

1.2.2.5.2 Análisis de los escurrimientos

De acuerdo con la figura 1.13, donde se muestran las estaciones hidrométricas así como las climatológicas, lo más sencillo es trabajar con los escurrimientos puesto que sólo son dos estaciones hidrométricas y están ubicadas casi a la salida de la cuenca, aforando las dos principales corrientes de la cuenca (los ríos Sonora y San Miguel). Las estaciones por analizar son: El Orégano, con 50 años de registro y El Cajón, con 21 años.

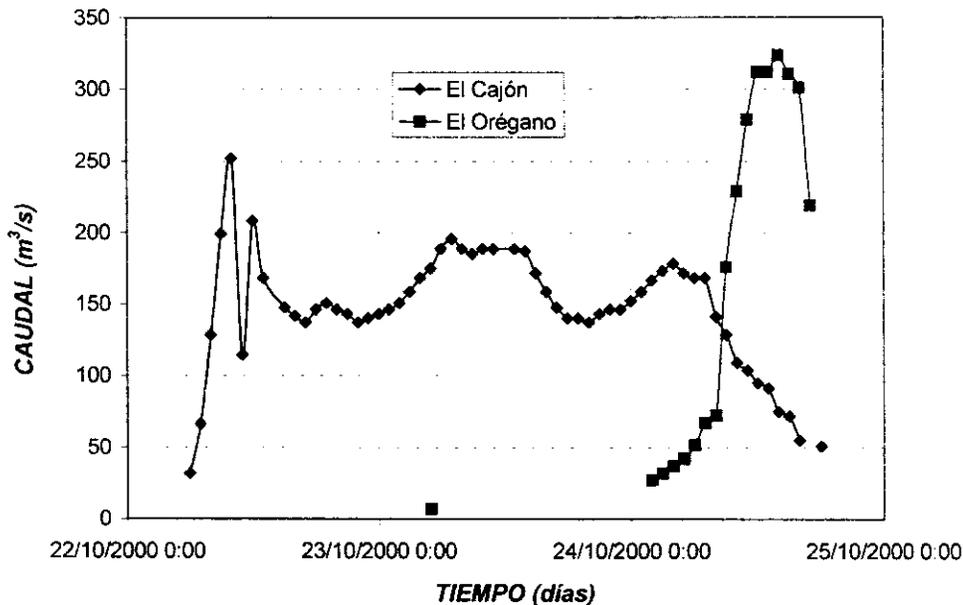


Figura 1.18 Aforos en las hidrométricas del río Sonora

La figura 1.18 presenta el seguimiento de los caudales registrados tanto en la hidrométrica El Orégano como en El Cajón. En el primer caso es claro el efecto de la crecida, aunque sólo se cuente con datos durante ese intervalo; en el caso de la hidrométrica El Cajón, al inicio se observan variaciones extrañas y posteriormente no es claro el paso de la avenida.

Para estimar el periodo de retorno (T_r) de los escurrimientos registrados en las dos estaciones se procedió a ajustar funciones de distribución de probabilidad (fdp) a las muestras de gastos. Posteriormente se extrapolaron algunos valores con T_r grande. El resultado del mejor ajuste se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1.20 Resumen de los ajustes a los registros históricos, m³/s, de las estaciones hidrométricas.

Tr	ESTACIÓN	
	El Cajón (DG)	El Orégano (G2p)
10,000	876	2,110
5,000	830	2,081
2,000	769	2,004
1,000	724	1,917
500	677	1,804
200	616	1,624
100	569	1,472
50	521	1,311
20	454	1,086
10	396	907
5	289	716
2	100	427
Q máx	252	324
Tr ajuste	4.7	1.5

Las letras entre paréntesis indican la Función de Distribución de Probabilidad que mejor se ajustó al registro histórico. DG – Doble Gumbel; G2p – Gamma con dos parámetros.

Como puede verse, el resultado indica que el caudal registrado en la hidrométrica El Cajón corresponde a un periodo de retorno aproximado de 5 años, mientras que en la estación El Orégano se tuvo una crecida con 1.5 años de periodo de retorno. En este sentido, las crecientes registradas son frecuentes; sin embargo, esta afirmación contrasta con los daños registrados.

Este primer resultado muestra que el análisis de los escurrimientos no es el enfoque adecuado para tratar el problema, por lo que se procedió a analizar las lluvias, ya que esta variable presenta menos incertidumbre respecto al escurrimiento, que depende de la regulación del cauce.

1.2.2.5.3 Análisis de las precipitaciones

Las estaciones climatológicas significativas en la cuenca, de conformidad con información proporcionada con la Gerencia Estatal de C.N.A., son las siguientes:

Gerencia (15)	El Orégano (19)
Bacanuchi (19)	Querobabi (19)
Banamichi (22)	Rayón (14)
El Cajón (14)	

Los números entre paréntesis indican el número de años que forman el registro histórico de la estación

Después de extraer los registros históricos de cada una de las estaciones mencionadas se procedió a ajustar fdp a las muestras de precipitaciones, semejante al realizado con los caudales. Posteriormente se extrapolaron algunos valores con Tr grande, el resultado que se muestra en la tabla 1.21 se debe interpretar de la manera siguiente.

La primera serie de renglones muestra los valores de precipitación extrapolados en cada estación, para los periodos de retorno indicados en la primera columna. La segunda serie indica el valor de lluvia acumulada registrado durante los días 22 y 23 y, finalmente, en el último renglón se define el periodo de retorno para el mayor valor registrado durante la tormenta.

Tabla 1.2.3.2 Resumen de los ajustes a los registros históricos, mm, de las estaciones climatológicas.

Tr	E S T A C I Ó N							
	Gerencia (GUM)	Gerencia (DG)	Bacanuchi (DG)	Banamichi (DG)	El Cajón (DG)	El Orégano (DG)	Querobabi (DG)	Rayón (DG)
10,000	130	124	888	128	205	207	132	167
5,000	124	119	810	123	194	195	126	159
2,000	115	111	711	117	180	179	118	147
1,000	109	105	637	112	170	166	112	139
500	102	99	562	107	159	154	106	131
200	93	92	463	100	145	138	98	120
100	87	86	388	95	134	125	92	113
50	80	80	311	90	123	113	86	105
20	72	72	205	84	109	96	78	94
10	65	66	114	78	97	82	71	86
5	58	59	57	72	85	67	64	78
2	47	47	45	50	61	48	47	61
Día 22		51.8	6	5	83.9	20	65	N.R.
Día 23		84.5	71.3	52	71	28.2	34	124
Tr ajuste		87.5	6	2.3	3.3	1.1	1.3	309

Las letras entre paréntesis indican la Función de Distribución de Probabilidad que mejor se ajustó al registro histórico. *GUM* - Gumbel, *DG* - Doble Gumbel. En la estación Gerencia, aunque el mejor ajuste se obtiene con la función Gumbel, para una mayor consistencia en las extrapolaciones se usa también la función Doble Gumbel (como en el resto de las estaciones), sin embargo, los resultados muestran valores similares. N.R. significa que la estación no registró ningún valor.

De acuerdo con los resultados obtenidos el evento registrado el día 23 de octubre tuvo un periodo de retorno de 309 años. Aún después de obtener el valor antes mencionado, existen algunos puntos cuya reflexión es interesante:

Para tratar de disminuir el error de las extrapolaciones debido a que los registros históricos son cortos, el mayor de ellos cuenta con 22 años y en promedio se cuenta con 17 años, se llevó a cabo una regionalización que consiste en juntar los datos de lluvia de las estaciones dividiendo cada uno de ellos entre la precipitación media de su correspondiente registro. De esta manera se obtiene una nueva serie con 104 datos, correspondientes a igual número de años.

Al observar los resultados de las extrapolaciones se observa que los valores correspondientes a la estación Bacanuchi son mayores a los del resto de las estaciones. Debido a que el comportamiento en las extrapolaciones no es semejante al del resto, se deduce que puede haber algún problema en la estación, por lo que en el análisis de regionalización se omitirá este registro.

El valor registrado en Rayón (124 mm) representa en cualquiera otra estación (excepto en Bacanuchi) un periodo de retorno mayor de 50 años, lo que conlleva a que efectivamente la lluvia registrada el día 23 de octubre debe considerarse extraordinaria.

1.2.3 Conclusiones y recomendaciones

La precipitación del día 23 fue un evento extraordinario con un periodo de retorno de 275 años, según el análisis regional de las lluvias.

Por otra parte, del análisis de escurrimientos no es posible concluir respecto al periodo de retorno del evento registrado. Esto se debe a que al desbordarse los ríos los aforos en las estaciones hidrométricas no contemplan esos volúmenes que se han separado del flujo de la corriente. Por tanto, sólo se sabe que los periodos de retorno obtenidos son menores a los reales pero no en qué magnitud.

Adicionalmente al estudio realizado, la información referente a la hidrométrica *El Cajón* muestra problemas en el registro de aforos (al inicio de la gráfica se tiene una variación tanto del nivel como del caudal muy raras; nunca se refleja el efecto de la crecida, como en la otra estación) por lo que sus registros deben ser utilizados con cautela.

Desde el punto de vista de la Protección Civil una primera solución que permitiría conocer con antelación los efectos de alguna posible inundación sería una red de monitoreo tanto de lluvia como de escurrimiento. Esta red puede comenzar a funcionar con algunas adecuaciones a las estaciones climatológicas existentes y, tal vez para el caso de los escurrimientos, construir alguna adicional.

El complemento a esa primera solución tiene que ver con la seguridad de los habitantes de la zona, para lo cual se deben encaminar esfuerzos en dos direcciones: la más sencilla se refiere a reubicar algunas pequeñas comunidades, alejadas de la corriente. La otra atañe a comunidades o zonas cuya reubicación es demasiado complicada y en este caso, sería necesario llevar a cabo un estudio detallado de la zona para adecuar a ella obras de protección.

Finalmente, la ampliación de los registros de lluvia sería una herramienta muy útil en términos de prevención.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Comisión Nacional del Agua, "Datos Hidráulicos de las regiones del país", Subdirección General de Planeación, Gerencia de Planeación Hidráulica, Junio 1998.

EFFECTOS DEL HURACÁN KEITH EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS, OCTUBRE DE 2000*

1.3 Introducción

El huracán Keith se presentó en el periodo 28 de septiembre - 6 de octubre. Dicho fenómeno se originó en el mar Caribe como la Depresión Tropical núm. 15 en el Océano Atlántico y que evolucionó hasta la categoría de huracán con intensidad 4, el día 1 de octubre. En su trayectoria a través del sur de la península de Yucatán tuvo un descenso en su intensidad, convirtiéndose nuevamente en depresión tropical. Sin embargo, al salir hacia el Golfo de México, su intensidad se incrementó, llegando a huracán categoría 1 el día 5 de octubre. Este día entró a tierra al sur de Tamaulipas, produciendo fuertes precipitaciones y vientos.

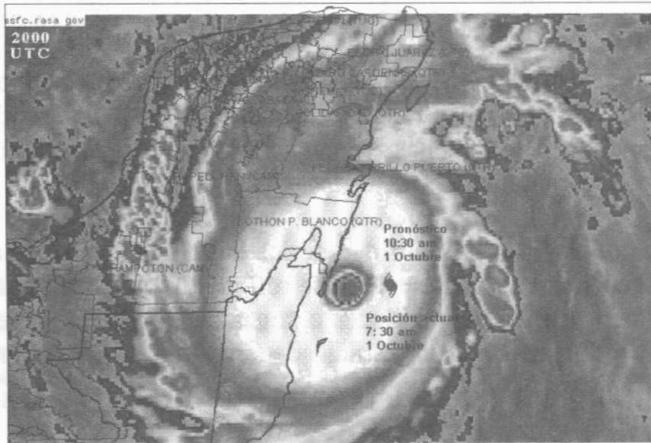


Figura 1.19 Huracán "Keith" categoría 4, 1/oct/2000

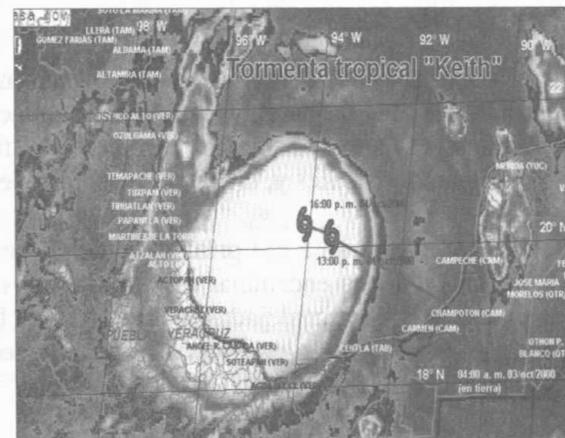


Figura 1.20 Tormenta tropical "Keith", 4/oct/2000

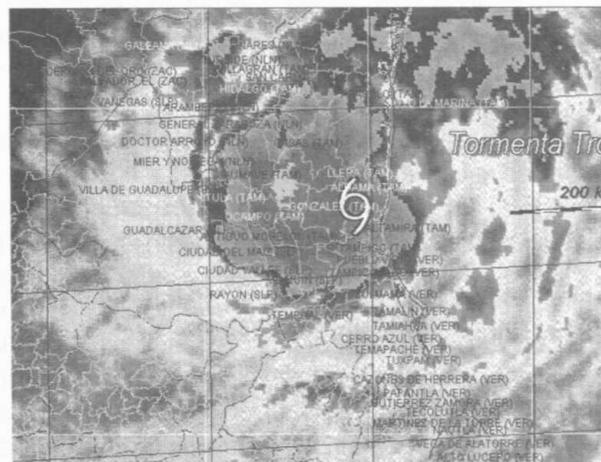


Figura 1.21 Huracán "Keith" categoría 1, 5/oct/2000

* Martín Jiménez Espinosa y María Teresa Vázquez Conde. Área de Riesgos Hidrometeorológicos

Al entrar a tierra, el huracán Keith comenzó a debilitarse. Su trayectoria se vio frenada por el Frente Frío No. 4, lo que impidió que continuara hacia el noroeste, hacia el estado de Nuevo León. Únicamente los remanentes del huracán llegaron a este estado.

1.3.1 Distribución de la lluvia

El huracán entró a tierra por la población de Lomas del Real, en la costa sur de Tamaulipas (figuras 1.22 y 1.23), entre los municipios de Altamira y Aldama. Los efectos más notables fueron la lluvia y el viento principalmente sobre la cuenca del río Guayalejo, que descarga al sistema lagunar cercano a la ciudad de Tampico, donde también vierte sus aguas el río Pánuco.

De acuerdo con la distribución de la lluvia acumulada (tabla 1.22), la máxima acumulación se presentó a la izquierda de la trayectoria del huracán, afectando principalmente a los municipios de Gómez Farías, Ocampo, Xicotencatl y El Mante, en el estado de Tamaulipas. Cabe señalar que el huracán Keith se manifestó hasta el día 6 de octubre, después de esta fecha la lluvia fue producto de la interacción de los remanentes del huracán con el Frente Frío No. 4. En la tabla 1.22 se presenta la precipitación registrada en varias estaciones representativas de la cuenca del río Guayalejo. En ella se observa que la estación “Sabinas” acumuló una lámina de lluvia de 468.5 mm entre el 5 y 9 de octubre, siendo la precipitación media anual en el estado de 772.9 mm. Esto quiere decir que en 5 días llovió poco más de la mitad de lo que se precipita normalmente al año.

Figura 1.22
Trayectoria del
Huracán “Keith”

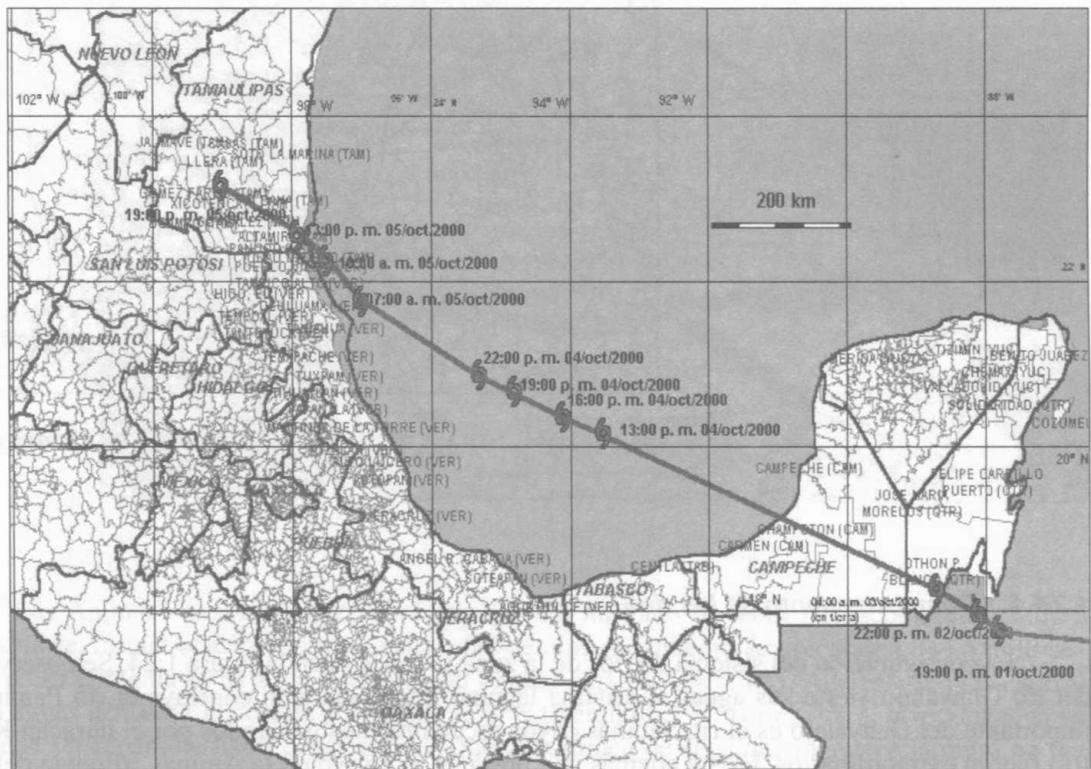


Tabla 1.22 Lluvias registradas en el mes de octubre

Estación	Municipio	Lluvia máxima, mm	Fecha	Acumulado del 5 al 9 de octubre, mm
La Encantada	Llera	143.90	6 oct.	155.70
San Gabriel	Xicotencatl	77.20	6 oct.	139.30
Sabinas	Gómez Farias	366.50	6 oct.	468.50
La Servilleta	El Mante	211.50	6 oct.	387.30
Río Frío	El Mante	202.00	6 oct.	363.30
Magiscatzin	Magiscatzin	129.10	6 oct.	164.70
Tamesi	González	70.00	6 oct.	135.00
Tampico	Tampico	34.00	6 oct.	57.50
Sierra Gorda	Victoria	129.60	6 oct.	191.00

En lo que respecta a las lluvias diarias máximas registradas en el período (figura 1.23) el pico de la tormenta se localizó entre los municipios de Gómez Farias y Xicotencatl, con una precipitación máxima de 366.5 mm en 24 horas registrada en la estación Sabinas. Esta precipitación es la máxima registrada en todo el registro histórico de la estación, que data desde 1966, por lo que se considera un período de retorno de 35 años, aunque es probable que sea mucho mayor, ya que no se recuerda una tormenta similar en el pasado.

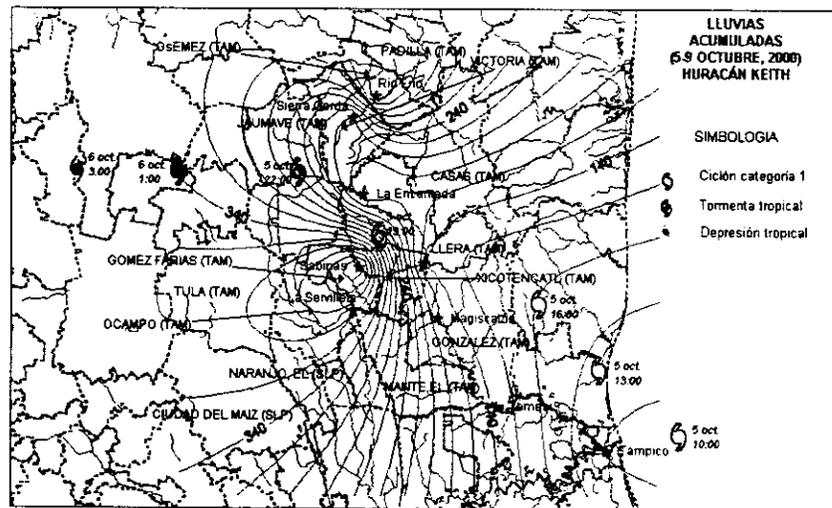


Figura 1.23 Lluvias máximas diarias

1.3.1.1 Comportamiento de los ríos

La configuración del sistema de ríos de la zona se muestra en la figura 1.24. Se observa que la cuenca del río Guayalejo vierte sus aguas al sistema lagunar donde también confluye el río Pánuco. Un afluente importante del Guayalejo es el río Sabinas cuyos escurrimientos generados por el huracán Keith y el frente frío fueron extraordinarios. Existe además una presa en el arroyo de la Animas, afluente del río Guayalejo, denominada Estudiante Ramiro Caballero o “Las Ánimas, ubicada a pocos kilómetros de la confluencia del río Guayalejo al río Tamesi.