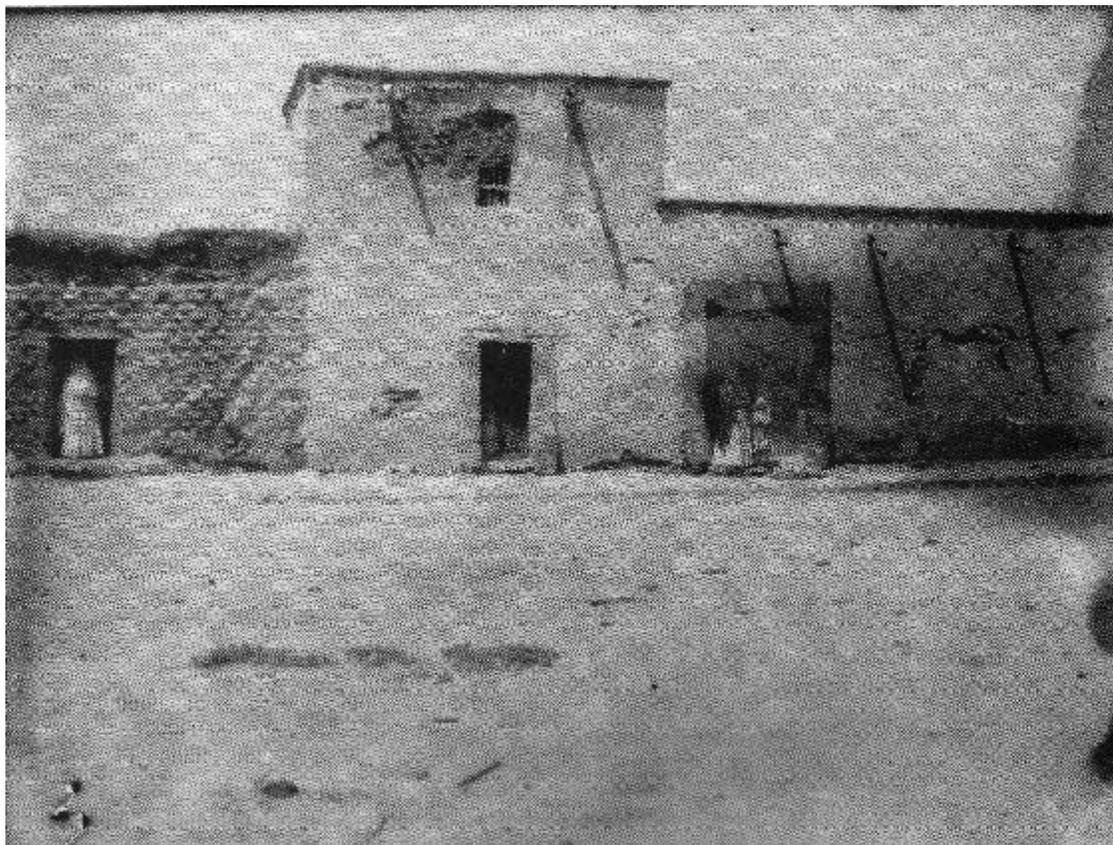
Por último, la sequía socioeconómica se presenta cuando la demanda de un bien económico excede la oferta a consecuencia de la baja disponibilidad de agua, como es el caso de los productos agrícolas o la energía eléctrica.

ANTECEDENTES DE LA SEQUÍA EN LA REGIÓN NORTE DE MÉXICO

Existen diversos reportes de la pronunciada escasez de agua en esta región:

En el estado de Tamaulipas durante la última década llovió entre 70% y 90% del promedio de la década de los sesenta. En general, durante las dos últimas décadas existe una tendencia a la disminución de la lluvia. Tal condición implica que la disponibilidad de agua en la región es menor, al aumentar la demanda y disminuir la oferta. Los conflictos recientes por uso del agua podrían ser parte de esta tendencia decadal a menores precipitaciones. Las lluvias promedio de las cuatro últimas décadas a nivel regional muestran una tendencia negativa (Uribe 2000).

En los estados de Sonora y Sinaloa, cuando se consideran las tendencias a largo plazo en la precipitación, resulta claro que la precipitación anual se ha incrementado principalmente como resultado de la precipitación en invierno. De hecho es en estos estados, donde se han detectado las tendencias positivas más pronunciadas. Además, el nivel de agua en los ríos de la región también muestra una tendencia positiva para los últimos cincuenta años. Sin embargo, durante la



década de los noventa han sido frecuentes las declaraciones de la ocurrencia de sequías (Magaña 2002).

Según Mary E. Kelly del Texas Center for Policy Studies:

En años recientes, una sequía persistente ha reducido drásticamente la cantidad de agua en las presas del Conchos (estado de Chihuahua), y las presas se encuentran más vacías que nunca después de que fueran inauguradas. Por ejemplo, La Boquilla recibía un promedio de 1,272 millones de metros cúbicos (Mm^3) entre 1935 y 1992, pero, durante la sequía (1993-1999) se redujo a 853 Mm^3 . También, de acuerdo con el informe de R.J. Brandes and Associates (presentado por los agricultores de Texas en su controversia con Méxi-

co), la cuenca del río Conchos recibió 80% de la precipitación normal para el período de 1993 a 1997. México ha contestado que los bajos niveles de precipitación, particularmente en la cuenca del Conchos, constituyen una sequía extraordinaria. Sin embargo, al comparar la precipitación entre 1995 y 1999 con la de otras épocas, el promedio de precipitación sólo llegó a los niveles más bajos hacia finales de los años 40 y principios de los años 50.

Estas referencias para cuatro estados del norte del país confirman la existencia de sequía durante la década de los 90 en el norte de México. Para evaluar estas aseveraciones, en el presente trabajo se analizan los datos de precipitación de la región de interés con el fin

de determinar los periodos históricos «secos» y «húmedos» y así compararlos con las condiciones actuales.

DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS Y METODOLOGÍA

Para el presente estudio se utilizaron datos de precipitaciones y temperaturas históricas mensuales de las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional en el periodo 1943-1995.

Se consideran tres estaciones en el estado de Chihuahua:

- . Al sur del municipio de Guadalupe y Calvo para el periodo comprendido entre 1953 y 1993.
- . Al centro del estado, en el municipio de Chihuahua, para los años 1943-1995.
- . Al norte del municipio de Juárez (Samalayuca), de 1947 a 1993.

La serie de datos para el estado de Chihuahua abarca el periodo 1990-2000.



LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES
EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA



Se analizan series de tiempo formadas por los valores de precipitación y temperatura anual promedio. Los valores anuales se obtienen al promediar los datos mensuales de cada año. El conjunto secuencial de años representa una «serie de tiempo».

En este trabajo, se considera el término «normal» desde el punto de vista estadístico. El valor «normal» se obtiene promediando los valores de precipitación anual de todo el periodo considerado, es decir, es un valor promedio histórico para la región considerada.

Entonces, se denomina periodo seco a la precipitación por debajo de lo normal y periodo húmedo a la precipitación por arriba de lo normal.

Los periodos secos y húmedos y su duración aproximada se identifican a partir de las gráficas de media móvil y residuales acumulados de la serie de tiempo. La severidad de cada periodo se cuantifica calculando la desviación respecto del valor normal.

Media móvil: su efecto es «suavizar» las irregularidades extremas, facilitando la identificación de ciclos o tendencias de forma visual (Sumner 1988). La media móvil con un periodo de cinco años, suaviza el periodo anual de los datos para permitir observar otros periodos que puedan existir en los datos.

Por su parte, los residuales acumulados permiten observar desviaciones significativas y sostenidas en la precipitación anual (Sumner 1988). En esta técnica, se suman los residuales o diferencias respecto al promedio del periodo, ya sea como cantidades absolutas o relativas. Estas diferencias son positivas para valores mayores que el promedio y negativas cuando son menores que el promedio. Cualquier cambio significativo en la serie de tiempo es indicado por un cambio de dirección en la tendencia de los residuales acumulados. Esta técnica representa una forma rápida y útil de identificar cambios en las «fases» de series anuales.

ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES

Los siguientes resultados muestran la secuencia histórica de periodos secos y húmedos por estación y se

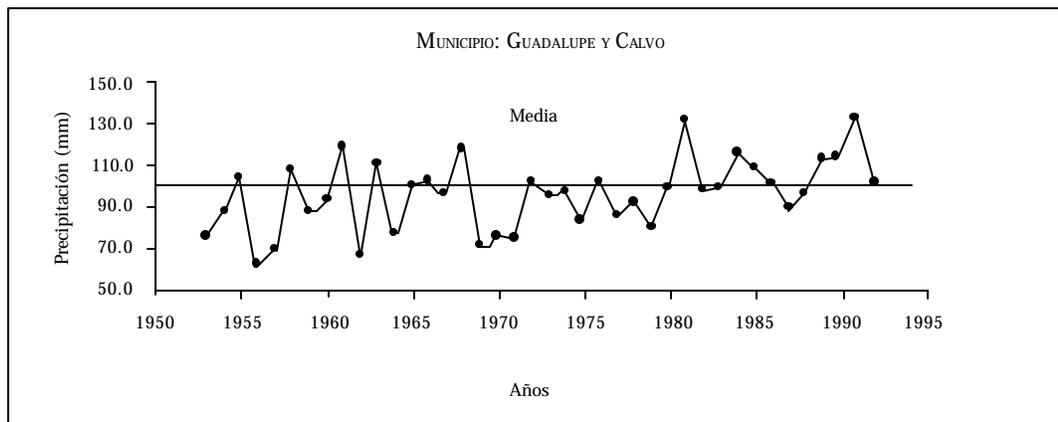
evalúa la magnitud en porcentaje respecto del valor normal, duración en años (que es la unidad temporal utilizada en este caso), extensión espacial (estaciones en el sur, centro y norte del estado de Chihuahua).

Para hacer un primer análisis de los datos se elaboraron las graficas de la precipitación media anual para los tres municipios considerados (figura 1).

Estas gráficas muestran que la precipitación presenta fuerte variabilidad alrededor del valor normal, con periodos secos y húmedos a lo largo de la serie. También se observa que el municipio de Guadalupe y Calvo en la región sur del estado, es el más húmedo con una precipitación promedio de 96 mm. Hacia el centro del estado, las precipitaciones se reducen a un promedio de 33.8 mm (menos del 50% del anterior) y hacia el norte en el municipio de Juárez a 19.4 mm (20% respecto del sur). Si consideramos a la precipitación como única fuente de abastecimiento de agua, este último municipio puede calificarse como una región árida.

Para la década de 1990-2000, los datos de precipitación media muestran valores por arriba del promedio hasta el año de 1994, y con sequía alrededor del año 1997 y hasta el fin del periodo.

FIGURA 1. GRÁFICAS DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO PARA LOS MUNICIPIOS DE GUADALUPE Y CALVO (SUR), CHIHUAHUA (CENTRO) Y JUÁREZ (NORTE) DEL ESTADO DE CHIHUAHUA



(continúa)

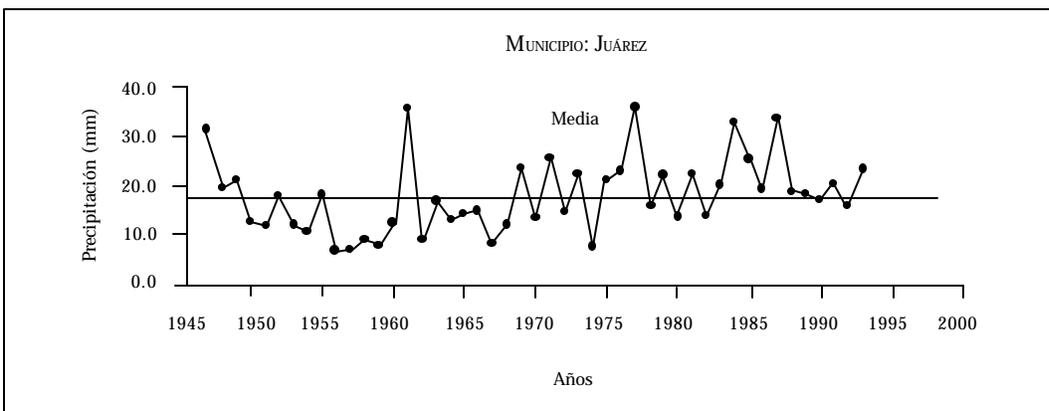
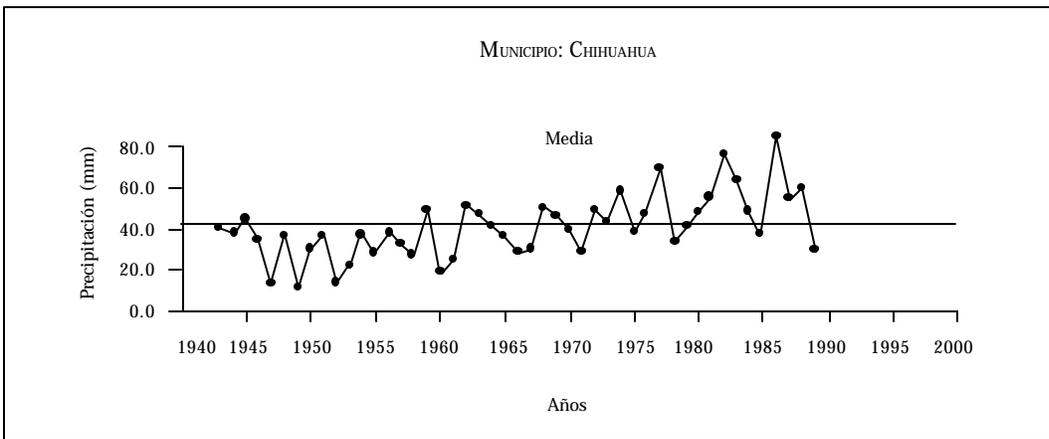
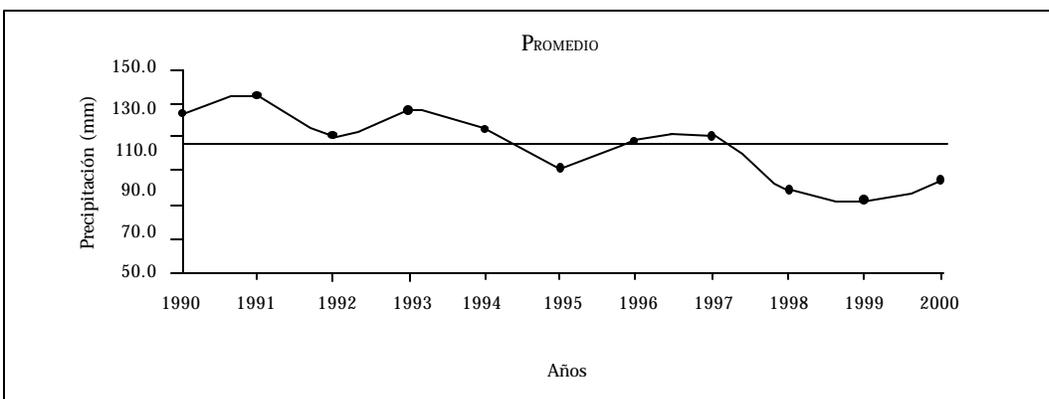


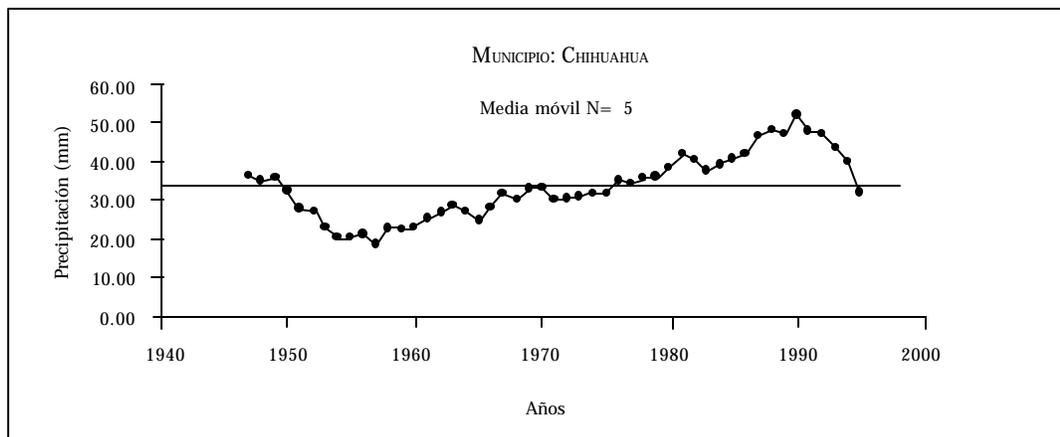
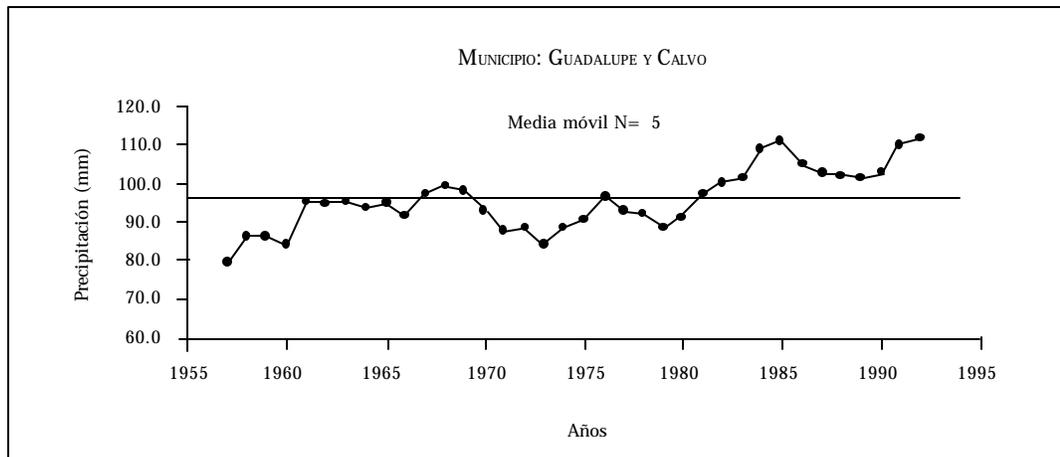
FIGURA 2. GRÁFICA DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO PARA EL ESTADO DE CHIHUAHUA (1990-2000)



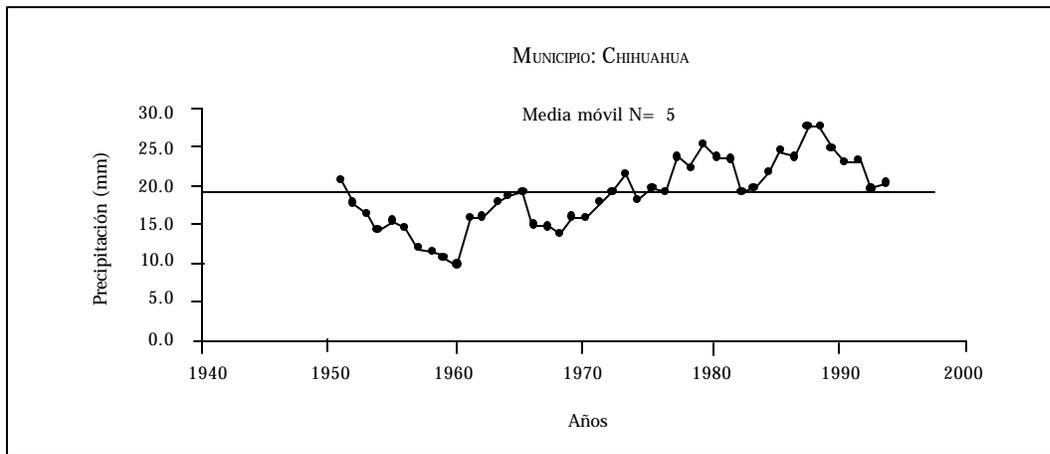
Ya que las gráficas de la precipitación anual promedio son muy variables, se aplica un suavizado por medio de una media móvil que facilite identificar más fácilmente los periodos secos y húmedos. Los resultados se

muestran en la figura 3. Estas gráficas se complementan con cuadros (cuadro 1), donde se incluyen los periodos secos y húmedos, su duración e intensidad en porcentaje respecto del promedio de todo el periodo.

FIGURA 3. GRÁFICAS DE LA MEDIA MÓVIL PARA LOS MUNICIPIOS DE GUADALUPE Y CALVO (SUR), CHIHUAHUA (CENTRO) Y JUÁREZ (NORTE) RESPECTIVAMENTE



(continúa)



CUADRO 1. SECUENCIAS HISTÓRICAS DE PERIODOS SECOS Y HÚMEDOS CON DURACIÓN MAYOR A UN AÑO PARA CADA MUNICIPIO

GUADALUPE Y CALVO (SUR)

Fecha	PERIODOS SECOS		Fecha	PERIODOS HÚMEDOS	
	Duración	Magnitud		Duración	Magnitud
1953-1954	2 años	85%	1965-1968	4 años	109%
1956-1957	2 años	69%	1972-1974	3 años	102%
1969-1971	3 años	77%	1980-1986	7 años	112%
1977-1979	3 años	89%	1988-1992	5 años	116%

MUNICIPIO DE CHIHUAHUA (CENTRO)

Fecha	PERIODOS SECOS		Fecha	PERIODOS HÚMEDOS	
	Duración	Magnitud		Duración	Magnitud
1950-1962	13 años	67%	1967-1968	2 años	109%
1964-1965	2 años	53%	1972-1973	2 años	117%
1969-1971	3 años	76%	1980-1981	2 años	141%
1993-1995	3 años	65%	1984-1988	5 años	144%
			1990-1992	3 años	162%

Fecha	PERIODOS SECOS		Fecha	PERIODOS HÚMEDOS	
	Duración	Magnitud		Duración	Magnitud
1950-1960	11 años	66%	1947-1949	3 años	131%
1962-1968	7 años	73%	1975-1977	3 años	146%
			1983-1989	7 años	131%

En las gráficas de la figura 3 y cuadros correspondientes se observa que los periodos secos o «sequías» se han presentado con frecuencia y duración variable en los tres municipios. Para el sur se encuentran cuatro periodos de sequía de duración no mayor a tres años. Para el centro también se observan cuatro periodos incluyendo una sequía prolongada con una duración de 13 años y para el norte sólo pueden definirse dos periodos secos con precipitación por debajo del promedio pero también se presentó un evento de sequía prolongada hasta por 11 años.

Un término comúnmente usado para calificar el grado de una sequía es su *severidad*. La severidad combina dos factores: la magnitud (desviación en porcentaje respecto del valor normal) más la duración.

Durante la década de los años 1950 tuvo lugar la sequía más severa del periodo. Afectó a los tres municipios en aproximadamente la misma magnitud con alrededor del 67% de la precipitación normal. Este periodo de sequía fue más severo para el centro y norte del estado debido a su mayor duración.

En la década de los 60 se presentó un nuevo periodo de sequía, pero su extensión abarcó solamente los municipios de Chihuahua (centro) y Juárez (norte) con diferente duración en los dos casos. El efecto de esta sequía se manifestó en el municipio de Guadalupe y Calvo al sur del estado, solo hasta finales de la década, entre 1969 y 1971.

Se observa que a excepción de la década de los años 1950, la sequía no presenta un patrón espacial definido. Afectando simultáneamente una mayor o menor área del estado. También se encuentra que la sequía puede afectar solo durante un año intercalándose con años o periodos húmedos, mientras que en otros casos se prolonga dos o más años.

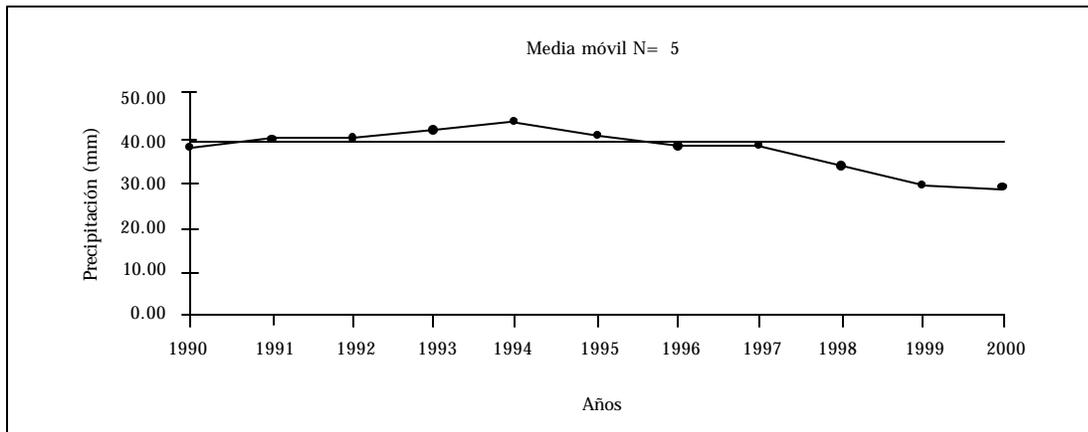
Respecto de los periodos húmedos, se observa una variabilidad similar a la de sequía. Sin embargo, para los municipios de Guadalupe y Calvo y Chihuahua, se observa una tendencia positiva: aumenta en magnitud y duración con el tiempo hasta aproximadamente el año 1993.

De acuerdo con la gráfica del promedio móvil para la década de los noventa, se presentó un lapso de sequía a partir del año 1996 persistiendo esta condición hasta el año 2000 y con valores de precipitación del 80% del valor promedio. Este resultado confirma la presencia de sequía durante la década de los noventa en el estado de Chihuahua.

Una forma más clara y sencilla de observar las tendencias en la precipitación es mediante el método de los residuales acumulados explicado anteriormente.

Para el municipio de Guadalupe y Calvo en el sur del estado, la gráfica de residuales acumulados (figura 5) muestra una tendencia negativa hasta el año 1980, en el cual el gráfico muestra un cambio significativo a una tendencia positiva.

FIGURA 4. GRÁFICA DEL PROMEDIO MÓVIL Y PERIODOS SECOS Y HÚMEDOS PARA EL ESTADO DE CHIHUAHUA



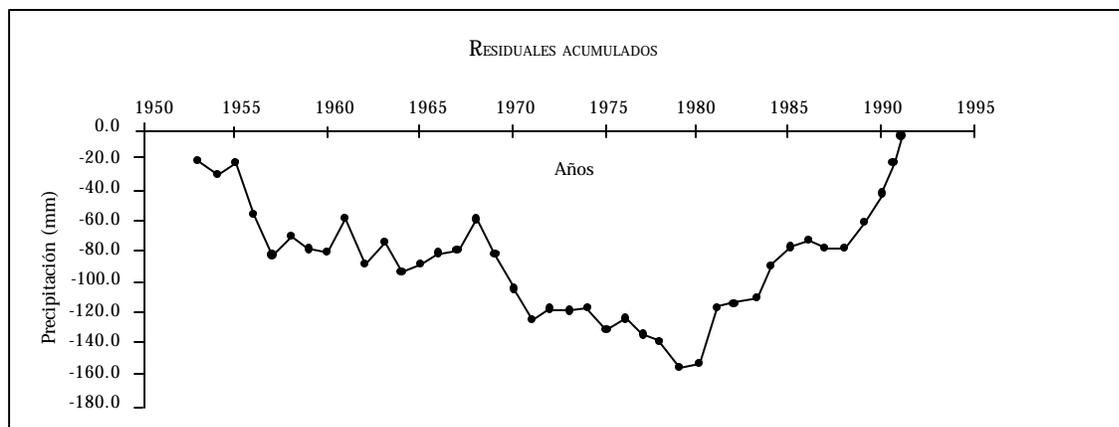
CUADRO 2. SECUENCIAS HISTÓRICAS DE PERIODOS SECOS Y HÚMEDOS CON DURACIÓN MAYOR A UN AÑO

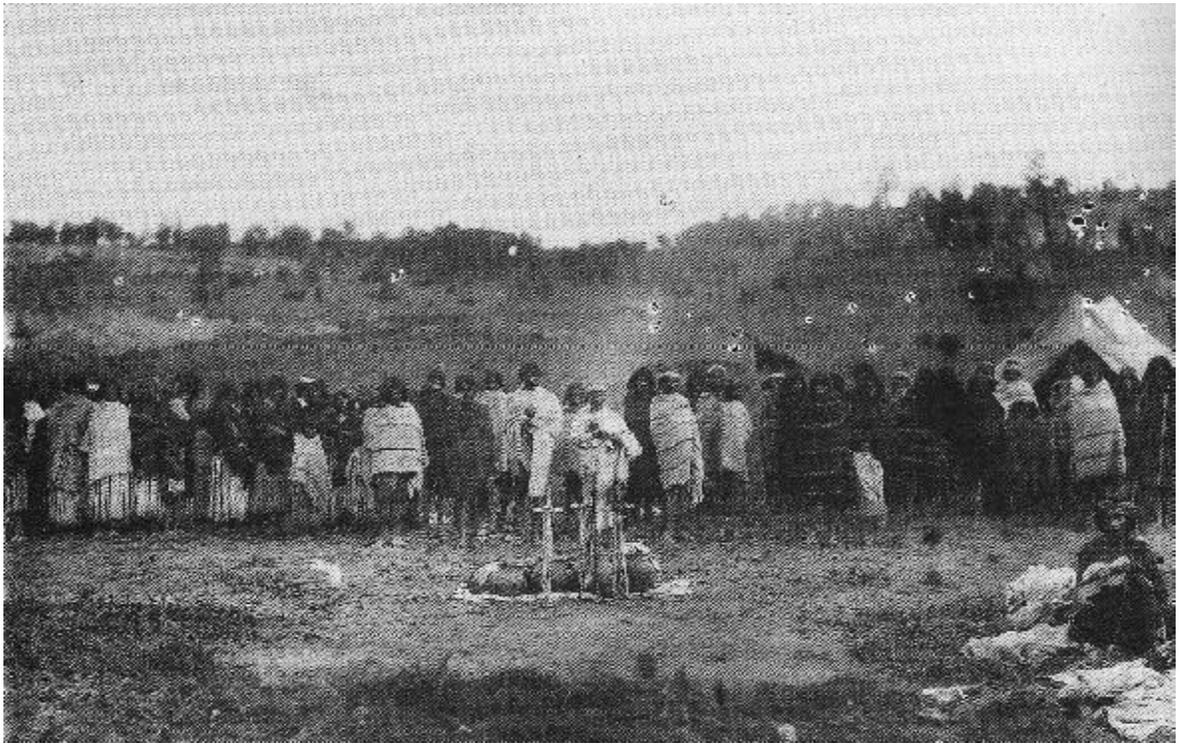
ESTADO DE CHIHUAHUA 1990-2000

FECHA	PERIODOS SECOS		FECHA	PERIODOS HÚMEDOS	
	DURACIÓN	MAGNITUD		DURACIÓN	MAGNITUD
1996-2000*	5 años	80%	1993-1995	3 años	106%

* Fin de los datos.

FIGURA 5. GRÁFICO DE RESIDUALES ACUMULADOS PARA EL MUNICIPIO DE GUADALUPE Y CALVO (SUR).

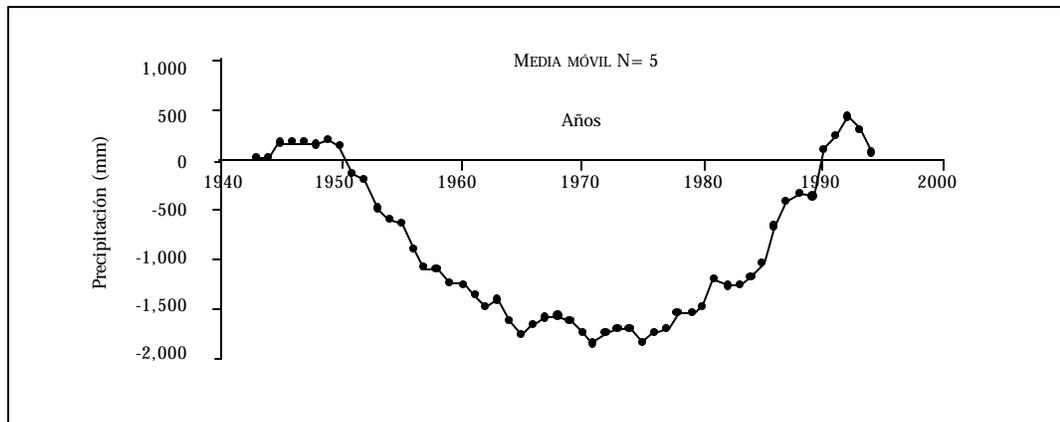




En la gráfica de residuales acumulados para el municipio de Chihuahua (figura 6), hasta el año 1950 los residuales son positivos y sin tendencia pero a partir de este año, los residuales presentan una tendencia negativa que continúa hasta 1975. Para este

año, la tendencia se vuelve positiva con residuales positivos desde 1990 al año 1993. Aquí la gráfica coincide con los resultados obtenidos anteriormente, y la tendencia vuelve a ser negativa coincidiendo con el periodo de sequía de los años 1993 a 1995.

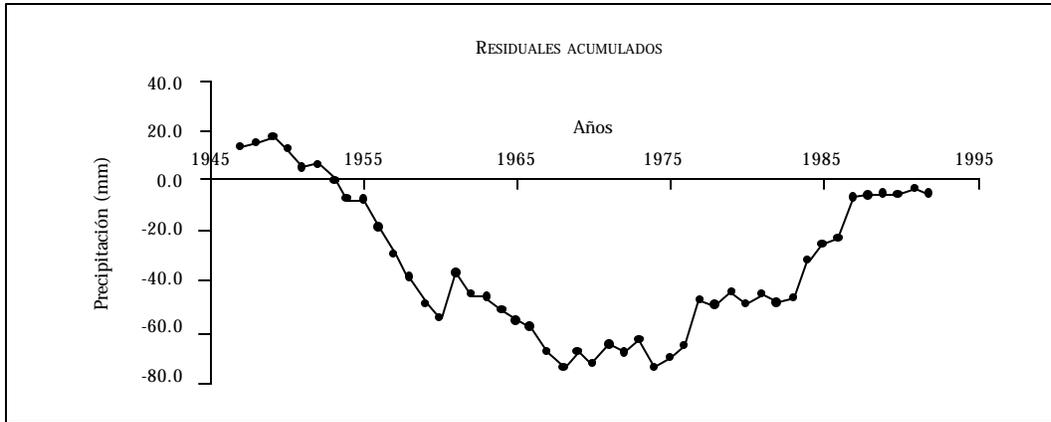
FIGURA 6. GRÁFICO DE RESIDUALES ACUMULADOS PARA EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA AL CENTRO DEL ESTADO



En la gráfica de residuales acumulados (figura 7), en el municipio de Juárez también se encuentra un periodo húmedo con residuales positivos hasta el año 1949. Aunque los residuales continúan siendo

y se prolonga hasta 1968. A partir de este último año, no se observa una tendencia clara pero se vuelve positiva de 1975 a 1987. Después la gráfica no muestra una tendencia clara.

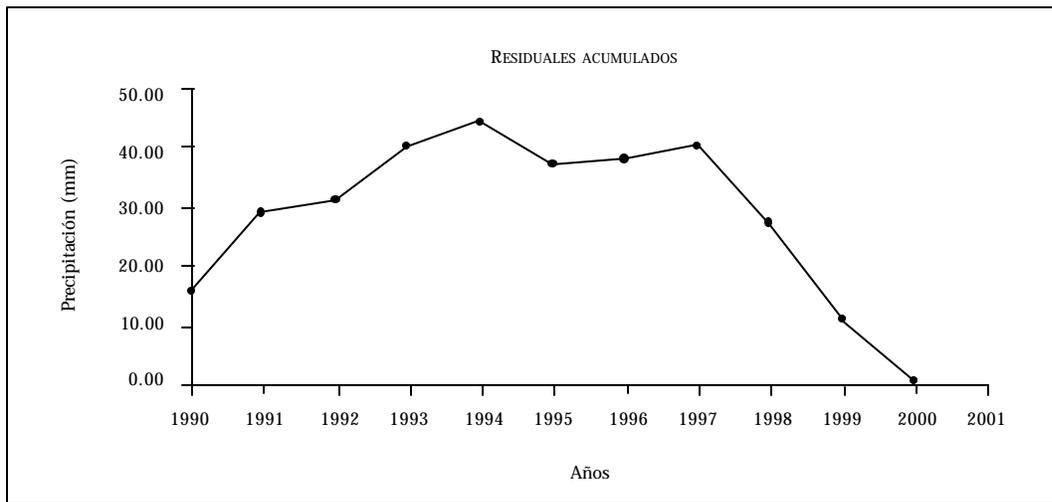
FIGURA 7. GRÁFICO DE RESIDUALES ACUMULADOS PARA EL MUNICIPIO DE JUÁREZ EN EL NORTE DEL ESTADO



positivos hasta el año 1952 aproximadamente, se observa una tendencia negativa a partir del año 1950

Es de particular interés analizar los residuales acumulados de 1990 a 2000 que se muestran en la figura 8.

FIGURA 8. GRÁFICO DE RESIDUALES ACUMULADOS PARA EL ESTADO DE CHIHUAHUA PARA EL PERIODO 1990 – 2000



A partir de 1990 y hasta 1994, los residuales acumulados muestran una clara tendencia positiva. Posteriormente, no hay una tendencia clara hasta 1997 donde se invierte para convertirse en una tendencia negativa hasta el fin del periodo considerado por los datos. La tendencia se vuelve negativa porque se acumulan valores de precipitación por debajo del promedio cuya suma es mayor a la suma de los valores de precipitación por arriba del promedio.

ANÁLISIS DE TEMPERATURA

La sequía meteorológica es el resultado de un déficit en la precipitación, sin embargo, existen otros factores que influyen en su severidad: la tempera-

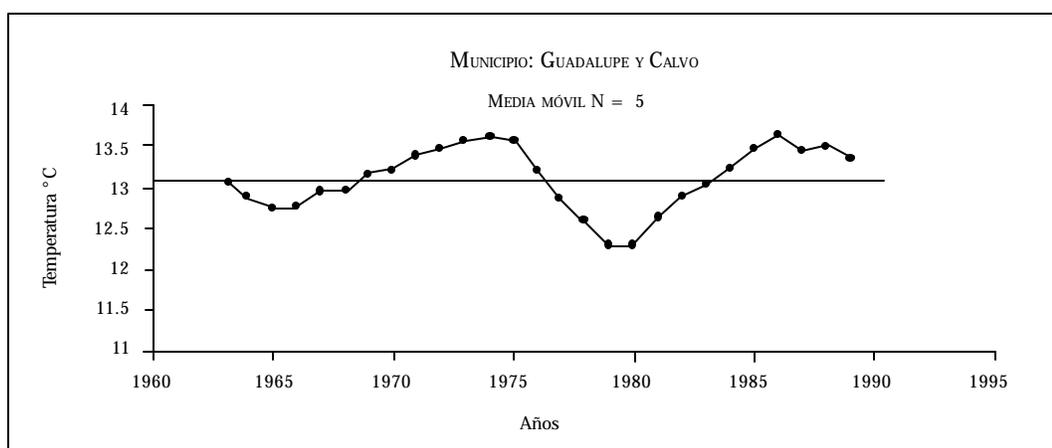
tura, la intensidad del viento, la humedad relativa, la insolación y la nubosidad.

Se sabe que las temperaturas altas pueden agravar la sequía. Para el caso de este análisis, se agregan datos de temperatura para las mismas estaciones con el fin de investigar si existe una correlación negativa significativa entre las variables precipitación y temperatura. De esta forma, se determina si la temperatura fue un factor agravante de la sequía en un periodo dado.

En la estación Guadalupe y Calvo al sur del estado, la temperatura media varió de un máximo de 14.4 °C a un mínimo de 12 °C entre los años de 1959 a 1989.

De la misma manera que para la precipitación, se calcula la media móvil para definir periodos de temperatura arriba del promedio y por debajo del promedio.

FIGURA 9. GRÁFICA DE LA MEDIA MÓVIL PARA EL MUNICIPIO GUADALUPE Y CALVO AL SUR DEL ESTADO DE CHIHUAHUA



CUADRO 3. SECUENCIAS HISTÓRICAS DE PERIODOS POR ARRIBA Y POR DEBAJO DEL PROMEDIO CON DURACIÓN MAYOR A UN AÑO.

TEMPERATURA: GUADALUPE Y CALVO (SUR)

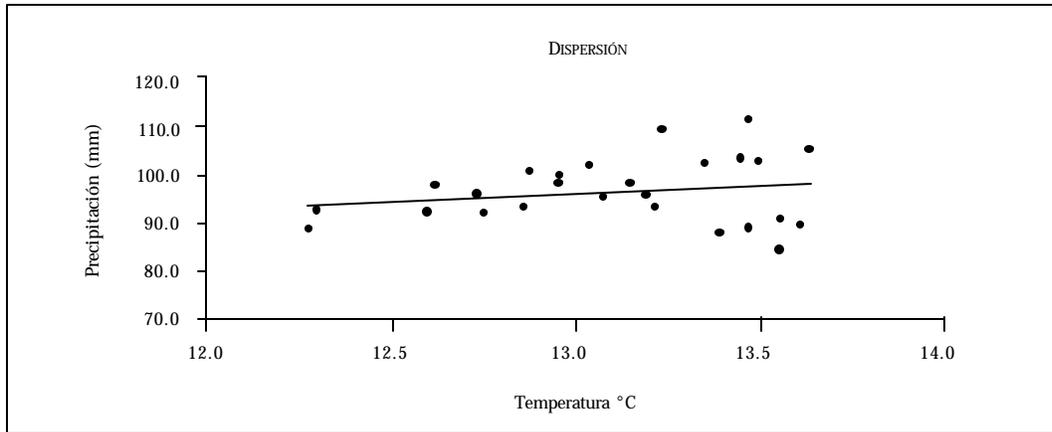
PERIODOS POR ARRIBA DEL PROMEDIO			PERIODOS POR DEBAJO DEL PROMEDIO		
Fecha	Duración	Magnitud	Fecha	Duración	Magnitud
1969 - 1976	8 años	102%	1964 - 1968	5 años	99%
1984 - 1989*	6 años	102%	1977 - 1983	7 años	98%

* Fin de los datos.

Comparando el cuadro 3 con el 1 para el municipio correspondiente, se observan coincidencias aparentes entre las dos variables. Particularmente, de 1969 a 1979 se presentó un periodo seco con temperaturas por arriba del promedio y de 1964 a 1968

mente positiva. Para cuantificar la relación entre las variables, se calcula el coeficiente de correlación para el periodo 1959-1989 y se obtiene un valor de + 0.2, que corresponde a una tendencia positiva. Es decir, este valor del coeficiente de correlación es poco sig-

FIGURA 10. GRÁFICA DE LA DISPERSIÓN ENTRE LAS VARIABLES TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN PARA LA ESTACIÓN GUADALUPE Y CALVO



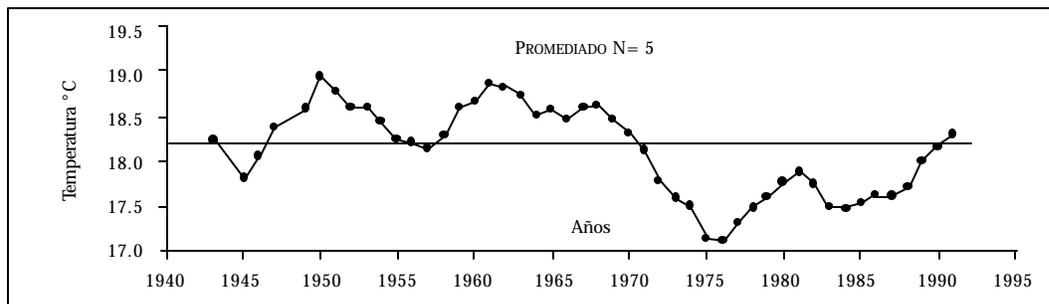
coinciden temperaturas por debajo del promedio con una época húmeda. Para verificar estas afirmaciones, se analiza el comportamiento conjunto de las dos variables por medio de una gráfica de dispersión y el coeficiente de correlación entre ellas.

En la gráfica se observa que los datos se ajustan de manera aproximada a una tendencia lineal ligera-

nificativo y no es concluyente respecto de cómo varía la precipitación en relación con la temperatura.

En la estación Chihuahua se alcanzó un valor promedio máximo de temperatura de 19.5 °C y un mínimo de 16.4 °C en el periodo considerado (1943-1995). La gráfica de media móvil y los periodos de temperatura arriba del promedio y por debajo del promedio son:

FIGURA 11. GRÁFICA DEL PROMEDIO MÓVIL PARA EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA AL CENTRO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA



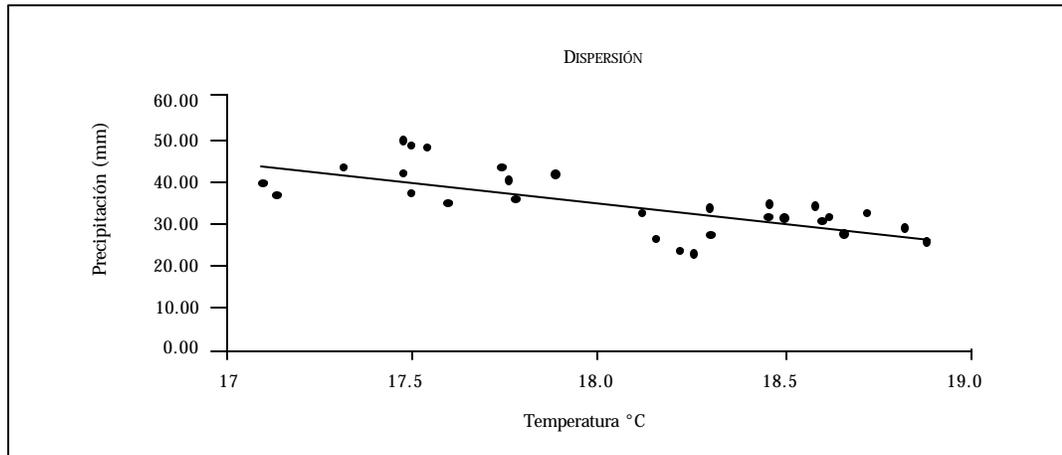
TEMPERATURA: MUNICIPIO DE CHIHUAHUA (CENTRO)

PERIODOS POR ARRIBA DEL PROMEDIO			PERIODOS POR DEBAJO DEL PROMEDIO		
Fecha	Duración	Magnitud	Fecha	Duración	Magnitud
1947-1955	9 años	102%	1971-1990	20 años	98%
1958-1970	13 años	102%			

La gráfica de dispersión siguiente sirve para ver el comportamiento conjunto de las variables temperatura y precipitación.

Este valor es significativo y al ser negativo, expresa que al aumentar la temperatura disminuye la precipitación. Por lo tanto, en el caso de la estación Chi-

FIGURA 12. GRÁFICA DE LA DISPERSIÓN ENTRE LAS VARIABLES TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN PARA LA ESTACIÓN CHIHUAHUA



De acuerdo con la gráfica de dispersión, en el caso de la estación Chihuahua se presenta una tendencia lineal negativa, lo que significa que al aumentar la temperatura se da una disminución en la precipitación.

Al calcular el coeficiente de correlación entre las variables de interés se obtiene un valor igual a -0.73 .

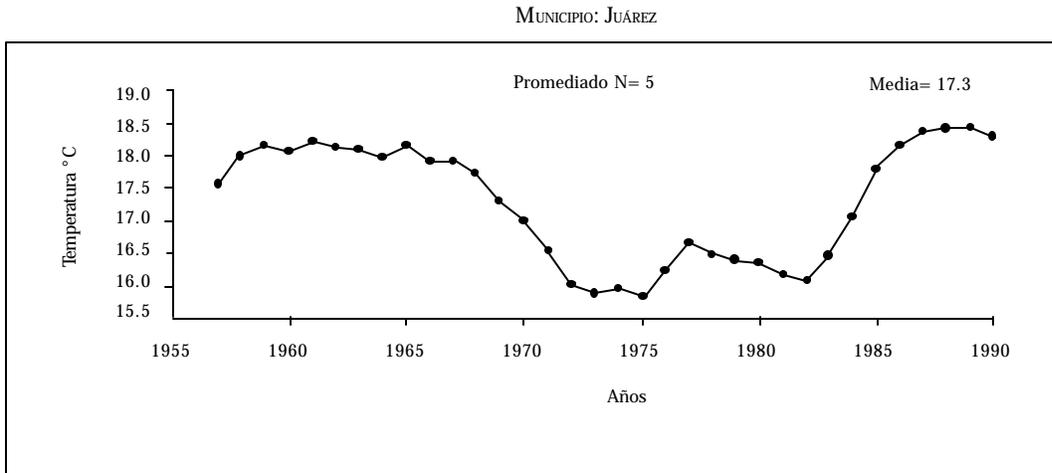
huahua y para el periodo considerado, se puede afirmar que las altas temperaturas si fueron un factor agravante de la sequía.

En la estación Samalayuca, municipio de Juárez, la temperatura promedio máxima y la mínima para el periodo fueron $19.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $14.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Para esta estación los gráficos de media móvil y temperaturas por arriba del promedio y por debajo del promedio son:

Como en el caso de la estación Chihuahua, la gráfica de dispersión muestra también un ajuste aproximado a una tendencia lineal negativa.

FIGURA 13. GRÁFICA DEL PROMEDIO MÓVIL PARA EL MUNICIPIO DE JUÁREZ AL NORTE DEL ESTADO DE CHIHUAHUA



CUADRO 5. SECUENCIAS HISTÓRICAS DE PERIODOS POR ARRIBA Y POR DEBAJO DEL PROMEDIO CON DURACIÓN MAYOR A UN AÑO

MUNICIPIO DE JUÁREZ (NORTE)

PERIODOS POR ARRIBA DEL PROMEDIO			PERIODOS POR DEBAJO DEL PROMEDIO		
Fecha	Duración	Magnitud	Fecha	Duración	Magnitud
1957-1968	12 años	104%	1970-1984	15 años	95%
1985-1990*	8 años	103%			

* Fin de los datos.

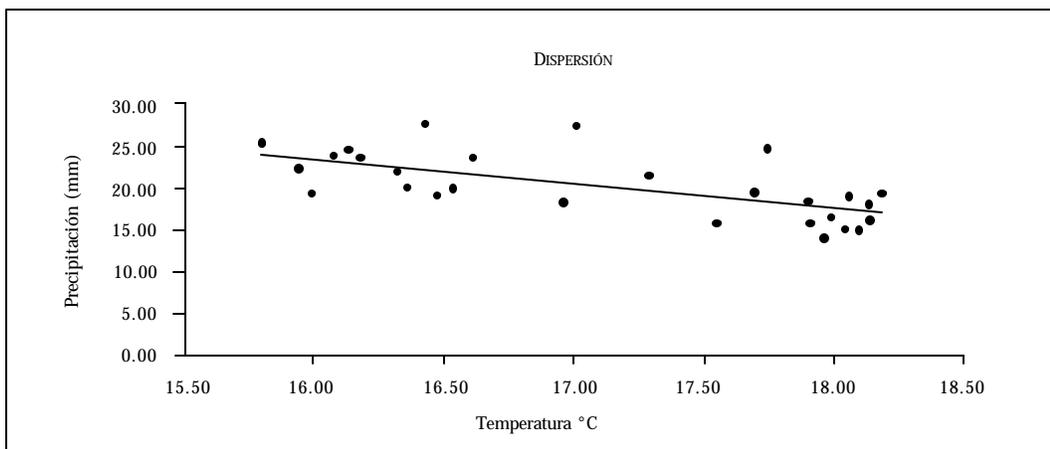
En el gráfico de media móvil se observan claramente tres cambios en la fase del gráfico, teniendo en dos periodos de temperatura por arriba del promedio y un periodo de temperaturas por debajo del promedio.

Nuevamente se obtienen el gráfico de dispersión y el coeficiente de correlación para verificar cómo están relacionadas las variables precipitación y temperatura.

El valor del coeficiente de correlación para la estación Samalayuca en el periodo considerado es -0.67 , valor que también puede considerarse significativo y debido al signo negativo, verifica la hipótesis de que a mayor temperatura se presentan menores valores de precipitación.

Si se presentan en un cuadro los coeficientes de correlación respecto de los valores de precipita-

FIGURA 14. GRÁFICA DE LA DISPERSIÓN ENTRE LAS VARIABLES TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN PARA LA ESTACIÓN JUÁREZ



ción y temperatura promedio para cada una de las estaciones definidas, nos encontramos con la siguiente información:

bles de precipitación y temperatura, es decir, en las zonas con poca precipitación y altas temperaturas, la temperatura si es un factor agravante de la sequía.

CUADRO 6. VALORES DE PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA Y COEFICIENTE DE CORRELACIÓN PARA LAS TRES ESTACIONES

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN (MM)	TEMPERATURA (°C)	COEF. CORR.
Guadalupe y Calvo (Sur)	96.1	13.1	0.20
Chihuahua (Centro)	34.2	18.1	-0.73
Samalayuca (Norte)	20.2	17.1	-0.67

Se puede observar que en las estaciones de Chihuahua y Samalayuca tienen precipitaciones promedio mucho más bajas que la estación Guadalupe y Calvo al sur del estado e inversamente, sus temperaturas promedio son más elevadas. También se encuentra que precisamente en las estaciones de zonas que son áridas o tienden a ser áridas, si existe una correlación negativa significativa entre las varia-

CONCLUSIONES

Los resultados muestran para la variable «precipitación promedio anual», que efectivamente se han presentado eventos de sequía en ese estado durante la década de los años 90. Sin embargo, cuando se consideran los periodos históricos secos se encuentra que la sequía es una condición recurrente en la región y

que ha llegado incluso a ser más severa durante la década de los años 50 abarcando un periodo de hasta 13 años en el municipio de Chihuahua con una precipitación del 67% respecto de la normal.

En cuanto a la distribución espacial del fenómeno, este ha afectado a las tres zonas: sur, centro y norte con frecuencia, aunque con mayor severidad a las de menor precipitación que son el centro y norte del estado. Respecto de la precipitación como fuente de agua, el norte del estado (municipio de Juárez) puede considerarse como árido, es decir, la precipitación normal es muy baja en todo el periodo de tiempo considerado.

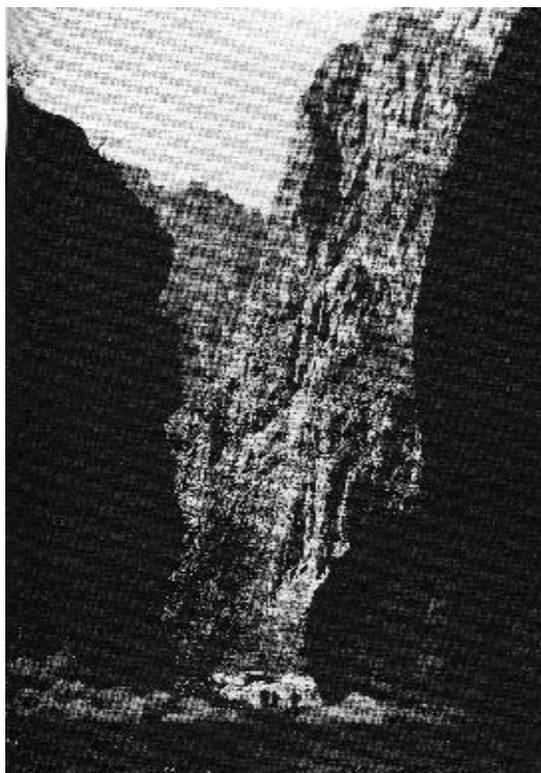
El análisis de los datos de temperaturas históricas muestra que las temperaturas altas son un factor agravante de la sequía en las zonas que tienden a menores precipitaciones.

¿Por qué se han considerado los eventos de sequía de la década de los 90 como extraordinarios si históricamente ha habido periodos de sequía más severa?

La sequía es un fenómeno en el que se interrelaciona la parte natural-climática con los aspectos socioeconómicos. En los estados del norte del país ha crecido la demanda del agua debido al aumento de la población y las actividades económicas como la agricultura y la industria. También se argumenta un uso inadecuado del agua tanto en los usos agrícolas como municipales: aguas contaminadas, no hay reciclamiento, pérdidas por fugas en los sistemas de distribución, entre otros. Todo esto pone presión a las reservas de agua.

Así, los periodos de sequía de 1995 y de 1998 a 2000 se han agravado como resultado de las actividades humanas, ya que la demanda del agua ha excedido a la disponible por precipitación en el terreno, ríos, acuíferos y presas.

De acuerdo con este análisis, se puede concluir que la sequía es un fenómeno recurrente del clima de este estado y por lo tanto, es necesario elaborar



medidas de mitigación y adaptación que conduzcan a un uso sustentable del agua. Para ello es necesario tener una comprensión del clima regional, y el conocimiento tanto de las fuentes de abastecimiento de agua así como de las formas de utilización.

En este estudio los efectos del cambio climático global no son aparentes pues la variabilidad mostrada por la precipitación, parece seguir patrones similares de hace 30 a 40 años que es el tiempo considerado. Tal vez se requiera que los datos analizados cubran un periodo de tiempo mucho mayor para poder identificar los efectos mencionados y construir modelos de predicción.

BIBLIOGRAFÍA

Magaña Rueda, Víctor O. 2002. *Adaptation to Climate Change Hermosillo, Sonora: a case study*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM, México.

Kelly, Mary E. 2001. El Río Conchos un Informe Preliminar. Texas Center for Policy Studies.
National Drought Mitigation Center 2002. *What is Drought?* University of Nebraska-Lincoln.

Sumner, Graham 1988. *Precipitation: Process and Analysis*. John Wiley, pp. 351-359.

Uribe Alcántara, Edgar 2000. Análisis de la variabilidad de la precipitación en Tamaulipas. Tesis. Fac. de Ciencias. UNAM.



ELIZABETH ESQUIVEL E. se desempeña como Jefa del Departamento de Análisis Espacial y Estándares Cartográficos de la Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas del Instituto Nacional de Ecología. Correo-e: nesquive@ine.gob.mx.
FOTOGRAFÍAS: Instituto Nacional Indigenista (INI) 1996. *Carl Lumholtz. Montañas, duendes, adivinos...* INI, México.