

3. Sequía histórica y evaluación del impacto

El objetivo de este capítulo es evaluar la frecuencia histórica de las sequías, duración y extensión espacial de las sequías anteriores, así como la caracterización de demanda, la disponibilidad de suministro, almacenamiento, y los impactos durante estos períodos de sequía.

Los métodos a utilizar para la caracterización histórica de la sequía de acuerdo con los lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía, así como las medidas preventivas y de mitigación, que podrán implementar los usuarios de las aguas nacionales para lograr un uso eficiente del agua durante sequía publicados en el DOF el 22 de noviembre de 2012 son:

1.- El **Índice de Precipitación Estandarizado** (Standardized Precipitation Index, SPI): valor resultante del análisis de los registros de precipitación, que sirve para determinar la severidad y temporalidad de una sequía.

Representa el número de desviaciones estándar que cada registro de precipitación se desvía del promedio histórico. Registros de precipitación superiores al promedio histórico del mes correspondiente, darán valores del SPI positivos, esto representa condiciones de humedad; registros de precipitación inferiores al promedio histórico del mes correspondiente, arrojarán valores del SPI negativos, lo cual indica una intensidad en el déficit de humedad.

En la tabla 3.1 se muestran los rangos de los valores del SPI y su respectiva fase o categoría de sequía.

Tabla 3.1.- Valores y fases del SPI.

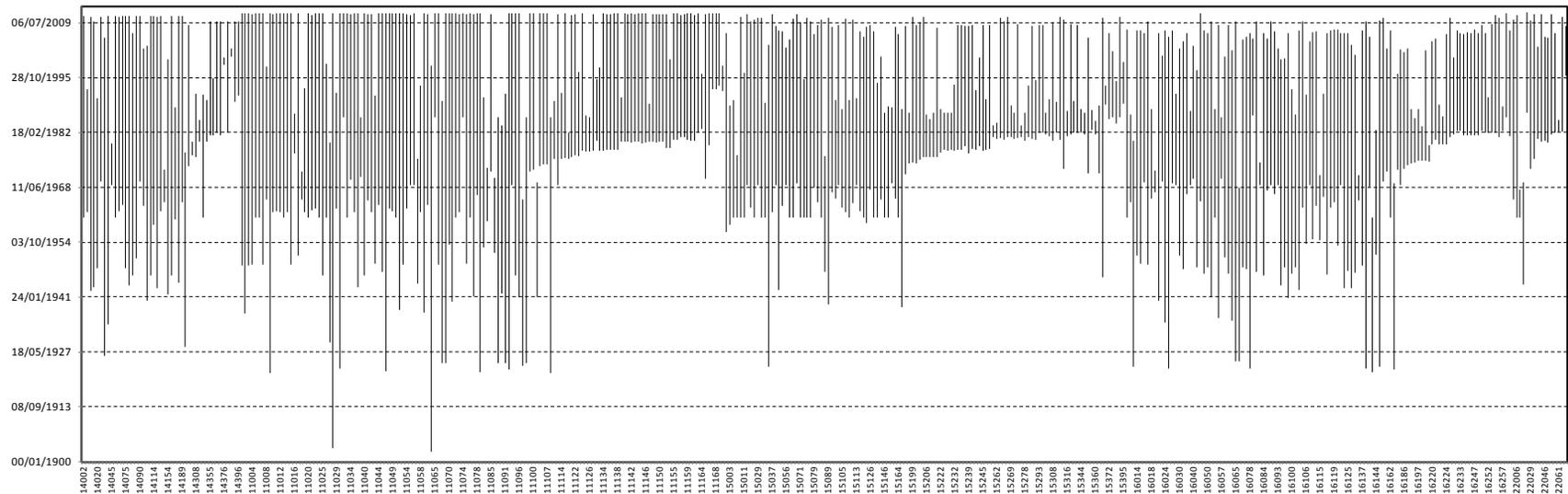
Valor del SPI	Fase o categoría de la sequía
2.00 y más	Extremadamente húmedo
1.50 a 1.99	Muy húmedo
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Condiciones normales
-1.00 a -1.49	Sequía moderada
-1.50 a -1.99	Sequía severa
-2.00 y menos	Sequía extrema

Fuente: Marco teórico, programas de medidas preventivas y de mitigación de la sequía.

3.1 Evaluación histórica de la sequía

3.1.1 Evaluación histórica de la sequía empleando el SPI

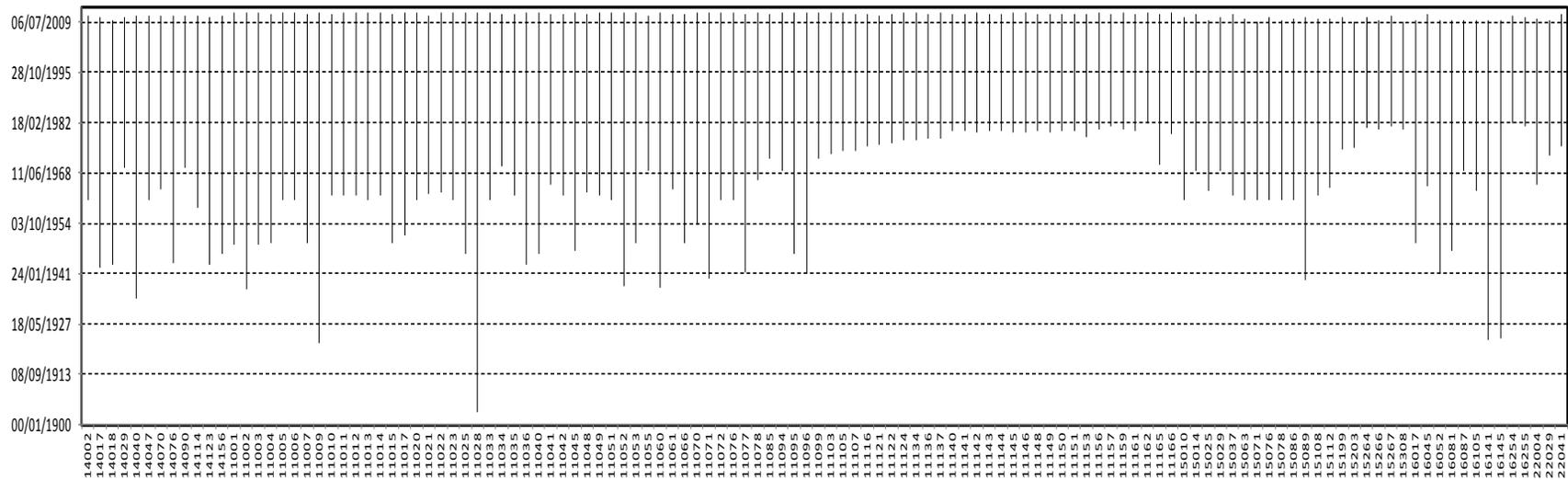
Para la cuenca Lerma-Chapala se cuenta con un total de 433 estaciones meteorológicas, dichas estaciones cuentan con periodos de información muy variados e irregulares. A continuación se muestra una gráfica que muestra dicha irregularidad de periodos de información.



Para llevar a cabo la caracterización de la sequía histórica mediante el Índice de Precipitación Estandarizado, es necesario realizar la estandarización de criterios y periodos de información con los cuales se va trabajar. Por tal motivo, se realizó un filtrado de estaciones con los criterios siguientes:

- Estaciones cuyo periodo de información sea igual o mayor al año 2009.
- Estaciones que cuenten con un periodo de información de mínimo 30 años.
- Estaciones cuyo margen de ausencia de información no sobrepase el 15%.

Con lo que se obtienen un total de 122 estaciones. La siguiente gráfica muestra los periodos de información para las estaciones resultantes.



En la Figura 3.1 y 3.2 se pueden apreciar tanto la totalidad de estaciones de la cuenca Lerma-Chapala, así como las estaciones seleccionada para el análisis del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).

Cabe mencionar que en la Figura 3.2 las estaciones marcadas con puntos negros corresponden a las que maneja el Servicio Meteorológico Nacional, y las estaciones en color verde corresponden a las que integran la red básica.

Figura 3.1. Estaciones climatológicas de la cuenca Lerma-Chapala.

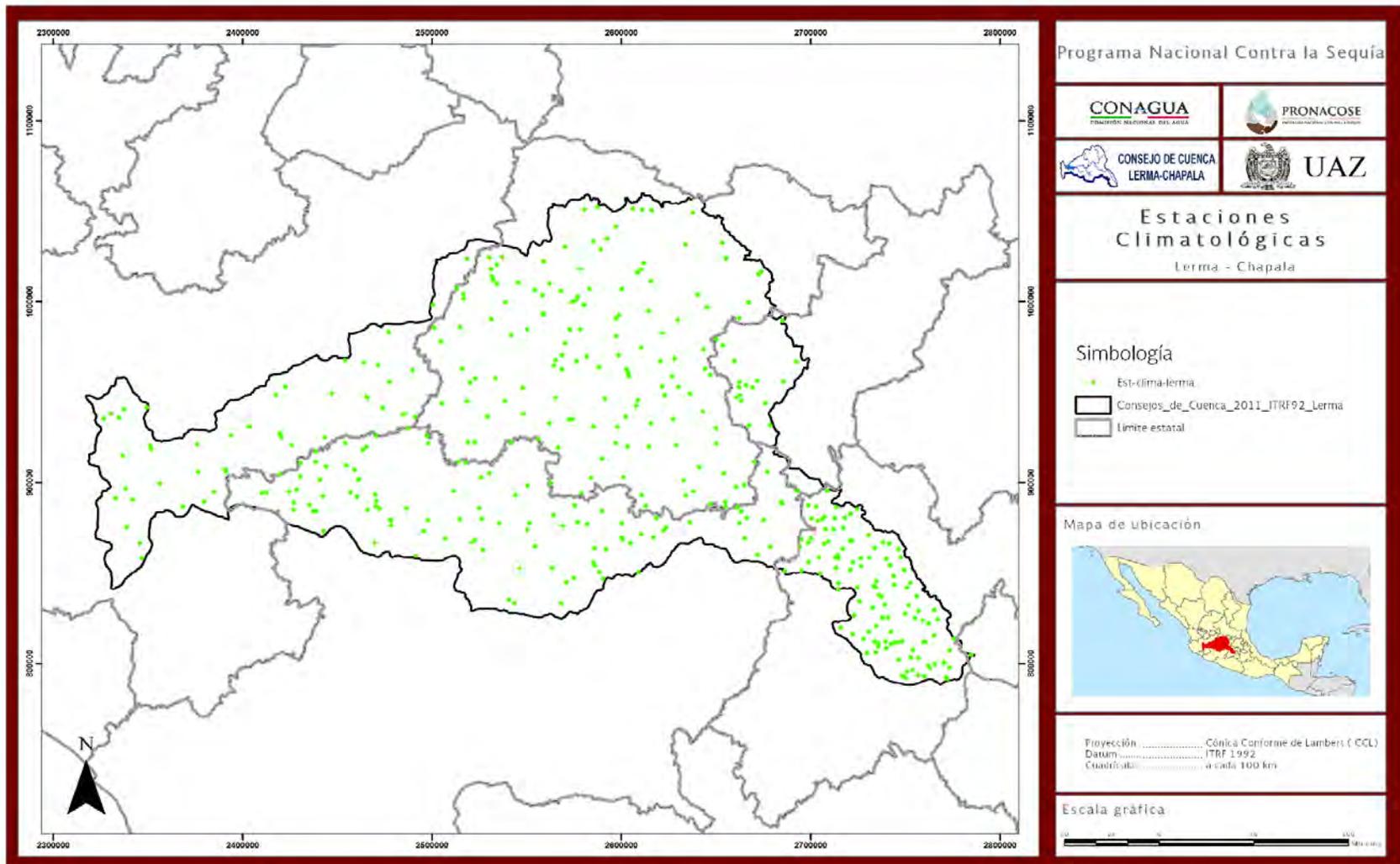
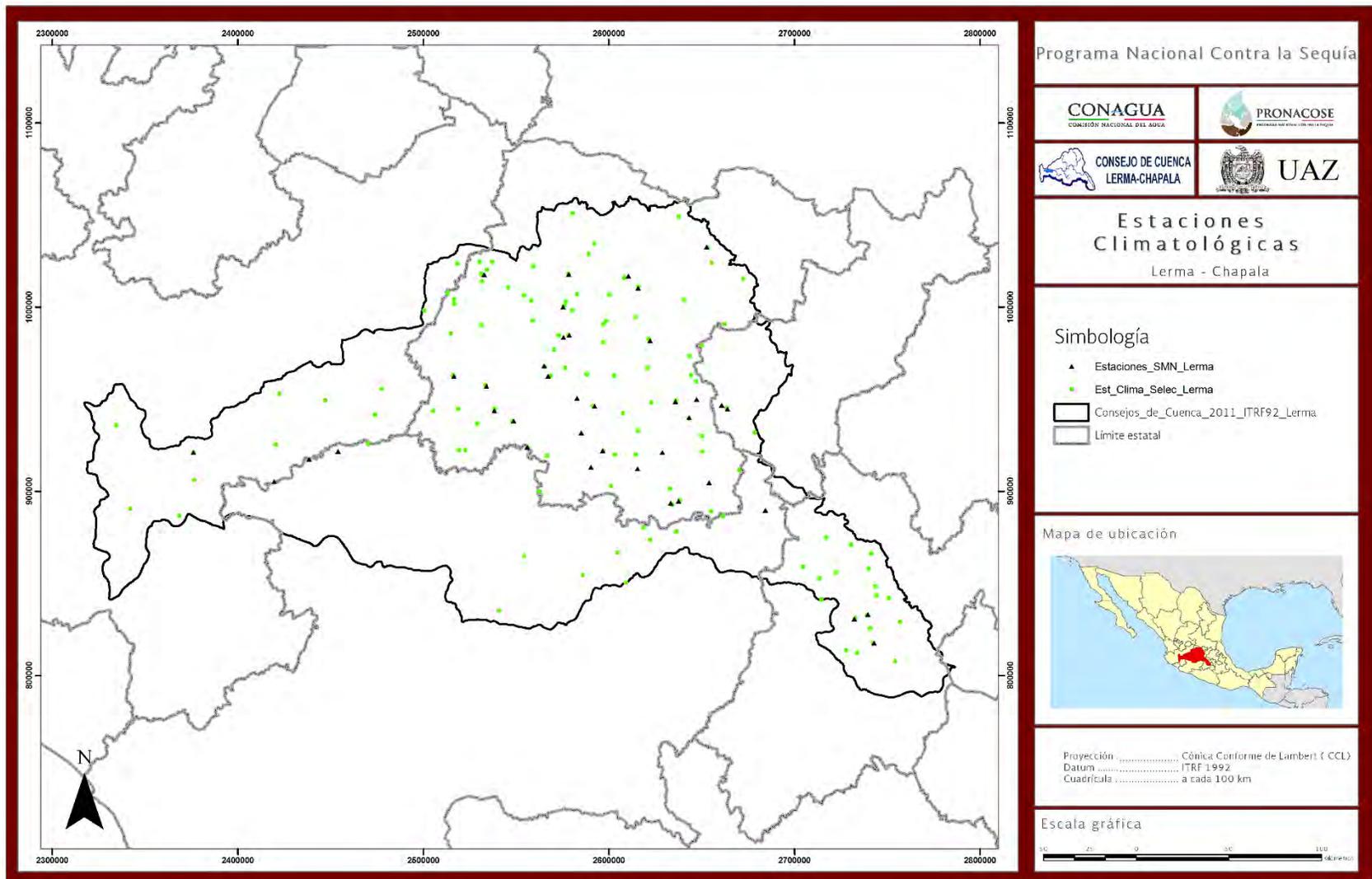


Figura 3.2. Estaciones climatológicas seleccionadas de la cuenca Lerma-Chapala para el SPI.



3.1.1.1 Metodología para la preparación de los archivos “.dat” consumidos por el spi.exe

La metodología que se siguió para el cálculo del SPI a partir de una serie de registros históricos de precipitaciones proporcionados por las estaciones que se encuentran dentro de las cuencas Lerma y Santiago, fue a través de la elaboración de un programa en Visual Basic para hacer uso de los datos de registro, del cual su funcionamiento se describe a continuación:

3.1.1.1.1 Pantalla de inicio

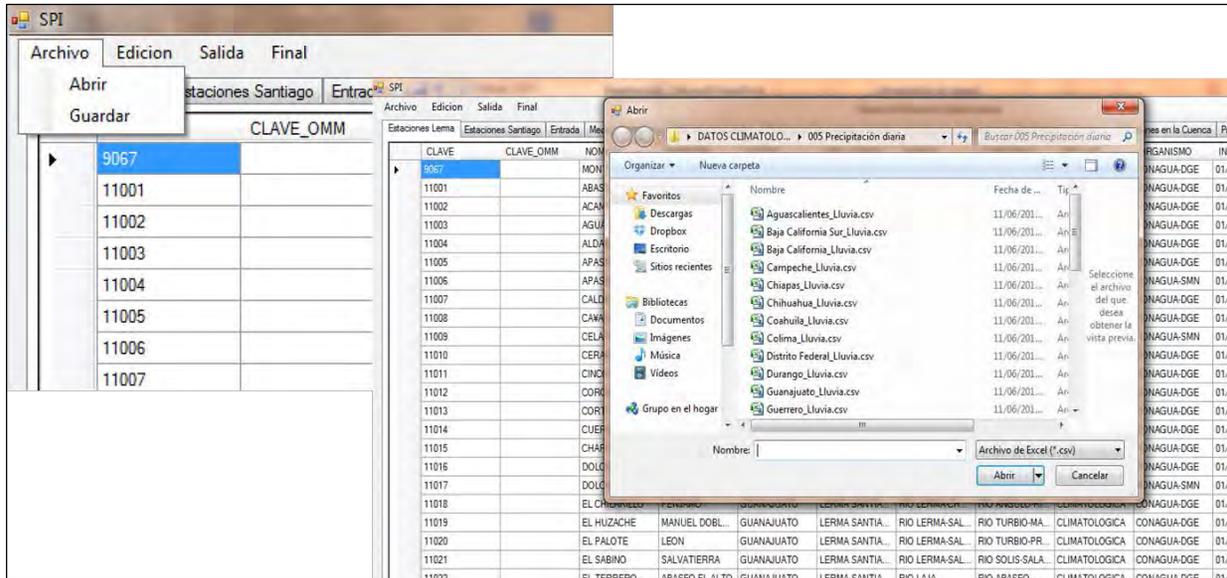
Al inicio el sistema muestra de forma predeterminada las tablas con datos de las estaciones climatológicas de las cuencas Lerma y Santiago

The screenshot shows the 'SPI' application window with a menu bar (Archivo, Edición, Salida, Final) and a toolbar. Below the toolbar is a tabbed interface with 'Estaciones Lerma' selected. The main area contains a table with the following columns: CLAVE, CLAVE_OMM, NOMBRE, MUNICIPIO, ESTADO, ORG_CUENCA, CUENCA, SUBCUENCA, TIPO_EST, ORGANISMO, INICIO, FIN, and SITUACION. The table lists 24 stations, with the 11th row (ID 11018) highlighted in blue.

CLAVE	CLAVE_OMM	NOMBRE	MUNICIPIO	ESTADO	ORG_CUENCA	CUENCA	SUBCUENCA	TIPO_EST	ORGANISMO	INICIO	FIN	SITUACION
9067		MONTE ALEGRE	LA MAGDALENA...	DISTRITO FEDE...	AGUAS DEL VA...	RIO MOCTEZUMA	RIO ALMOLOYA...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/01/1976	31/12/1983	SUSPENDID
11001		ABASOLO	ABASOLO	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-SAL...	RIO TURBIO-CO...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/01/1949	30/06/2010	OPERANDO
11002		ACAMBARO	ACAMBARO	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-SAL...	RIO SOLIS-SALA...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/01/1937	31/07/2010	OPERANDO
11003		AGUA TIBIA	PENJAMO	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-SAL...	RIO TURBIO-CO...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/01/1949	31/07/2009	OPERANDO
11004		ALDAMA	IRAPUATO	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-SAL...	RIO GUANAJUA...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/04/1949	31/07/2009	OPERANDO
11005		APASEO	APASEO EL GR...	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO APASEO	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/01/1961	30/06/2010	OPERANDO
11006		APASEO EL ALTO	APASEO EL ALTO	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO APASEO	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-SMN	01/01/1961	30/06/2010	OPERANDO
11007		CALDERONES	GUANAJUATO	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-SAL...	RIO GUANAJUA...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/04/1949	31/10/2009	OPERANDO
11008		CAÑADA DE GO...	DOLORES HIDA...	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO LAJA-PEJU...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/07/1965	30/09/1998	SUSPENDID
11009		CELAYA (SMN)	CELAYA	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO LAJA-CELAYA	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-SMN	01/02/1922	31/07/2010	OPERANDO
11010		CERANO	YURIRIA	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	LAGUNA DE PA...	LAGUNA DE YU...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/04/1962	31/12/2009	OPERANDO
11011		CINCO SEVORES	SAN MIGUEL D...	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO LAJA-PEJU...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/07/1962	31/10/2009	OPERANDO
11012		CORONEO	CORONEO	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-TOL...	RIO TIGRE	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/04/1962	30/04/2010	OPERANDO
11013		CORTAZAR	CORTAZAR	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO LAJA-CELAYA	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/01/1961	31/07/2009	OPERANDO
11014		CUERAMARO	CUERAMARO	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-SAL...	RIO TURBIO-CO...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/04/1962	30/11/2009	OPERANDO
11015		CHARCAS	DOCTOR MORA	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO LAJA-PEJU...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/04/1949	31/07/2008	OPERANDO
11016		DOLORES HIDA...	DOLORES HIDA...	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO LAJA-PEJU...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/01/1977	31/12/1986	SUSPENDID
11017		DOLORES HIDA...	DOLORES HIDA...	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO LAJA-PEJU...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-SMN	01/07/1951	31/07/2010	OPERANDO
11018		EL CHILARILLO	PENJAMO	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-CH...	RIO ANGULO-RI...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/05/1965	31/05/1972	SUSPENDID
11019		EL HUZACHE	MANUEL DOBL...	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-SAL...	RIO TURBIO-MA...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/05/1962	28/02/1993	SUSPENDID
11020		EL PALOTE	LEON	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-SAL...	RIO TURBIO-PR...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/01/1961	31/12/2009	OPERANDO
11021		EL SABINO	SALVATIERRA	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-SAL...	RIO SOLIS-SALA...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/09/1962	30/11/2009	OPERANDO
11022		EL TERRERO	APASEO EL ALTO	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO APASEO	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/02/1963	30/04/2010	OPERANDO
11023		GUANAJAL	PURISIMA DEL ...	GUANAJUATO	LERMA SANTIA...	RIO LAJA	RIO TURBIO-PR...	CLIMATOLOGICA	CONAGUA-DGE	01/01/1961	31/12/2009	OPERANDO
11024	76577	GUANAJUATO /	GUANAJUATO /	GUANAJUATO /	LERMA SANTIA...	RIO LERMA-SAL...	RIO GUANAJUA...	OBSERVATORIO	CONAGUA-SMN	01/01/1981	31/08/2004	OPERANDO

3.1.1.1.2 Botón Abrir

La acción que desencadena este botón es que nos abre un archivo en forma de tabla (.csv), que es el tipo de archivo que se utiliza para la información de las estaciones por estado.



3.1.1.1.3 Información por estado de precipitaciones

Cuando se abre el archivo, nos muestra en el sistema la información del estado seleccionado, se puede observar que es una tabla donde se ve el identificador de la estación, su año, mes y los valores para cada día del mes.

Numero de Estaciones Seleccionadas													
Estaciones Lema		Estaciones Santiago		Entrada	Media	Estaciones	Filtrado por parametros	Estaciones Con Ausencia de Datos en la Cuenca	Preparacion	Estaciones en la cuenca	Estaciones en la Cuenca	Preparar Archivo SPI	Archivo de Salida
Station-ID	ELEMENT-CODE	YEAR-MONTH	VALUE-1	VALUE-2	VALUE-3	VALUE-4	VALUE-5	VALUE-6	VALUE-7	VALUE-8	VALUE-9	VALUE-10	
1003	5	1932-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1003	5	1932-08	8.3	0	0	0	0	0	10.7	8.1	0	0	
1003	5	1932-10	0	5	9.5	0.3	0	0	0	0	1.8	0.5	
1003	5	1932-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1003	5	1932-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1003	5	1933-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1003	5	1933-02	0	0	0	0	3.8	4	0	0	0	0	

3.1.1.1.4 Sumatoria

El botón de sumatoria, recorre los registros diarios para cada mes y los suma quitando las ausencias de valor (-99999), y en la misma tabla añade una columna al final para mostrar el resultado para cada mes.

	VALUE-28	VALUE-29	VALUE-30	VALUE-31	Suma
Media del día por Estación	0	0	0	0	0.00
Riudo Blanco	-99999	-99999	-99999	-99999	27.10
Ausencia de Información por Estado	0	0	0	0	49.10
Tabla con Ausencia de Información de la Cue	0	0	0	-99999	0.00
Filtrar con parametros	0	0	0	0	0.00
	0	1.5	4.9	19.4	25.80
	0	-99999	-99999	-99999	7.80
	0	0	0	0	0.00
	0	0	0	-99999	0.00
	0	0	1.5	0	1.50

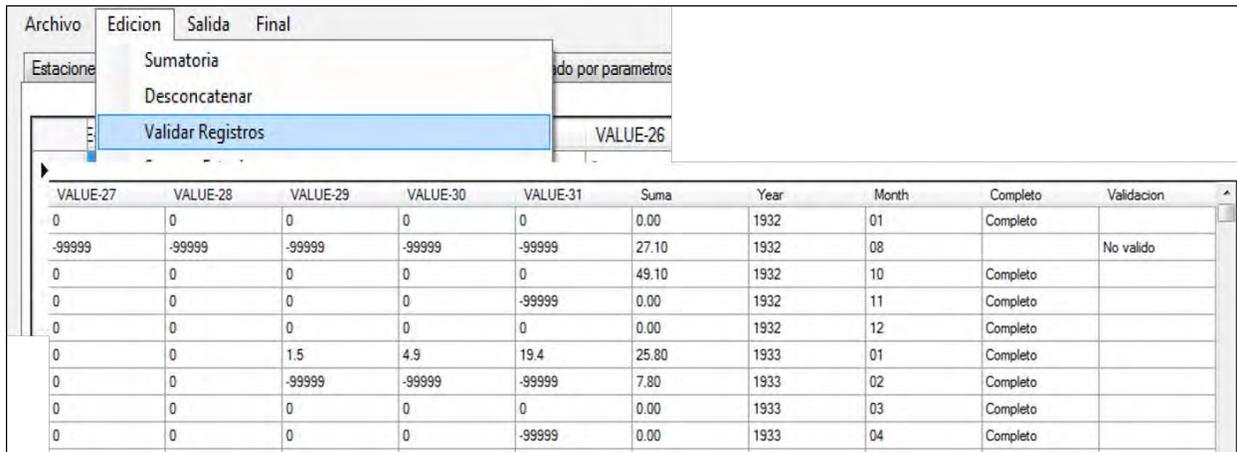
3.1.1.1.5 Año y Mes

En las tablas de la información de cada estado de estaciones climatológicas, viene el año y mes unido, el botón de “desconcatenar”, separa en cada campo año y mes y los añade al final de la misma tabla donde está la información por estado.

	VALUE-31	Suma	Year	Month
Media del día por Estación	999	27.10	1932	08
		49.10	1932	10
	999	0.00	1932	11
		0.00	1932	12
	4	25.80	1933	01
	999	7.80	1933	02

3.1.1.1.6 Validar Registros

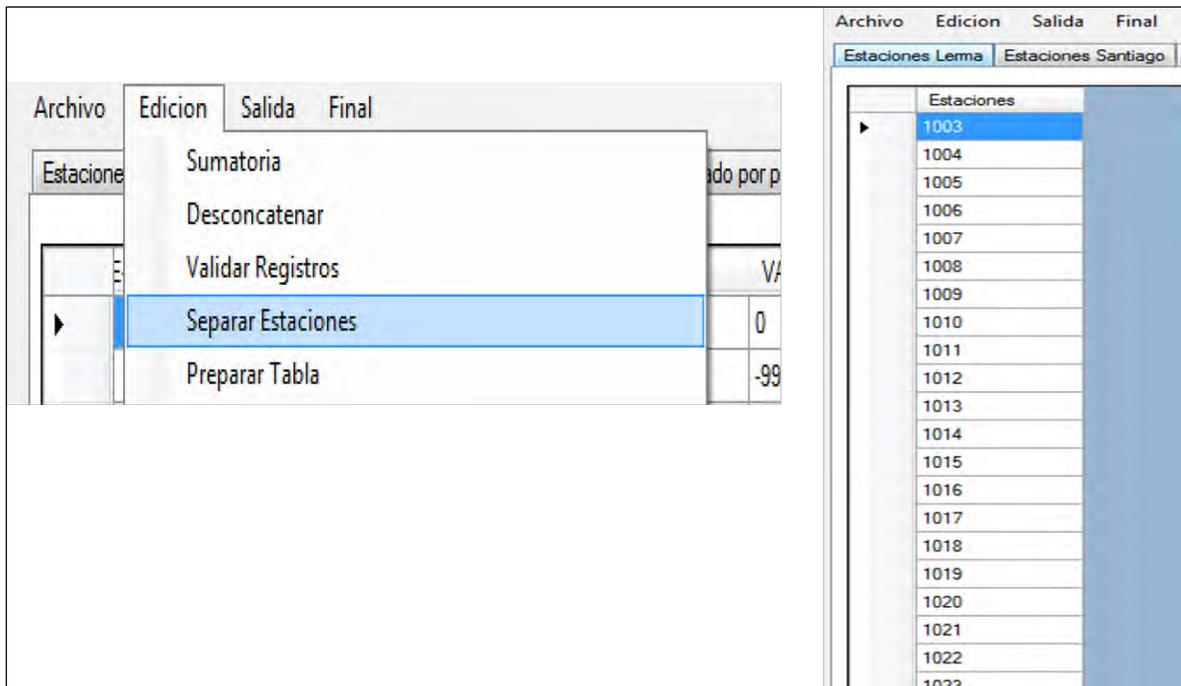
El botón de validar registros, realiza la acción de checar cada registro diario por mes y comprueba que cada mes este completo, si está completo añade un campo al último de la tabla, indicando esto mismo, también comprueba si hay más de 10 registros sin valor en un mismo mes, el valor del mes es no valido y lo añade en un campo al final de la tabla.



VALUE-27	VALUE-28	VALUE-29	VALUE-30	VALUE-31	Suma	Year	Month	Completo	Validacion
0	0	0	0	0	0.00	1932	01	Completo	
-99999	-99999	-99999	-99999	-99999	27.10	1932	08		No valido
0	0	0	0	0	49.10	1932	10	Completo	
0	0	0	0	-99999	0.00	1932	11	Completo	
0	0	0	0	0	0.00	1932	12	Completo	
0	0	1.5	4.9	19.4	25.80	1933	01	Completo	
0	0	-99999	-99999	-99999	7.80	1933	02	Completo	
0	0	0	0	0	0.00	1933	03	Completo	
0	0	0	0	-99999	0.00	1933	04	Completo	

3.1.1.1.7 Separar Estaciones

Hace una lista de estaciones de la información a nivel estado de la cual se está manejando.



Estaciones
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023

3.1.1.1.8 Dar formato a la tabla

Para un mejor manejo de los datos, la tabla con la información de todos los registros a nivel de estado, se le cambia el tipo de dato con el botón de Preparar Tabla.

Archivo	Edición	Salida	Final	Numero de Estaciones Seleccionadas							
Estacione	Sumatoria	Desconcatenar	Validar Registros	Separar Estaciones	Preparar Tabla	Media del día por Estación	Riudo Blanco	Ausencia de Información por Estado	Tabla con Ausencia de Información de la Cuenca	Filtrar con parametros	Salida
	2	3	4	5							
1003	5	1933-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1003	5	1933-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1003	5	1933-07	41.4	0	0	0	0	0	0	0	0
1003	5	1933-08	0	0.5	0	0	6.5	0	0	0	0
1003	5	1933-09	0	0	0	0	2	9.5	0	0	0
1003	5	1933-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1003	5	1933-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1003	5	1933-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.1.1.1.9 Media del día por estación

Saca el valor medio para cada día del año de cada estación.

Archivo	Edición	Salida	Final	Numero de Estaciones Seleccionadas											
Estaciones Lerma	Estaciones Santiago	Entrada	Media	Estaciones	Filtrado por parametros	Estaciones Con Ausencia de Datos en la Cuenca	Preparación	Estaciones en la cuenca	Estaciones en la Cuenca	Preparar Archivo SPI	Archivo de Salida				
Estacion	Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1003	1	0.707843137254...	0.296078431372...	0.362745098039...	1.119607843137...	1.2156862745098	0.449019607843...	0.107843137254...	0.105882352941...	1.021568627450...	0.317647058823...	0.35294117...			
1003	2	0.505769230769...	0.282692307692...	0.282692307692...	0.288461538461...	0.596153846153...	0.111538461538...	0.176923076923...	0.042307692307...	0.086538461538...	0.186538461538...	0.44423076...			
1003	3	0.048	0.16	0.574	0.918	0.51	0.15	0.064	0.006	0.122	0.02	0.004			
1003	4	0.512	0.616	0.216	0	0	0	0	0.17	0	0.034	0.128			
1003	5	0.048979591836...	0.102040816326...	0.071428571428...	0.108163265306...	0.069387755102...	0.275510204081...	0.157142857142...	0.455102040816...	0.034693877551...	0.234693877551...	0.59591836...			
1003	6	0.446938775510...	1.324489795918...	0.875510204081...	2.387755102040...	1.871428571428...	2.540816326530...	1.536734693877...	0.473469387755...	2.085714285714...	1.144897959183...	1.06122448...			
1003	7	6.792	5.928	3.862	5.188	4.896	6.02	4.16	4.386	3.74	4.642	4.88			
1003	8	2.590196078431...	2.239215686274...	6.049019607843...	3.521568627450...	4.321568627450...	4.258823529411...	6.366666666666...	5.049019607843...	5.7372549019609...	7.447058823529...	2.26470588...			
1003	9	6.119607843137...	3.050980392156...	3.245098039215...	2.794117647058...	4.376470588235...	5.194117647058...	2.974509803921...	3.778431372549...	4.056862745098...	3.464705882352...	3.27450980...			
1003	10	2.420754716981...	1.469811320754...	1.822641509433...	0.475471698113...	0.643396226415...	0.920754716981...	1.109433962264...	2.23962264150...	1.554716981132...	2.101886792452...	2.01132075...			
1003	11	0.557692307692...	1.609615384615...	0.798076923076...	0.298076923076...	0.75	0.438461538461...	0.015384615384...	0.121153846153...	0.153846153846...	0.025	0.20576923...			
1003	12	0.08	0.82	0.724	0	0.364	0.064	0.244	0.24	0.182	0.02	0.216			
1004	1	0.846341463414...	0.565853658536...	0.090243902439...	0	0	0	0.187804878048...	0.085365853658...	1.102439024390...	0.417073170731...	0.38292682...			
1004	2	0.646341463414...	1.346341463414...	1.673170731707...	0.117073170731...	0.468292682926...	0.024390243902...	0.165853658536...	0.060975609756...	0.024390243902...	0.134146341463...	0.23902439...			
1004	3	0.102380952380...	0.697619047619...	0	0	0.123809523809...	0.145238095238...	0.090476190476...	0.019047619047...	0.214285714285...	0.447619047619...	0.05238095...			
1004	4	0.023809523809...	0.030952380952...	0.157142857142...	0.107142857142...	0	0.135714285714...	0.604761904761...	0.178571428571...	0.473809523809...	0.035714285714...	0.25714285...			
1004	5	0.064285714285...	0.114285714285...	0.359523809523...	0.095238095238...	0.069047619047...	0.440476190476...	0.095238095238...	0.552380952380...	0.145238095238...	0.047619047619...	0.55			
1004	6	0.480952380952...	0.130952380952...	0.569047619047...	2.459523809523...	2.3047619047619...	2.373809523809...	2.2047619047619...	1.942857142857...	2	2.611904761904...	0.13238095...			
1004	7	4.311904761904...	3.421428571428...	4.402380952380...	5.785714285714...	5.211904761904...	4.742857142857...	2.897619047619...	4.521428571428...	3.954761904761...	4.776190476190...	2.54523809...			
1004	8	3.247619047619...	2.357142857142...	6.390476190476...	0.764285714285...	2.159523809523...	3.542857142857...	3.219047619047...	3.7	5.2952380952381...	2.288095238095...	3.66666666...			
1004	9	2.897619047619...	3.697619047619...	3.252380952380...	2.366666666666...	2.15	3.361904761904...	3.216666666666...	4.038095238095...	3.5452380952381...	3.440476190476...	2.05476190...			
1004	10	0.728571428571...	1.985714285714...	1.723809523809...	2.85	0.773809523809...	1.780952380952...	1.7452380952381...	3.047619047619...	2.7452380952381...	2.121428571428...	2.11428571...			

3.1.1.1.10 Ruido Blanco

Reemplaza los valores no validos (-99999) del día con valores de la media del día calculado en el paso anterior siempre y cuando el mes sea válido.

Estaciones Lima	Estaciones Santiago	Entrada	Media	Estaciones	Filtrado por parametro	Estaciones Con Ausencia de Datos en la Cuenca	Preparacion	Estaciones en la cuenca	Estaciones en la Cuenca	Preparar Archivo SPI	Archivo de Salida
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.2	0.2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	5.2	12	0	1.2
31.9	12.6	31	4.776190476190...	2.5452380952383	3.8499999999999...	3.488095238094...	3.730952380952...	7.014285714285...	6.1333333333333...	1.885714285714...	2.10238095...
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	8.5
0	16	7.8	1.2	7.1	6.5	10.2	0.1	0	0	0	0
0	0	4.7	0	0	0	0.5	0	0	8.4	14.3	9.8
0	0	1.6	0	1.1	0	0	0	0	0	0	0.5
0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.1.1.1.11 Ausencia de valor por estado

Este evento toma los años y meses de inicio y final, hace una resta del año final menos el año inicial y son los años teóricos, se cuenta los años y meses reales de cada estación y se saca el porcentaje de ausencia de información dividiendo los meses teóricos entre los meses reales multiplicados por 100, esto para todas las estaciones en el estado.

Estaciones	ARI	MRI	ARF	MRF	ART	ARR	MRT	MRR	Porcentaje
1001	1932	01	1988	12	57	53	684	607	11.26
1004	1970	03	2011	11	42	42	504	500	0.79
1005	1957	04	2011	11	55	55	660	655	0.76
1006	1941	12	1988	12	48	48	576	557	3.30
1007	1941	12	1988	12	48	48	576	553	3.99
1008	1959	07	2011	11	53	53	636	627	1.42
1009	1944	01	1988	12	45	43	540	491	9.07
1010	1961	06	2011	08	51	51	612	600	1.96
1011	1949	03	2011	10	63	63	756	748	1.06
1012	1970	07	2011	11	42	42	504	495	1.79
1013	1963	09	2011	10	49	49	588	575	2.21
1014	1937	09	2006	11	70	70	840	807	3.93
1015	1967	05	2011	11	45	45	540	533	1.30
1016	1945	04	1976	05	32	29	384	300	21.88
1017	1942	04	2011	11	70	70	840	826	1.67
1018	1933	11	2011	11	76	79	948	937	1.16
1019	1942	07	2011	11	70	70	840	832	0.95
1020	1963	08	2011	11	49	49	588	578	1.70
1021	1959	08	2011	11	53	53	636	625	1.73
1022	1949	05	2011	11	63	63	756	750	0.79
1023	1959	01	2011	10	53	52	636	605	4.87
1024	1959	01	2011	08	43	43	516	490	5.04
1025	1926	06	1983	12	58	50	696	562	19.25

3.1.1.1.12 Ausencia de valor por Cuenca

Hace la misma rutina pero esto solamente para los registros que tenemos en la tabla de Estaciones ya sea de Lerma o Santiago según sea el caso.

Media del día por Estación			Estaciones Lerma										Estaciones Santiago										Entrada										Media										Estaciones										Filtrado por parámetros										Estaciones Con Ausencia de Datos en la Cuenca										Preparación										Estaciones en la cuenca										Estaciones en la Cuenca									
Riudo Blanco			Estacion										ARI										MRI										ARF										MRF										ART										ARR										MRT										MRR										Porcentaje									
Ausencia de Información por Estado			1003										1932										01										1988										12										57										53										684										607										11.26									
Tabla con Ausencia de Información de la Cuenca			1004										1970										03										2011										11										42										42										504										500										0.79									
Filtrar con parámetros			1005										1957										04										2011										11										55										55										660										655										0.76									
Salida			1006										1941										12										1988										12										48										48										576										557										3.30									
			1007										1941										12										1988										12										48										48										576										553										3.99									
			1008										1959										07										2011										11										53										53										636										627										1.42									
			1009										1944										01										1988										12										45										43										540										491										9.07									
			1010										1961										08										2011										08										51										51										612										600										1.96									
			1011										1949										03										2011										10										63										63										756										748										1.06									
			1012										1970										07										2011										11										42										42										504										495										1.79									
			1013										1963										09										2011										10										49										49										588										575										2.21									
			1014										1937										09										2006										11										70										70										840										807										3.93									
			1015										1967										05										2011										11										45										45										540										533										1.30									
			1016										1946										04										1976										05										32										29										384										300										21.88									
			1017										1942										04										2011										11										70										70										840										826										1.67									
			1018										1933										11										2011										11										79										79										948										937										1.16									
			1019										1942										07										2011										11										70										70										840										832										0.95									
			1020										1963										08										2011										11										49										49										588										578										1.70									
			1021										1959										08										2011										11										53										53										636										625										1.73									
			1022										1949										05										2011										11										63										63										756										750										0.79									
			1023										1959										01										2011										10										53										52										636										605										4.87									
			1024										1969										01										2011										08										43										43										516										490										5.04									

3.1.1.1.13 Filtrar con parámetros variables

No todas las estaciones se pueden seleccionar para hacer el análisis que se requiere porque algunas solo tienen unos cuantos años de registros o en algunas tienen mucha ausencia de información. Para solucionar este problema en este evento, se hace un filtro variable en base al porcentaje de ausencia de información, cuantos años mínimo de datos y el año final.

Preparar Tabla			Estacion										ARI										MRI										ARF										MRF										ART										ARR										MRT										MRR										Porcentaje									
Media del día por Estación			1004										1970										03										2011										11										42										42										504										500										0.79									
Riudo Blanco			1005										1957										04										2011										11										55										55										660										655										0.76									
Ausencia de Información por Estado			1008										1959										07										2011										11										53										53										636										627										1.42									
Tabla con Ausencia de Información de la Cuenca			1010										1961										08										2011										08										51										51										612										600										1.96									
Filtrar con parámetros			1011										1949										03										2011										10										63										63										756										748										1.06									
Salida			1012										1970										07										2011										11										42										42										504										495										1.79									
			1013										1963										08										2011										10										49										49										588										575										2.21									
			1015										1967										05										2011										11										45										45										540										533										1.30									
			1017										1942										04										2011										11										70										70										840										826										1.67									
			1018										1933										11										2011										11										79										79										948										937										1.16									
			1019										1942										07										2011										11										70										70										840										832										0.95									
			1020										1963										08										2011										11										49										49										588										578										1.70									
			1021										1959										08										2011										11										53										53										636										625										1.73									
			1022										1949										05										2011										11										63										63										756										750										0.79									
			1023										1959										01										2011										10										53										52										636										605										4.87									
			1024										1969										01										2011										08										43										43										516										490										5.04									
			1025										1962										07										2011										10										50										50										600										592										1.33									
			1027										1981										01										2011										10										61										61										732										724										1.08									
			1028										1949										04										2011										11										63										63										756										743										1.72									
			1029										1959										01										2011										10										53										53										636										625										1.73									
			1030										1947										10										2011										11										65										65										780										770										1.28									
			1031										1972										05										2011										11										40										40										480										455										5.21									
			1032										1971										05										2011										10										41										41										492										475										3.46									

3.1.1.1.14 Suma final

Suma todos los valores diarios de cada mes ya con el ruido blanco en los registros sin valor y los agrega al final de la tabla.

Estaciones Lerma	Estaciones Santiago	Estaciones para la cuenca	Filtrado por parametros	Estaciones Con Ausencia de Datos en la Cuenca	Preparacion	Estaciones en la cuenca	Estaciones en la Cuenca	Preparar Archivo SPI	Archivo de Salida		
			29	30	31	Suma	Year	MONTH	Estado	Valido	SumaFinal
0	0	0	0	0	0	0.00	1932	01	Completo		0.00
0	0	0	-99999	-99999	-99999	27.10	1932	08	No valido		27.10
0	0	0	0	0	0	49.10	1932	10	Completo		49.10
0	0	0	0	0	0	0.00	1932	11	Completo		0.00
0	0	0	0	0	0	0.00	1932	12	Completo		0.00
0	0	0	1.5	4.9	19.4	25.80	1933	01	Completo		25.80
0	0	0	0	0	0	7.80	1933	02	Completo		7.80
0	0	0	0	0	0	0.00	1933	03	Completo		0.00
0	0	0	0	0	0	0.00	1933	04	Completo		0.00
0	0	0	0	1.5	0	1.50	1933	05	Completo		1.50
0	0	1.2	25.5	8	0	106.70	1933	06	Completo		106.70
13.5	0	0	6.9	5.2	0	192.80	1933	07	Completo		192.80

3.1.1.1.15 Encontrar estaciones en Lerma

Según sea el archivo de entrada y para la cuenca que se está haciendo el análisis, va a filtrar la tabla de todas las estaciones en Lerma o de Santiago con las de todo el Estado que se escogió para el archivo de entrada, mostrando en la tabla las coordenadas de la estación, el identificador, año, mes y el valor del registro.

Estaciones Lerma	Estaciones Santiago	Entrada	Media	Estaciones	Filtrado por parametros	Estaciones Con Ausencia de Datos
Let_GD	Long_GD	Estación	Year	Month	Registro	
21.88	-102.72	1003	1932	01	0.00	
21.88	-102.72	1003	1932	08	27.10	
21.88	-102.72	1003	1932	10	49.10	
21.88	-102.72	1003	1932	11	0.00	
21.88	-102.72	1003	1932	12	0.00	
21.88	-102.72	1003	1933	01	25.80	
21.88	-102.72	1003	1933	02	7.80	
21.88	-102.72	1003	1933	03	0.00	
21.88	-102.72	1003	1933	04	0.00	
21.88	-102.72	1003	1933	05	1.50	
21.88	-102.72	1003	1933	06	106.70	
21.88	-102.72	1003	1933	07	192.80	
21.88	-102.72	1003	1933	08	121.40	
21.88	-102.72	1003	1933	09	155.70	
21.88	-102.72	1003	1933	10	32.40	
21.88	-102.72	1003	1933	11	0.00	
21.88	-102.72	1003	1933	12	0.00	
21.88	-102.72	1003	1934	01	31.40	
21.88	-102.72	1003	1934	02	0.00	
21.88	-102.72	1003	1934	03	2.50	
21.88	-102.72	1003	1934	04	0.30	
21.88	-102.72	1003	1934	05	127.80	
21.88	-102.72	1003	1934	06	51.90	
21.88	-102.72	1003	1934	07	144.60	

3.1.1.1.16 Tabla de datos con los registros finales de las estaciones

Muestra una tabla con los registros seleccionados según el filtro con los parámetros que se pusieron, y que están dentro de la cuenca.

Salida	Final	Lat_GD	Long_GD	Estación	Year	Month	Registro
	Suma final	22.00	-102.20	1004	1970	03	0.92
	Encontrar Estaciones Lerma	22.00	-102.20	1004	1970	04	0.00
	Encontrar Estaciones Santiago	22.00	-102.20	1004	1970	05	5.00
	Estaciones para la cuenca	22.00	-102.20	1004	1970	06	142.10
		22.00	-102.20	1004	1970	07	128.00
		22.00	-102.20	1004	1970	08	120.50
		22.00	-102.20	1004	1970	09	161.70
		22.00	-102.20	1004	1970	10	17.50
		22.00	-102.20	1004	1970	11	20.50
		22.00	-102.20	1004	1970	12	0.00
		22.00	-102.20	1004	1971	01	4.20
		22.00	-102.20	1004	1971	02	0.00
		22.00	-102.20	1004	1971	03	4.00
		22.00	-102.20	1004	1971	04	0.00
		22.00	-102.20	1004	1971	05	66.00
		22.00	-102.20	1004	1971	06	193.50
		22.00	-102.20	1004	1971	07	43.80
		22.00	-102.20	1004	1971	08	117.20
		22.00	-102.20	1004	1971	09	188.90
		22.00	-102.20	1004	1971	10	16.90
		22.00	-102.20	1004	1971	11	0.00
		22.00	-102.20	1004	1971	12	1.30
		22.00	-102.20	1004	1972	01	5.90
		22.00	-102.20	1004	1972	02	0.00

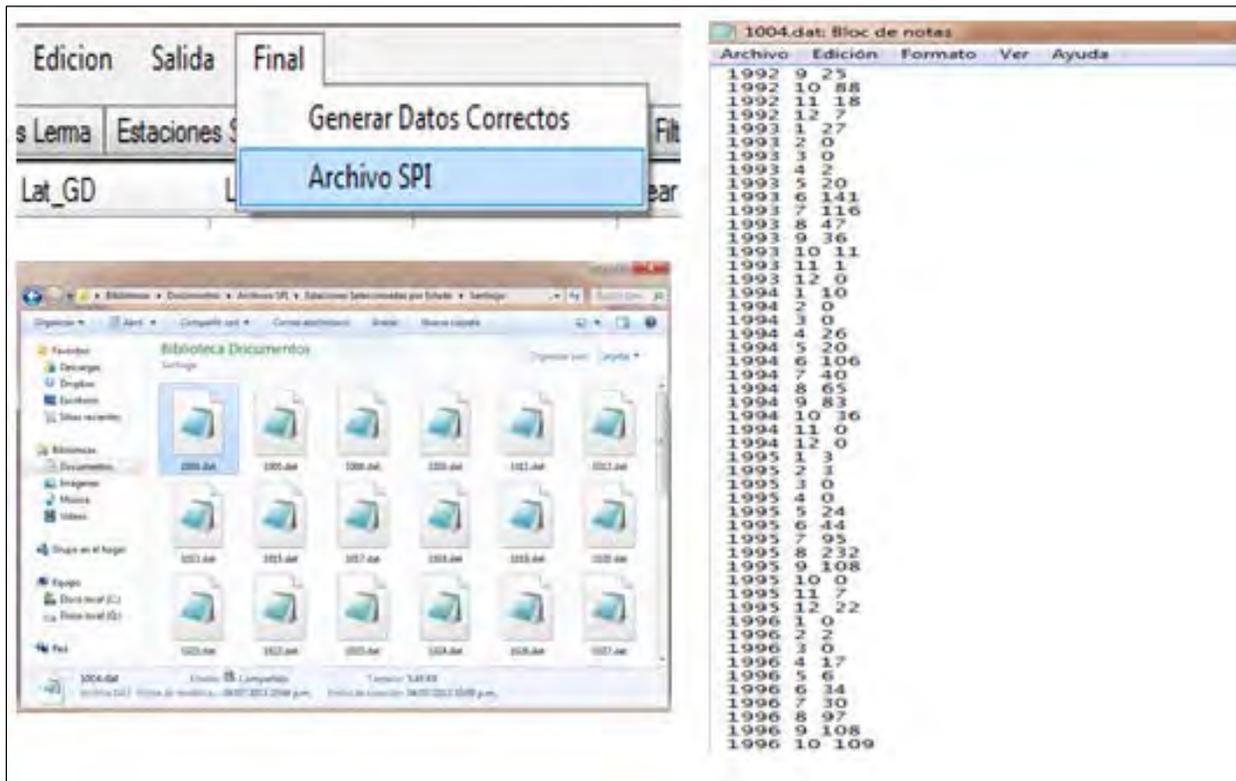
3.1.1.1.17 Preparación del archivo ".dat"

Para preparar el archivo de salida, se debe depurarlo y quitar todos aquellos valores que no sirvan, tales como años incompletos.

Salida	Final	Estaciones Lerma	Estaciones Santiago	Entrada	Media	Estaciones	Filtrado por parámetros	Estaciones Con Ausencia de Datos
	Generar Datos Correctos	Lat_GD	Long_GD	Estación	Year	Month	Registro	
	Archivo SPI	22.00	-102.20	1004	1971	01	4.20	
		22.00	-102.20	1004	1971	02	0.00	
		22.00	-102.20	1004	1971	03	4.00	
		22.00	-102.20	1004	1971	04	0.00	
		22.00	-102.20	1004	1971	05	66.00	
		22.00	-102.20	1004	1971	06	193.50	
		22.00	-102.20	1004	1971	07	43.80	
		22.00	-102.20	1004	1971	08	117.20	
		22.00	-102.20	1004	1971	09	188.90	
		22.00	-102.20	1004	1971	10	16.90	
		22.00	-102.20	1004	1971	11	0.00	
		22.00	-102.20	1004	1971	12	1.30	
		22.00	-102.20	1004	1973	01	30.00	
		22.00	-102.20	1004	1973	02	10.00	
		22.00	-102.20	1004	1973	03	0.00	
		22.00	-102.20	1004	1973	04	0.00	
		22.00	-102.20	1004	1973	05	7.00	
		22.00	-102.20	1004	1973	06	89.00	
		22.00	-102.20	1004	1973	07	127.50	
		22.00	-102.20	1004	1973	08	197.50	
		22.00	-102.20	1004	1973	09	19.50	
		22.00	-102.20	1004	1973	10	120.60	
		22.00	-102.20	1004	1973	11	0.00	
		22.00	-102.20	1004	1973	12	0.00	
		22.00	-102.20	1004	1974	01	2.30	
		22.00	-102.20	1004	1974	02	1.30	

3.1.1.1.18 Archivo ".dat"

Después de que se depura el archivo, se genera para cada estación un archivo con el nombre de la estación y la terminación ".dat" para el procesamiento del SPI.



A continuación se muestra el resultado del SPI para la estación con clave 11002 perteneciente a la cuenca Lerma-Chapala, en la cual se enlistan los periodos de agregación de 1, 3, 6, 9, 12, 24, 46 y 48 meses. Las 122 estaciones empleadas para el cálculo del SPI se anexan en un archivo digital.

Figura 3.3. SPI de la estación 11002 para 1 mes de agregación.

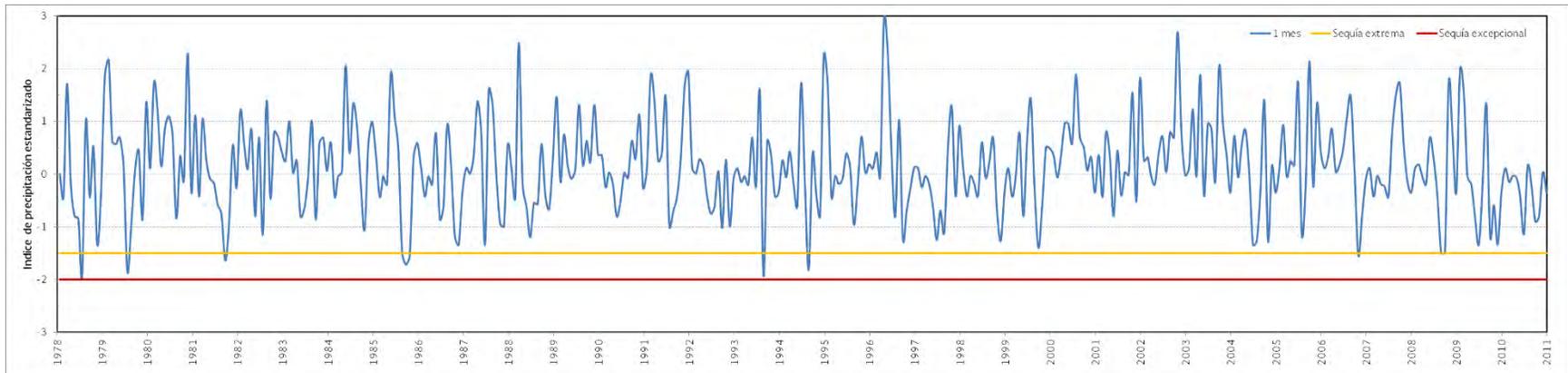


Figura 3.4. SPI de la estación 11002 para 3 meses de agregación.

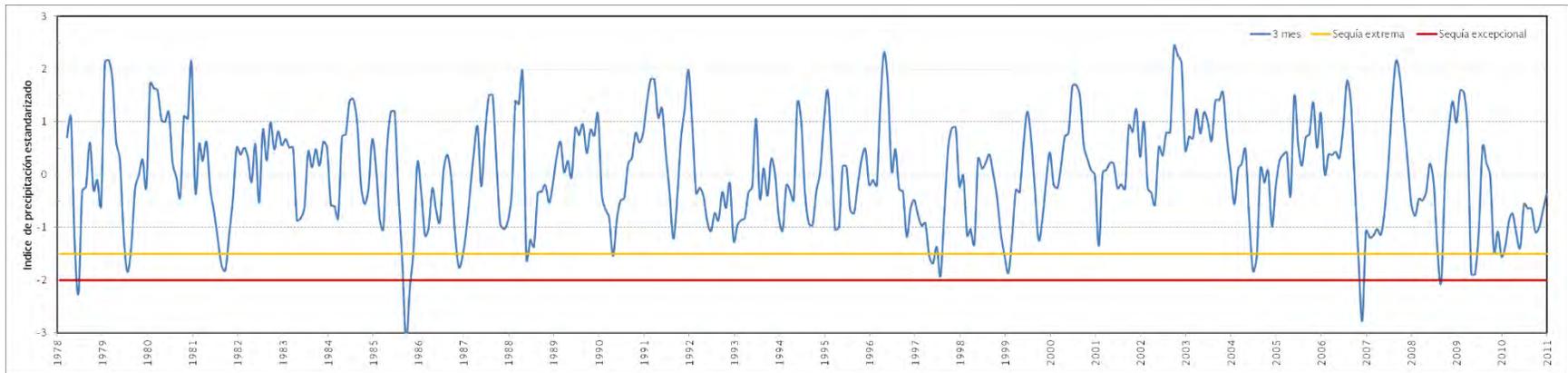


Figura 3.5. SPI de la estación 11002 para 6 meses de agregación.

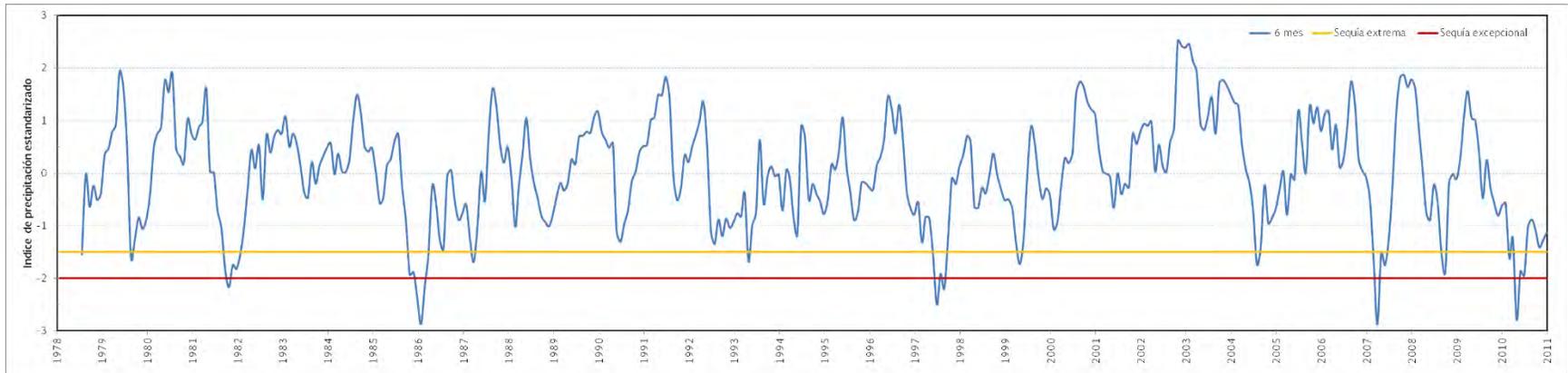


Figura 3.6. SPI de la estación 11002 para 9 meses de agregación.

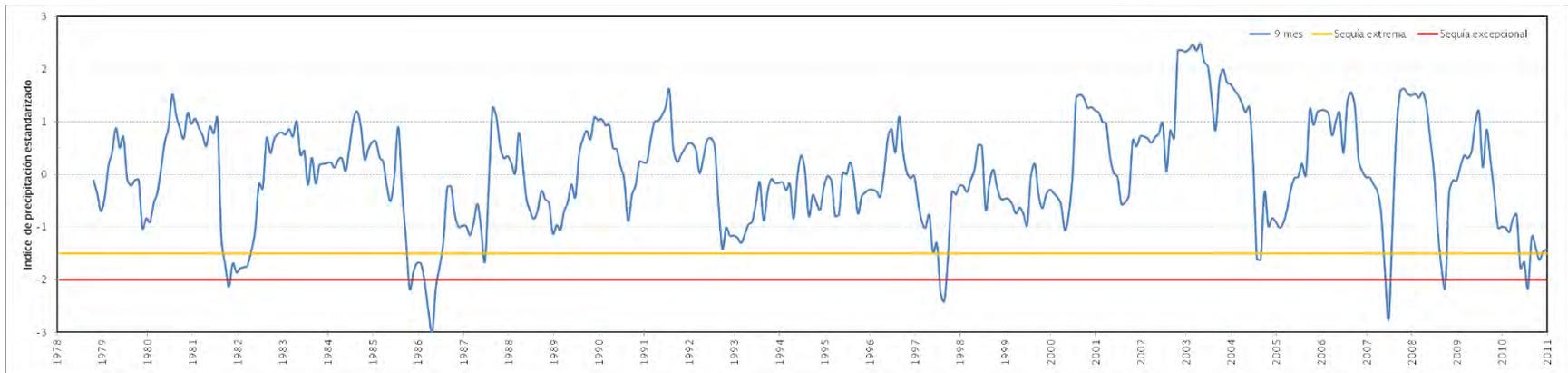


Figura 3.7. SPI de la estación 11002 para 12 meses de agregación.

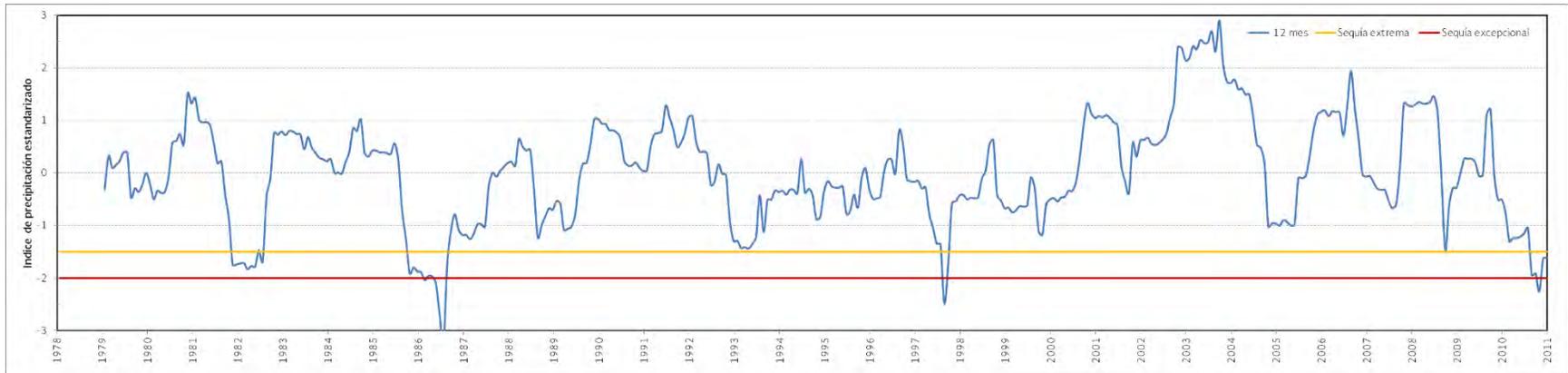


Figura 3.8. SPI de la estación 11002 para 24 meses de agregación.

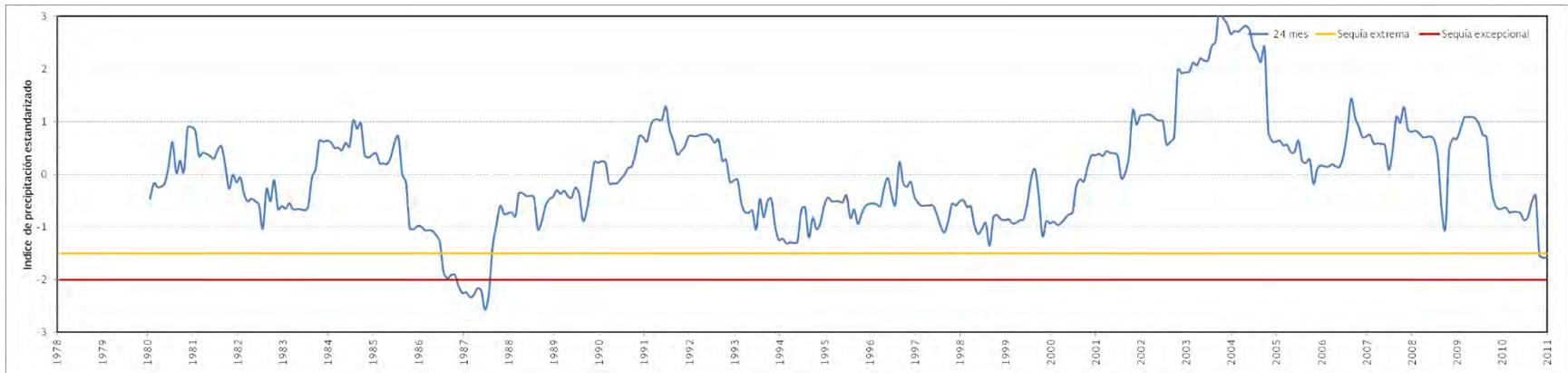


Figura 3.9. SPI de la estación 11002 para 36 meses de agregación.

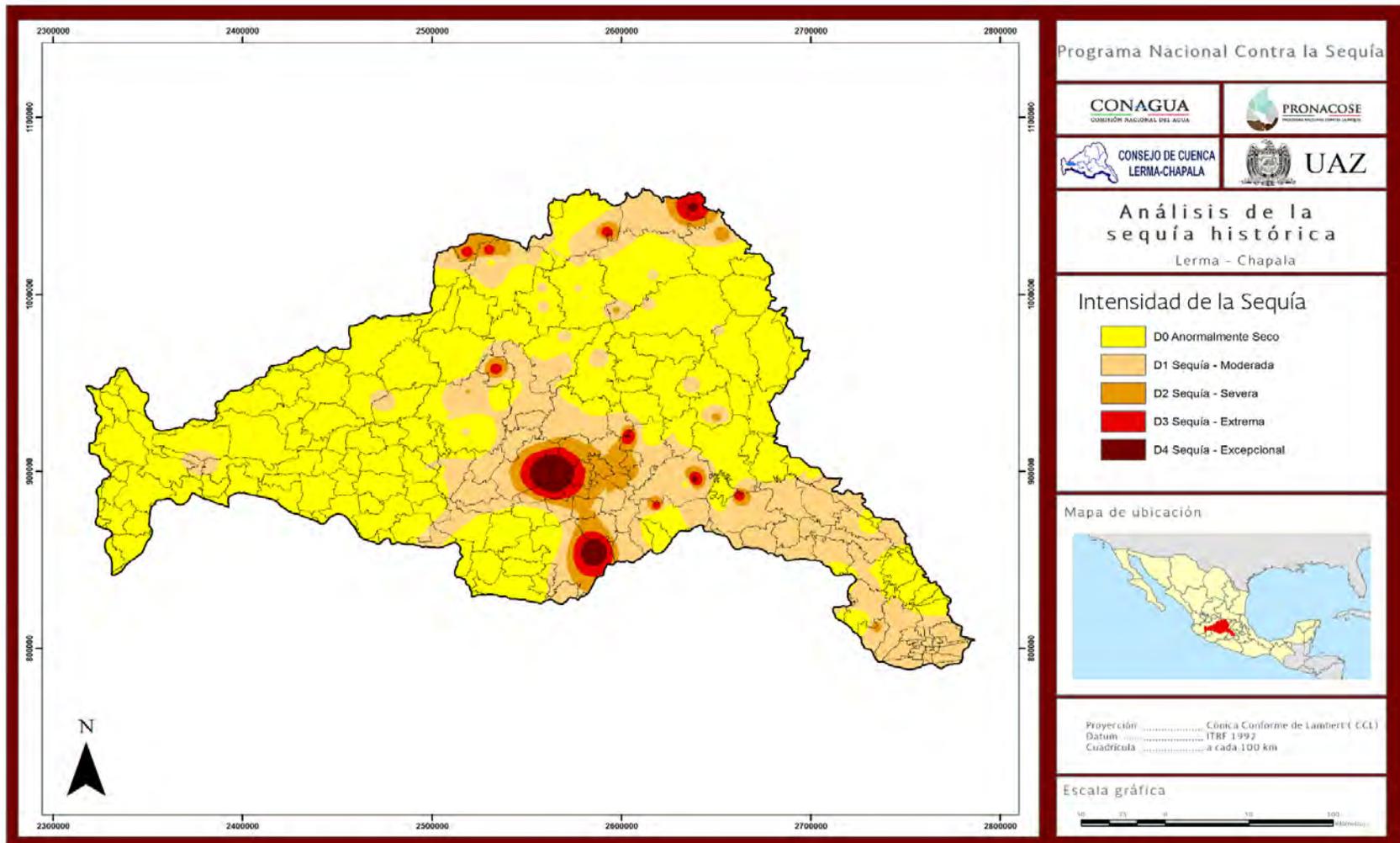


Figura 3.10. SPI de la estación 11002 para 48 meses de agregación.

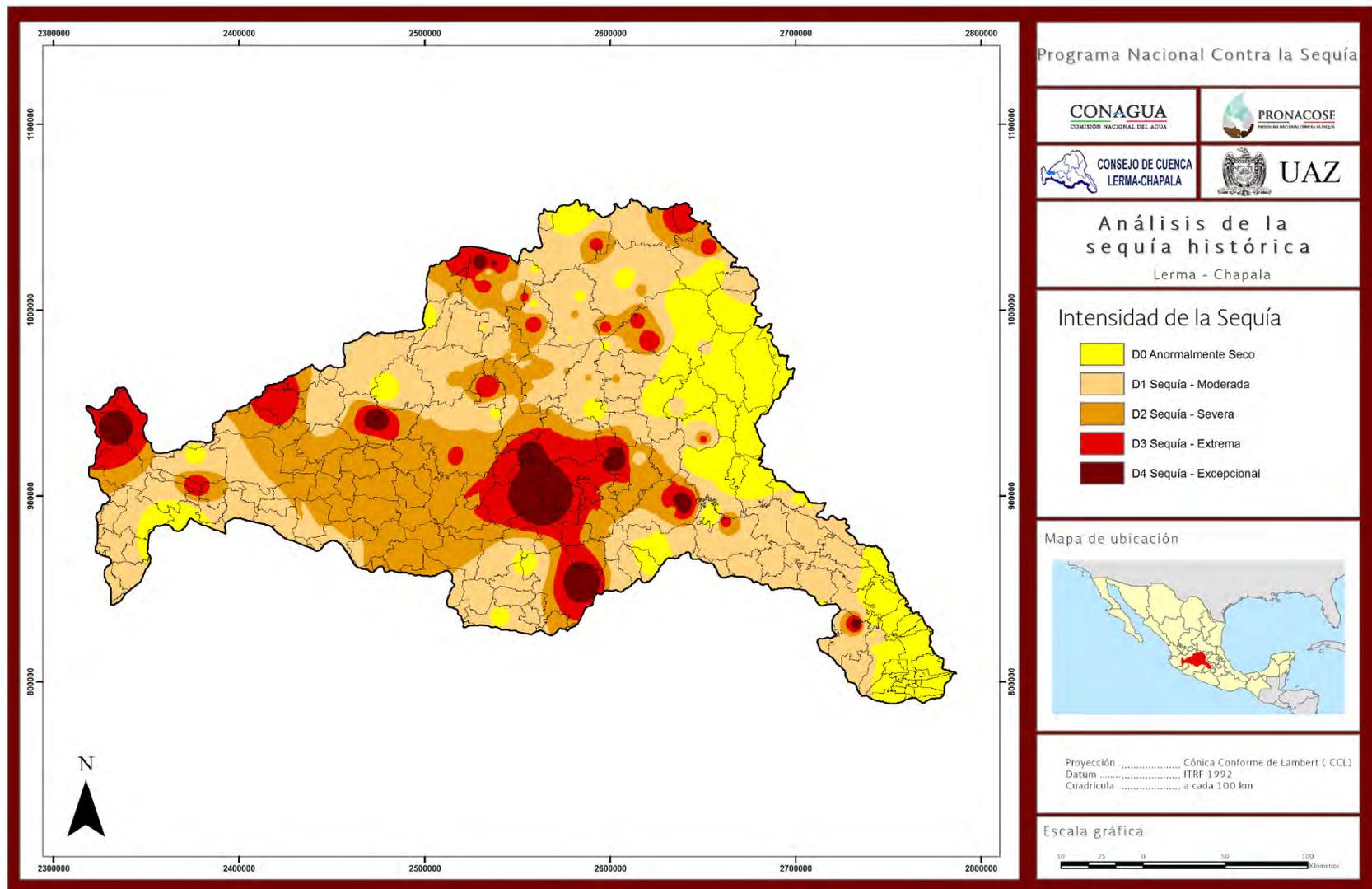


3.1.1.2 Análisis de la sequía histórica empleando el SPI para el año 1989 y sus diferentes periodos de agregación (RED BÁSICA)

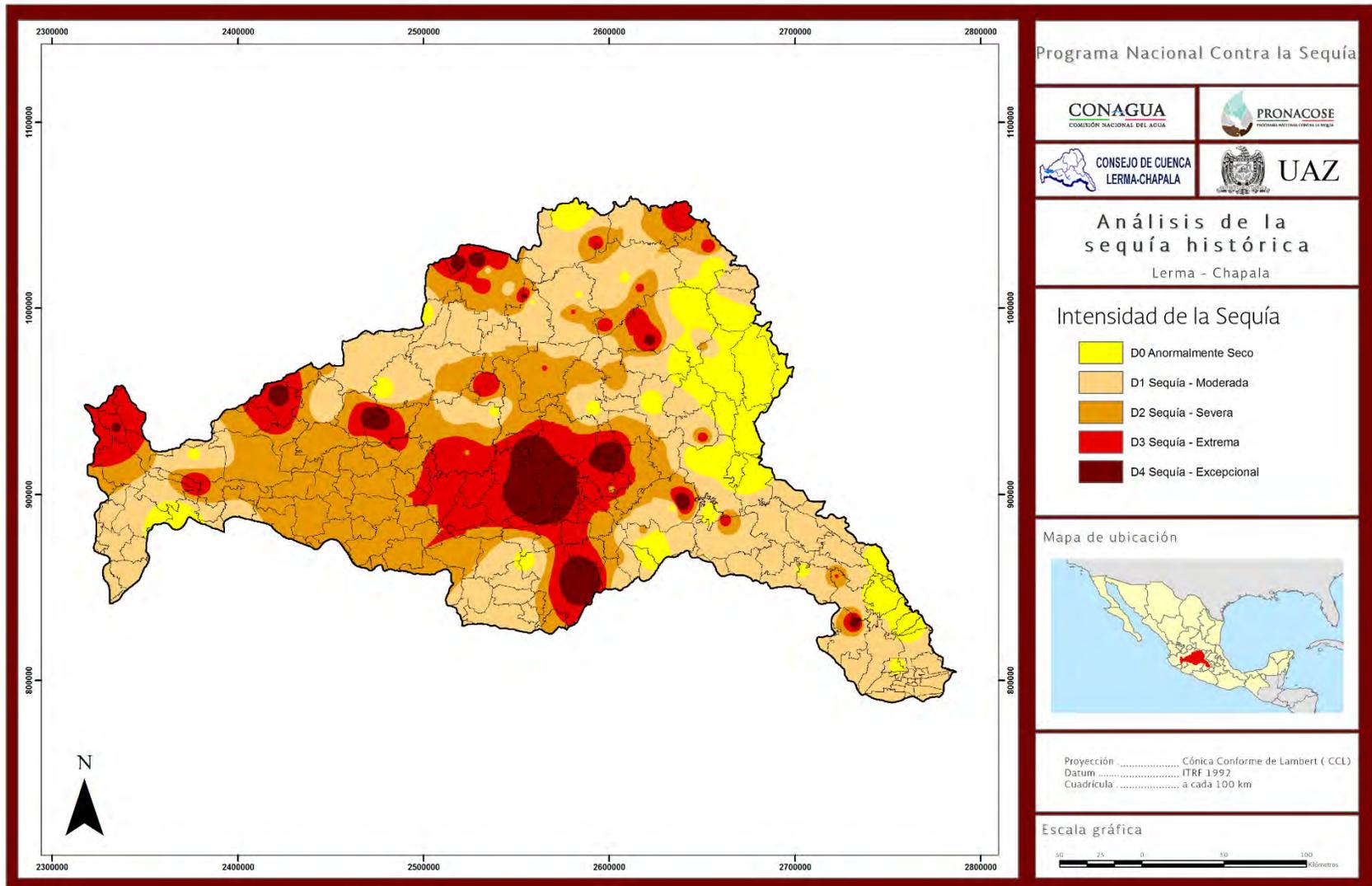
3.1.1.2.1 Mapa del SPI para el año 1989 y un mes de agregación



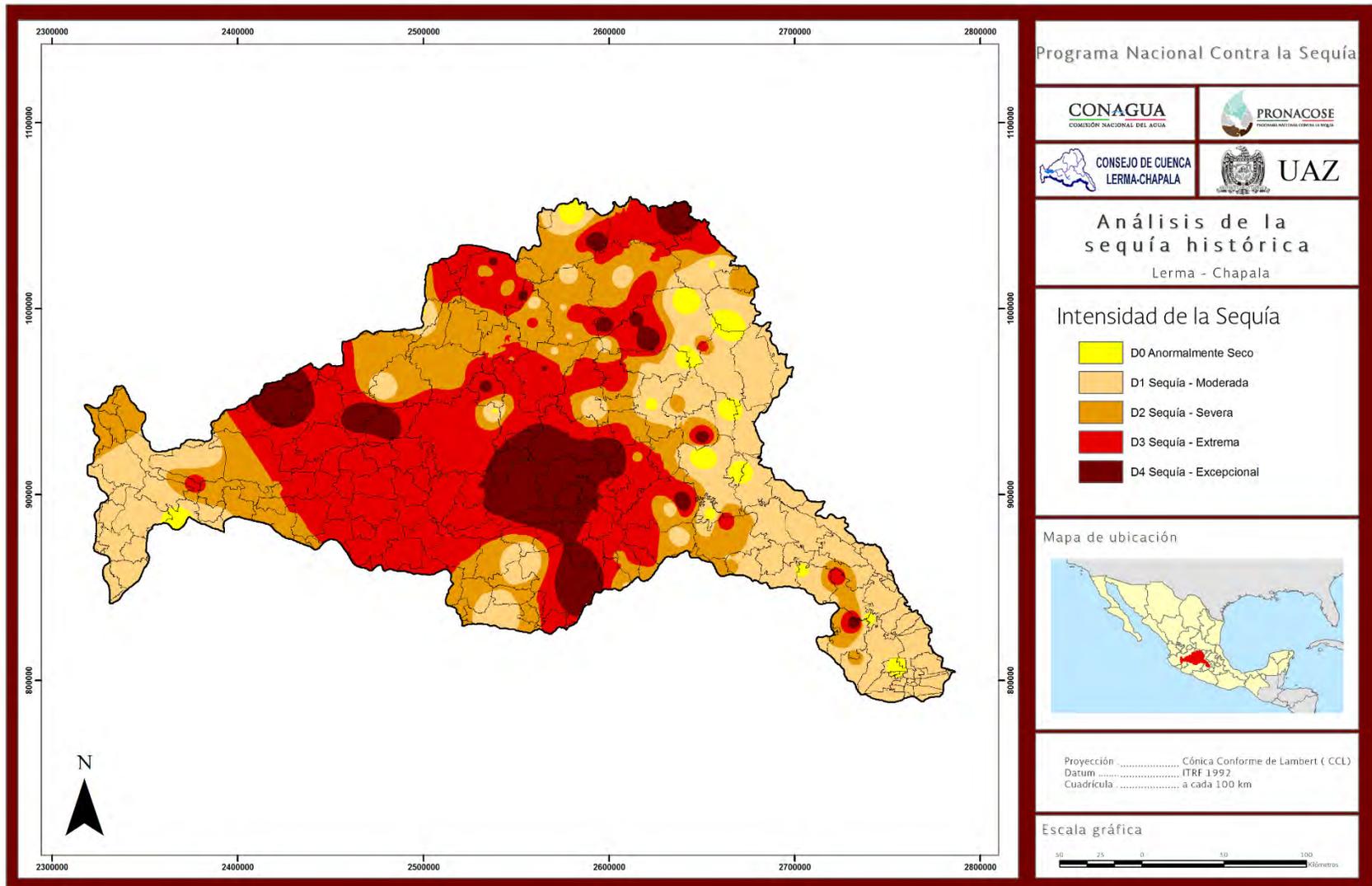
3.1.1.2.2 Mapa del SPI para el año 1989 y 3 meses de agregación



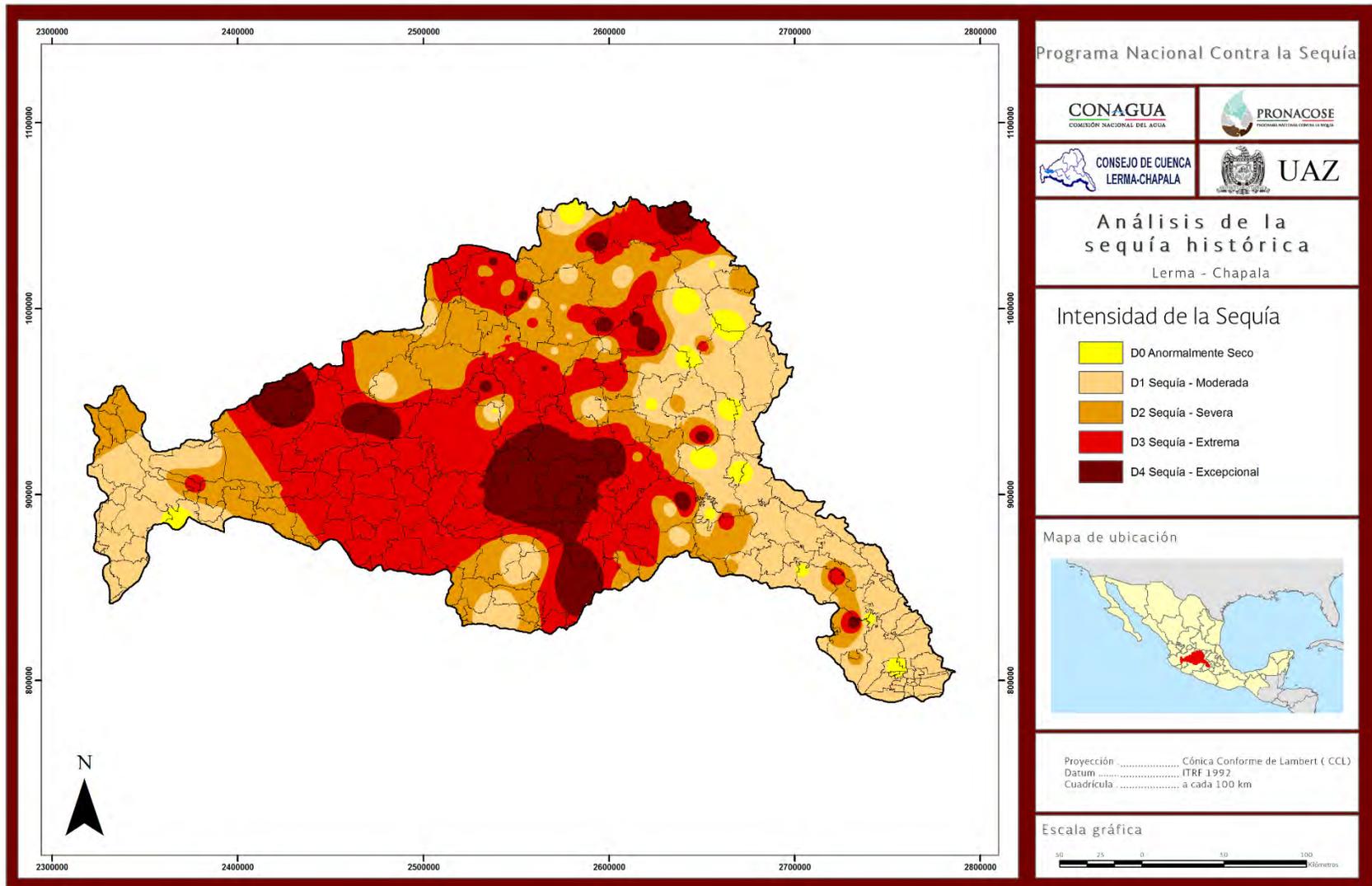
3.1.1.2.3 Mapa del SPI para el año 1989 y 6 meses de agregación



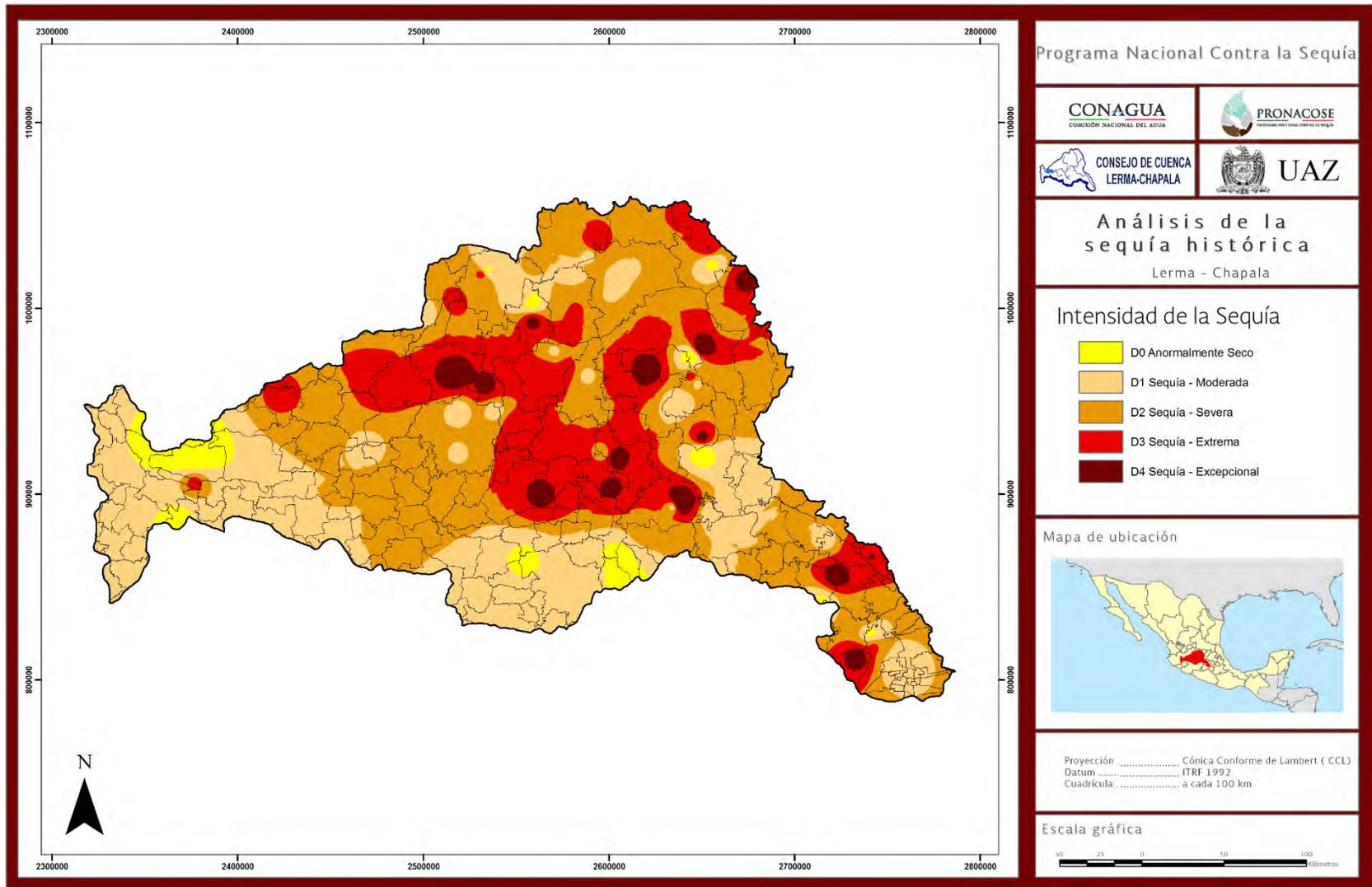
3.1.1.2.4 Mapa del SPI para el año 1989 y 9 meses de agregación



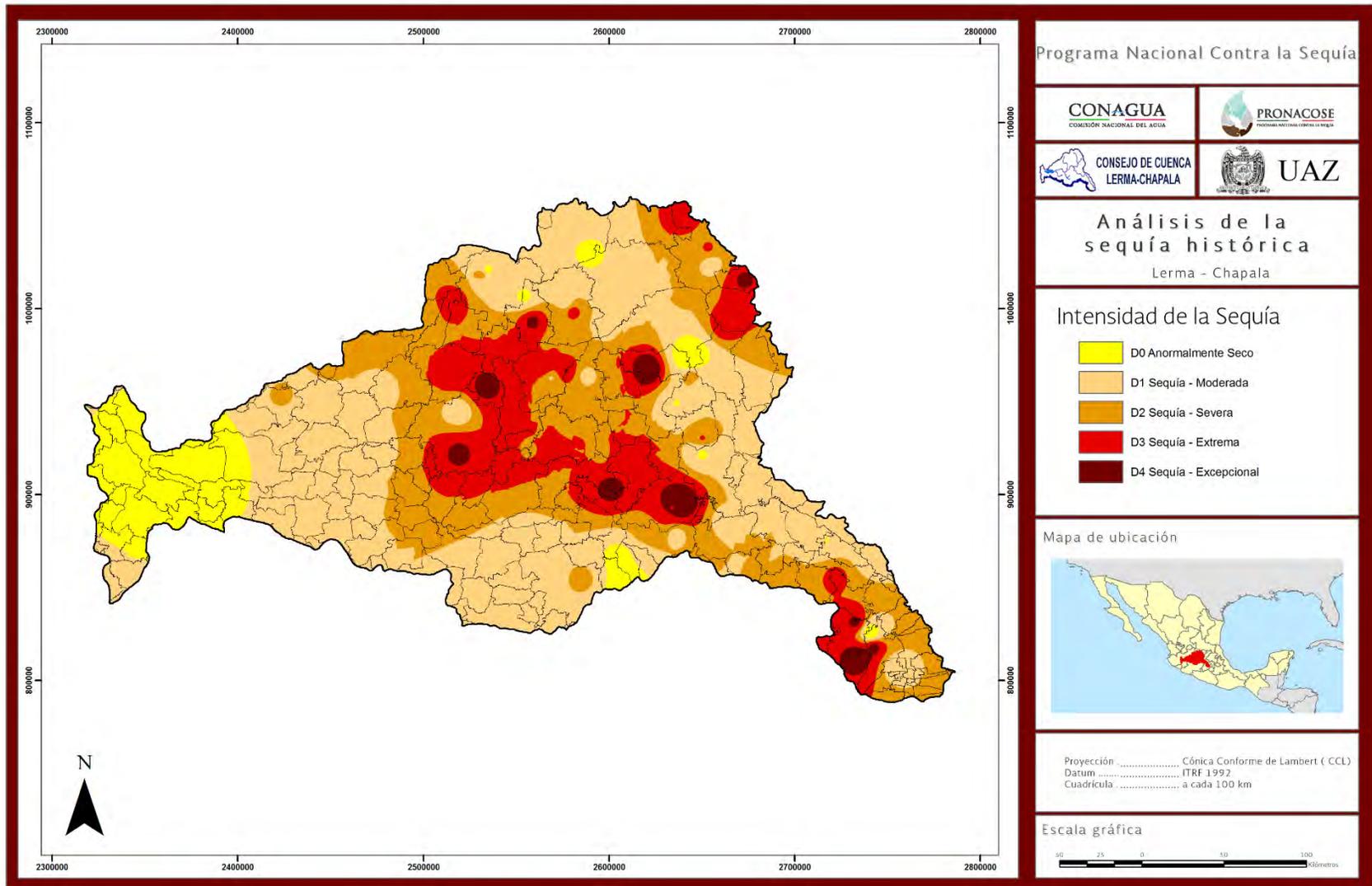
3.1.1.2.5 Mapa del SPI para el año 1989 y 12 meses de agregación



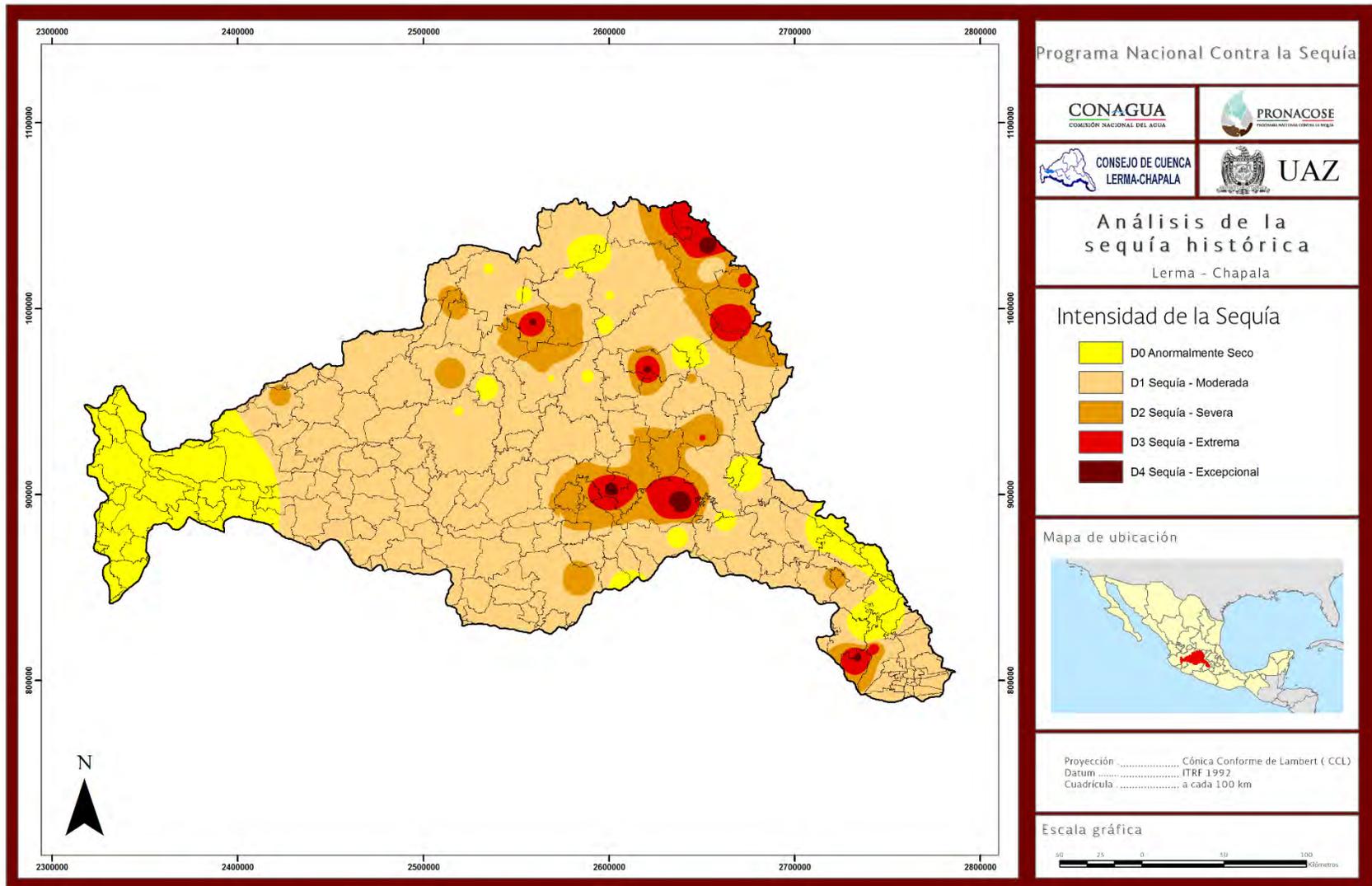
3.1.1.2.6 Mapa del SPI para el año 1989 y 24 meses de agregación



3.1.1.2.7 Mapa del SPI para el año 1989 y 36 meses de agregación

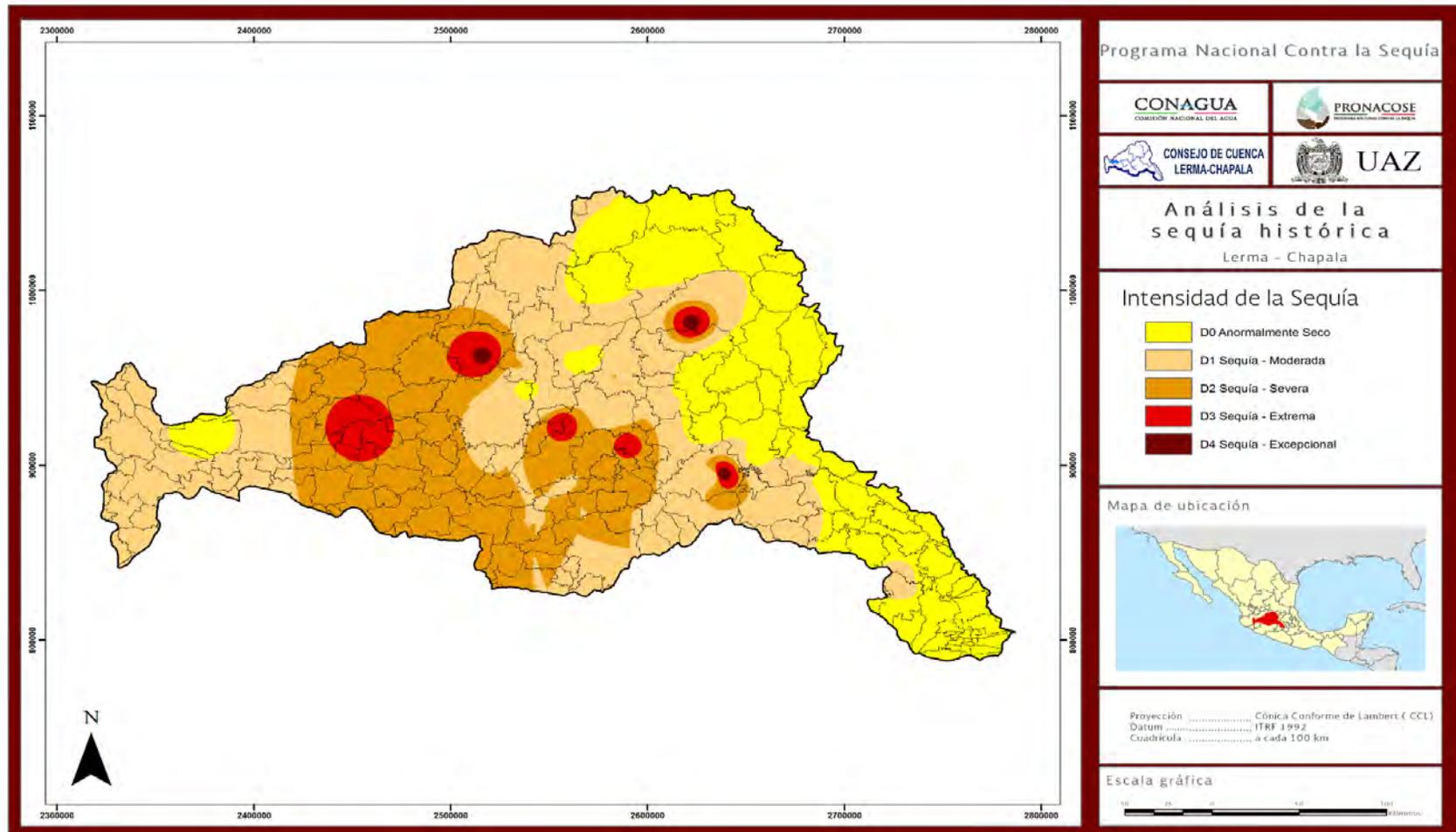


3.1.1.2.8 Mapa del SPI para el año 1989 y 48 meses de agregación

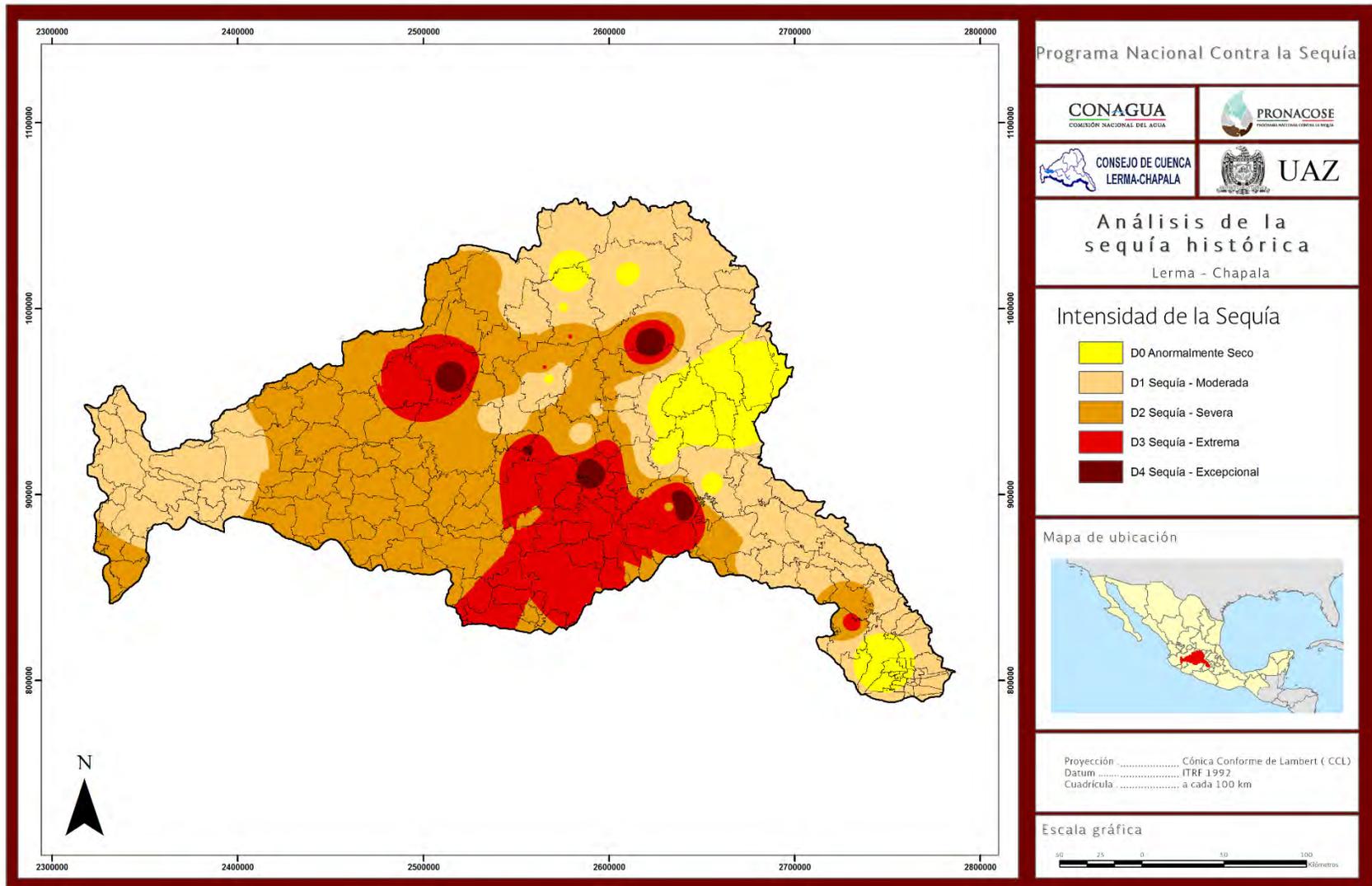


3.1.1.3 Análisis de la sequía histórica empleando el SPI para el año 1989 y sus diferentes periodos de agregación (SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL)

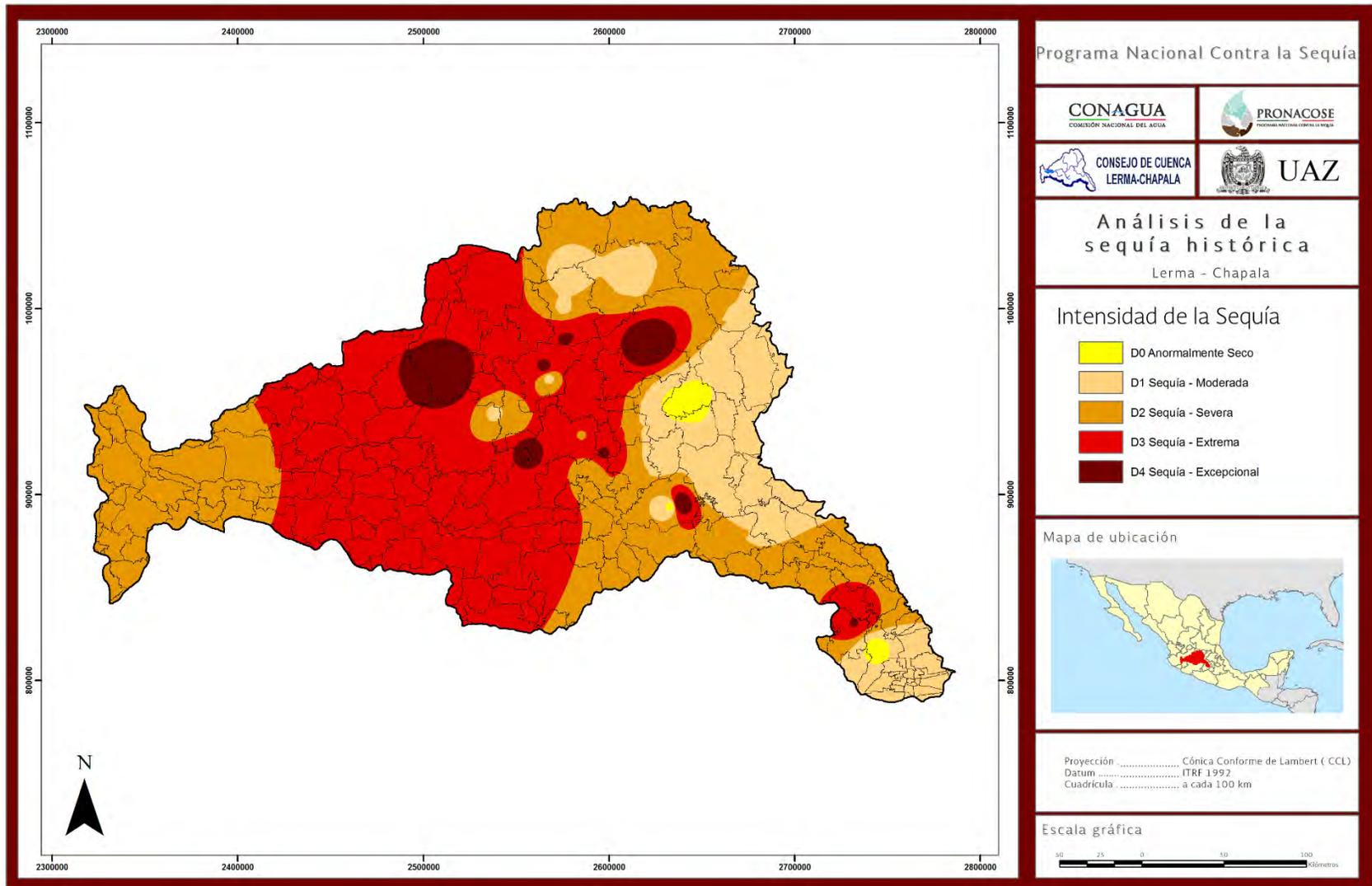
3.1.1.3.1 Mapa del SPI para el año 1989 y un mes de agregación



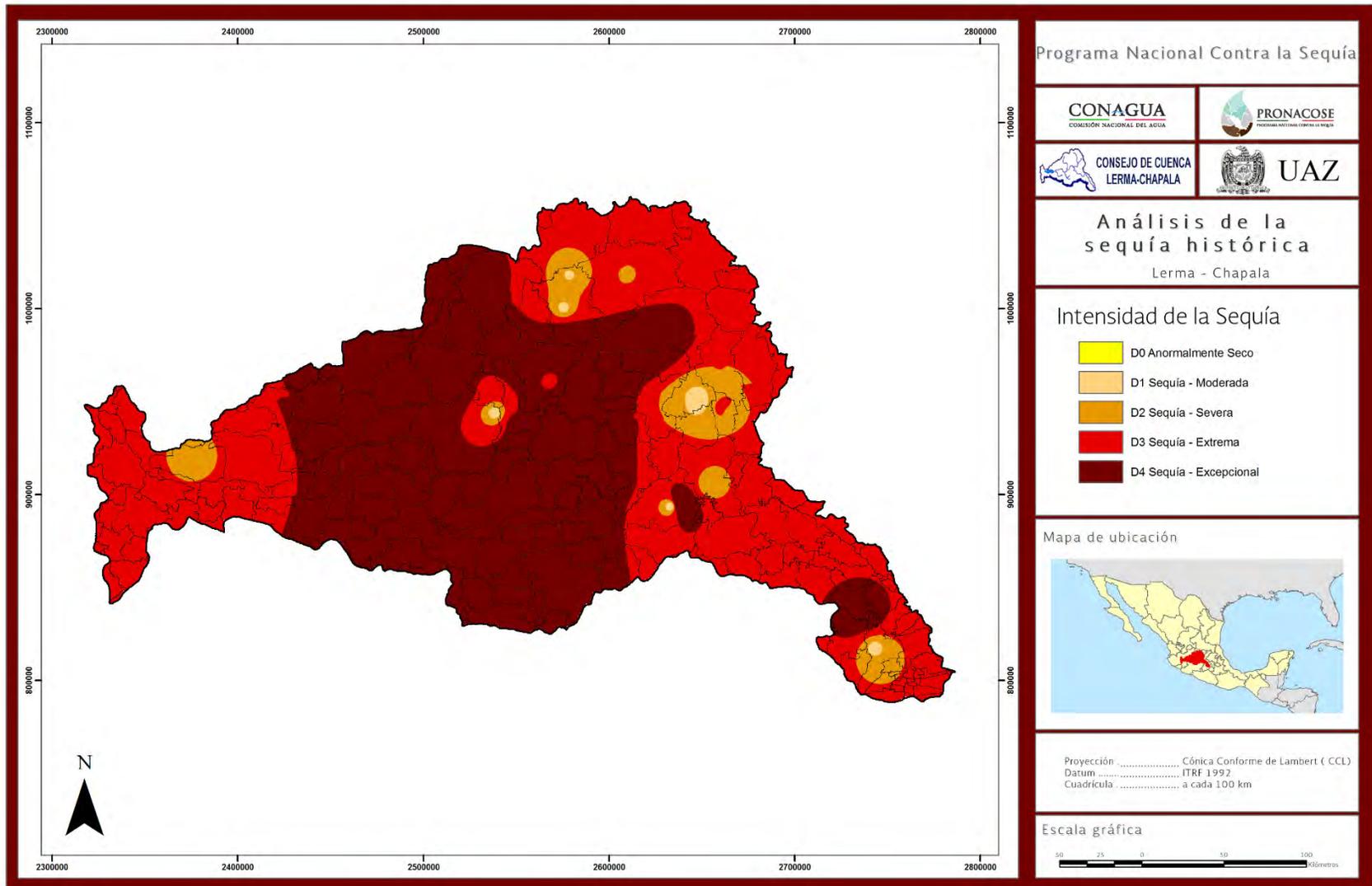
3.1.1.3.2 Mapa del SPI para el año 1989 y 3 meses de agregación



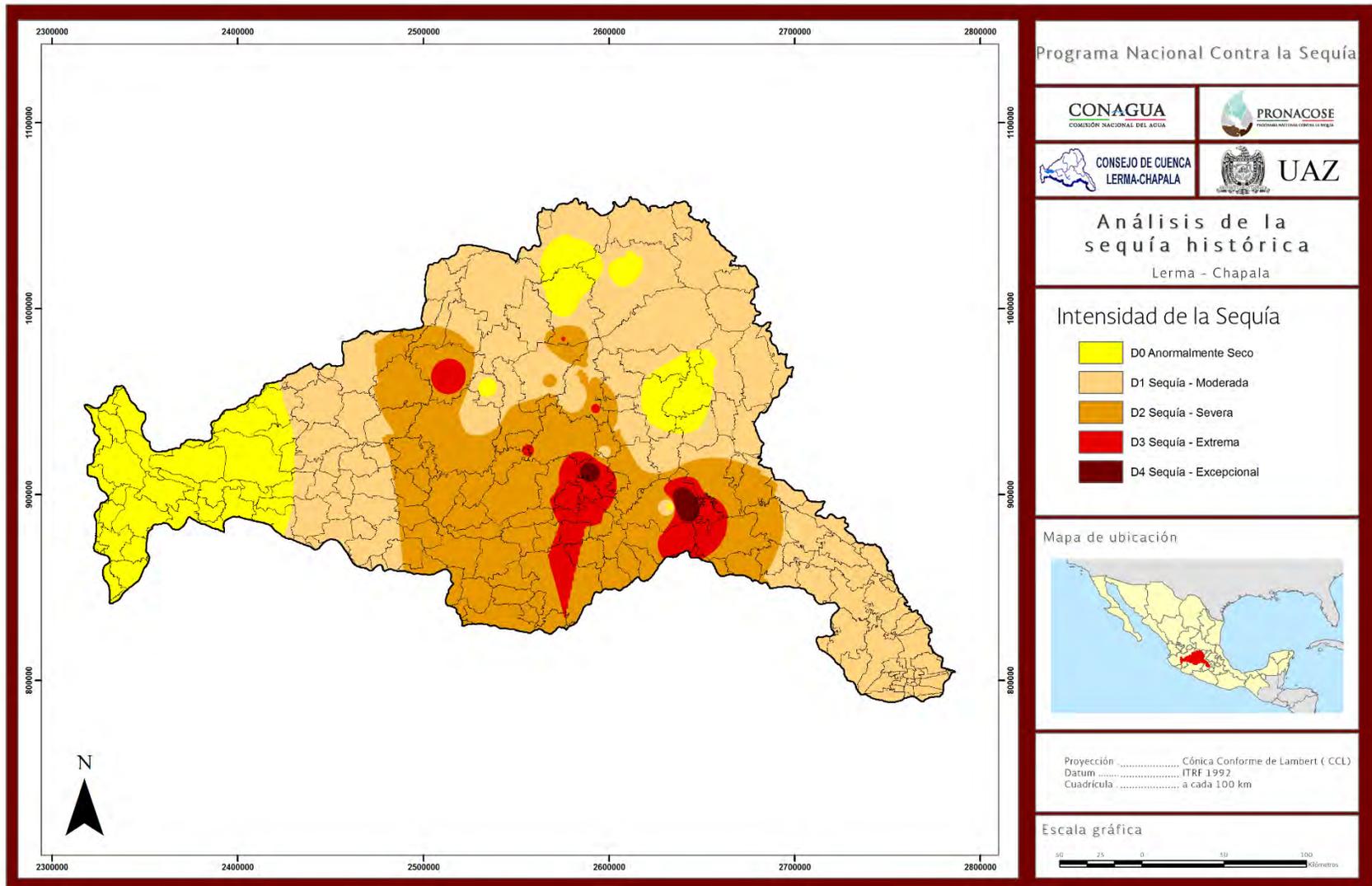
3.1.1.3.3 Mapa del SPI para el año 1989 y 6 meses de agregación



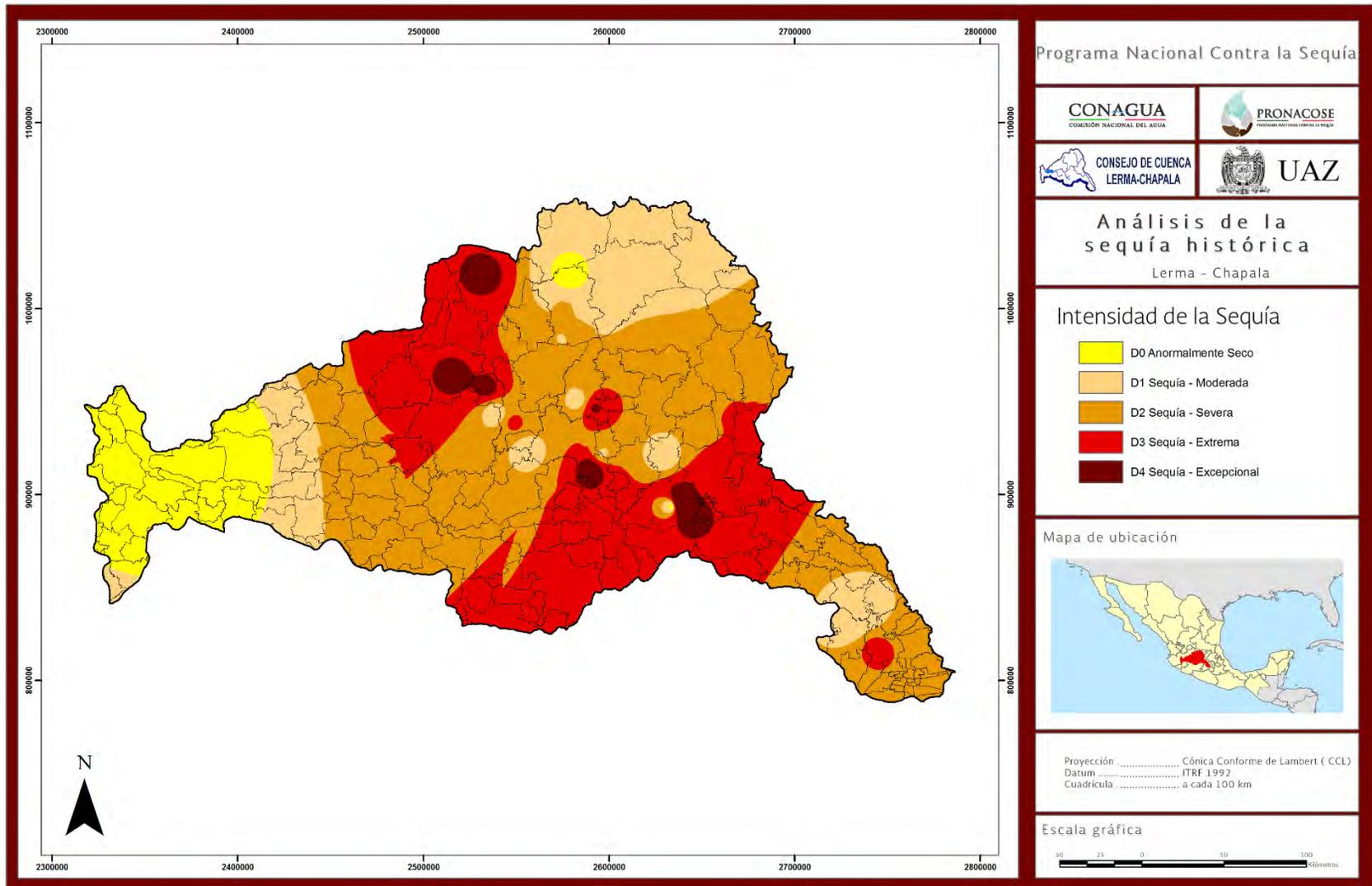
3.1.1.3.4 Mapa del SPI para el año 1989 y 9 meses de agregación



3.1.1.3.5 Mapa del SPI para el año 1989 y 12 meses de agregación



3.1.1.3.6 Mapa del SPI para el año 1989 y 24 meses de agregación

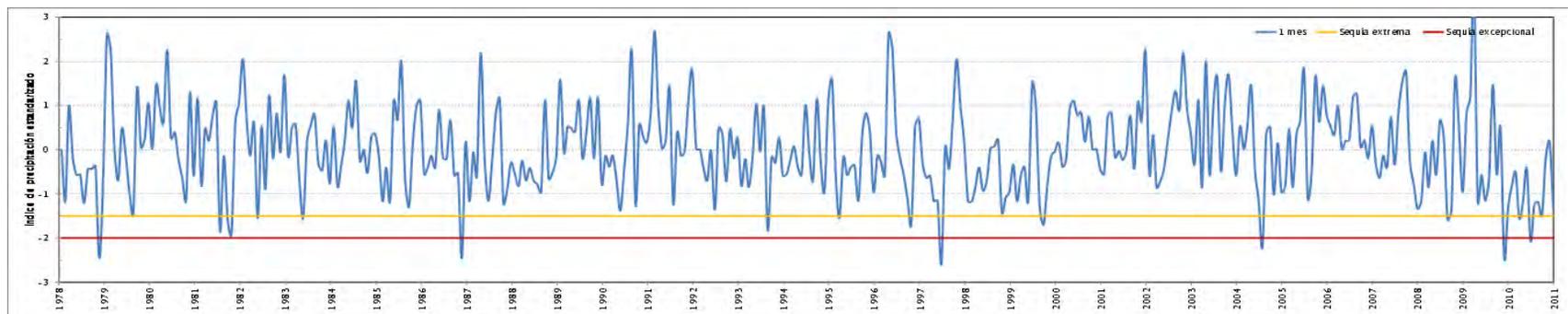


3.1.1.3 Análisis del SPI global

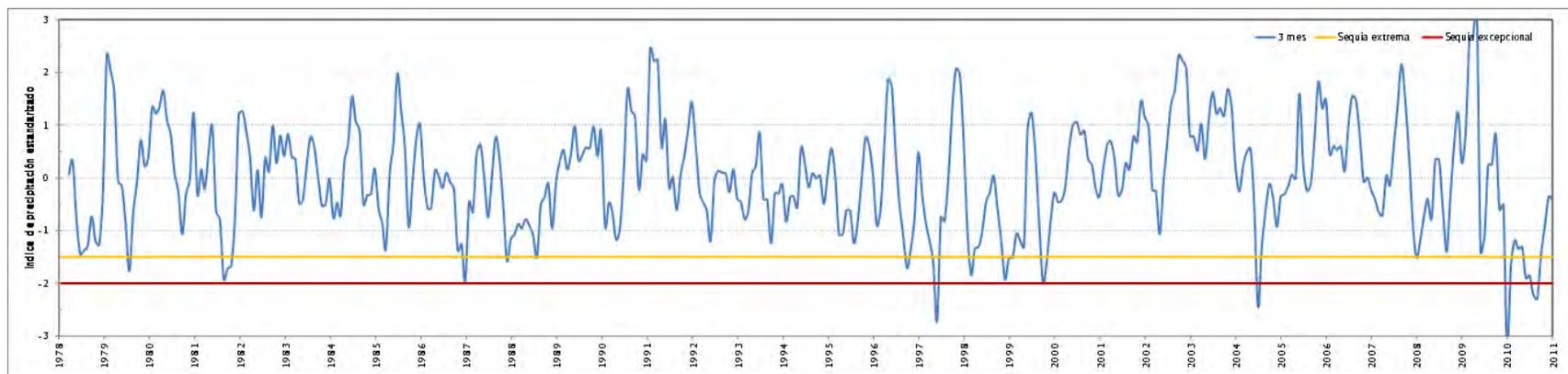
Se realizó un análisis del SPI a escala de cuenca, considerando la precipitación media, obtenida como el promedio de los valores registrados en todas las estaciones utilizadas en este estudio. Este análisis tiene como finalidad determinar los periodos secos que se han presentado en la cuenca de forma global.

En las siguientes gráficas se muestra el resultado de este análisis para los periodos de agregación de 1, 3, 6, 9, 12, 24, 36 y 48 meses.

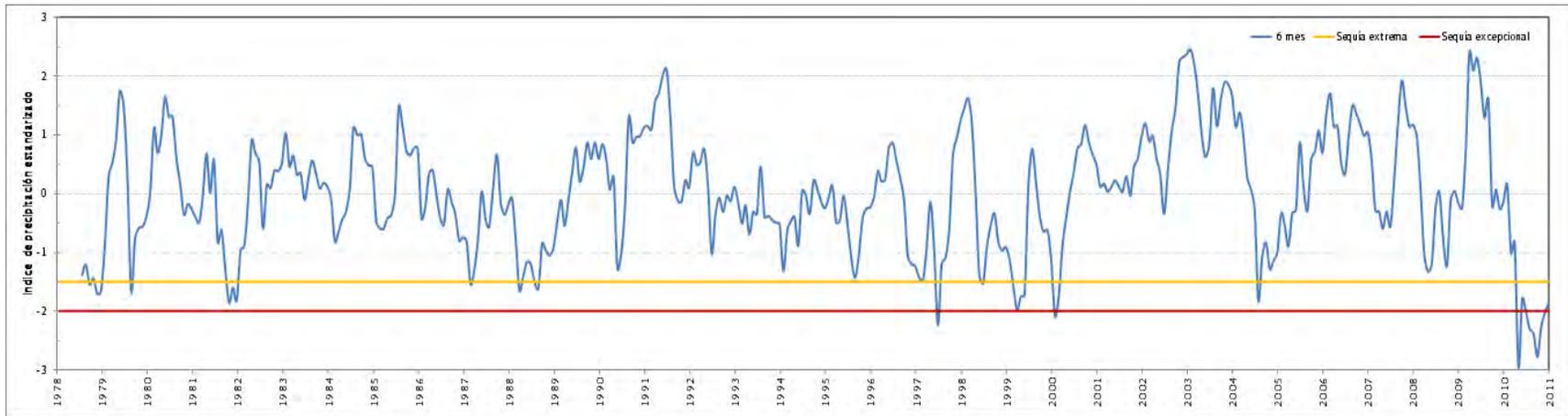
3.1.1.3.1 SPI global para 1 mes de agregación



3.1.1.3.2 SPI global para 3 meses de agregación



3.1.1.3.3 SPI global para 6 meses de agregación



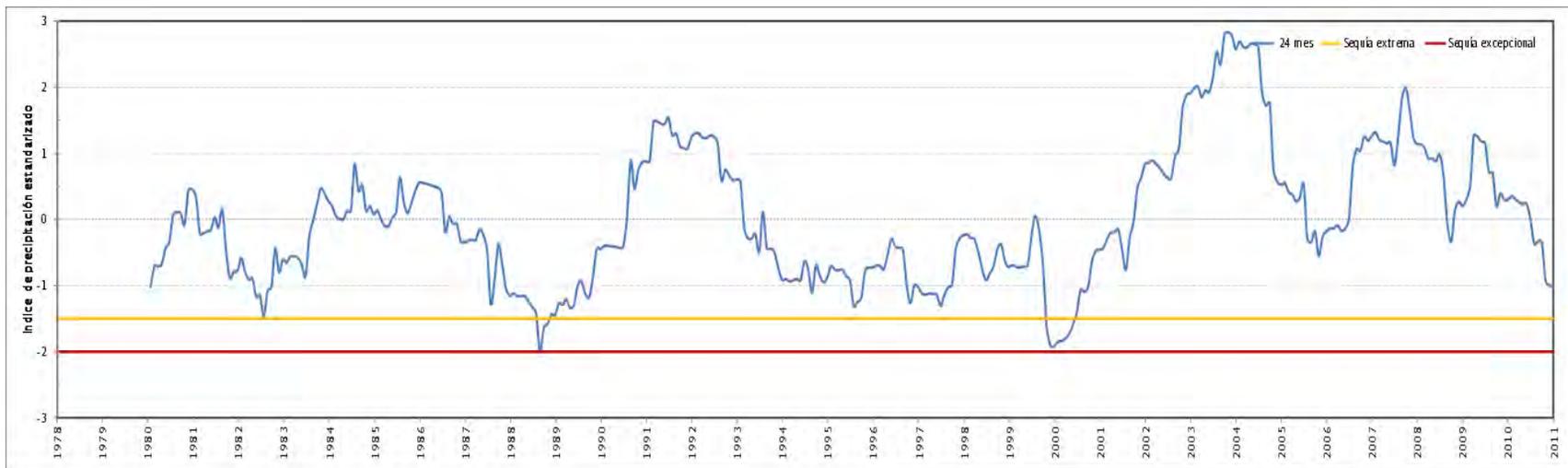
3.1.1.3.4 SPI global para 9 meses de agregación



3.1.1.3.5 SPI global para 12 meses de agregación



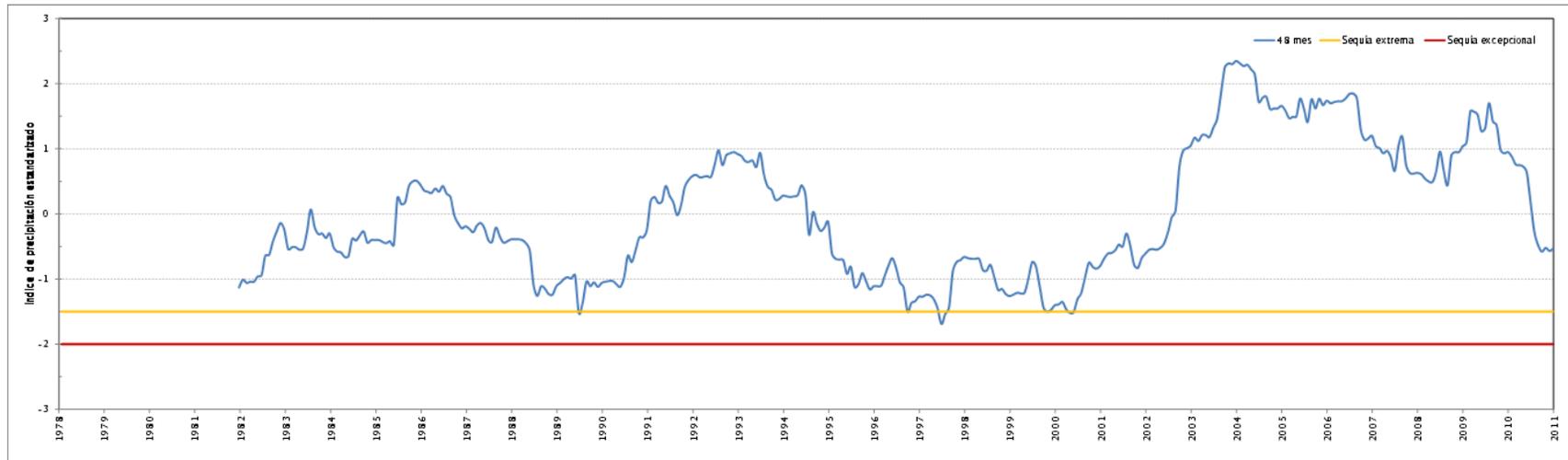
3.1.1.3.6 SPI global para 24 meses de agregación



3.1.1.3.7 SPI global para 36 meses de agregación

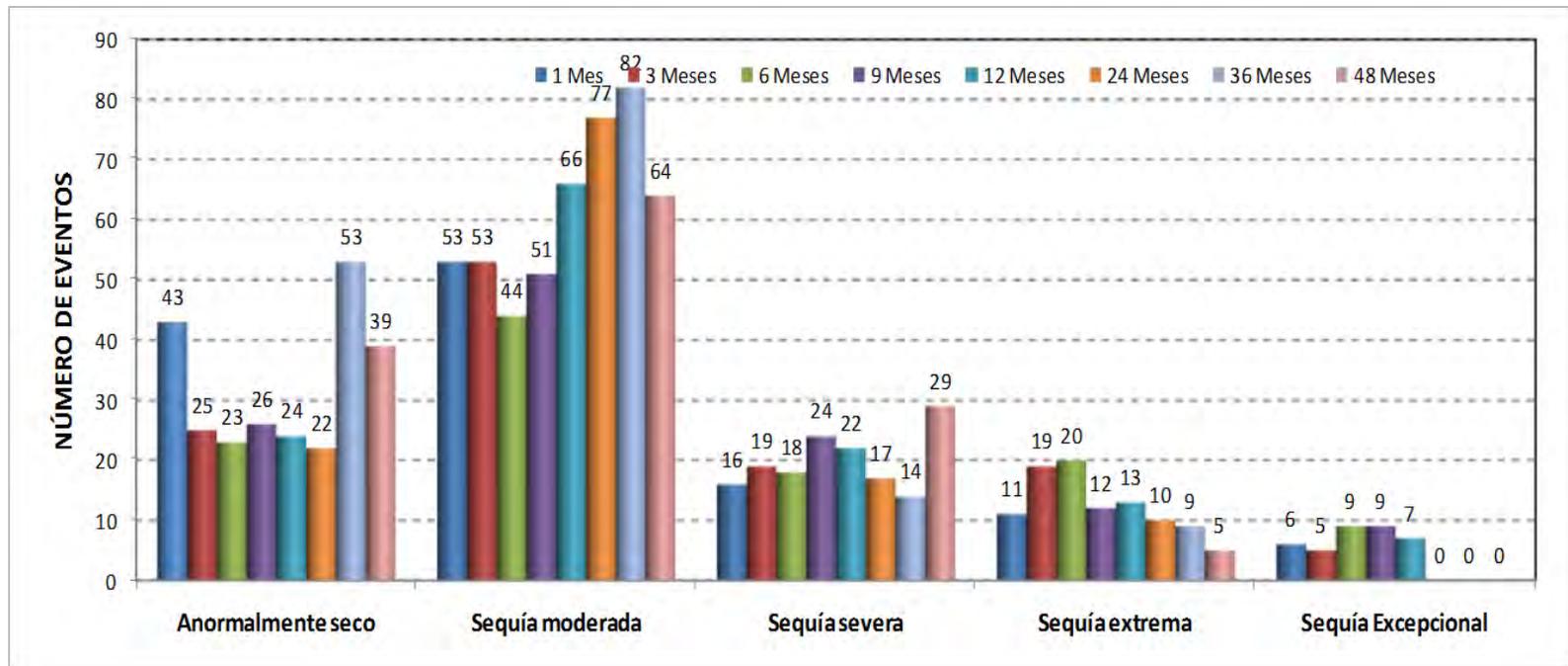


3.1.1.3.8 SPI global para 48 meses de agregación



3.1.1.3.9 Resumen de los resultados del SPI global

Descripción	1 Mes	3 Meses	6 Meses	9 Meses	12 Meses	24 Meses	36 Meses	48 Meses
Anormalmente seco	43	25	23	26	24	22	53	39
Sequía moderada	53	53	44	51	66	77	82	64
Sequía severa	16	19	18	24	22	17	14	29
Sequía extrema	11	19	20	12	13	10	9	5
Sequía Excepcional	6	5	9	9	7	0	0	0



2.- El **Índice Hidrológico de Sequía** (Streamflow Drought Index, SDI): valor resultante del análisis de los registros de escurrimiento o caudal en ríos que sirve para determinar la severidad y temporalidad de una sequía.

A semejanza del SPI para la lluvia, el SDI es un método estadístico para analizar las series mensuales de escurrimientos superficiales de los ríos, a través de su estandarización estadística; los valores negativos que se obtienen, significan los periodos de sequía, respecto a las condiciones normales, cuyo índice tiene un rango entre +1 y -1-. El procedimiento es semejante; la diferencia, como fenómeno, es que el escurrimiento puede tener una fuerte componente de auto regresión, mientras que la lluvia no la tiene.

En la tabla 3.2 se muestran los rangos de los valores del SDI, el estado, descripción y probabilidad.

Tabla 3.2.- Definición de estados de sequía hidrológica con el índice SDI.

Estado	Descripción	Criterio	Probabilidad %
0	Sin sequía	$SDI \geq 0.0$	50
1	Sequía suave	$-1.0 \leq SDI < 0.0$	34.1
2	Sequía moderada	$-1.5 \leq SDI < -1.0$	9.2
3	Sequía severa	$-2.0 \leq SDI < -1.5$	4.4
4	Sequía extrema	$SDI < -2.0$	2.3

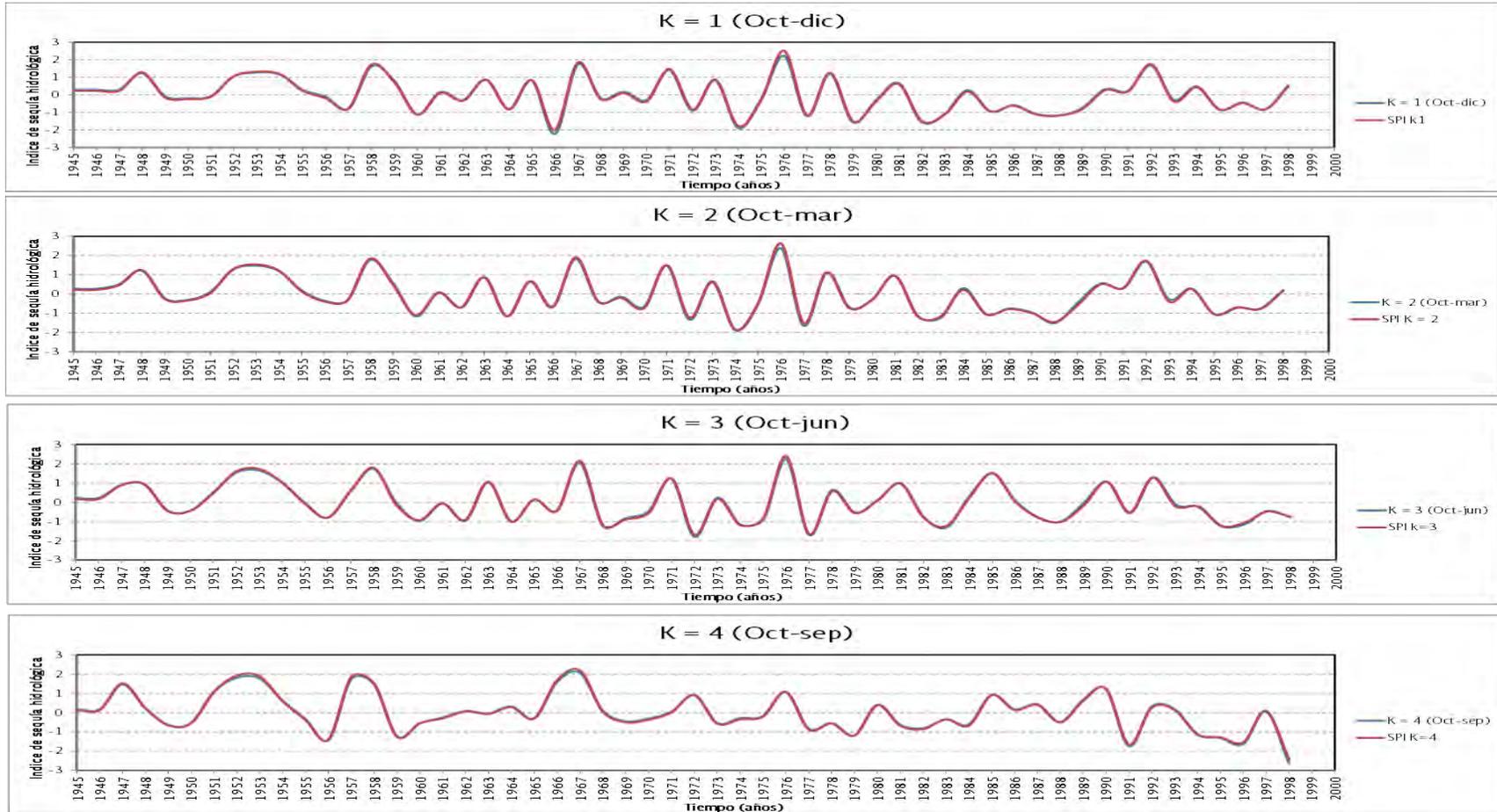
Fuente: Marco teórico, programas de medidas preventivas y de mitigación de la sequía.

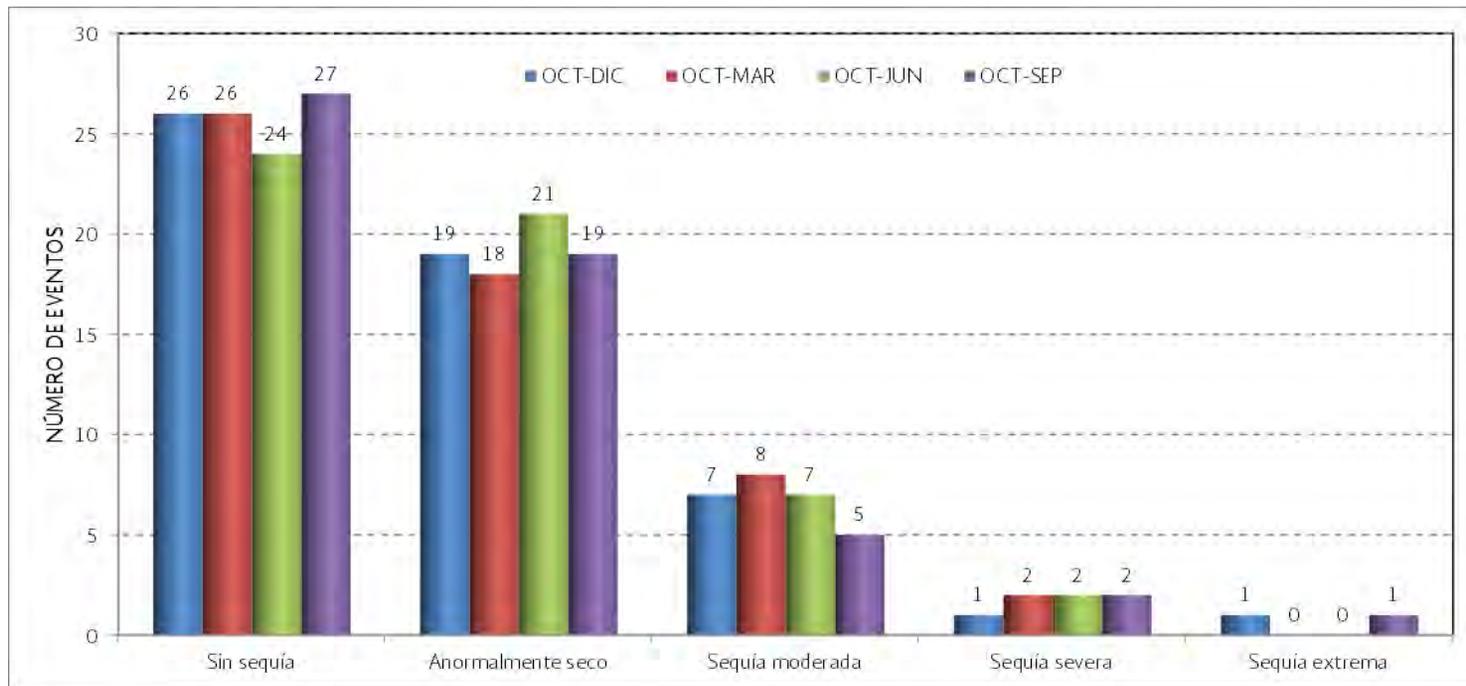
Para la caracterización de la sequía histórica empleando el SDI, se utilizaron cuatro periodos de agregación: Octubre-Diciembre (3 meses), Octubre-Marzo (6 meses), Octubre-Junio (9 meses) y Octubre-Septiembre (12 meses).

3.1.2 Evaluación histórica de la sequía empleando el SDI

A continuación se muestran los resultados del SDI para las 17 subcuencas de la Subregión Lerma Chapala, por un lado se muestran las gráficas del SDI en Excel, y por el otro una gráfica de barras y una tabla contabilizando los estados de la sequía.

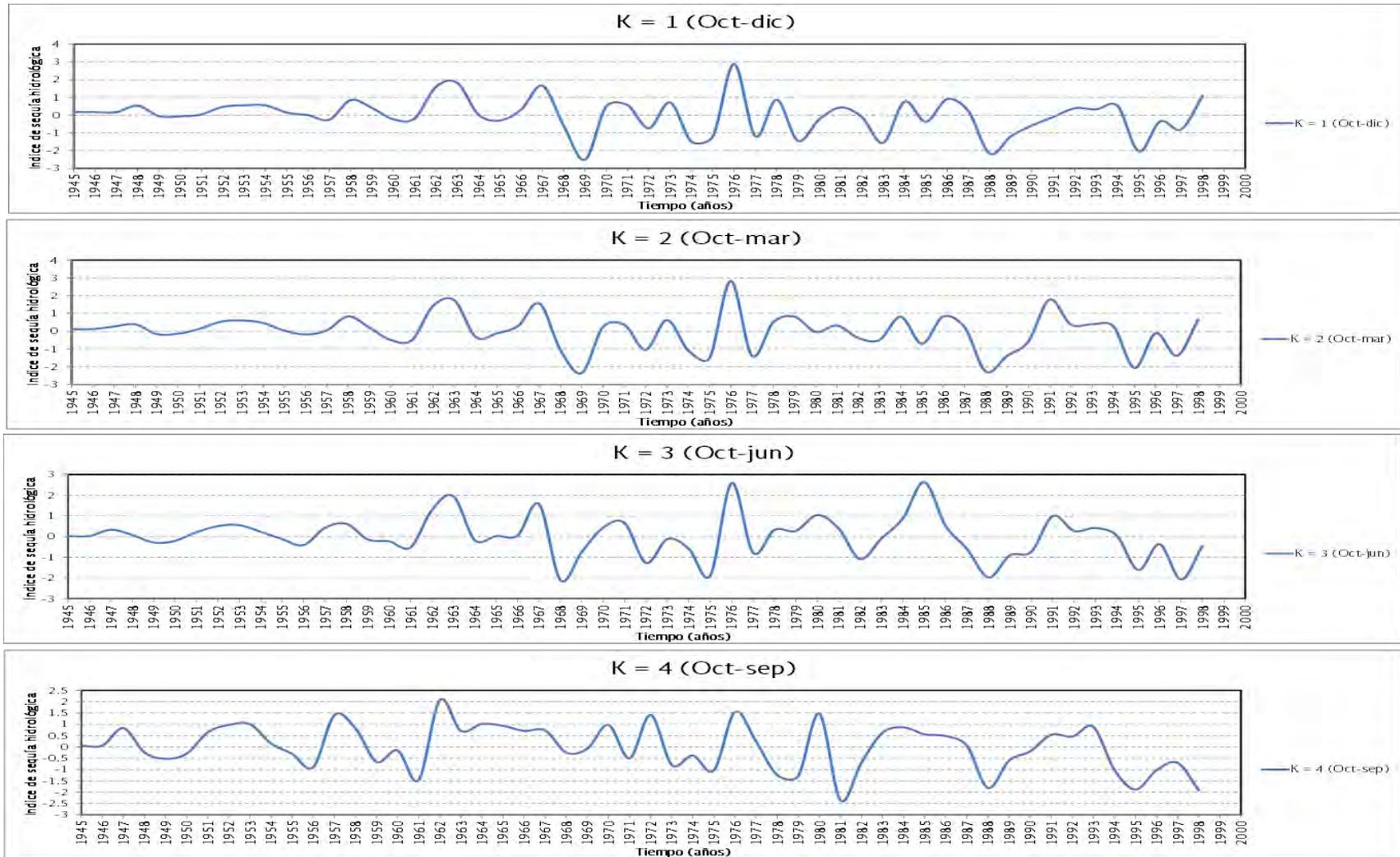
3.1.2.1 Subcuenca Alzate

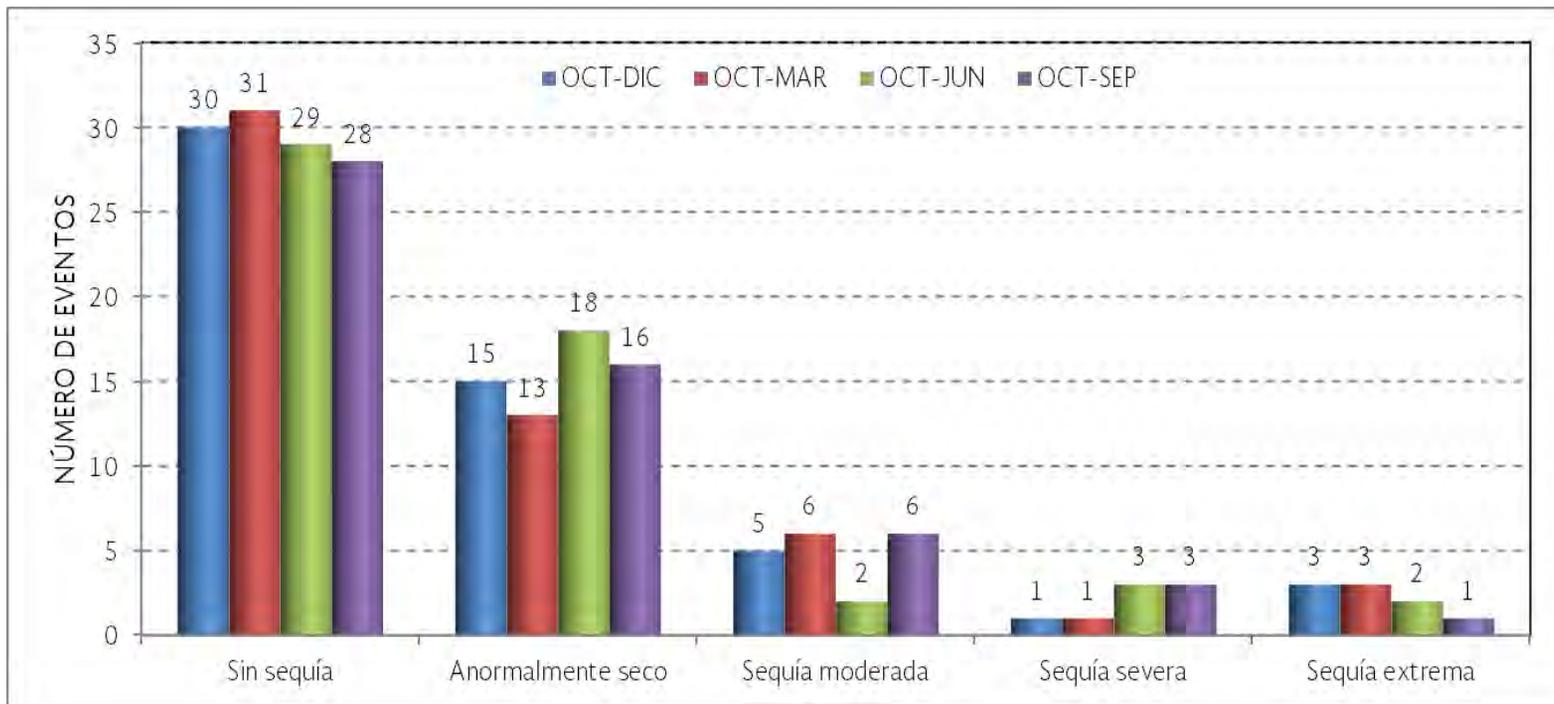




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	26	26	24	27
Anormalmente seco	19	18	21	19
Sequía moderada	7	8	7	5
Sequía severa	1	2	2	2
Sequía extrema	1	0	0	1

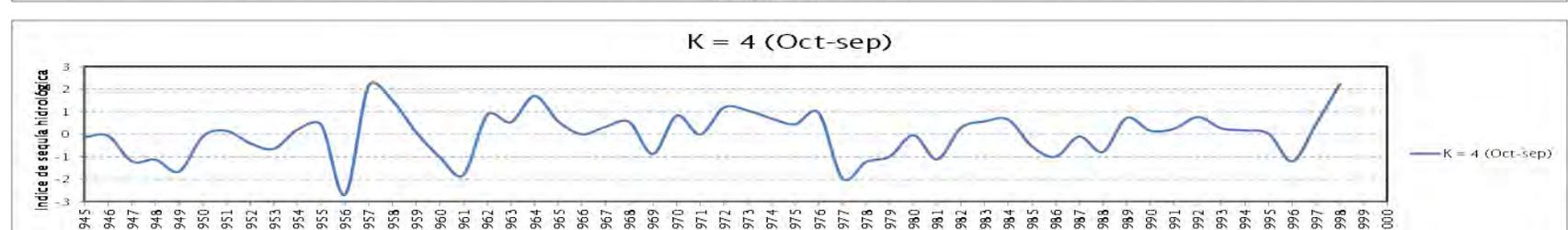
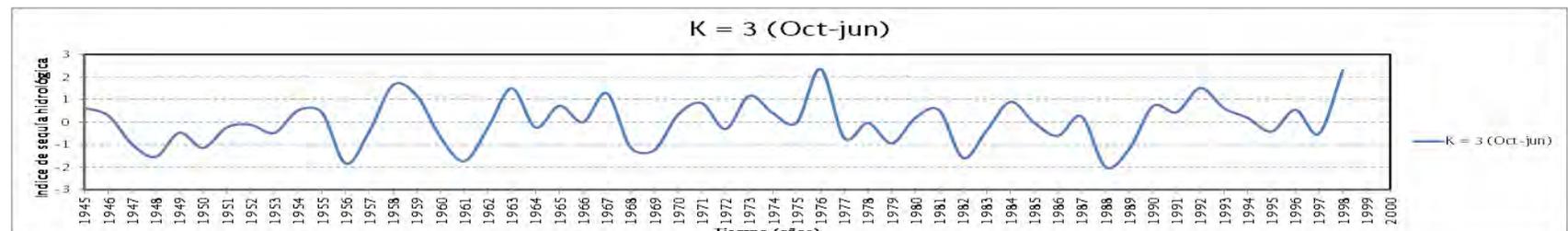
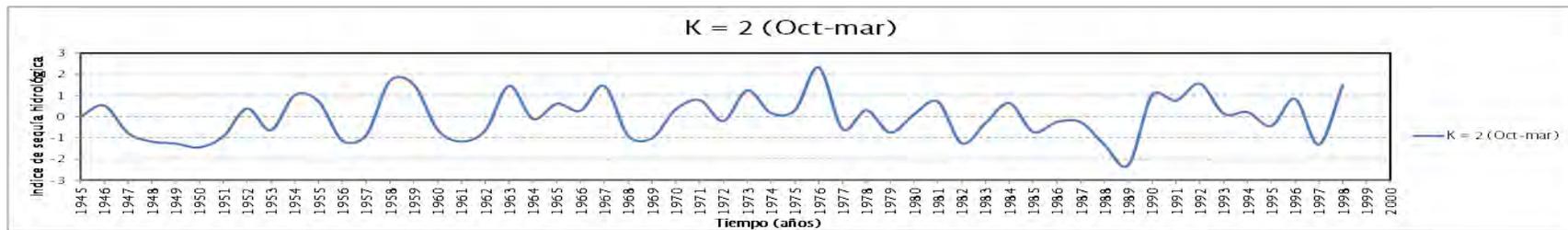
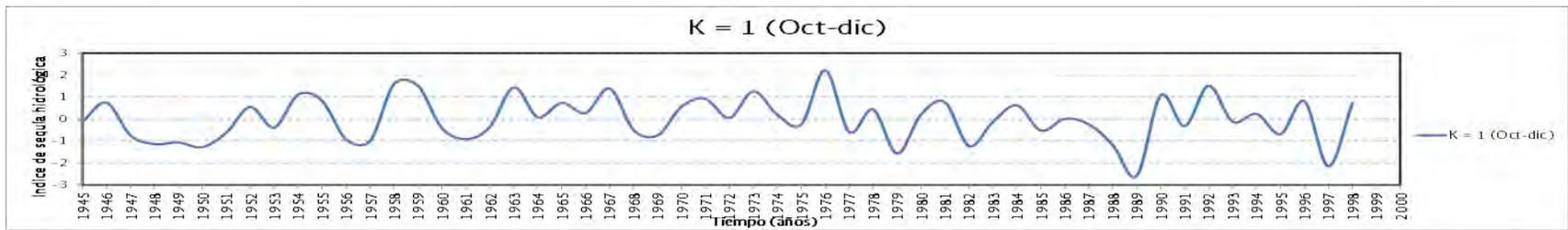
3.1.2.2 Subcuenca Ramírez

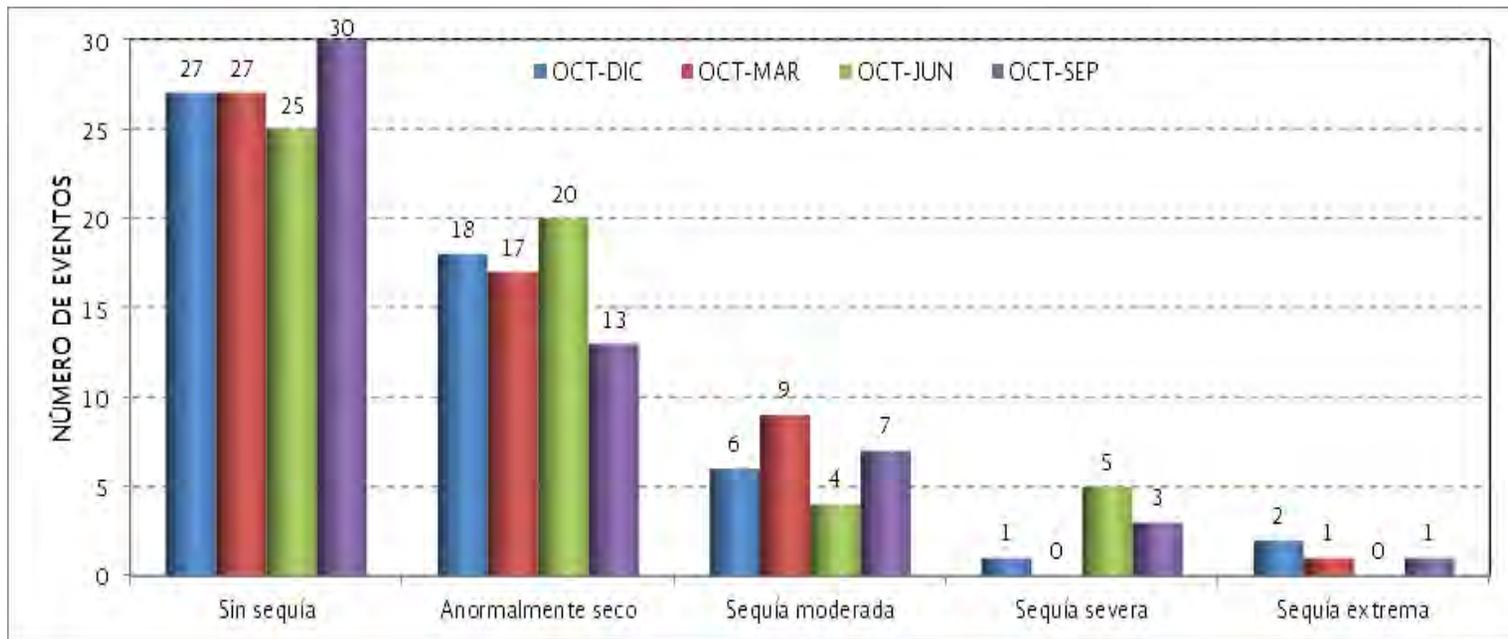




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	30	31	29	28
Anormalmente seco	15	13	18	16
Sequía moderada	5	6	2	6
Sequía severa	1	1	3	3
Sequía extrema	3	3	2	1

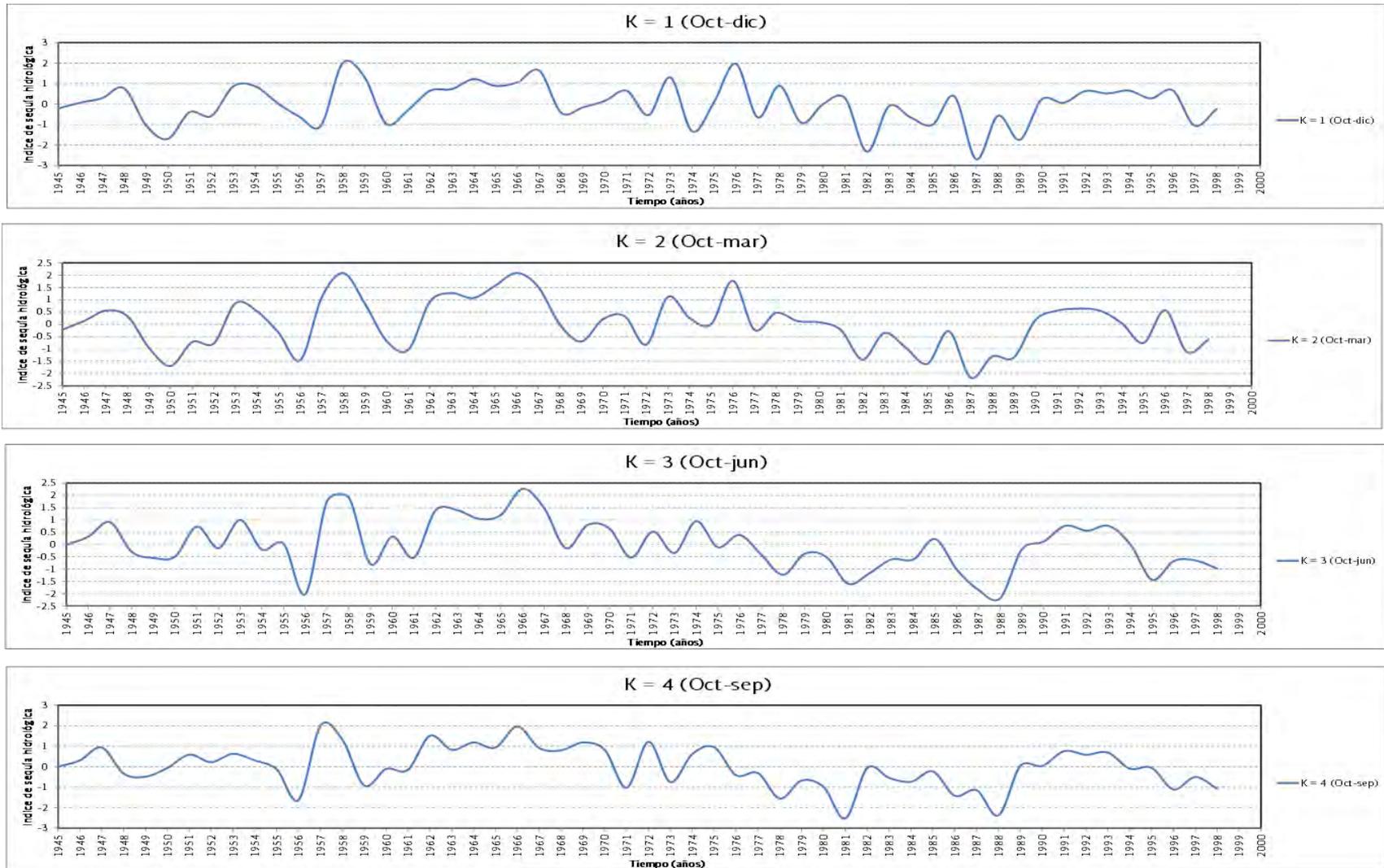
3.1.2.3 Subcuenca Tepetitlán

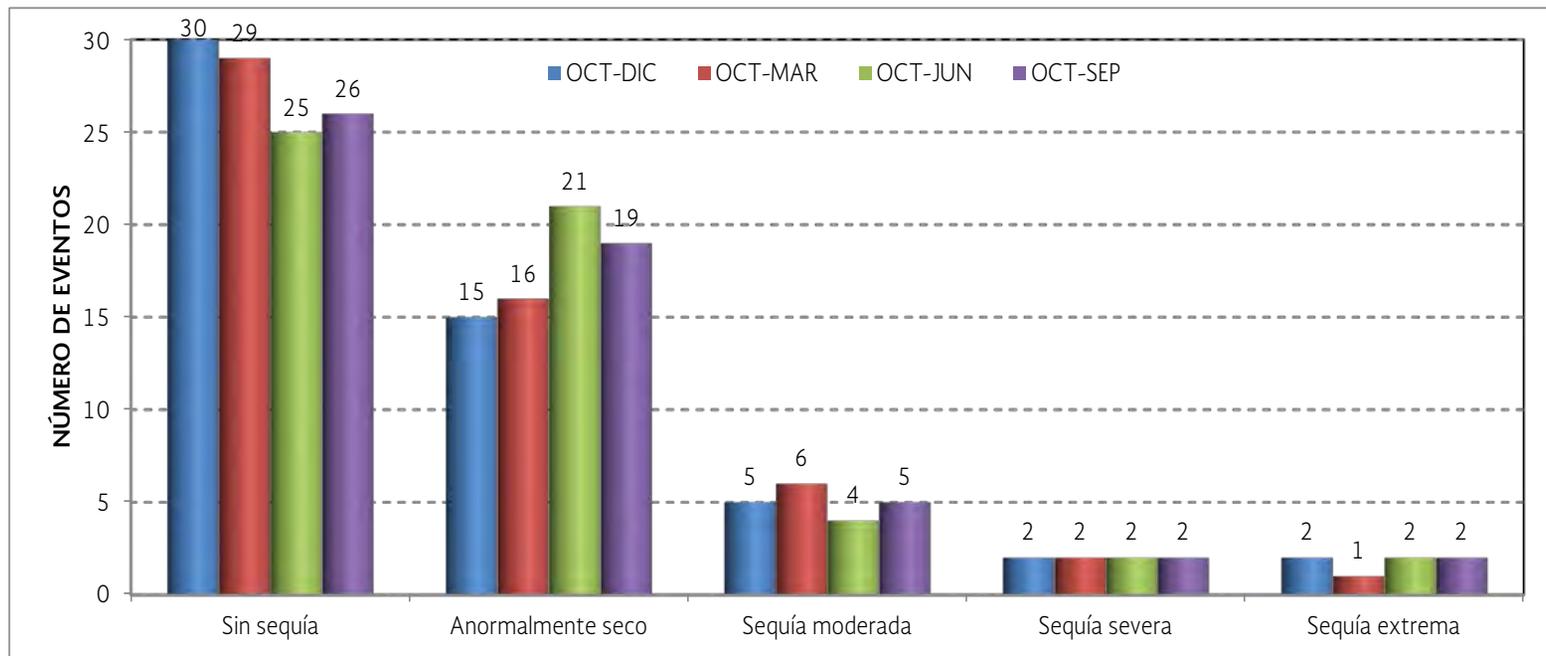




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	27	27	25	30
Anormalmente seco	18	17	20	13
Sequía moderada	6	9	4	7
Sequía severa	1	0	5	3
Sequía extrema	2	1	0	1

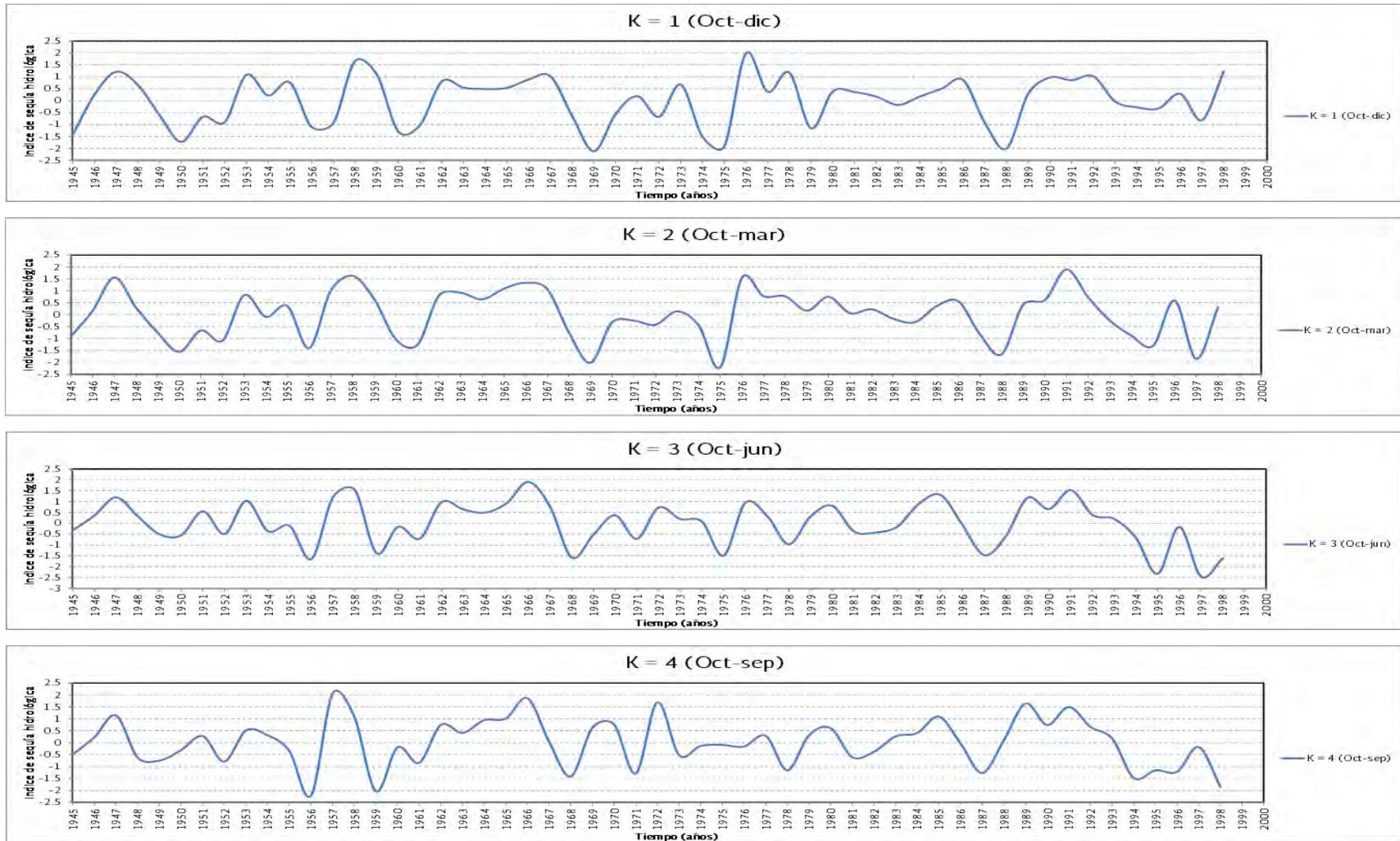
3.1.2.4 Subcuenca Tepuxtepec

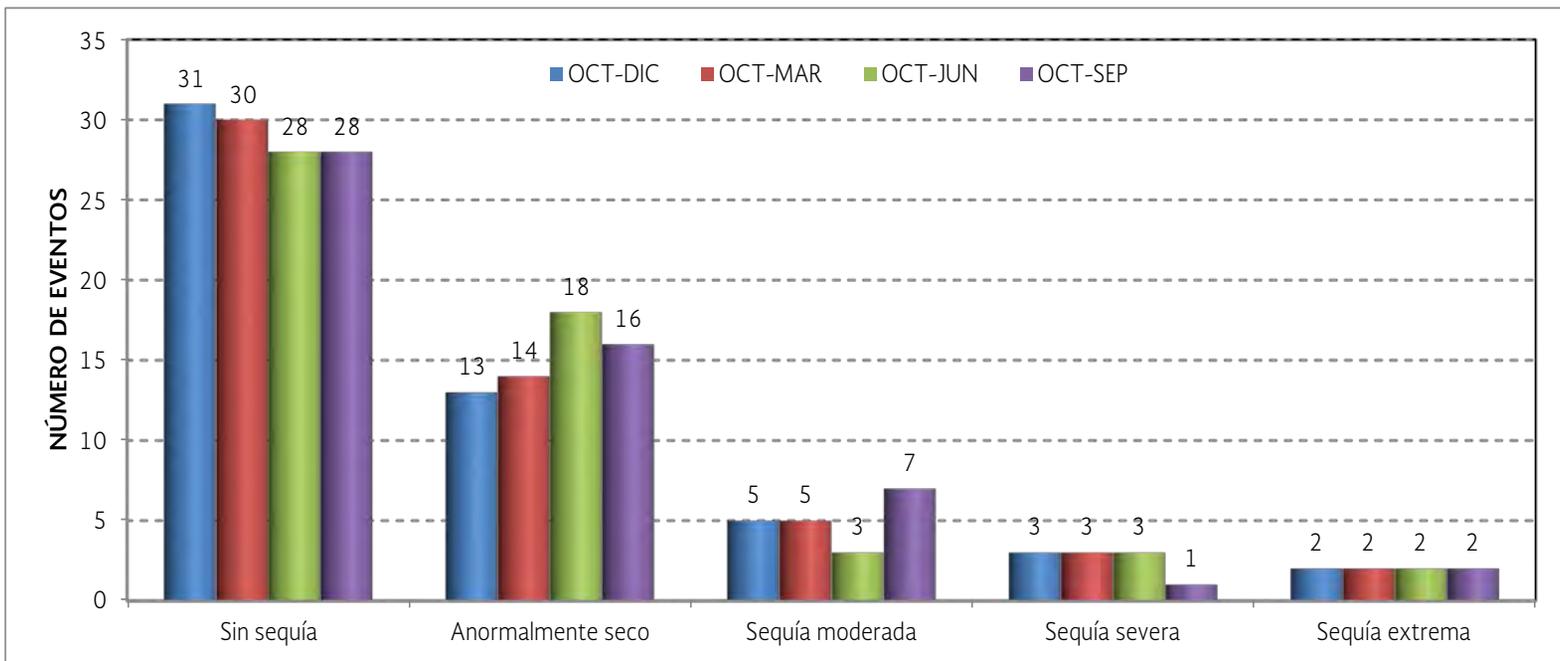




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	30	29	25	26
Anormalmente seco	15	16	21	19
Sequía moderada	5	6	4	5
Sequía severa	2	2	2	2
Sequía extrema	2	1	2	2

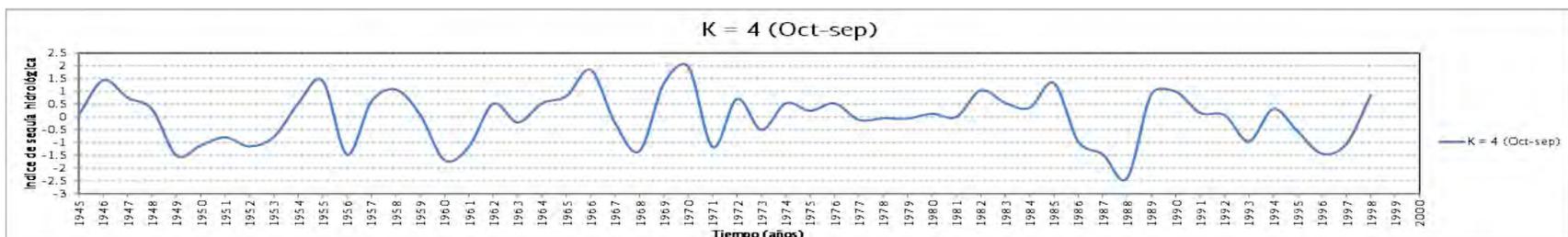
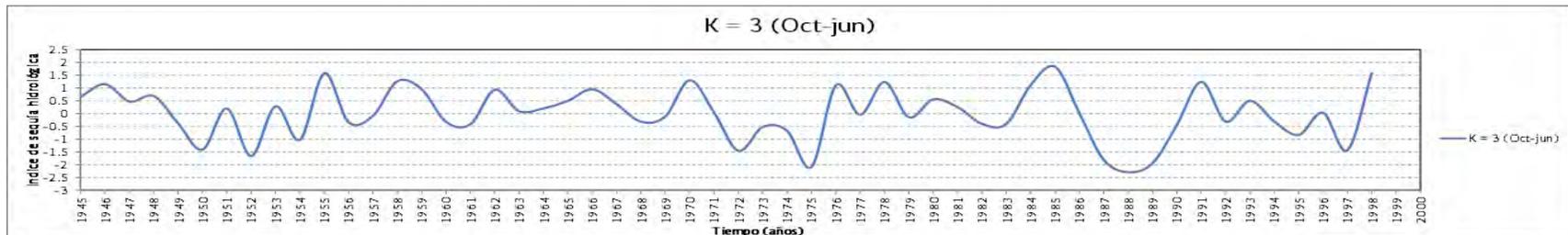
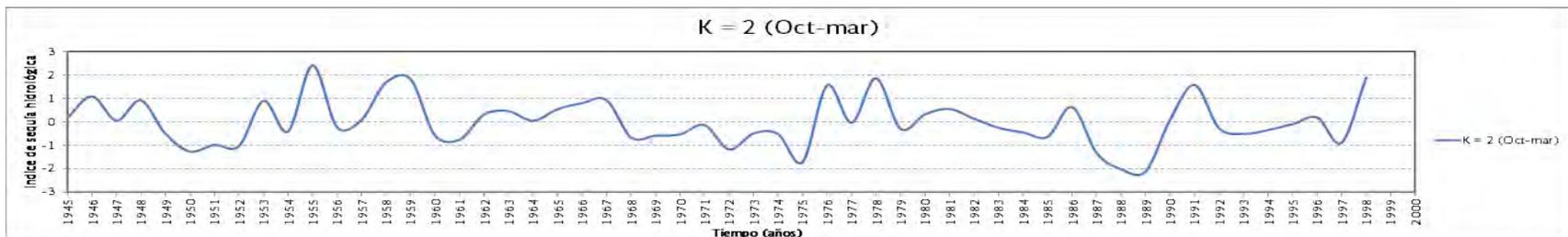
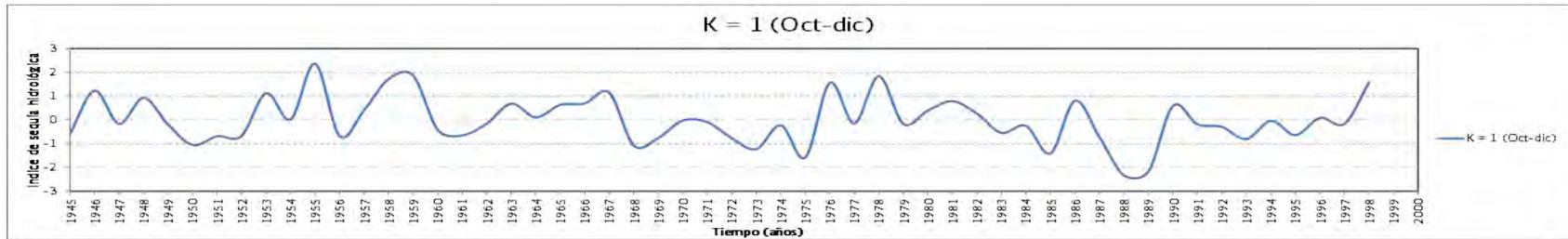
3.1.2.5 Subcuenca Solís

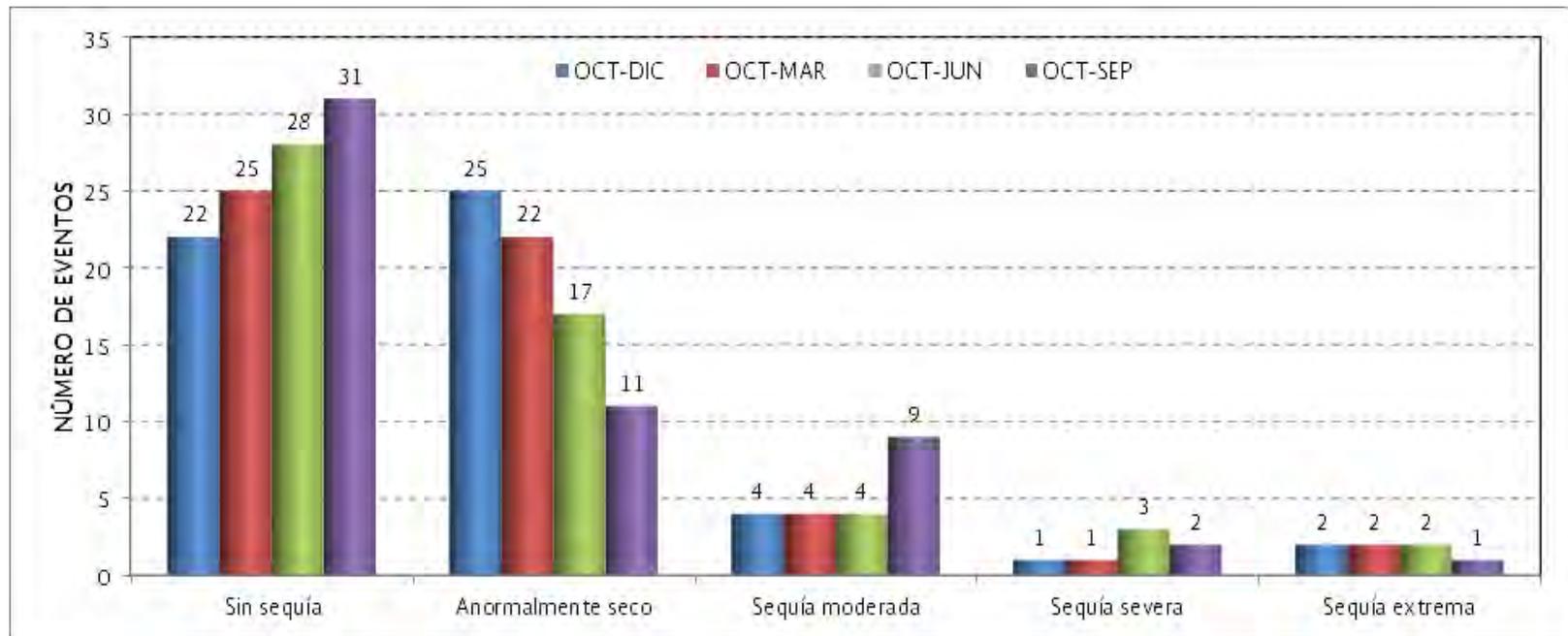




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	31	30	28	28
Anormalmente seco	13	14	18	16
Sequía moderada	5	5	3	7
Sequía severa	3	3	3	1
Sequía extrema	2	2	2	2

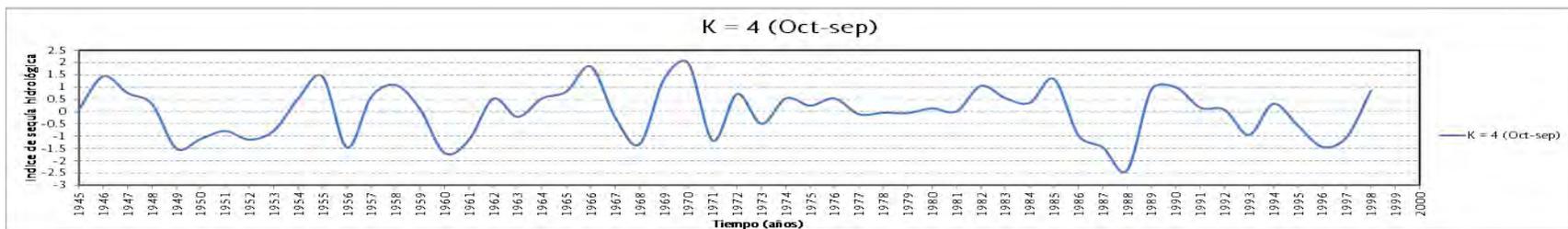
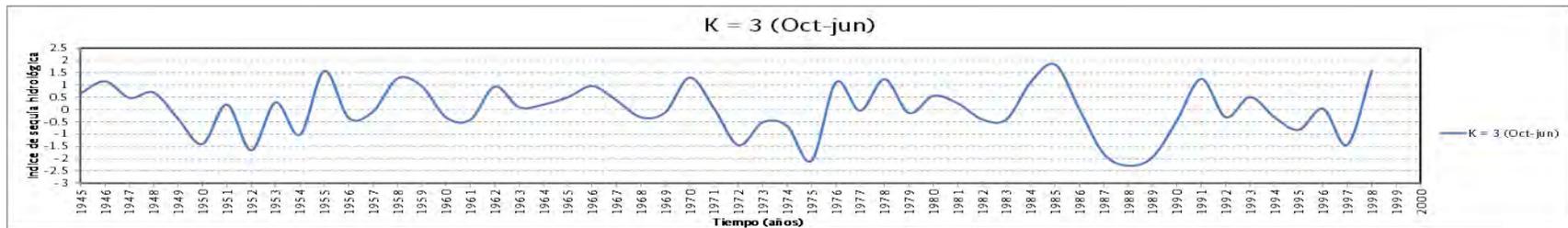
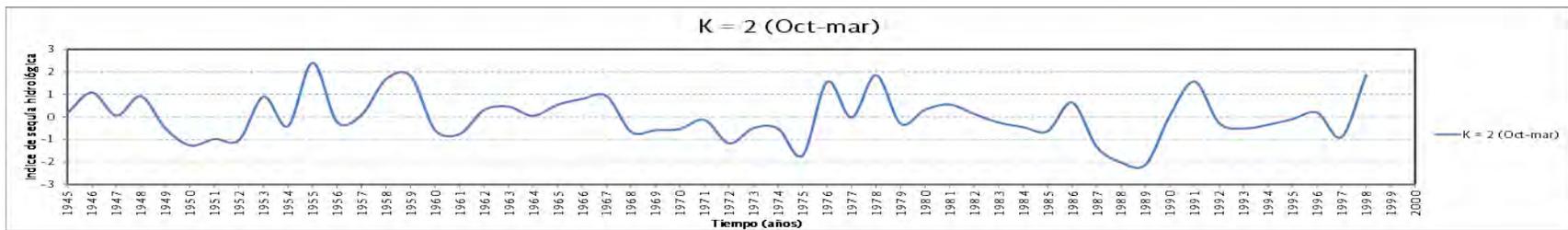
3.1.2.6 Subcuenca Begoña

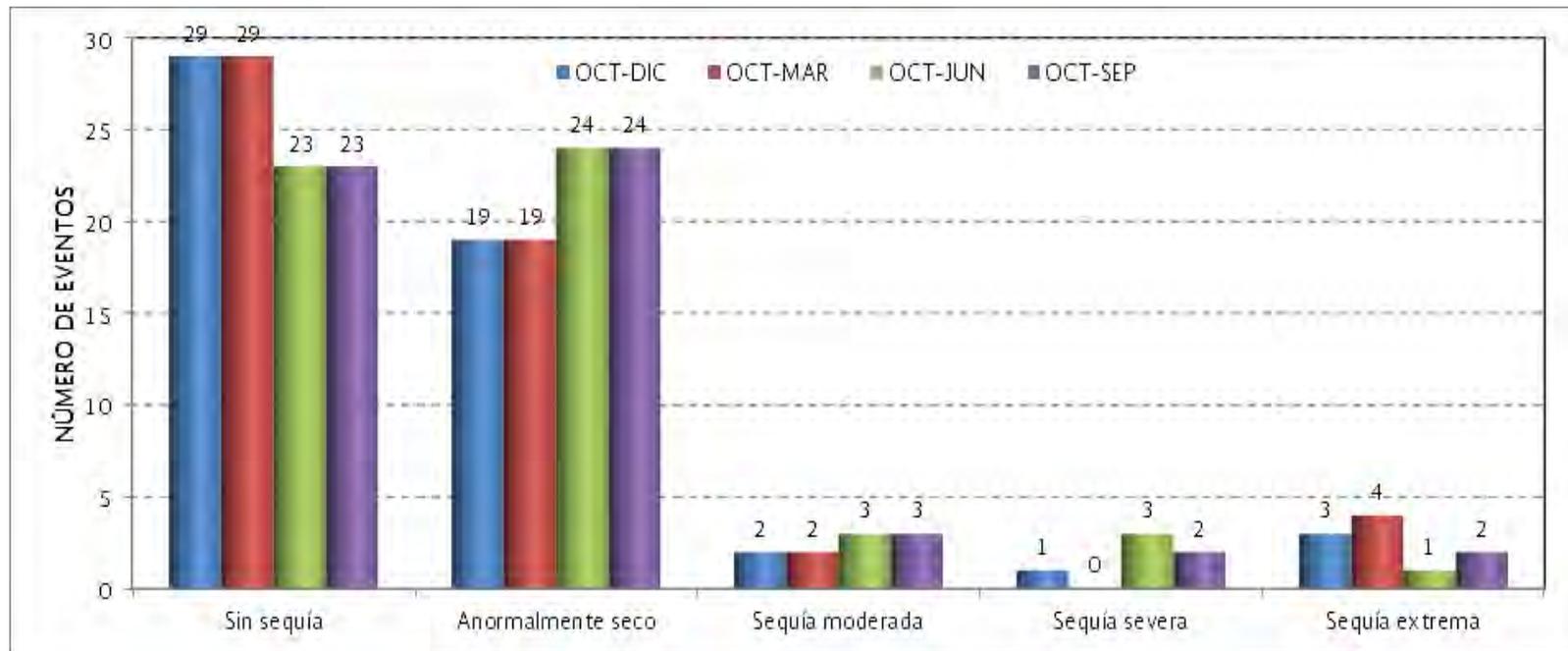




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	22	25	28	31
Anormalmente seco	25	22	17	11
Sequía moderada	4	4	4	9
Sequía severa	1	1	3	2
Sequía extrema	2	2	2	1

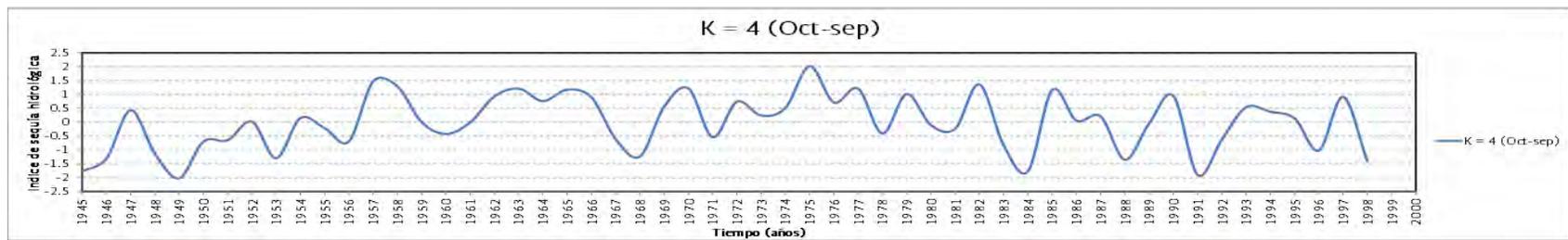
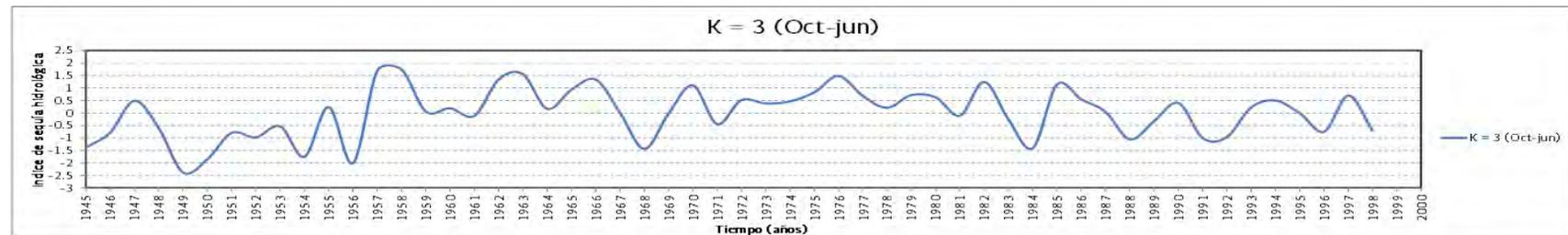
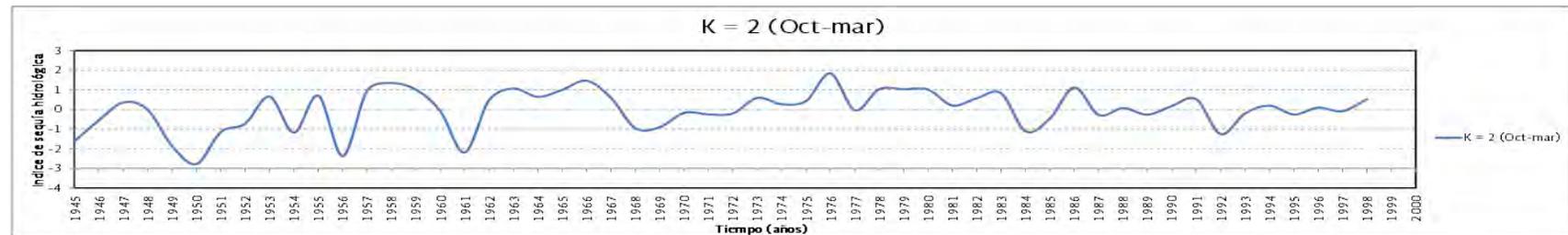
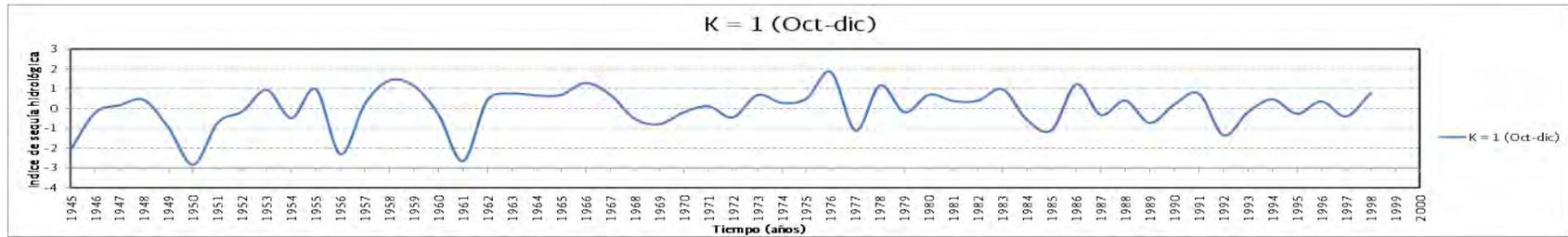
3.1.2.7 Subcuenca Ameche

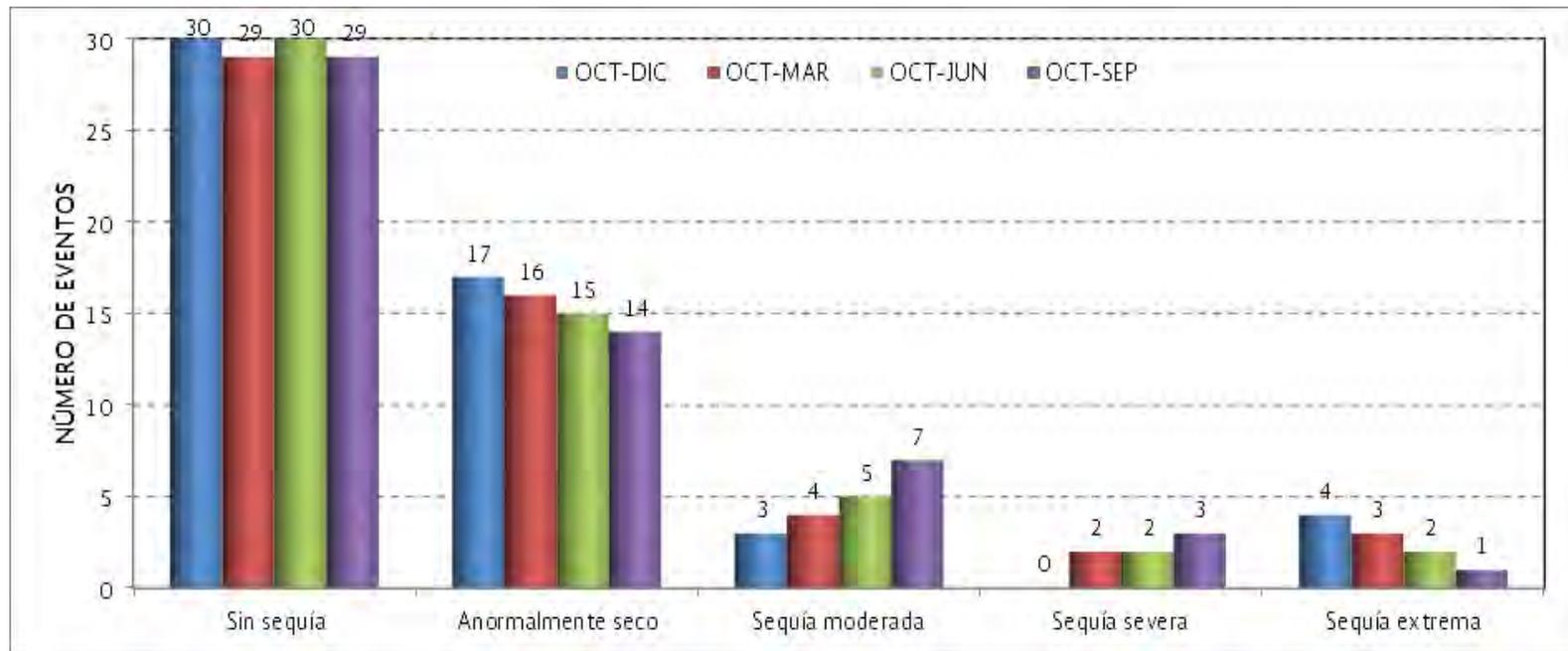




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	29	29	23	23
Anormalmente seco	19	19	24	24
Sequía moderada	2	2	3	3
Sequía severa	1	0	3	2
Sequía extrema	3	4	1	2

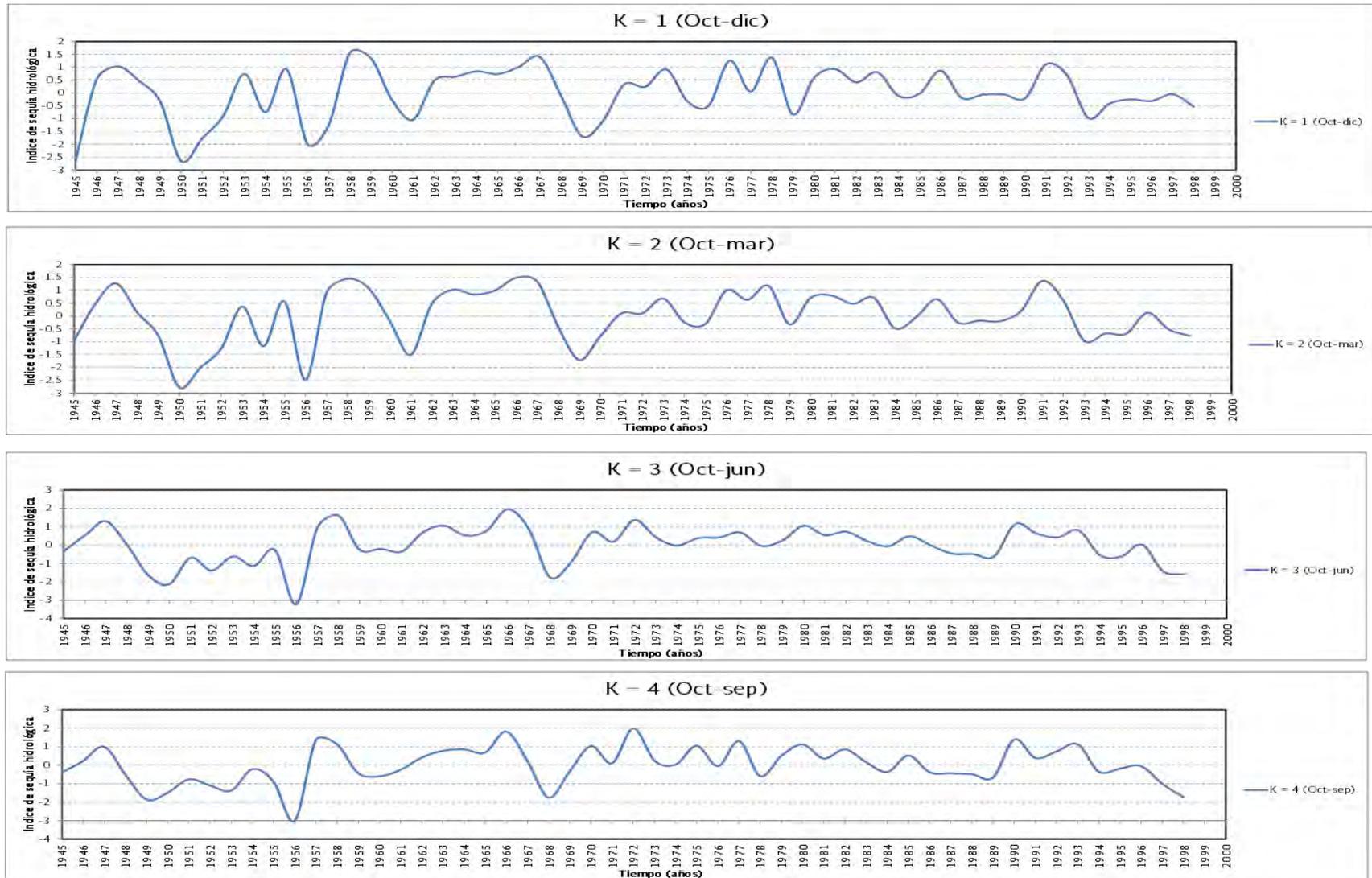
3.1.2.8 Subcuenca Pericos

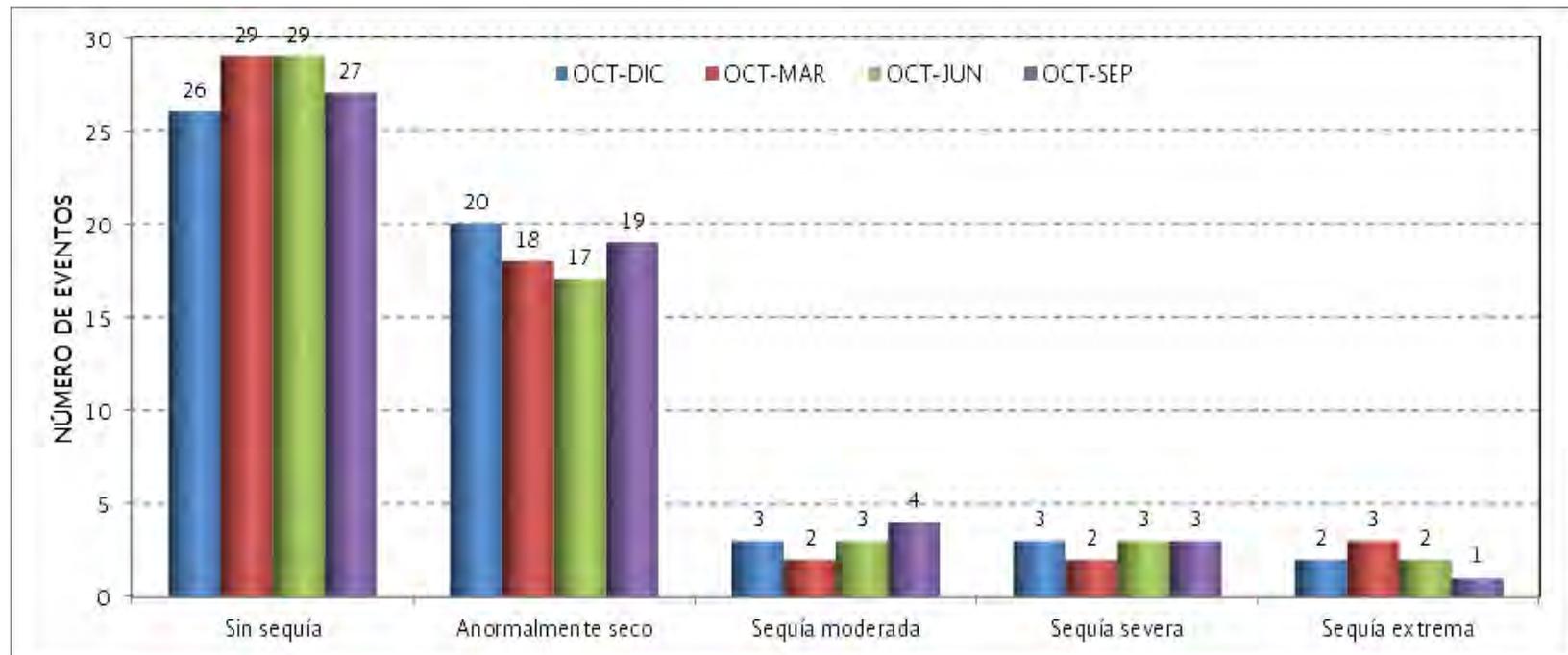




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	30	29	30	29
Anormalmente seco	17	16	15	14
Sequía moderada	3	4	5	7
Sequía severa	0	2	2	3
Sequía extrema	4	3	2	1

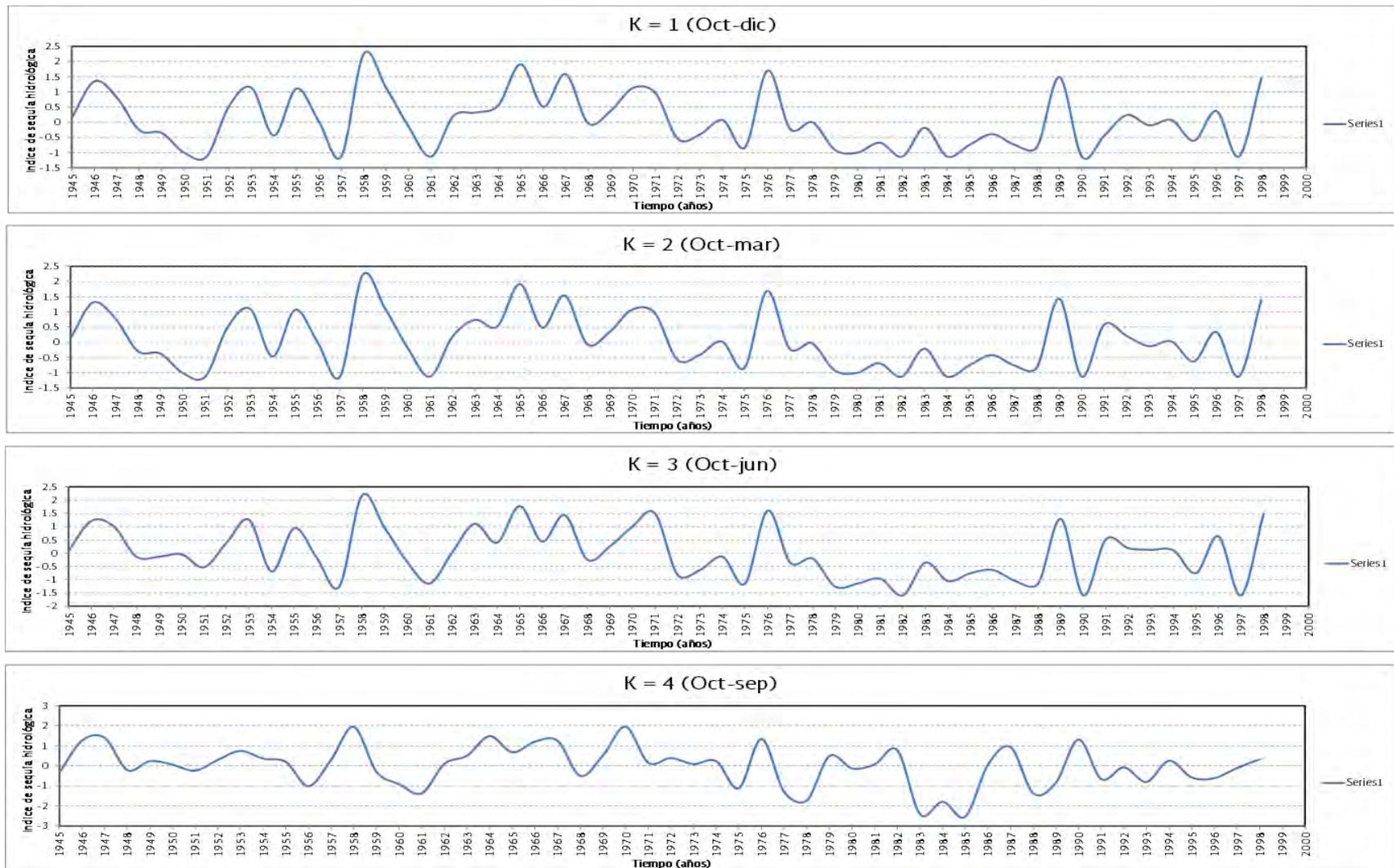
3.1.2.9 Subcuenca Salamanca

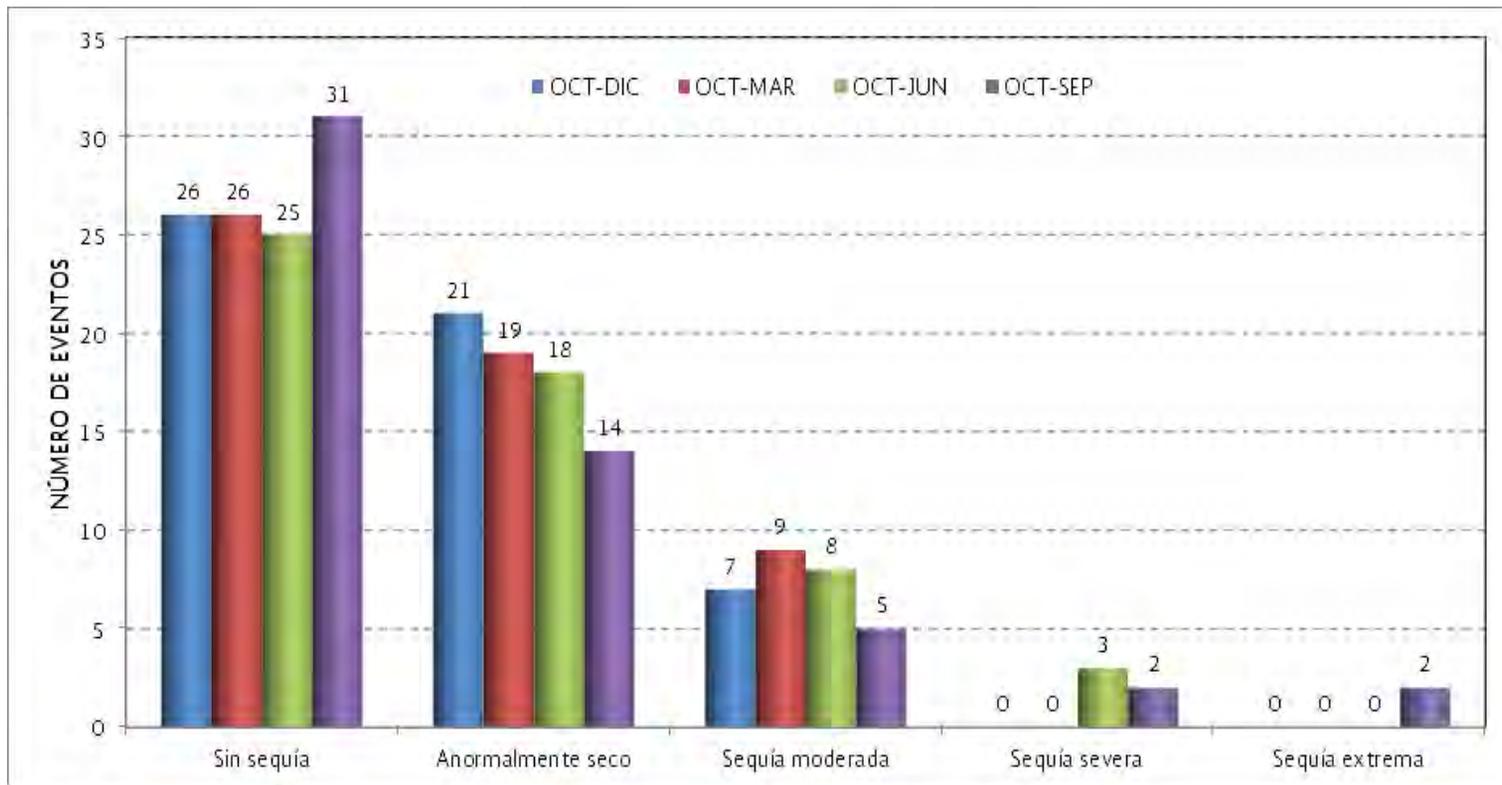




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	26	29	29	27
Anormalmente seco	20	18	17	19
Sequía moderada	3	2	3	4
Sequía severa	3	2	3	3
Sequía extrema	2	3	2	1

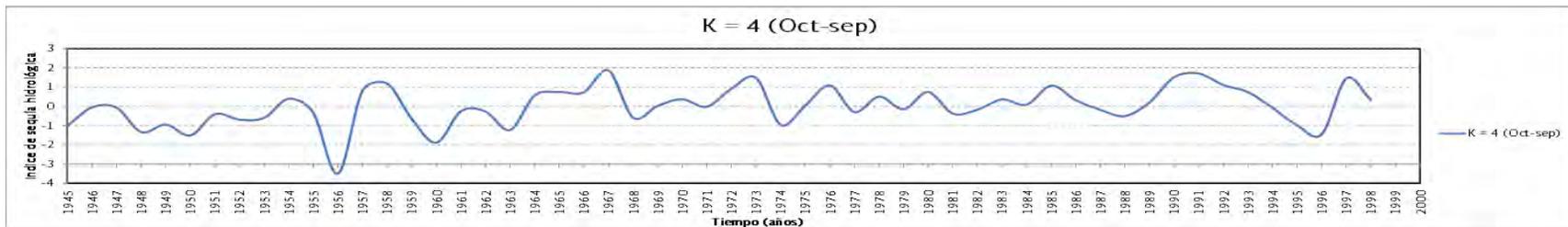
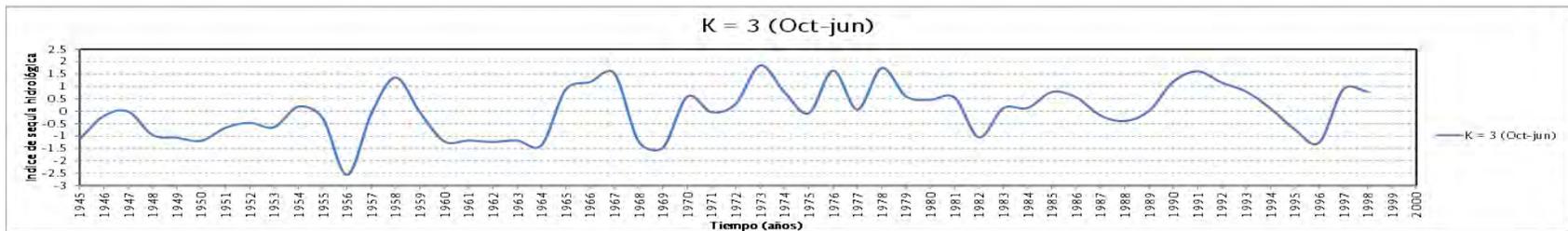
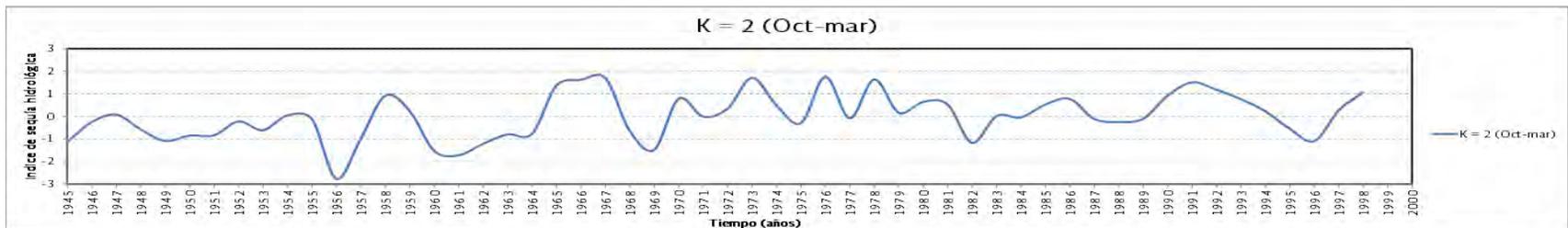
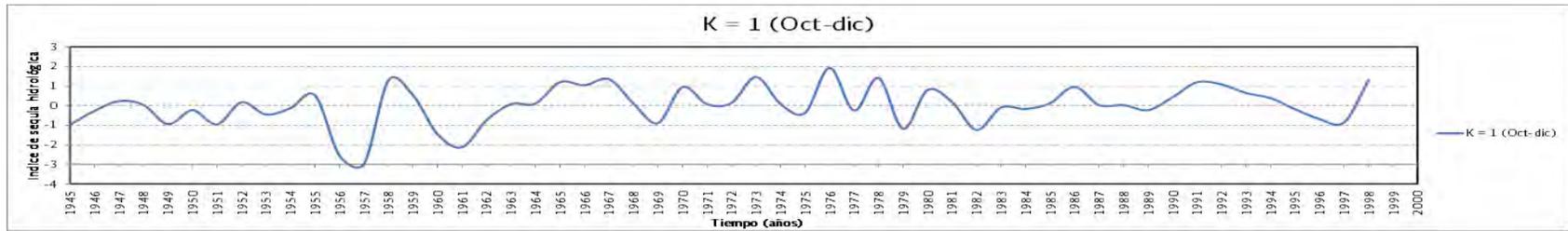
3.1.2.10 Subcuenca Adjuntas

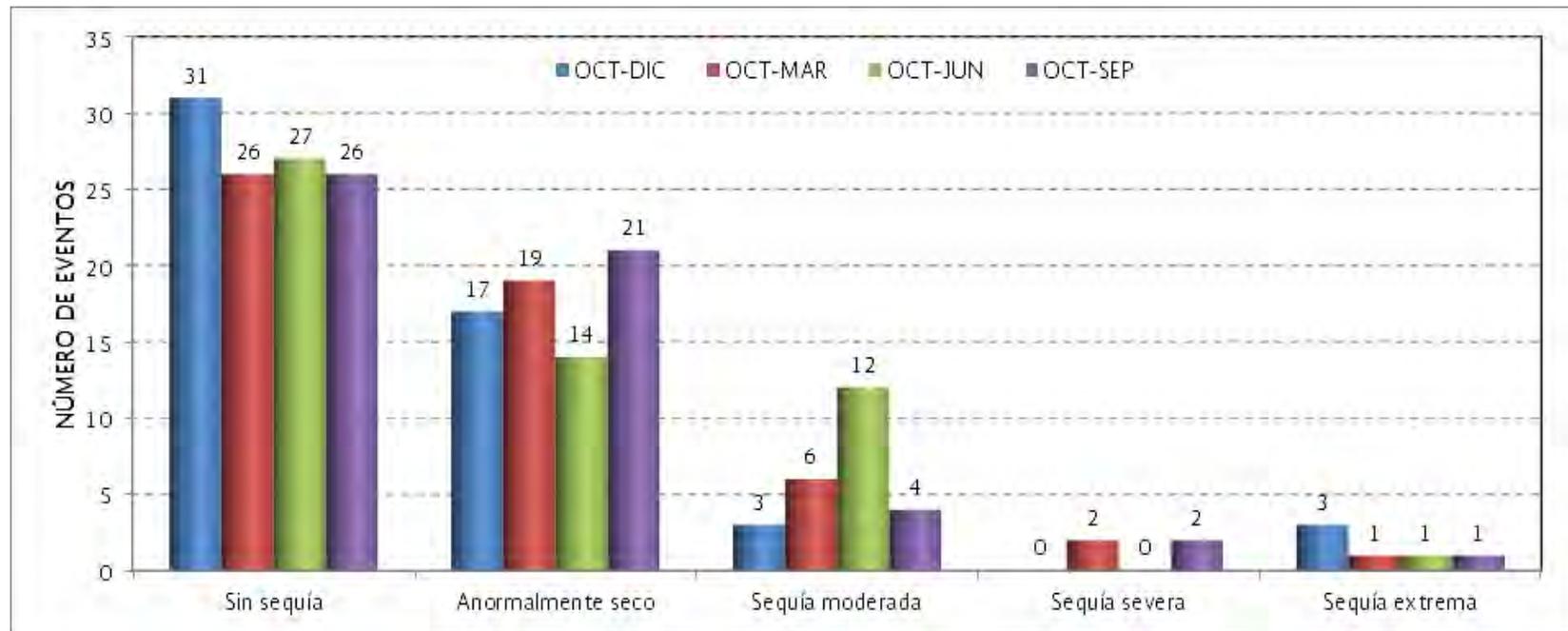




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	26	26	25	31
Anormalmente seco	21	19	18	14
Sequía moderada	7	9	8	5
Sequía severa	0	0	3	2
Sequía extrema	0	0	0	2

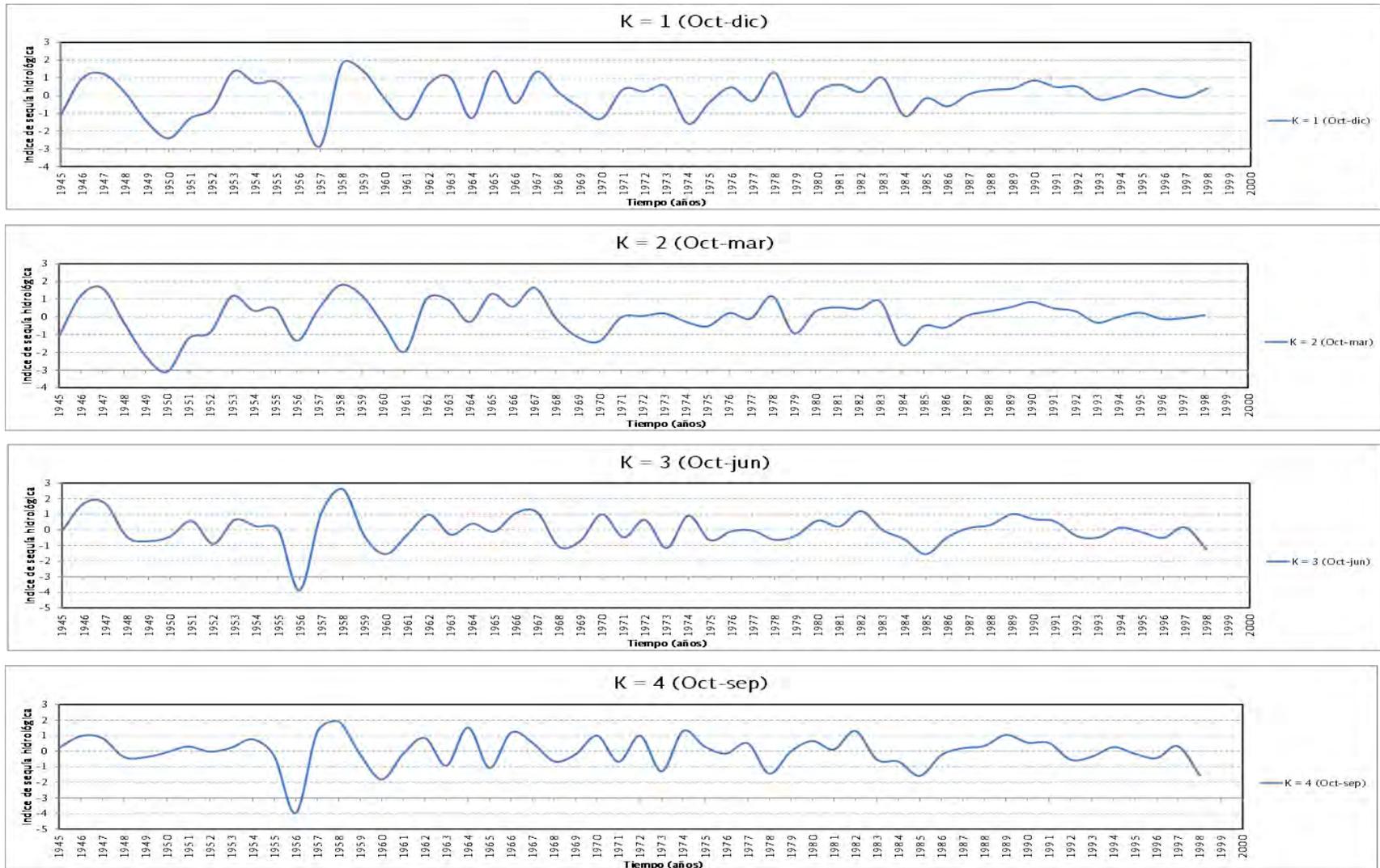
3.1.2.11 Subcuenca Angulo

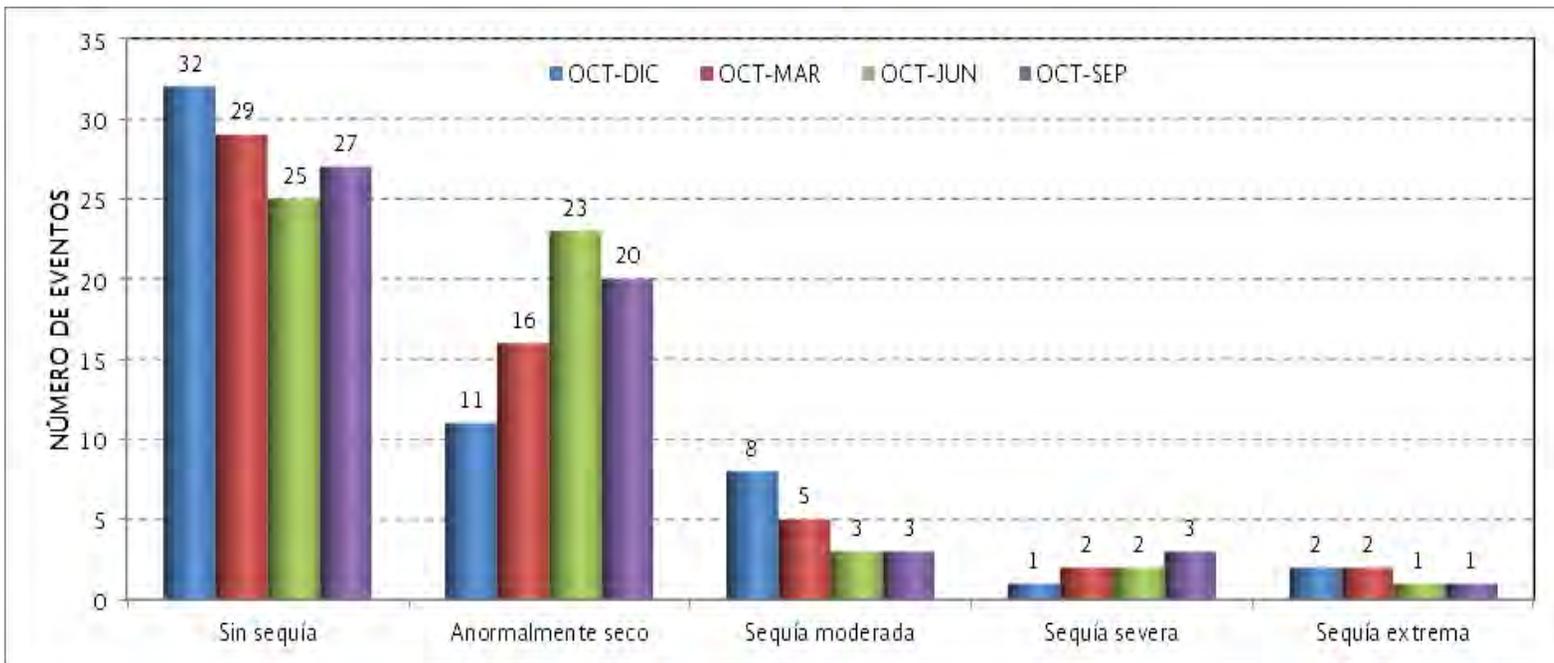




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	31	26	27	26
Anormalmente seco	17	19	14	21
Sequía moderada	3	6	12	4
Sequía severa	0	2	0	2
Sequía extrema	3	1	1	1

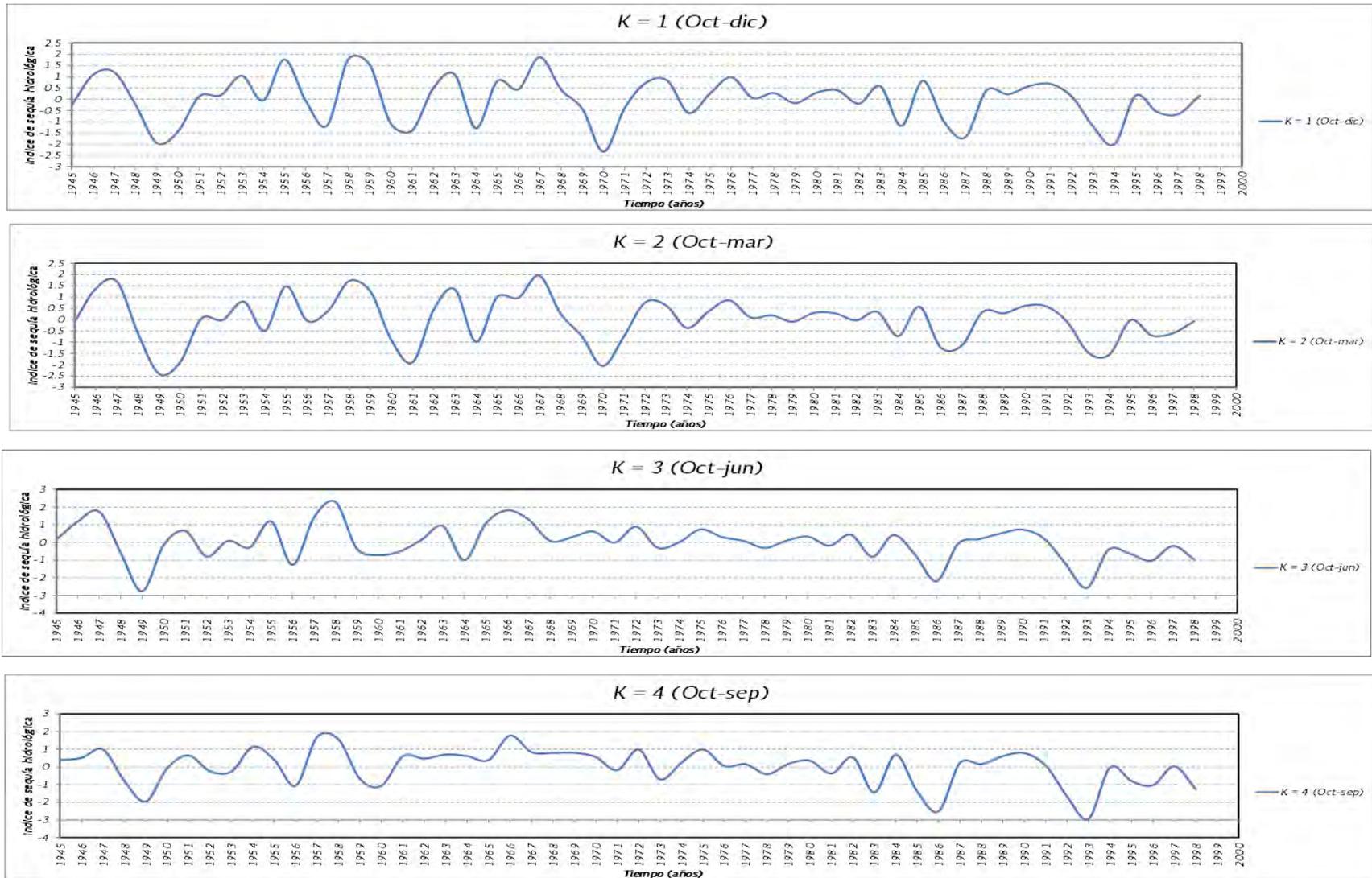
3.1.2.12 Subcuenca Corrales

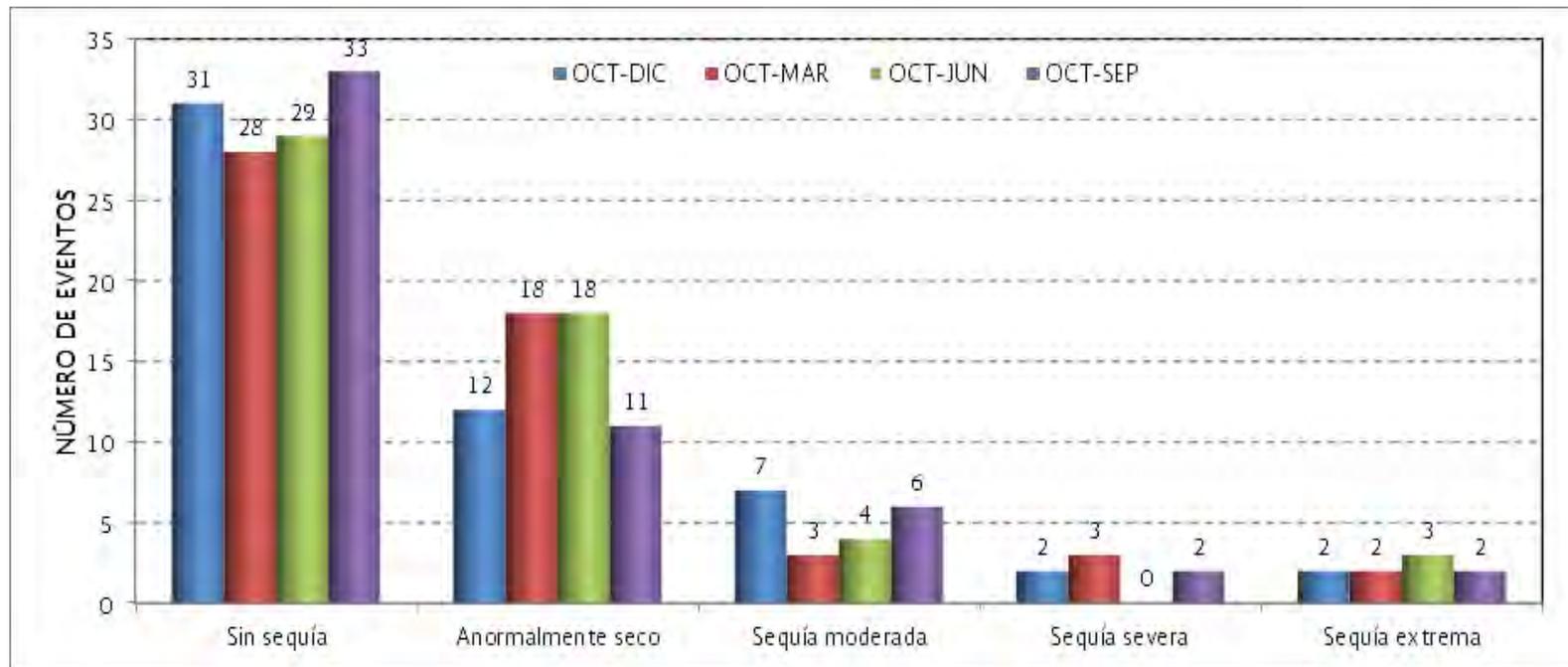




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	32	29	25	27
Anormalmente seco	11	16	23	20
Sequía moderada	8	5	3	3
Sequía severa	1	2	2	3
Sequía extrema	2	2	1	1

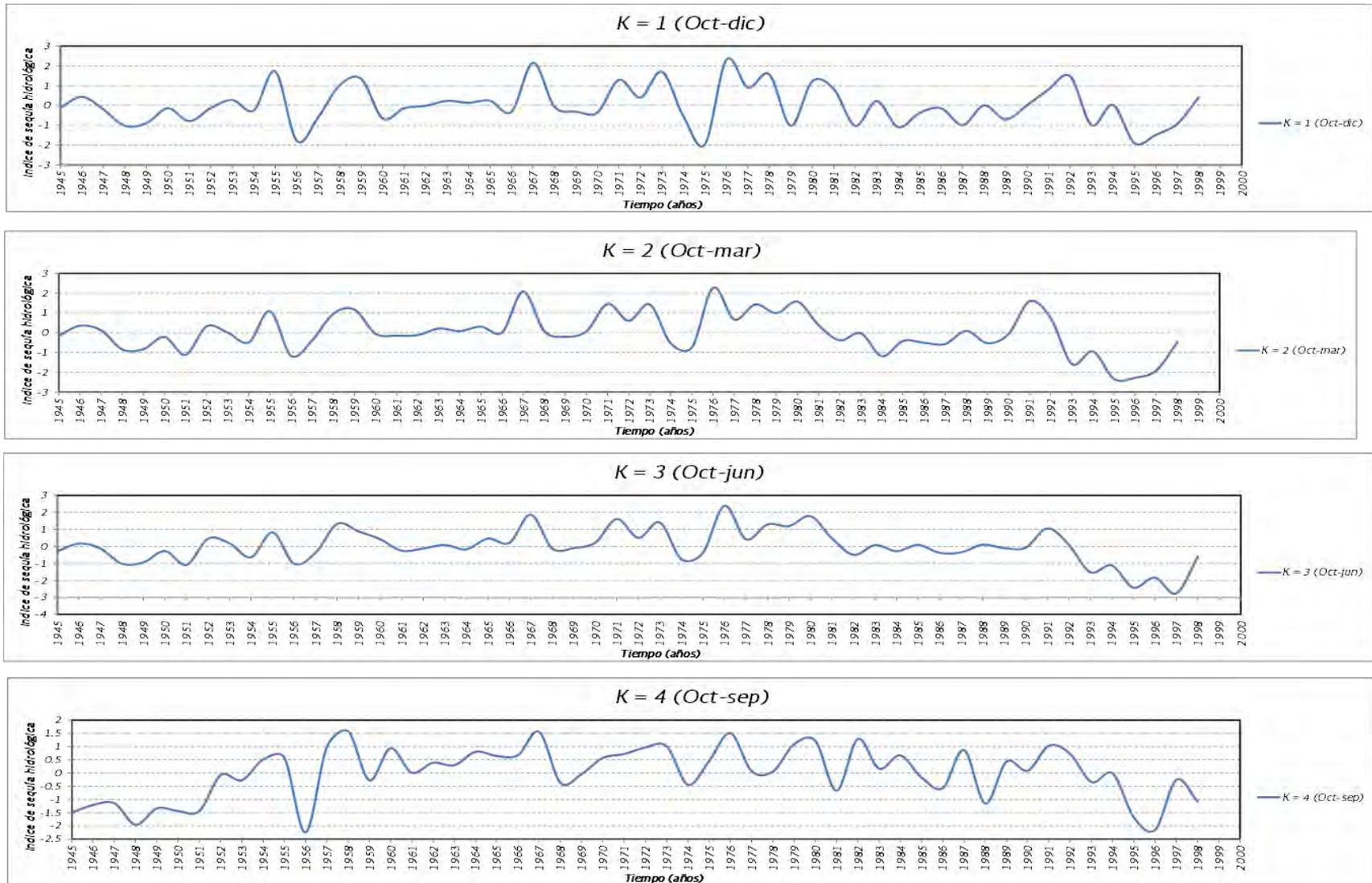
3.1.2.13 Subcuenca Yurécuaro

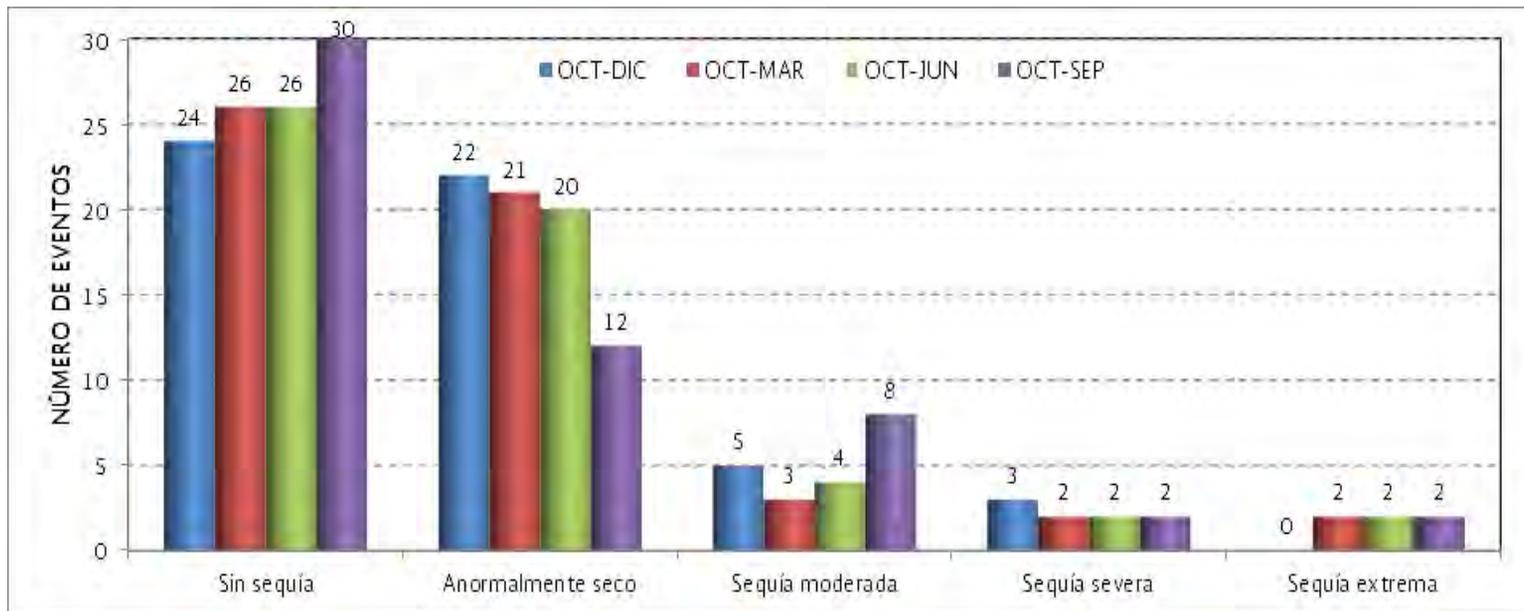




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	31	28	29	33
Anormalmente seco	12	18	18	11
Sequía moderada	7	3	4	6
Sequía severa	2	3	0	2
Sequía extrema	2	2	3	2

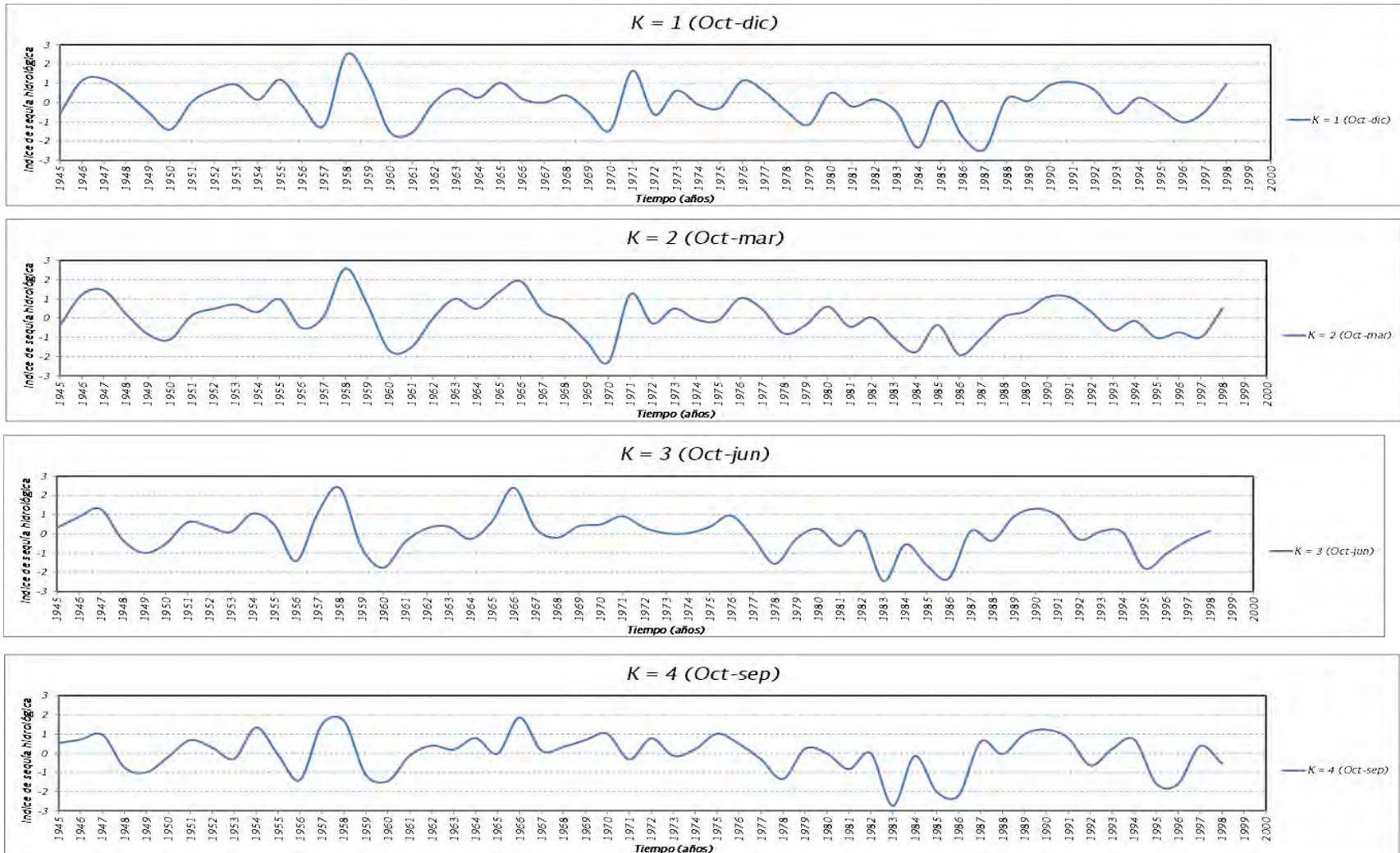
3.1.2.14 Subcuenca Duero

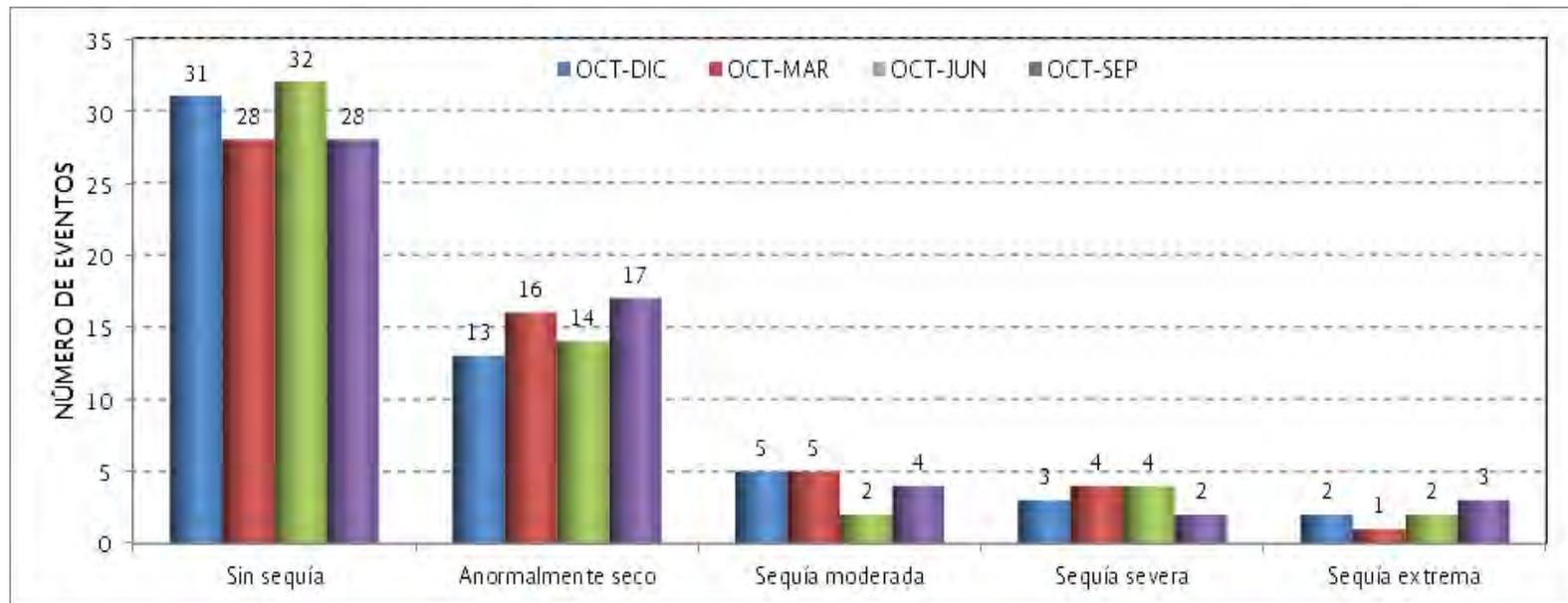




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	24	26	26	30
Anormalmente seco	22	21	20	12
Sequía moderada	5	3	4	8
Sequía severa	3	2	2	2
Sequía extrema	0	2	2	2

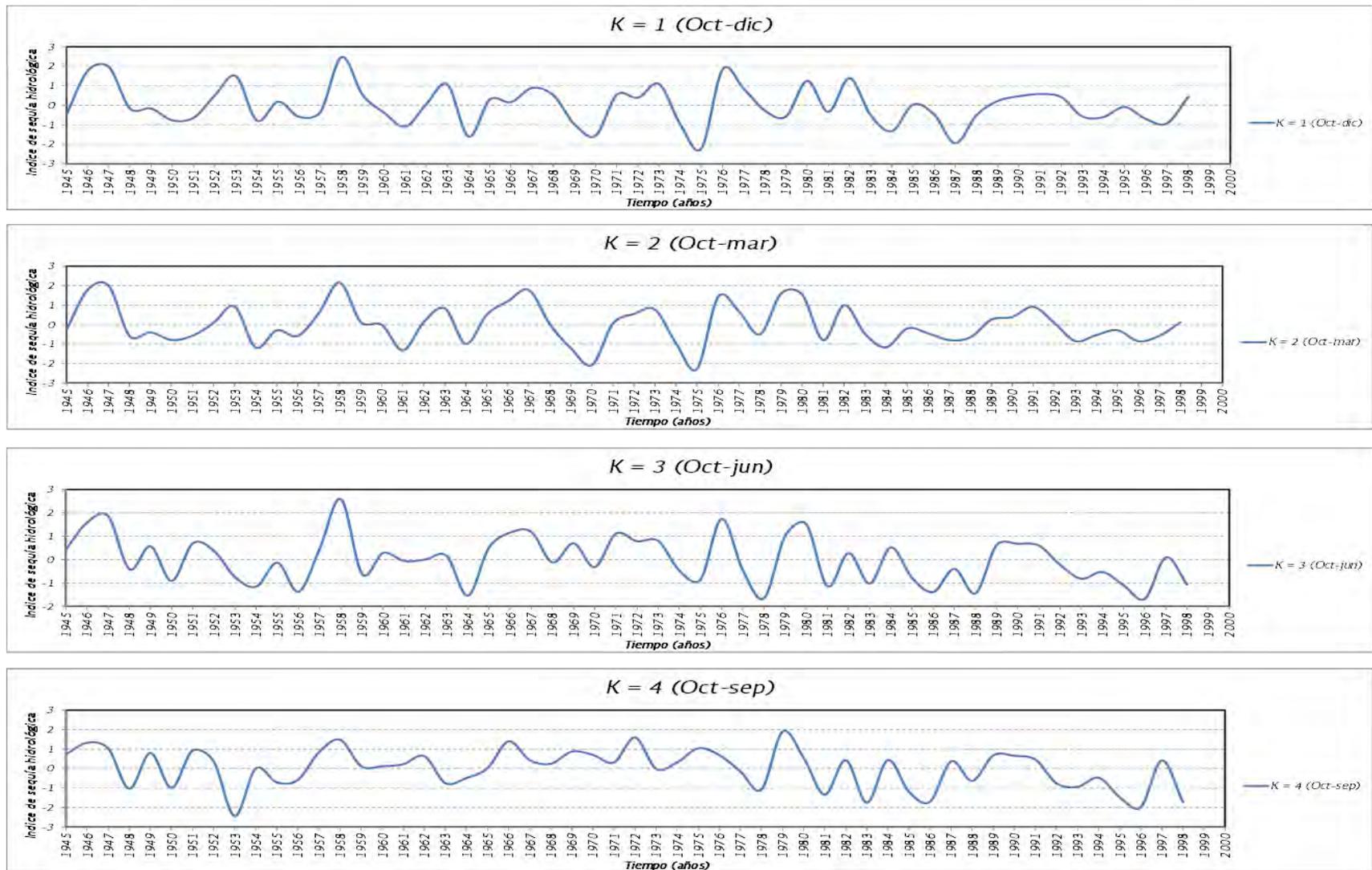
3.1.2.15 Subcuenca Zula

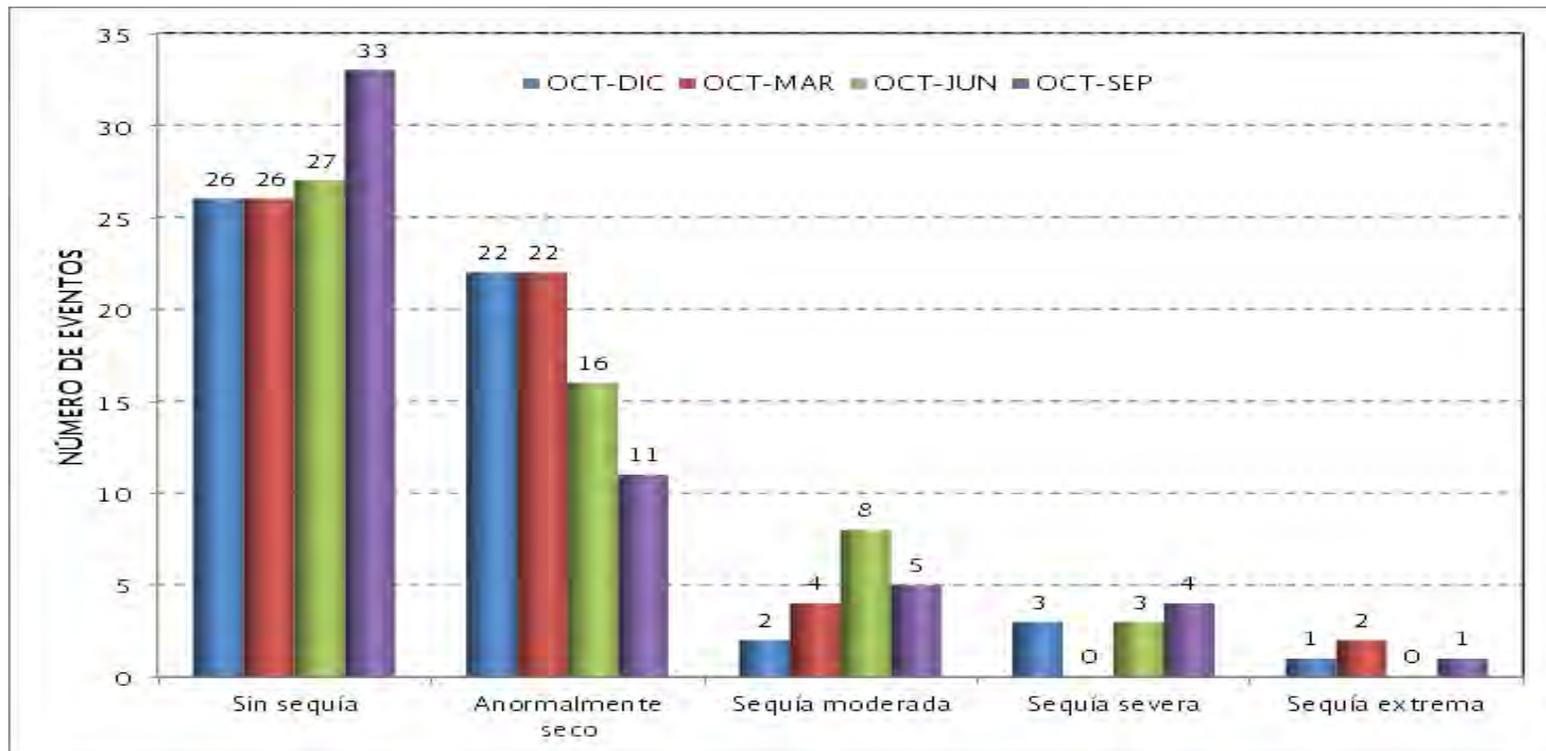




Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	31	28	32	28
Anormalmente seco	13	16	14	17
Sequía moderada	5	5	2	4
Sequía severa	3	4	4	2
Sequía extrema	2	1	2	3

3.1.2.16 Subcuenca Chapala

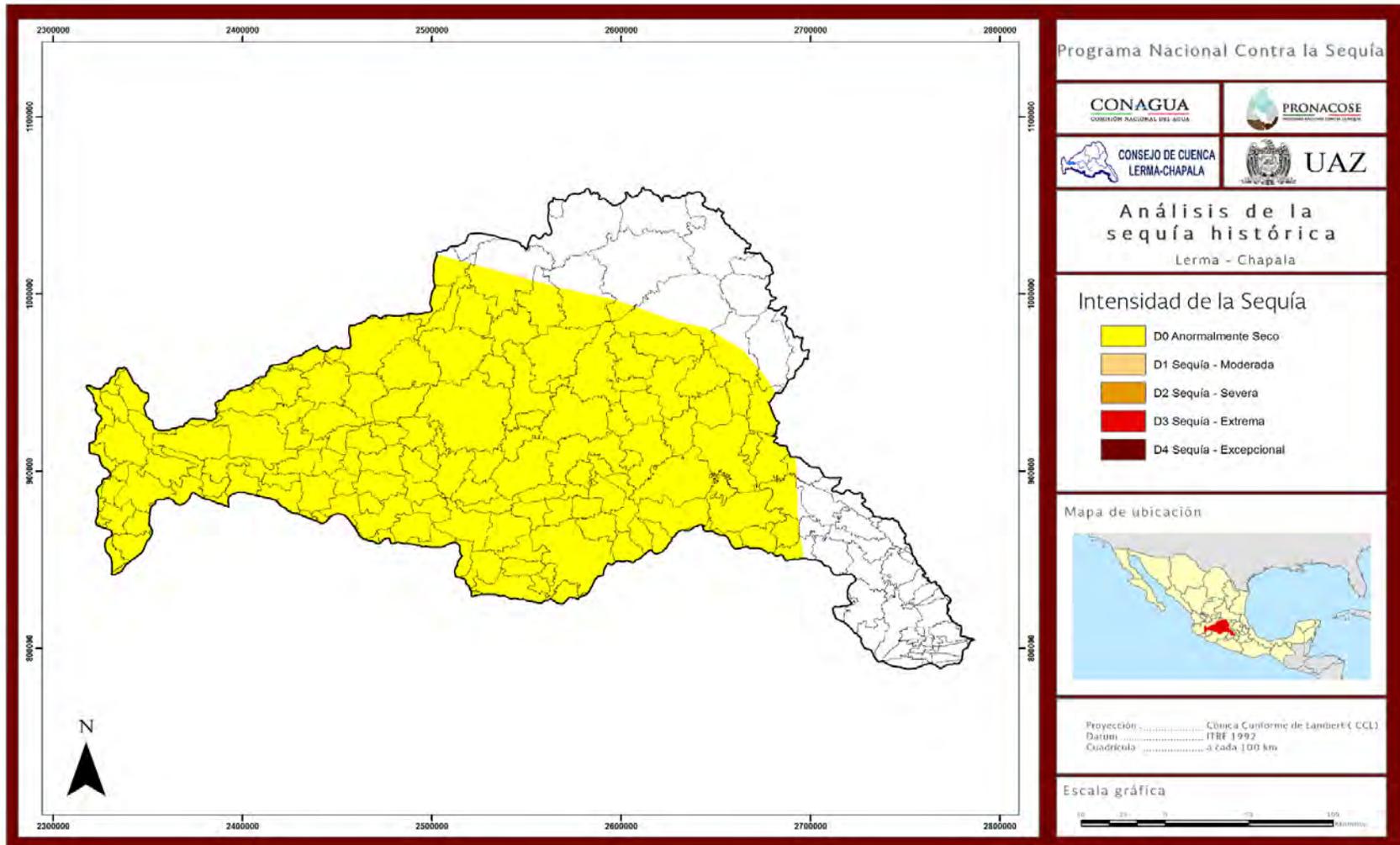




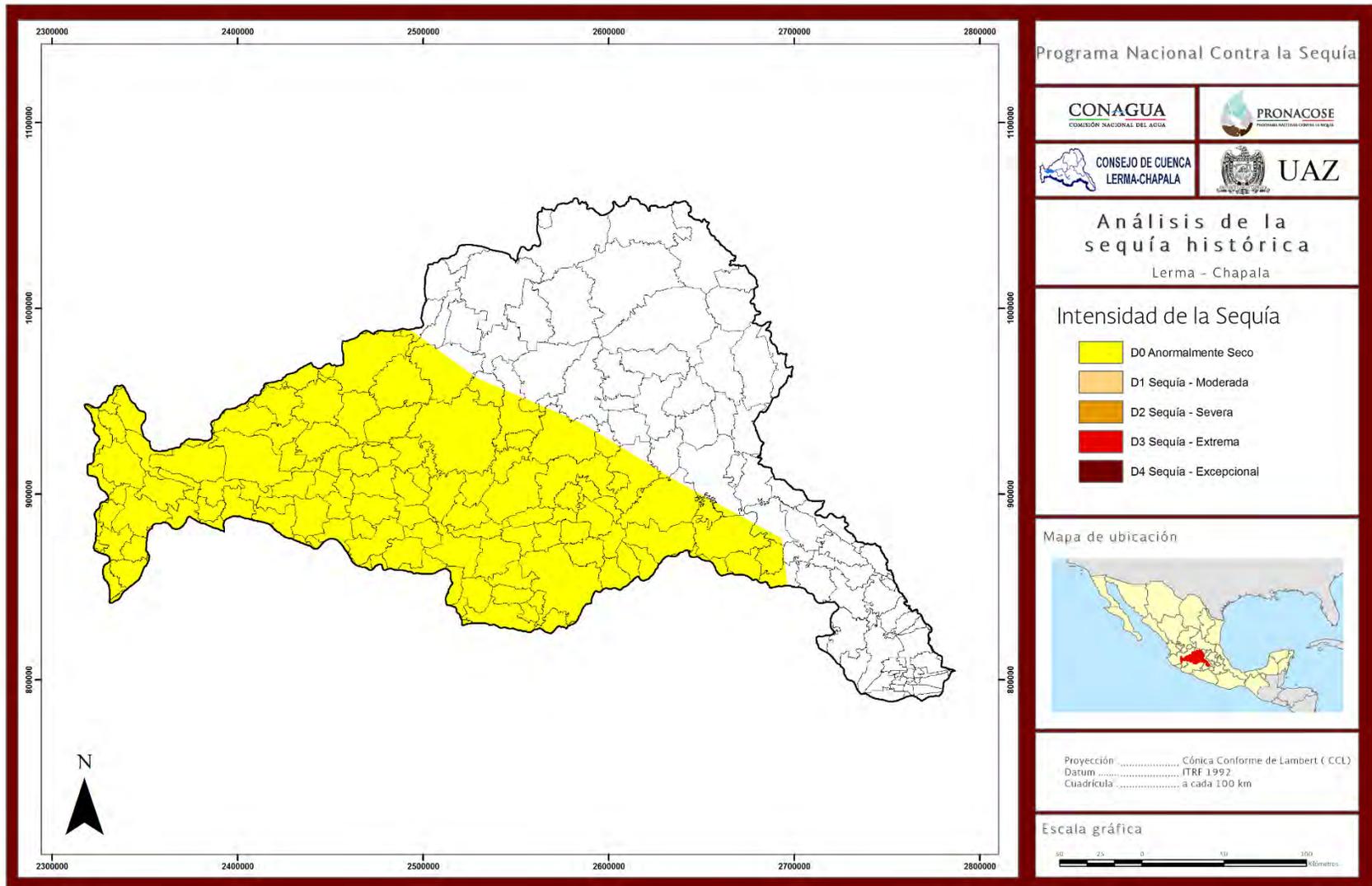
Descripción	OCT-DIC	OCT-MAR	OCT-JUN	OCT-SEP
Sin sequía	26	26	27	33
Anormalmente seco	22	22	16	11
Sequía moderada	2	4	8	5
Sequía severa	3	0	3	4
Sequía extrema	1	2	0	1

3.1.3 Análisis de la sequía del 2011 empleando el SPI del Monitor de sequía de América del Norte

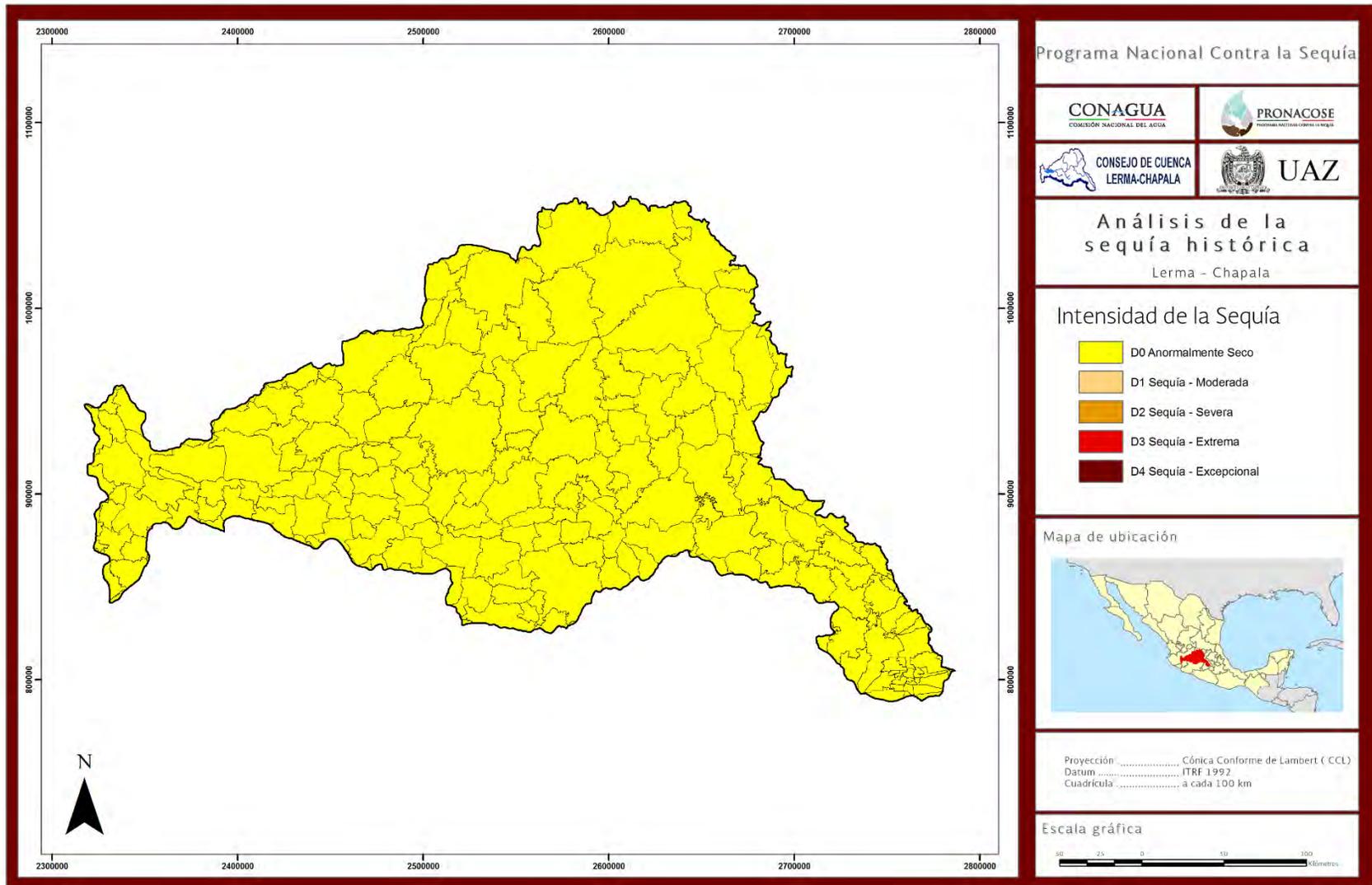
3.1.3.1 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Enero 2011



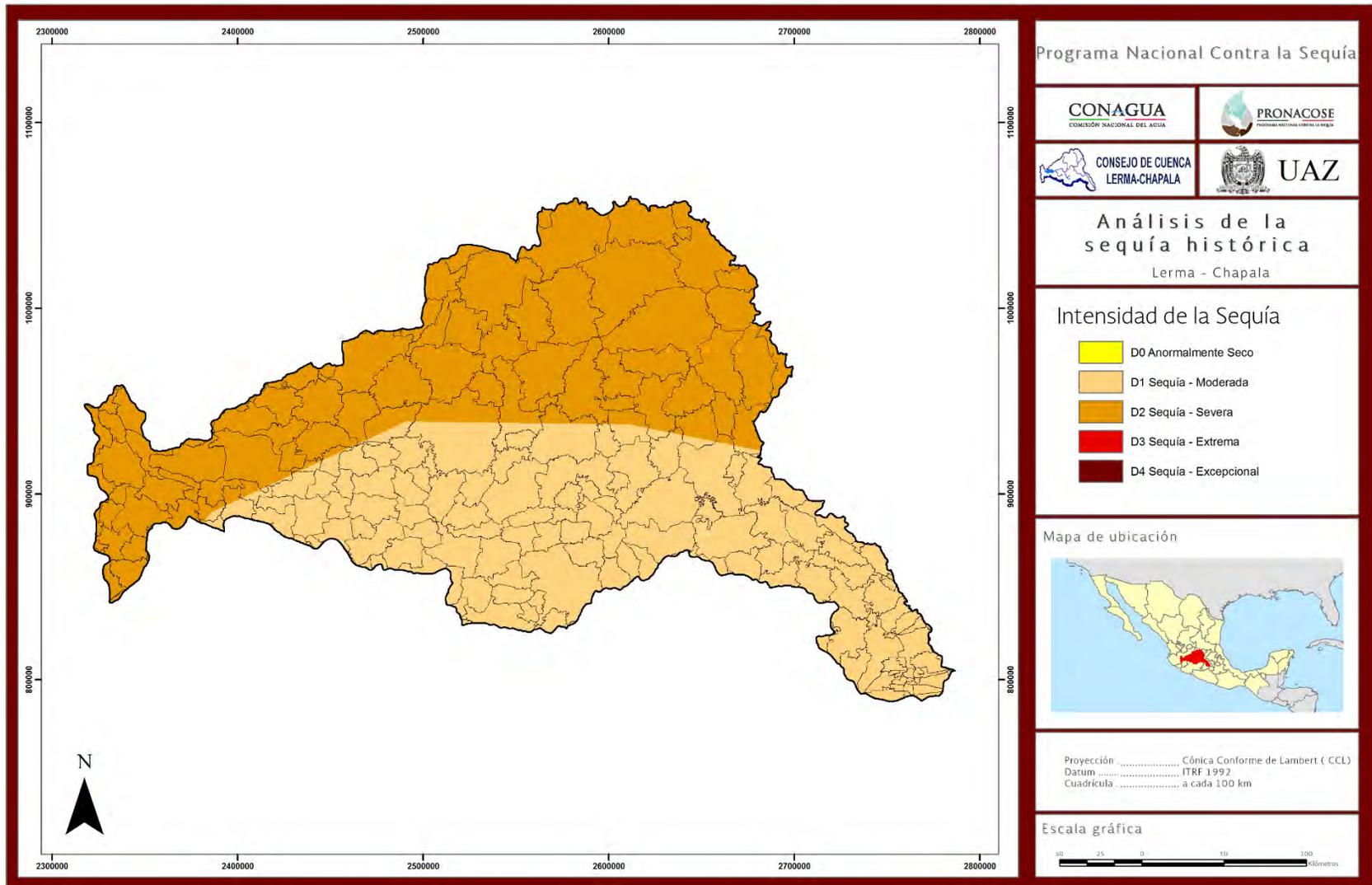
3.1.3.2 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Febrero 2011



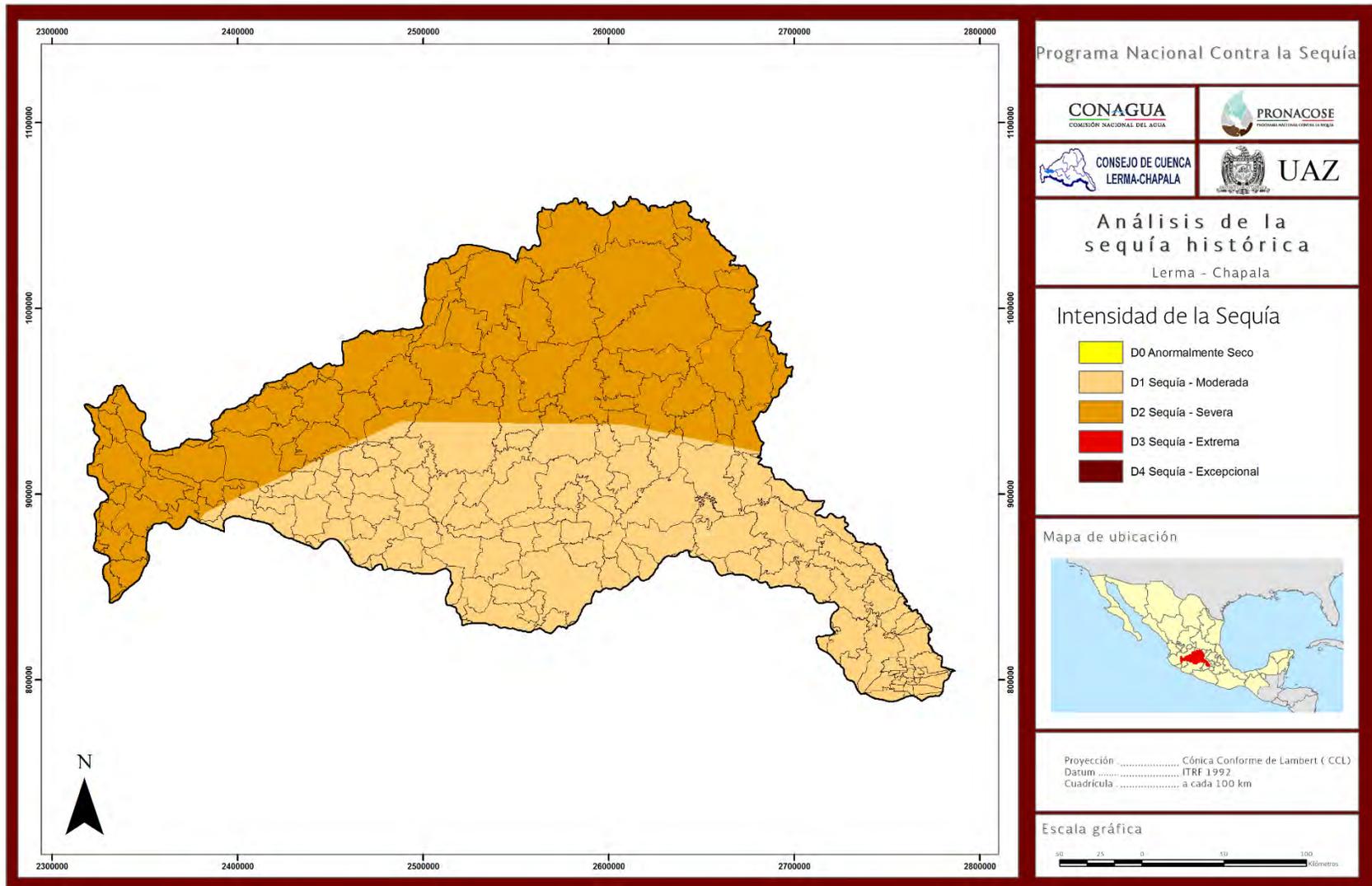
3.1.3.3 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Marzo 2011



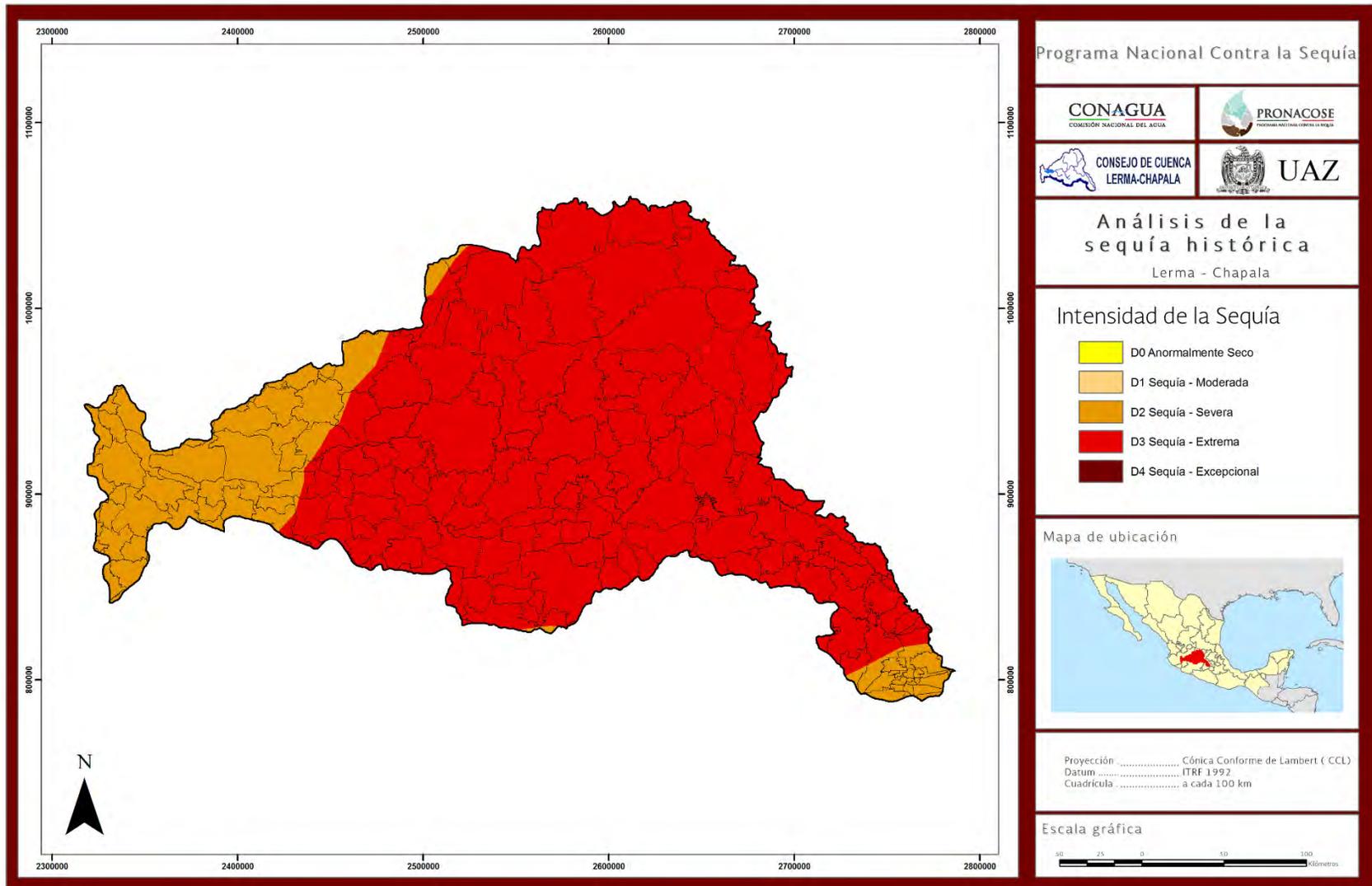
3.1.3.4 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Abril 2011



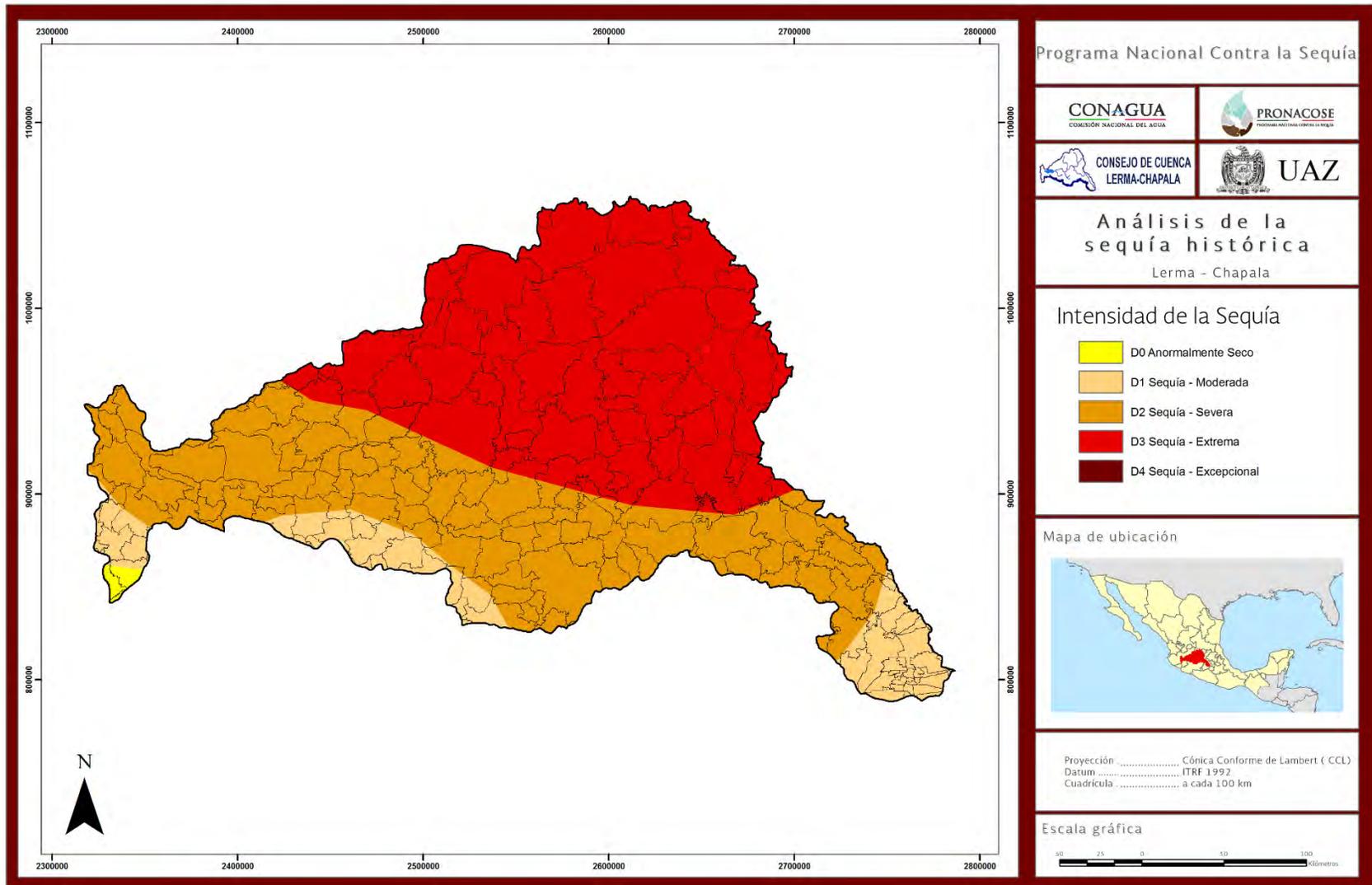
3.1.3.5 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Mayo 2011



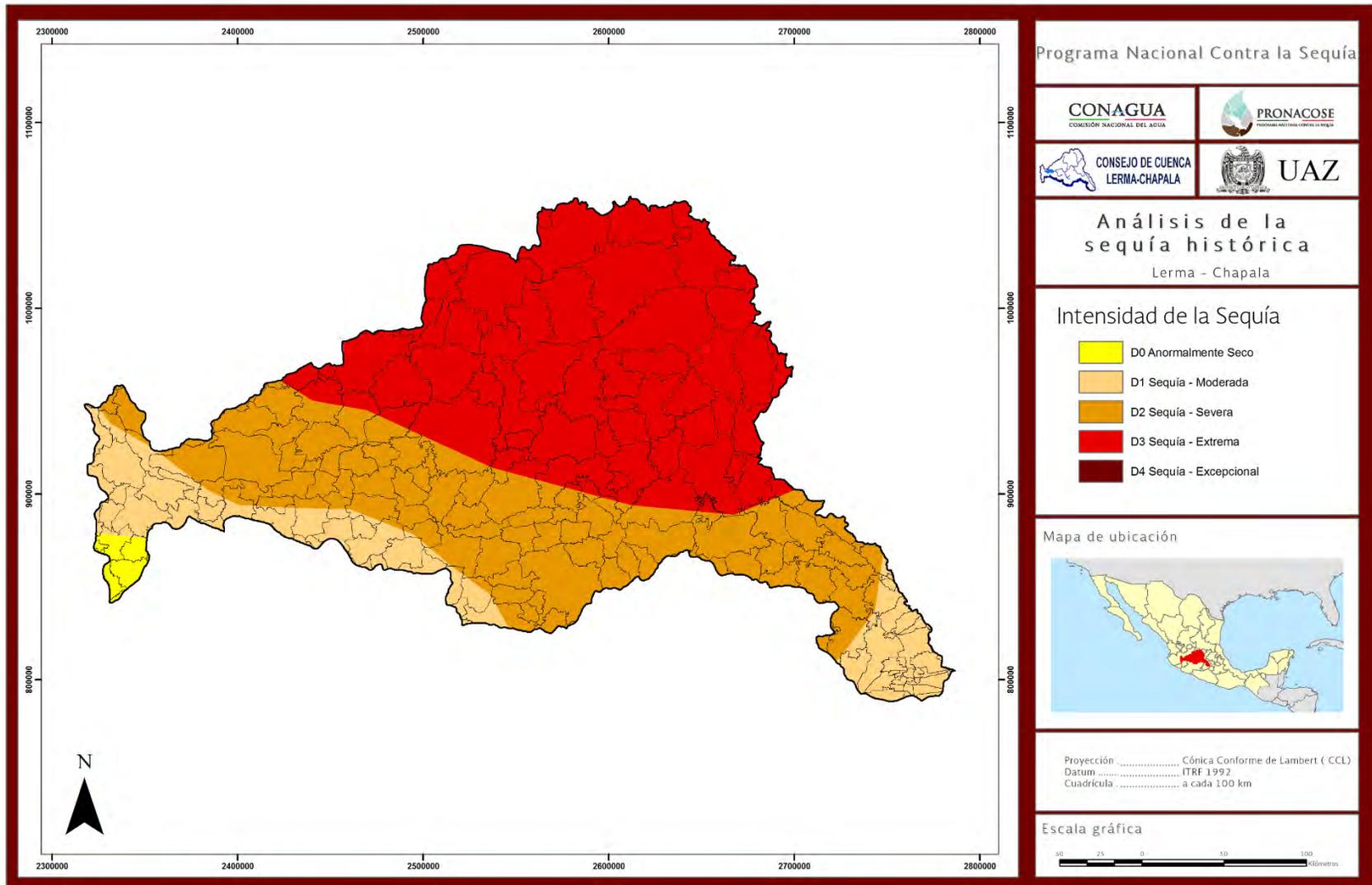
3.1.3.6 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Junio 2011



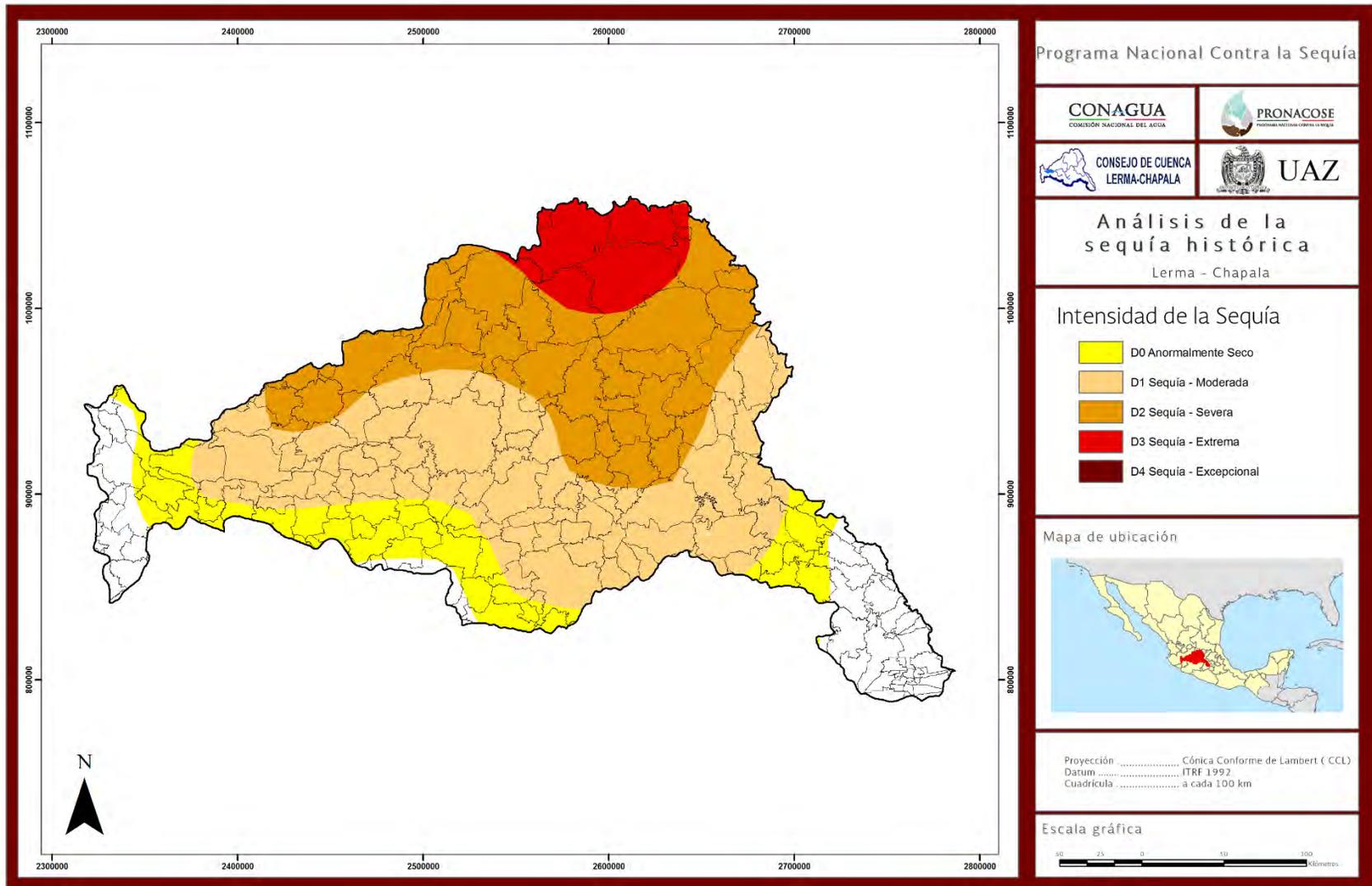
3.1.3.7 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Julio 2011



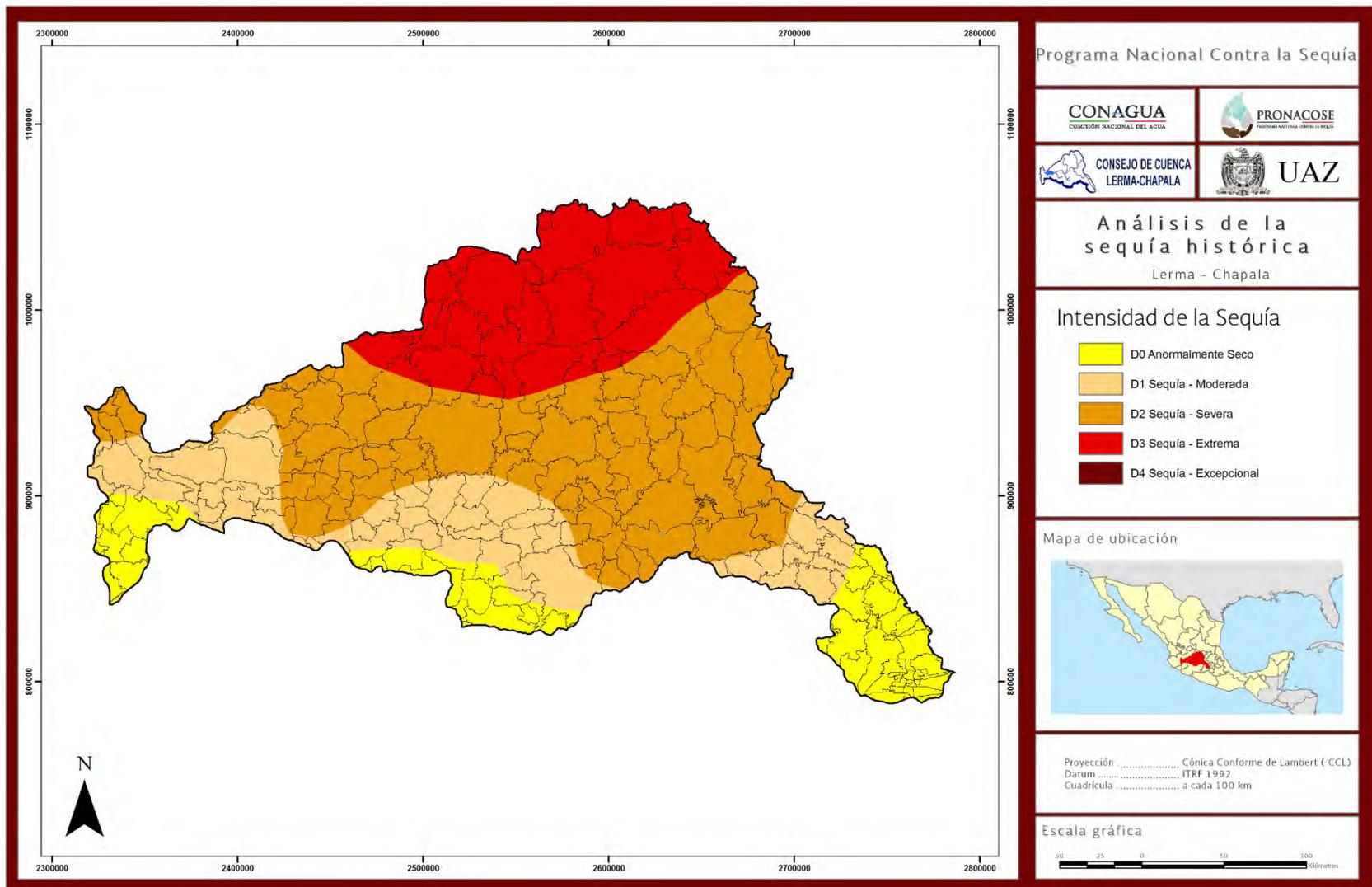
3.1.3.8 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Agosto 2011



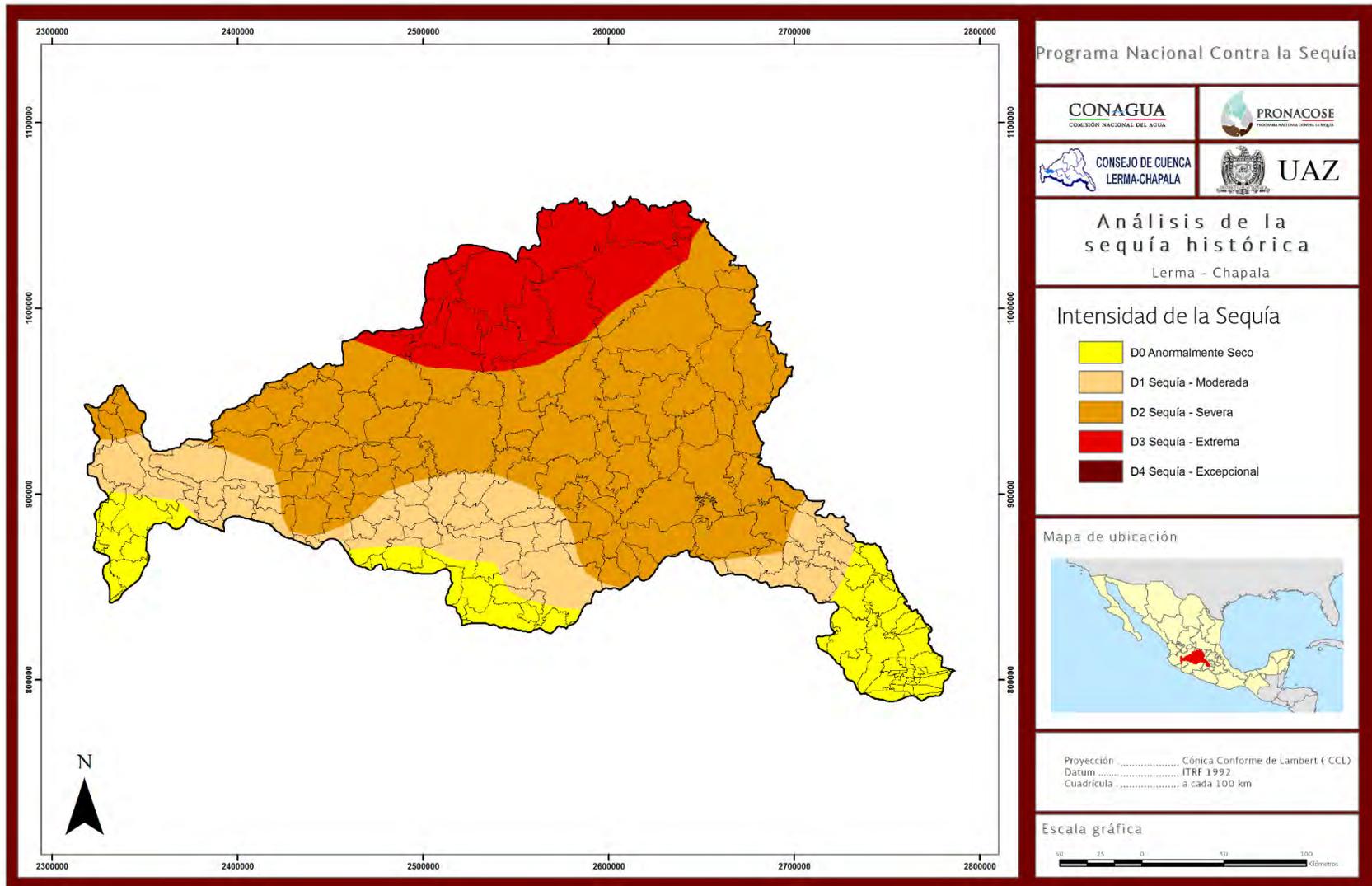
3.1.3.9 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Septiembre 2011



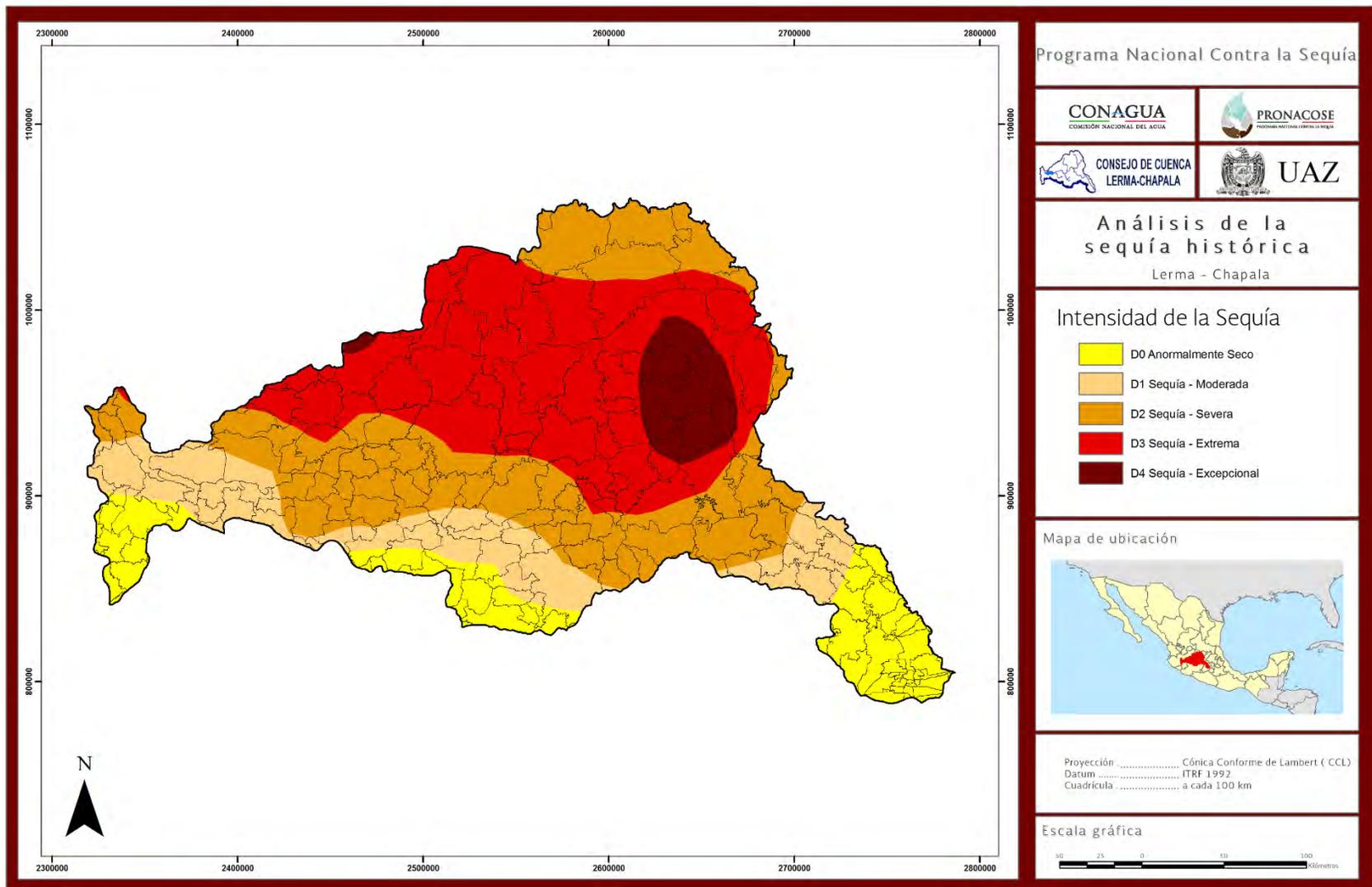
3.1.3.10 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Octubre 2011



3.1.3.11 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Noviembre 2011



3.1.3.12 Análisis de la intensidad de sequía en la cuenca Lerma-Chapala Diciembre 2011



3.1.4 Evaluación histórica de la sequía empleando el índice de estado

El índice de estado ha propuesto cuatro niveles de agravamiento de sequía, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- La media aritmética es uno de los estadísticos más robustos, a la vez que más sencillo; por lo que una comparación del dato del indicador con la media de la serie histórica considerada, se ajustará más convenientemente, en principio, a la situación real de la zona de sequía seleccionada, si bien, debe tenerse en cuenta también los valores máximos y mínimos históricos.
- La necesidad de homogeneizar los indicadores en un valor numérico adimensional capaz de cuantificar la situación actual respecto de la histórica, y posibilitar una comparación cuantitativa entre los distintos indicadores seleccionados. Por ello se ha adoptado una fórmula en la que se define el índice de estado (I_e) cuyos valores fluctúan en un rango comprendido entre 0 (correspondiente al mínimo valor histórico) y 1 (correspondiente al máximo valor histórico).

La expresión del Índice de Estado I_e es la siguiente:

$$-Si V_i \geq V_{med} \rightarrow I_e = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{V_i - V_{med}}{V_{max} - V_{med}} \right]$$

$$-Si V_i < V_{med} \rightarrow I_e = \frac{V_i - V_{min}}{2(V_{med} - V_{min})}$$

Siendo:

V_i : valor considerado en el mes de seguimiento.

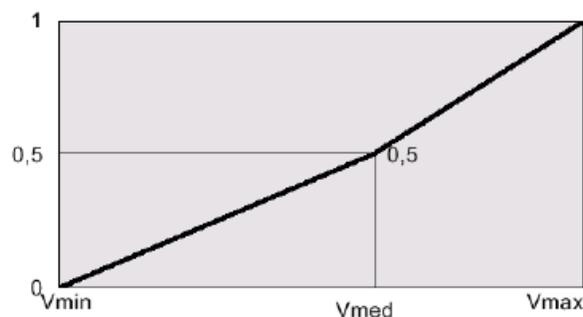
V_{med} : valor medio en la serie histórica considerada.

V_{max} : valor máximo en la serie histórica considerad.

V_{min} : valor mínimo en la serie histórica considerada.

Tal como se desprende de la Figura 3.11, cuando el valor considerado está comprendido entre la media de la serie considerada y su valor máximo, el índice de estado dará una cifra que oscilará entre 0.5 y 1, mientras que en el caso de que la medida sea inferior al valor medio, lo hará entre 0 y 0.5.

Figura 3.11. Definición del índice de estado.



El rango de valores del índice de estado, que como se ha señalado va de 0 a 1, se discretizará, en principio, a efectos de diagnóstico de la situación de sequía, en los cuatro niveles siguientes:

- $I_e > 0.5$ Nivel verde (situación estable o de normalidad): implica que los indicadores de sequía están por encima de los valores medios registrados en las series históricas de los indicadores.
- $0.5 > I_e > 0.3$ Nivel amarillo (situación de prealerta): se activa cuando los indicadores descienden por debajo de los valores medios históricos, por lo que es conveniente extremar el control.
- $0.3 > I_e > 0.15$ Nivel naranja (situación de alerta): se activa cuando es necesario poner en marcha medidas de conservación del recurso y de gestión de la demanda que permitan su mantenimiento con aplicación de las medidas de ahorro pertinentes.
- $0.15 > I_e$ Nivel rojo (situación de emergencia): se activa cuando es ineludible la aplicación de medidas extraordinarias.

En la Figura 3.12 se ilustran los cuatro niveles de sequía que considera el índice de estado.

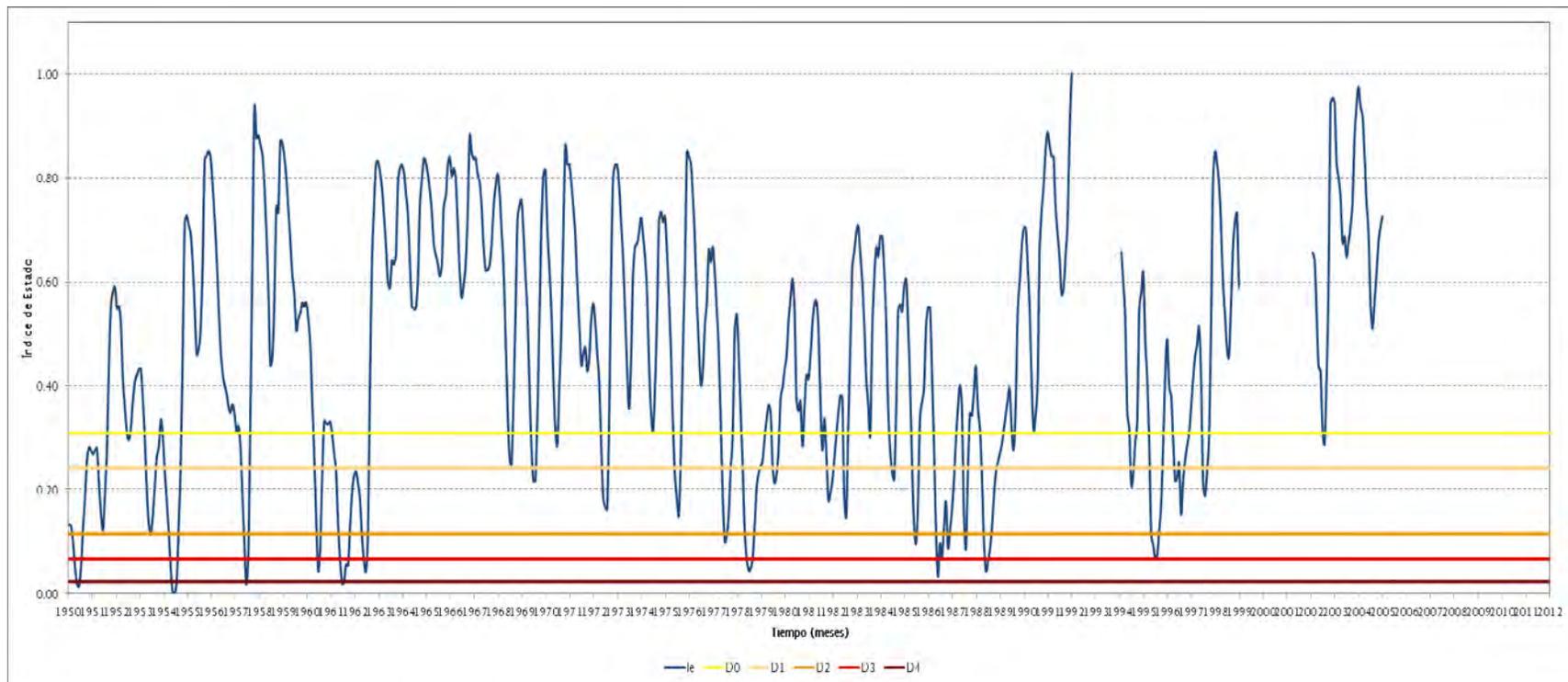
Figura 3.12. Clasificación convencional del Índice de Estado.



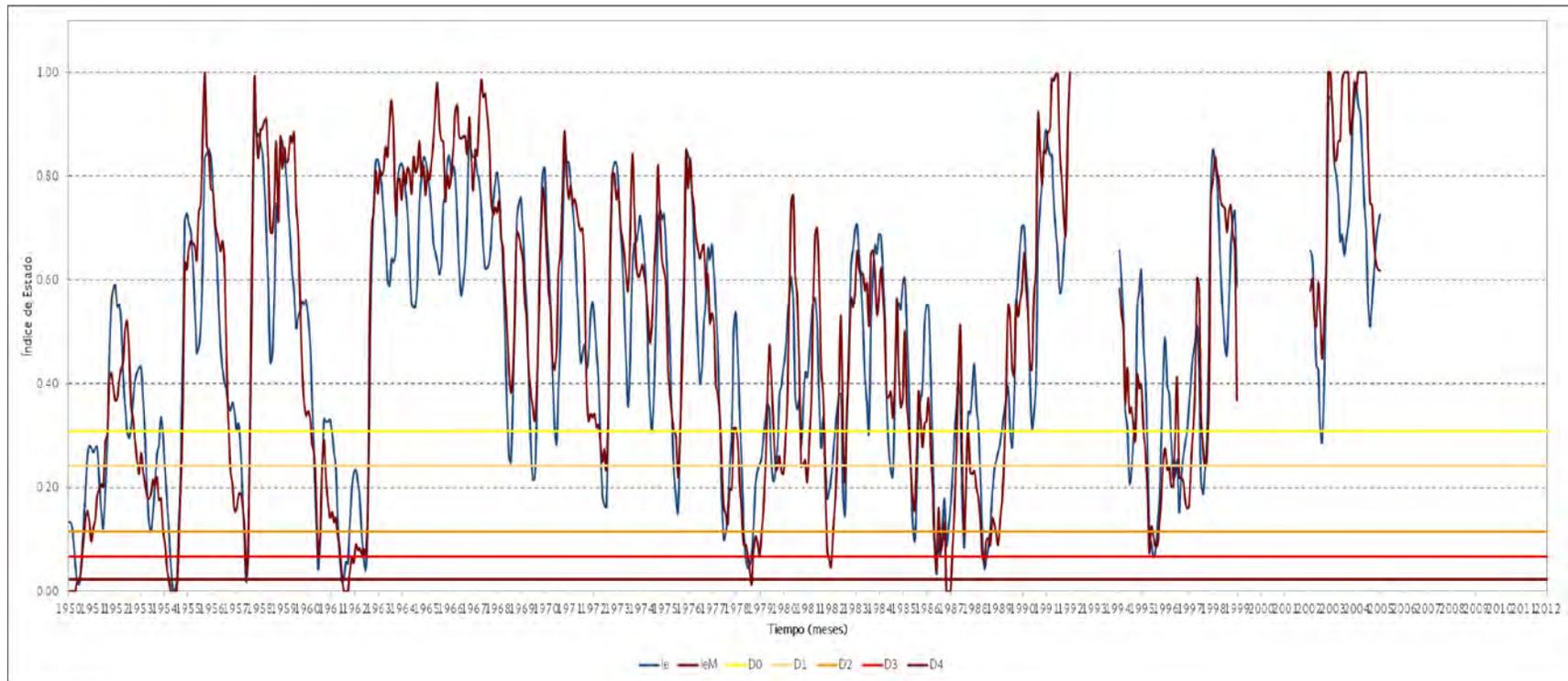
3.1.4.1 Resultados del índice de estado para la presa Solís

El índice de estado se calculó para las presas principales de la cuenca Lerma: Presa J. A. Alzate, I. Ramírez, Tepetitlán, Tepuxtepec, M. Ocampo, I. Allende, Solís, Malpaís, Cointzio, La Purísima, Yuridia, Guaracha y Guillermo Lugo Sanabria, estas se anexan en un archivo digital. En cada archivo digital la hoja marcada con el nombre AES representa la gráfica de los almacenamientos, entradas y salidas de la presa; la hoja le representa el índice de estado de toda la serie histórica; la hoja leM representa el índice de estado medio para cada mes.

En esta primera gráfica se presenta el índice de estado para toda la serie histórica, los espacios en blanco representan ausencias de información.



En esta segunda gráfica se presenta la comparación del índice de estado de toda la serie histórica con el índice de estado medio para cada mes de la serie histórica. Se puede observar que en algunos años la diferencia es considerable, tal es el caso de 1965, 1966, etc.

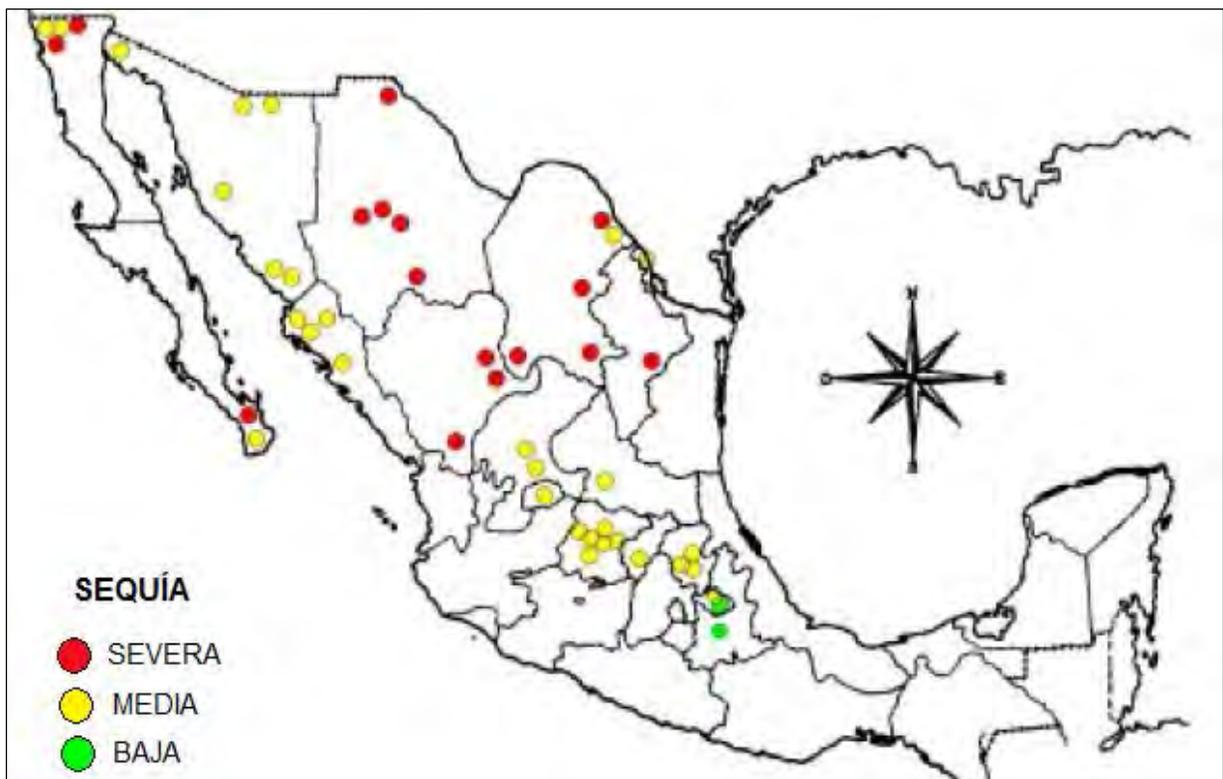


Por otro lado se hizo una búsqueda de la información relacionada con la sequía en diversos documentos, encontrando la siguiente información.

Desde tiempos antiguos han ocurrido sequías de gran magnitud en México; así lo indican algunos códigos aztecas y las narraciones coloniales; desgraciadamente no se cuenta con suficiente información para hacer un recuento de los daños. En el siglo XX se registraron en México cuatro grandes períodos de sequías (Reyes, 1996), estos períodos son: 1948-1954, 1960-1964, 1970 -1978 y 1993-1996.

Los estados del territorio nacional donde se presentan con mayor frecuencia las sequías están localizados al norte. En orden de severidad de sus efectos desfavorables se encuentran: Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Baja California, Sonora, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Tlaxcala. Entre los años 2000 y 2003, 18 estados fueron afectados por sequía. De acuerdo con CENAPRED, éstos sufrieron pérdidas económicas valuadas en más de 1 800 millones de pesos. Tan sólo en 2002 y 2003, casi un millón de hectáreas de cultivo fueron afectadas y se perdieron más de 13 000 cabezas de ganado. Los estados más afectados en estos últimos años fueron Chihuahua, Sinaloa, Zacatecas, Veracruz y Sonora (CENAPRED, 2001, 2002, 2003, 2004).

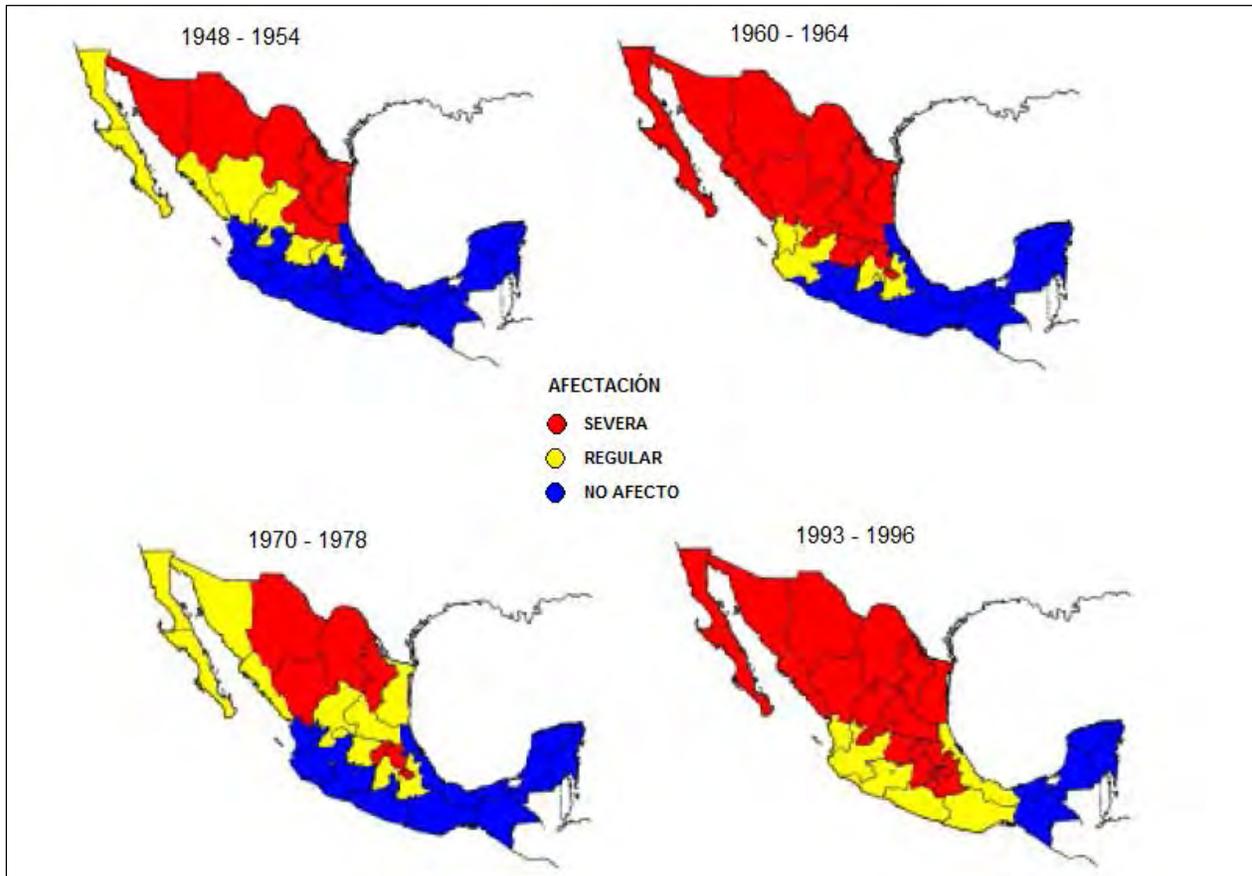
Figura 3.13. Ciudades dañadas por las sequías.



Fuente: Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, 2001.

En la Figura 3.14 se muestran la evolución espacial de la sequía a lo largo del país durante los cuatro periodos registrados en el siglo XX.

Figura 3.14. Zonas afectadas en diferentes periodos de sequía.



Fuente: Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, 2001.

A pesar de que el último gran período de sequías en México fue de 1993 a 1996 se tienen registrados daños por sequía en los años subsecuentes. El año de 1998 fue crítico en casi todo el territorio nacional en lo que respecta a sequías, ondas de calor e incendios forestales. Por ejemplo, a principios del mes de mayo de dicho año se presentó en la Ciudad de México la temperatura más alta que se haya observado con un valor de 34.7 °C, rebasando en más de 1° C la máxima histórica. Aunado a esto también en la periferia de la Ciudad de México se tuvo el mayor número de incendios forestales ocasionando un valor alto de contaminación.

La sequía 2010-2012 fue muy intensa para el norte de México, los impactos fueron más severos en el sector agrícola, ganadero y en grupos sociales en condición de pobreza extrema. Actualmente el Monitor de Sequía de América del Norte (CONAGUA-CGSMN) se ha convertido en una parte integral de planificación para la evaluación de la severidad de la sequía y para definir acciones de respuesta.

En la tabla 3.3 se muestra el grado de afectación de la sequía de los diferentes estados de la República Mexicana a lo largo de los cuatro periodos de sequía registrados en el siglo XX.

Tabla 3.3.- Grado de afectación de la sequía en los estados de la República Mexicana.

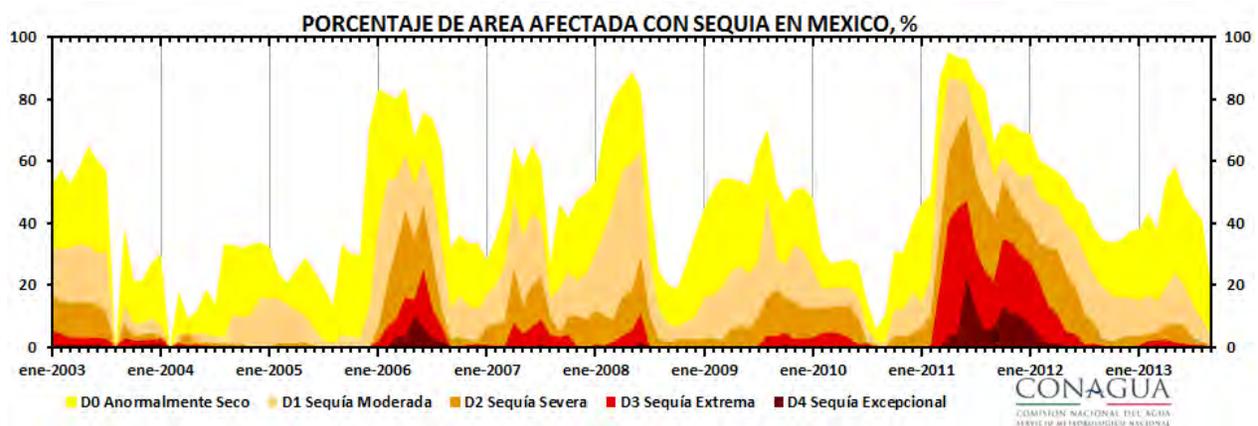
Estado	Periodo			
	1948-1954	1960-1964	1970-1978	1993-1996
Aguascalientes	No afectó	Severa	Regular	Severa
Baja California	Regular	Severa	Regular	Severa
Baja California Sur	Regular	Severa	Regular	Severa
Campeche	No afectó	No afectó	No afectó	No afectó
Chiapas	No afectó	No afectó	No afectó	No afectó
Chihuahua	Severa	Severa	Severa	Severa
Coahuila	Severa	Severa	Severa	Severa
Colima	No afectó	No afectó	No afectó	Regular
Distrito Federal	No afectó	Regular	No afectó	Severa
Durango	Regular	Severa	Severa	Severa
Guanajuato	Regular	Severa	Regular	Severa
Guerrero	No afectó	No afectó	No afectó	Regular
Hidalgo	Regular	Severa	Severa	Severa
Jalisco	No afectó	Regular	No afectó	Regular
México	No afectó	Regular	Regular	Severa
Michoacán	No afectó	No afectó	No afectó	Regular
Morelos	No afectó	No afectó	No afectó	Severa
Nayarit	No afectó	Regular	No afectó	Regular
Nuevo León	Severa	Severa	Severa	Severa
Oaxaca	No afectó	No afectó	No afectó	Regular
Puebla	No afectó	Regular	Regular	Severa
Querétaro	Regular	Severa	Severa	Severa
Quintana Roo	No afectó	No afectó	No afectó	No afectó
San Luis Potosí	Severa	Severa	Regular	Severa
Sinaloa	Regular	Severa	Regular	Severa
Sonora	Severa	Severa	Regular	Severa
Tabasco	No afectó	No afectó	No afectó	No afectó
Tamaulipas	Severa	Severa	Regular	Severa
Tlaxcala	No afectó	Severa	Severa	Severa
Veracruz	No afectó	No afectó	No afectó	Regular
Yucatán	No afectó	No afectó	No afectó	No afectó
Zacatecas	Regular	Severa	Regular	Severa

Fuente: Fuente: Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, 2001.

En la tabla 3.3 se puede apreciar que de los estados más afectados por la sequía, pertenecientes a la Subregión Santiago, han sido: Zacatecas, Durango, Guanajuato y Aguascalientes; Jalisco y Nayarit han sido afectados en menor grado.

En la Figura 3.15 se puede observar el porcentaje de área afectado por la sequía en México, en el periodo de enero de 2003 a enero de 2013, como se podrá observar en el año 2011 más del 90% del territorio nacional se encontraba bajo algún grado de sequía.

Figura 3.15. Porcentaje de área afectado con sequía en México, periodo 2003 – 2013.



Fuente: Monitor de Sequía en México, CONAGUA, 2013.

3.2. Evaluación histórica de la disponibilidad de agua

Los datos que a continuación se muestran fueron obtenidos del Programa Hídrico Regional Visión 2030, Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico, emitido por la CONAGUA en el año 2012.

3.2.1 Estado y capacidad de producción de las plantas potabilizadoras

Tabla 3.4.- Plantas potabilizadoras.

Subregión	No. de plantas	Capacidad instalada (m ³ /s)	Caudal potabilizado (m ³ /s)
Alto Lerma	7	3.13	2.51
Medio Lerma	28	0.56	0.45
Bajo Lerma	2	0.15	0.12
Total	37	3.84	3.08

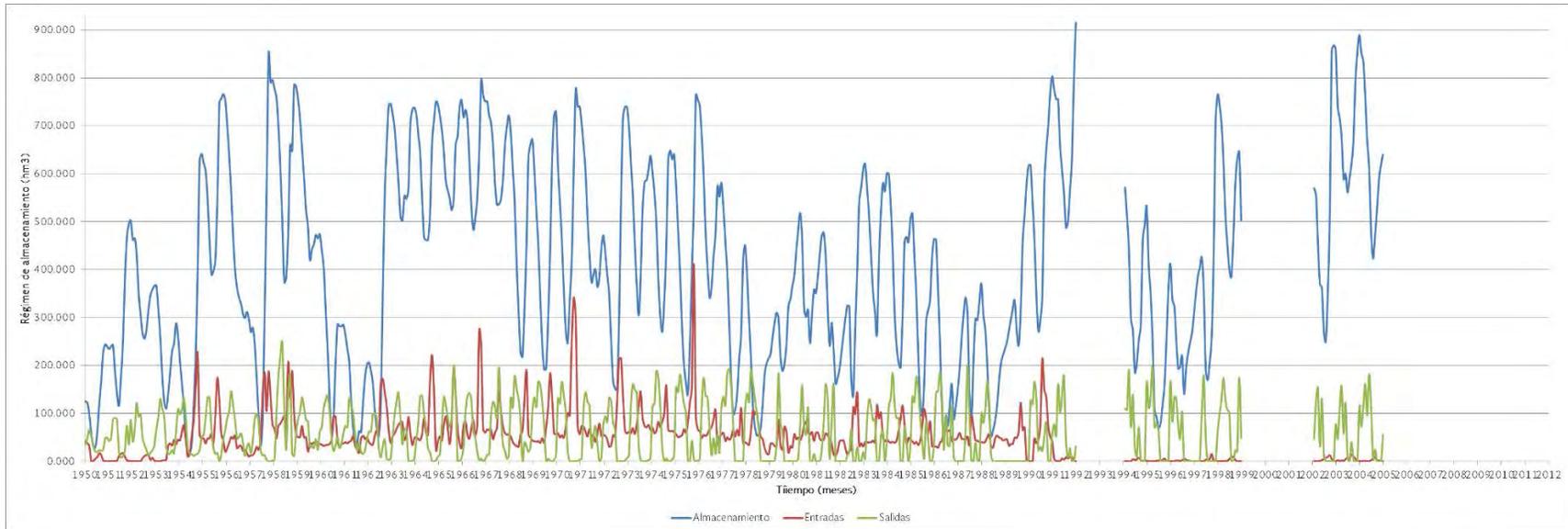
Fuente: Programa Hídrico Regional, 2012.

3.2.2 Volúmenes almacenados y extracciones

Los volúmenes almacenados, las entradas y extracciones se realizaron para cada una de las presas más importantes de la cuenca Lerma-Chapala, obtenidas del SIAS (Sistema de Información de Aguas Superficiales). Las presas incluidas son: Presa J. A. Alzate, I. Ramírez, Tepetitlán, Tepuxtepec, Solís, M. Ocampo, I. Allende, Malpaís, Coitzio, La Purísima, Yuridia, Guaracha y Guillermo Lugo Sanabria.

La Figura 3.16 muestra el resultado del almacenamiento, entradas y salidas por obra de toma para la presa Solís, las presas faltantes se anexan en un archivo digital. La hoja marcada con el nombre AES representa los volúmenes almacenados y las extracciones.

Figura 3.16. Almacenamiento, entradas y salidas de la presa Solís.



3.2.3 Extracción de agua subterránea: caudal, calidad y niveles piezómetros

De acuerdo al Programa Hídrico Regional, dentro de la Subregión Lerma se localizan 40 acuíferos, de los cuales 21 se encuentran en condiciones de sobreexplotación, con un déficit de 1,271 hm³, además se cuenta con una recarga de 4 528 hm³/año y un índice de explotación promedio de 1.11. Cabe mencionar que de acuerdo a los apoyos cartográficos proporcionados por le PRONACOSE, el número de acuíferos en condición de sobreexplotación ha aumentado.

3.2.4 Volúmenes de agua residual tratada para reúso

Tabla 3.5.- Plantas de tratamiento.

Subregión	No. de plantas	Capacidad instalada (m ³ /s)	Caudal tratado (m ³ /s)
Alto Lerma	33	4.4	3.4
Medio Lerma	87	7.0	5.2
Bajo Lerma	37	1.7	1.4
Total	157	13.1	10.0

Fuente: Programa Hídrico Regional, 2012.

3.2.5 Calidad del agua

En cuanto al monitoreo de la calidad del agua, se ha identificado que en la subregión Lerma existen registros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) dentro de un rango de 130–56,816 mg/l en siete estaciones ubicadas principalmente sobre el río Lerma, laguna de Almoloya y arroyo Mezapa; dentro del rango 30.6-120 mg/l se presentan en 12 estaciones ubicadas principalmente sobre el lago de Cuitzeo, río Lerma y río Grande de Morelia.

Dentro de esta misma subregión, pero evaluando la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se encuentran 12 estaciones con registros en un rango espacial de 204.3 a 79,761 mg/l y 32 con registros de 40.90-200 mg/l, ubicándose principalmente en la laguna de Almoloya del Río, en los ríos Turbio, Lerma y Grande de Morelia, así como en el lago de Cuitzeo.

De acuerdo al rango de valores del DBO₅ la calidad del agua se clasifica como fuertemente contaminada; y con respecto al DQO se clasifica como fuertemente contaminada.

En cuanto a los Sólidos Suspendidos Totales (SST), se registran cinco estaciones con un grado de contaminación alta y diez con un menor grado ubicadas nuevamente en el lago de Cuitzeo, río Turbio y en la laguna de Almoloya del Río.

3.3. Evaluación histórica de la demanda de agua

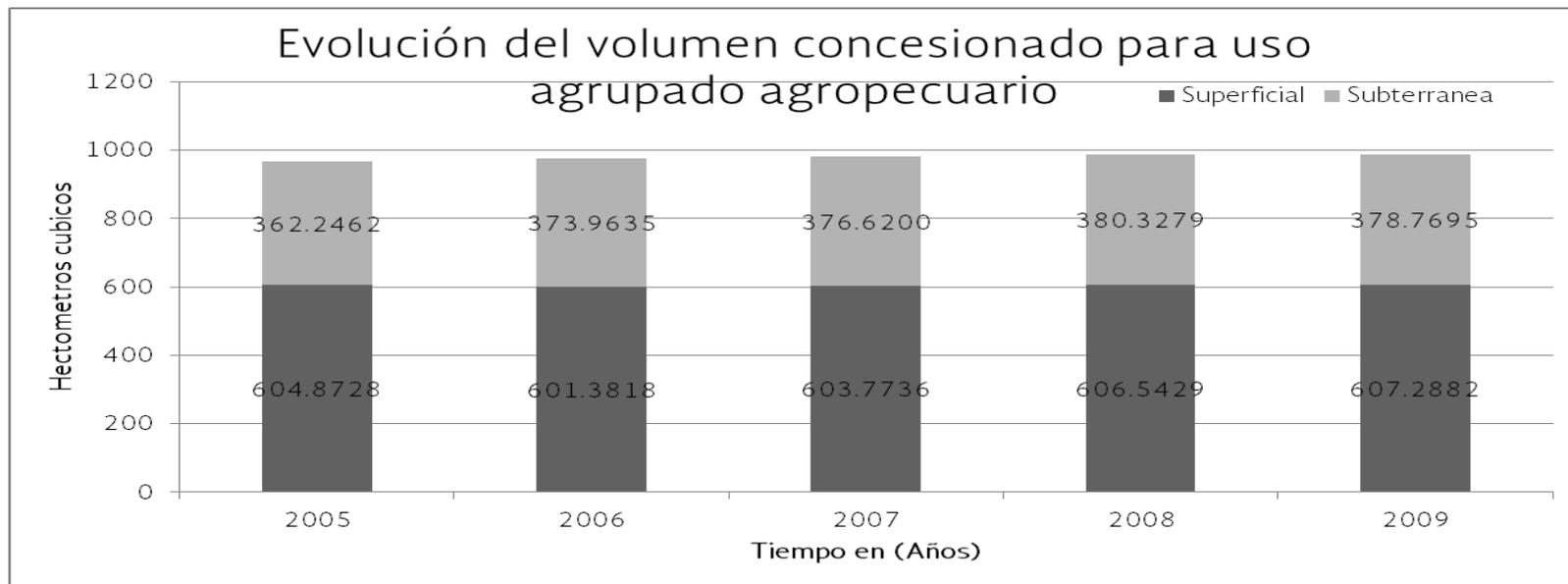
3.3.1 Demanda total de agua por sector

Las demandas de agua en el ámbito de la Cuenca Lerma-Chapala alcanzan una cifra global de 7,795 hm³ en el año 2009, siendo el uso principal el agrícola agrupado (agropecuario), con 6,197 hm³/año, lo que representa aproximadamente el 79.5% de la demanda total. Le siguen en importancia el uso de abastecimiento público, con 1,370 hm³/año (17.6%) y el uso industrial integrado, con sólo 207 hm³/año (2.7%).

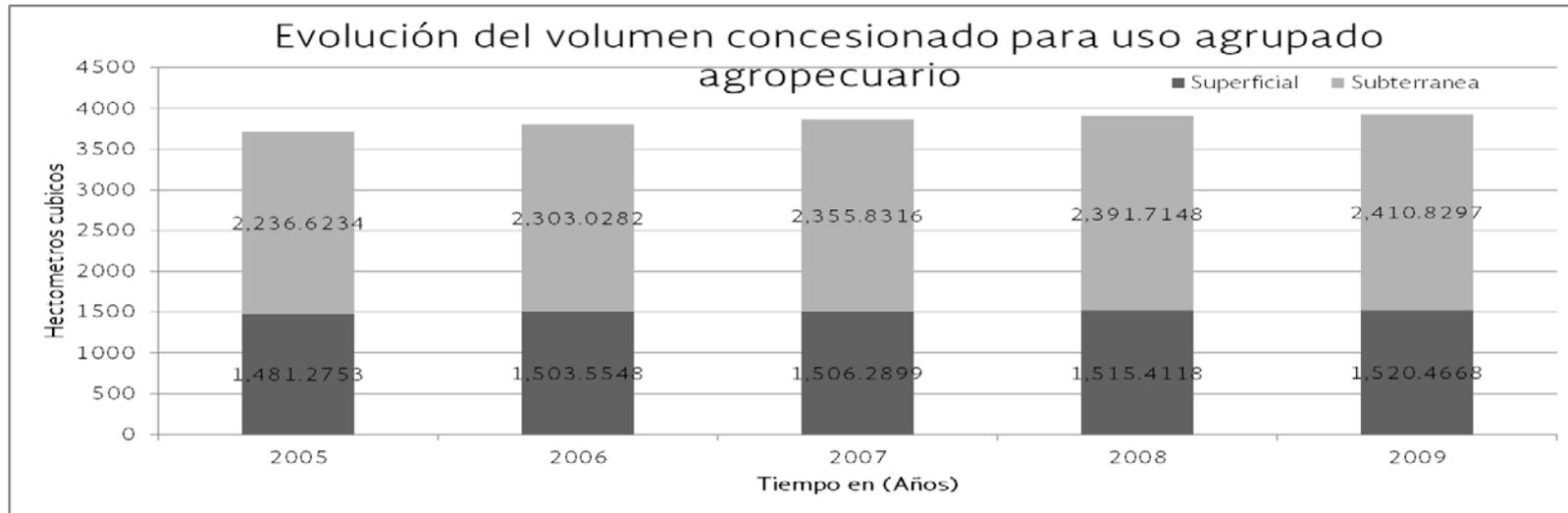
A continuación se muestra la evolución de la demanda de agua por sector para el periodo 2005 a 2009 del Alto Lerma, Medio Lerma y Bajo Lerma.

3.3.1.1 Alto Lerma uso agrupado agropecuario

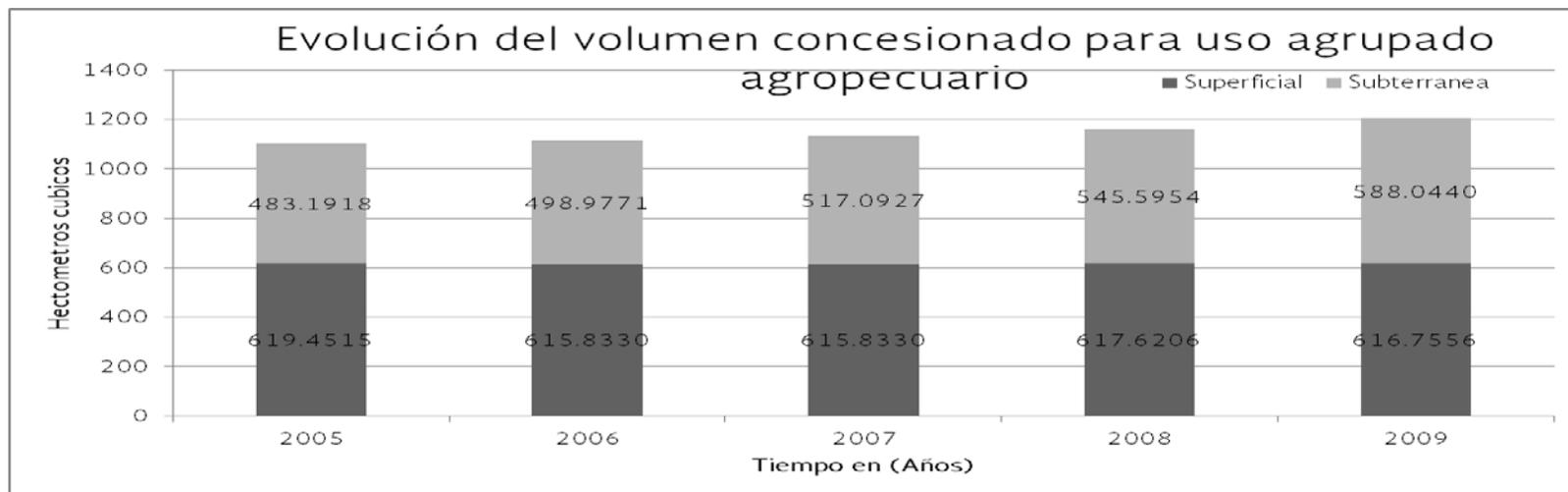
Nota: Incluye los usos agrícola, acuacultura, pecuario, múltiple y otros de la clasificación del REPDA.



3.3.1.2 Medio Lerma uso agrupado agropecuario

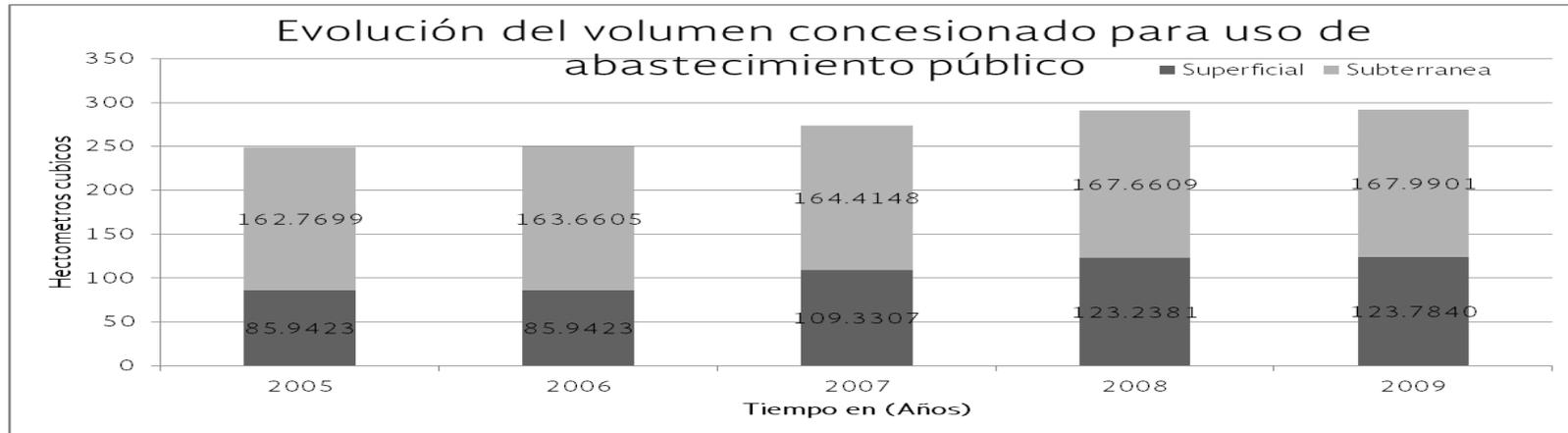


3.3.1.3 Bajo Lerma uso agrupado agropecuario

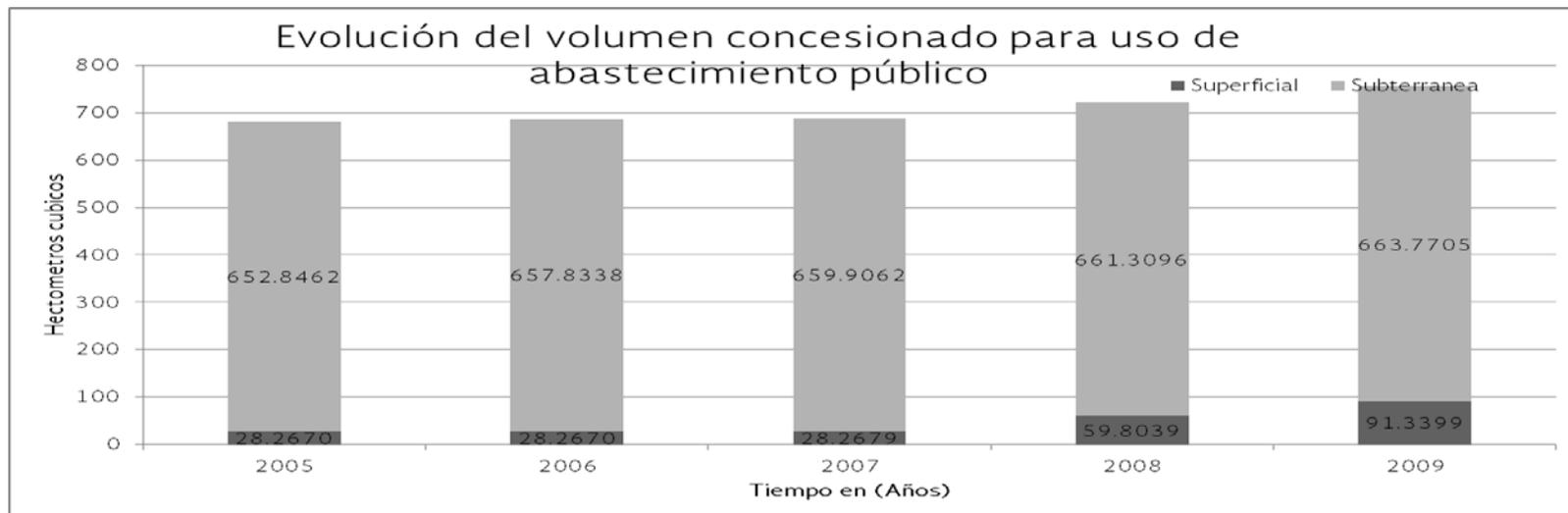


Fuente: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de: CONAGUA. Subdirección General de Administración del Agua

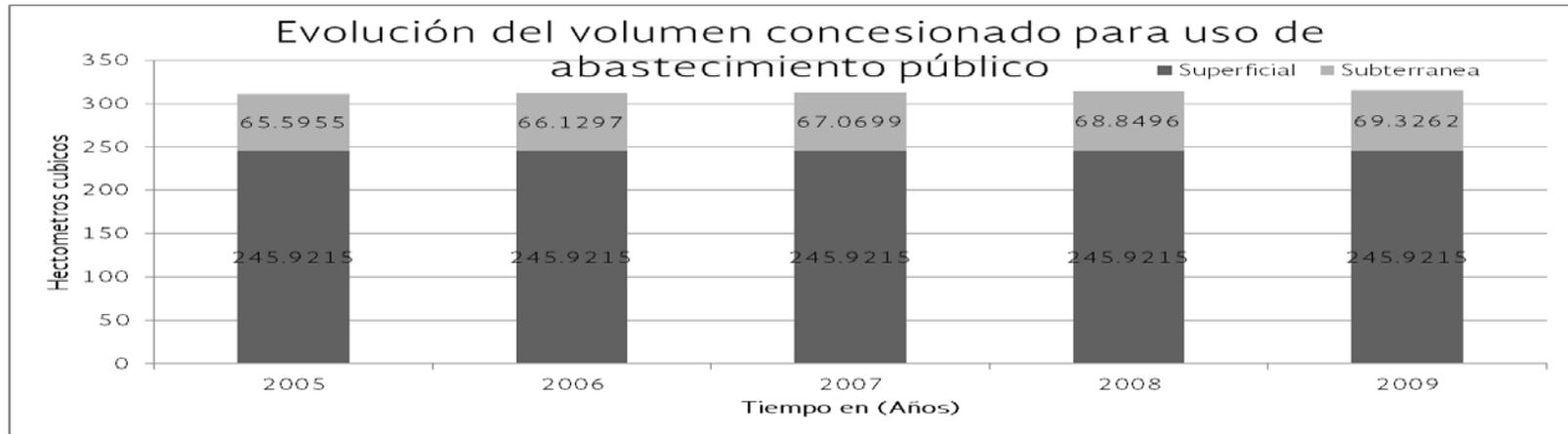
3.3.1.4 Alto Lerma uso abastecimiento público



3.3.1.5 Medio Lerma uso abastecimiento público

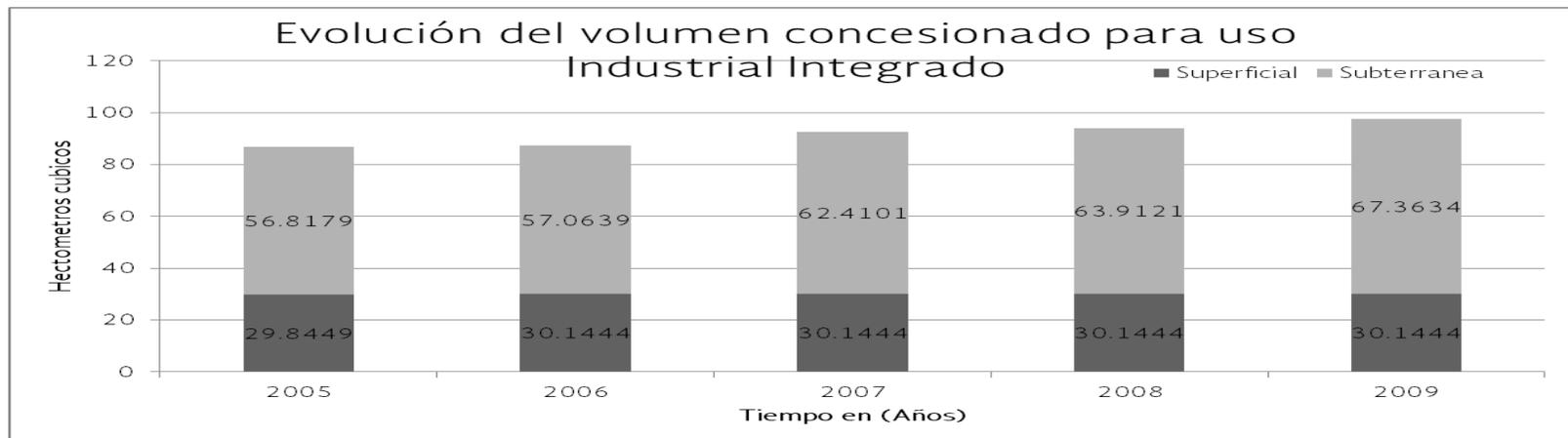


3.3.1.6 Bajo Lerma uso abastecimiento público

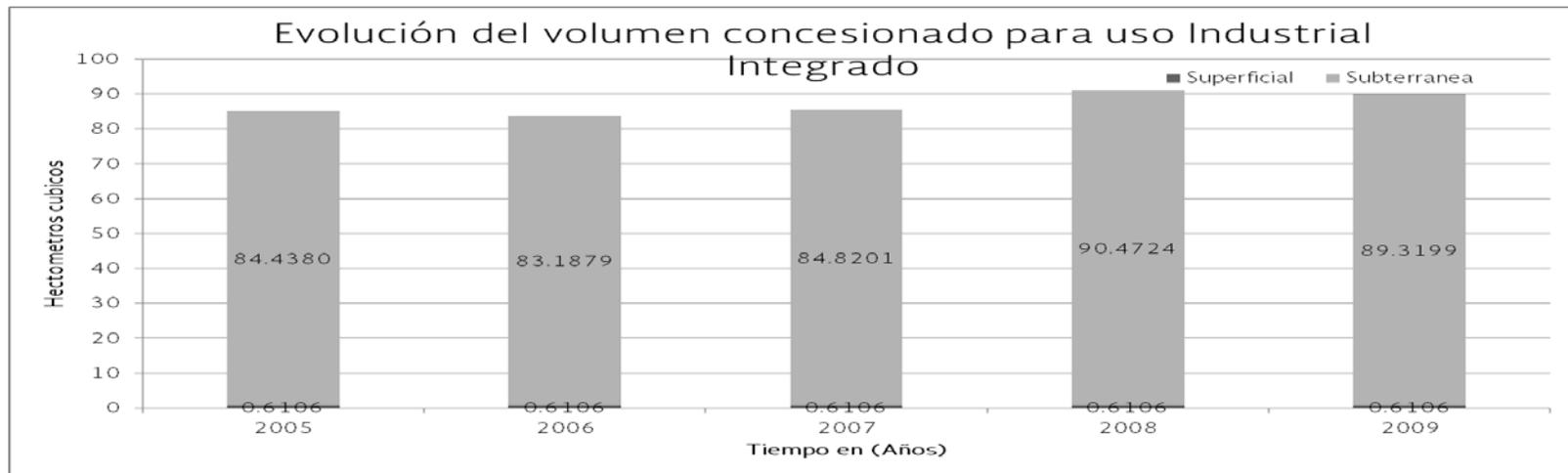


3.3.1.7 Alto Lerma uso industrial integrado

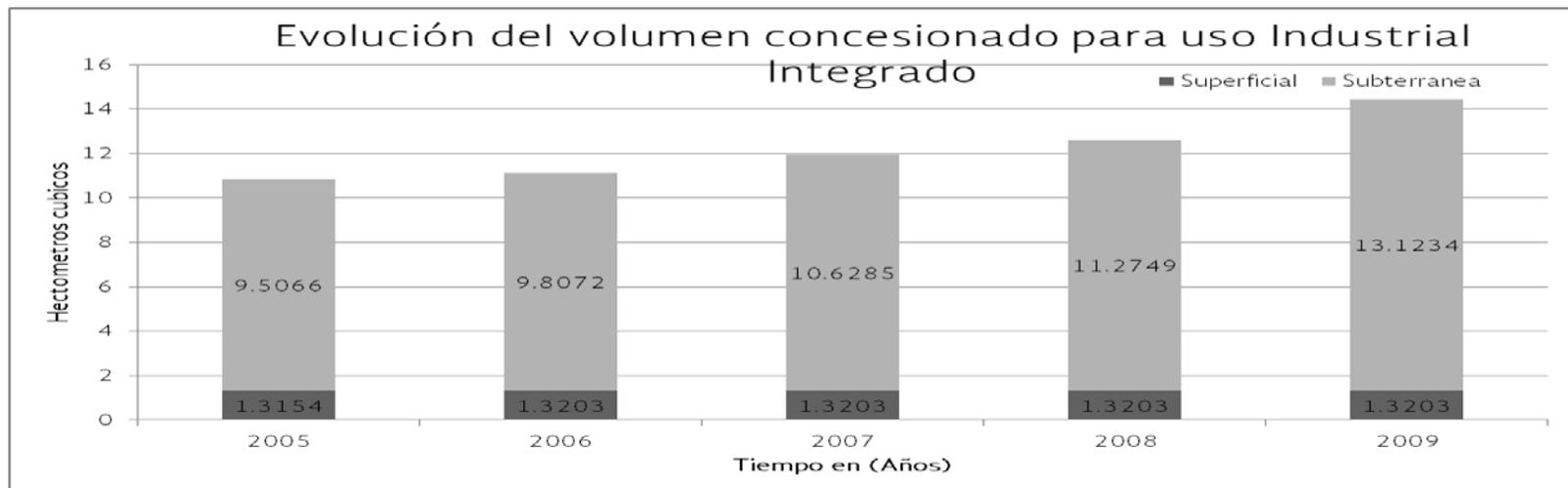
Nota: Incluye los usos industrial, servicios, agroindustrial y comercio de la clasificación del REPDA.



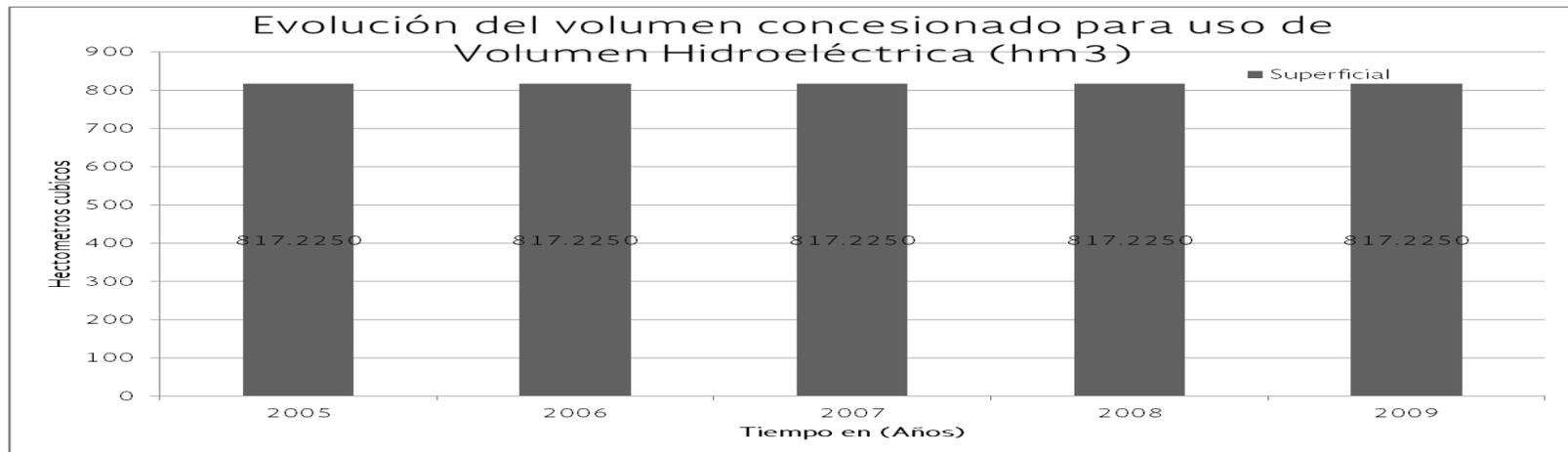
3.3.1.8 Medio Lerma uso industrial integrado



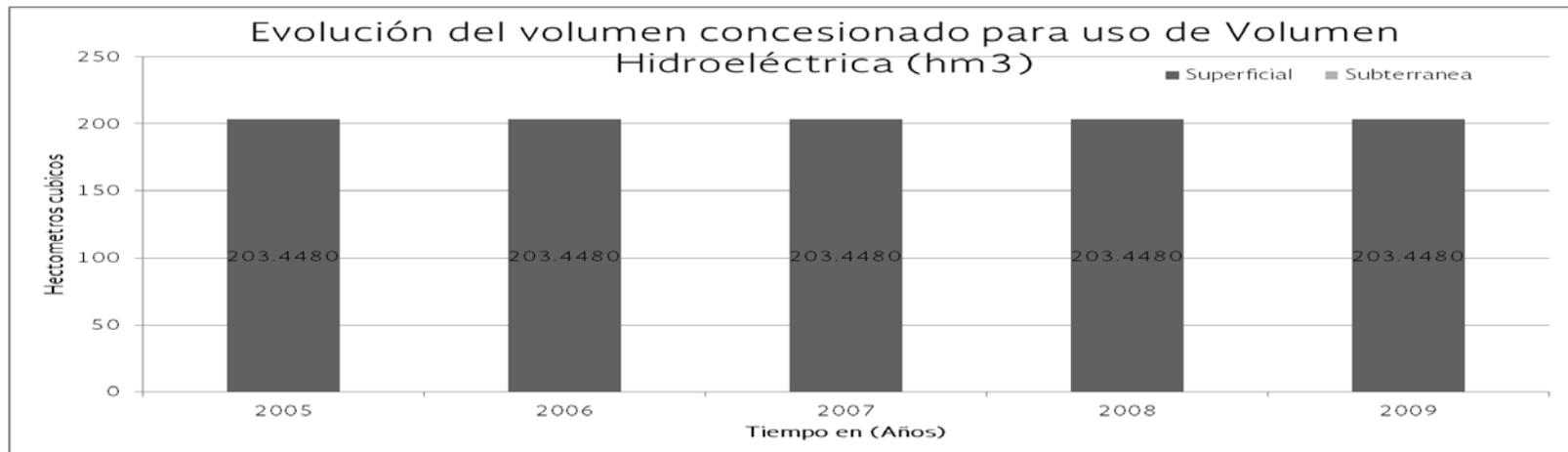
3.3.1.9 Bajo Lerma uso industrial integrado



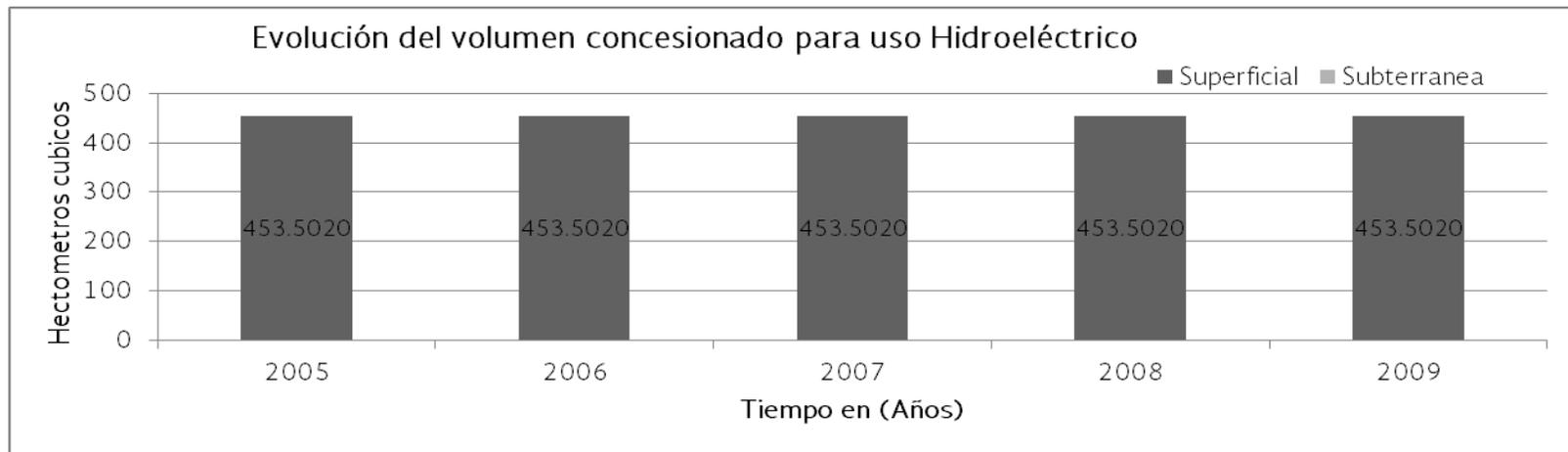
3.3.1.10 Alto Lerma uso hidroeléctrico



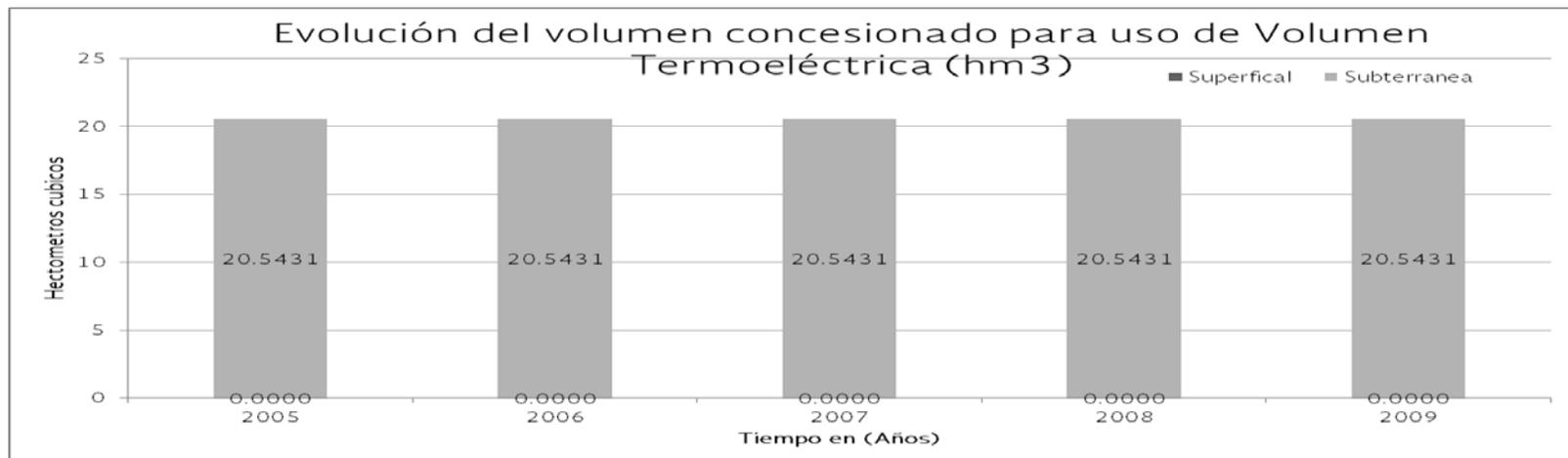
3.3.1.11 Medio Lerma uso hidroeléctrico



3.3.1.12 Bajo Lerma uso hidroeléctrico



3.3.1.12 Medio Lerma uso termoeléctrico



3.4 Impacto histórico de la sequía y evaluación de las medidas de mitigación y respuesta

En la tabla 3.6 aparece una reseña histórica, así como los impactos económicos y sociales en los estados pertenecientes a la Subregión Lerma. La tabla fue elaborada a partir de información de la Comisión Nacional del Agua sobre los principales acontecimientos debidos a las sequías de los períodos 48-54, 60-64 y 70-78.

Tabla 3.6.-Efectos de la sequía.

Año	Mes	Área Geográfica afectada	Efectos Económicos y Sociales.
1960	Junio	Nacional	En el Norte llovió poco, en el resto del país ha empezado a llover.
1960	Junio	Centro Occidente: Michoacán	Miles de cabezas de ganado perdidas; afectado el maíz, especialmente en Huetamo, Apatzingán y Arteaga.
1960	Junio	Norte y Centro	Aumento de los precios de los artículos de primera necesidad.
1962	Junio	Nacional	A pesar de esto, el país cuenta con el almacenamiento de agua suficiente para afrontar la situación.
1970	Mayo	Nacional	Se busca dar empleo a los desempleados en las zonas de desastre.
1972	Octubre	Centro Occidente, Centro Sur: Querétaro	Perdidas la mayor parte de las cosechas en Querétaro.
1998	Marzo	Norte, centro y Sur: Chihuahua, Edo. de México, Tabasco, Guanajuato y Campeche.	Edo. de México: más de 4 millones de habitantes afectados en 7 municipios. Guanajuato: no se produjo el 45% de trigo respecto a la misma fecha del año pasado, sólo hay agua para 70 días en el campo.
1998	Abril	Norte, Centro y Sur.	Guanajuato: las presas se encuentran al 10% de su capacidad
			Jalisco: afecta la sequía a productores de trigo y las pérdidas ascienden a más de \$170 millones
			Distrito Federal: en la periferia sólo se han sembrado el 7.5% de los cultivos básicos.
1998	Mayo	Norte, Centro y Sur.	Querétaro: 800 hectáreas de bosque viejo afectadas y en riesgo de perderse, 300 cabezas de ganado han muerto.
			Michoacán: afectados más de 600 mil habitantes en Morelia por la escasez de agua.
			Edo. de México: se perdieron más de 300 mil hectáreas de cultivo.

1998	Junio	Norte, Noroeste, Centro y la Península de Yucatán	D. F.: en San Miguel Topilejo, se han perdido más de 700 hectáreas de frijol y chícharo.
			Jalisco: El lago de Chapala está casi seco, la arquidiócesis pide a la gente que rece para que llueva.
			Edo. de México: se dejaron de sembrar 300 mil hectáreas de cultivos de temporal.
1960	Junio	Nacional	En el Norte llovió poco, en el resto del país ha empezado a llover.
1960	Junio	Centro Occidente: Michoacán	Miles de cabezas de ganado perdidas; afectado el maíz, especialmente en Huetamo, Apatzingán y Arteaga.
1960	Junio	Norte y Centro	Aumento de los precios de los artículos de primera necesidad.
1962	Junio	Nacional	A pesar de esto, el país cuenta con el almacenamiento de agua suficiente para afrontar la situación.
1970	Mayo	Nacional	Se busca dar empleo a los desempleados en las zonas de desastre.
1972	Octubre	Centro Occidente, Centro Sur: Querétaro	Perdidas la mayor parte de las cosechas en Querétaro.
1998	Marzo	Norte, centro y Sur: Chihuahua, Edo. de México, Tabasco, Guanajuato y Campeche.	Edo. de México: más de 4 millones de habitantes afectados en 7 municipios. Guanajuato: no se produjo el 45% de trigo respecto a la misma fecha del año pasado, sólo hay agua para 70 días en el campo.
1998	Abril	Norte, Centro y Sur.	Guanajuato: las presas se encuentran al 10% de su capacidad
			Jalisco: afecta la sequía a productores de trigo y las pérdidas ascienden a más de \$170 millones
			Distrito Federal: en la periferia sólo se han sembrado el 7.5% de los cultivos básicos.
1998	Mayo	Norte, Centro y Sur.	Querétaro: 800 hectáreas de bosque viejo afectadas y en riesgo de perderse, 300 cabezas de ganado han muerto.
			Michoacán: afectados más de 600 mil habitantes en Morelia por la escasez de agua.
			Edo. de México: se perdieron más de 300 mil hectáreas de cultivo.
			D. F.: en San Miguel Topilejo, se han perdido más de 700 hectáreas de frijol y chícharo.
			Jalisco: El lago de Chapala está casi seco, la arquidiócesis pide a la gente que rece para que llueva.

1998	Junio	Norte, Noroeste, Centro y la Península de Yucatán	Edo. de México: se dejaron de sembrar 300 mil hectáreas de cultivos de temporal.
1960	Junio	Nacional	En el Norte llovió poco, en el resto del país ha empezado a llover.
1960	Junio	Centro Occidente: Michoacán	Miles de cabezas de ganado perdidas; afectado el maíz, especialmente en Huetamo, Apatzingán y Arteaga.
1960	Junio	Norte y Centro	Aumento de los precios de los artículos de primera necesidad.
1962	Junio	Nacional	A pesar de esto, el país cuenta con el almacenamiento de agua suficiente para afrontar la situación.
1970	Mayo	Nacional	Se busca dar empleo a los desempleados en las zonas de desastre.
1972	Octubre	Centro Occidente, Centro Sur: Querétaro	Perdidas la mayor parte de las cosechas en Querétaro.
1998	Marzo	Norte, centro y Sur: Chihuahua, Edo. de México, Tabasco, Guanajuato y Campeche.	Edo. de México: más de 4 millones de habitantes afectados en 7 municipios. Guanajuato: no se produjo el 45% de trigo respecto a la misma fecha del año pasado, sólo hay agua para 70 días en el campo.
1998	Abril	Norte, Centro y Sur.	Guanajuato: las presas se encuentran al 10% de su capacidad
			Jalisco: afecta la sequía a productores de trigo y las pérdidas ascienden a más de \$170 millones
			Distrito Federal: en la periferia sólo se han sembrado el 7.5% de los cultivos básicos.
1998	Mayo	Norte, Centro y Sur.	Querétaro: 800 hectáreas de bosque viejo afectadas y en riesgo de perderse, 300 cabezas de ganado han muerto.
			Michoacán: afectados más de 600 mil habitantes en Morelia por la escasez de agua.
			Edo. de México: se perdieron más de 300 mil hectáreas de cultivo.
1998	Junio	Norte, Noroeste, Centro y la Península de Yucatán	D. F.: en San Miguel Topilejo, se han perdido más de 700 hectáreas de frijol y chícharo.
			Jalisco: El lago de Chapala está casi seco, la arquidiócesis pide a la gente que rece para que llueva.
			Edo. de México: se dejaron de sembrar 300 mil hectáreas de cultivos de temporal.

Fuente: Sequías, Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2007.

3.4.1 Medidas de mitigación contra las sequías según el CENAPRED, 2007

Las medidas de mitigación para disminuir los efectos negativos de las sequías se pueden dividir en dos grandes ramas: estructurales y no estructurales.

Medidas estructurales

Son las construcciones y obras de ingeniería que ayudan a controlar, almacenar, extraer y distribuir el agua, con el fin de optimar el uso del vital recurso en época de sequía. Entre estas obras de ingeniería están: presas, tanques de almacenamiento, sistemas de abastecimiento de agua potable, plantas de tratamiento de aguas negras, perforación de pozos, canales revestidos y sistemas de irrigación.

Las presas son las obras de ingeniería de mayor importancia para almacenar agua. El diseño de estas obras debe estar en función de la hidrología del lugar y su topografía, así como de las actividades humanas cercanas a esta obra, como es la ganadería, la agricultura y la industria.

Otra obra de ingeniería, de igual importancia que las presas, son las plantas de tratamiento de aguas negras. Un gran recurso que se puede usar en cierta clase de industria, riego, sanitario y en la jardinería son las aguas negras después de ser tratadas. En la ciudad de México, se desalojan alrededor de 40 m³/s de aguas negras y 4.5 m³/s de ellas son tratadas en plantas, de ellas, 2.5 m³/s se obtienen de la planta de tratamiento "La Estrella" y los restantes 2 m³/s de otras plantas de menor tamaño.

Debe mencionarse que un sistema de drenaje doble, uno sanitario (aguas negras) y otro pluvial (agua de lluvia), es lo más recomendable ya que un buen porcentaje del agua que se va por el drenaje es agua de lluvia, y ésta no necesita un tratamiento tan complicado como el de las aguas negras para depurarla, es más, en algunas ocasiones sin tratamiento se podrían inyectar al subsuelo para recargar los mantos acuíferos.

En general, todas las obras de ingeniería para mitigar las sequías son costosas y por sí solas no son la solución que evite las sequías, más bien son el complemento de otras medidas que en conjunto ayuden a contrarrestar los efectos negativos de este fenómeno.

Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales o institucionales son aquellas acciones que se adoptan antes y durante la sequía para disminuir sus efectos negativos, sin involucrar la construcción de obra alguna. Estas medidas son socioeconómicas, legales, de planeación y se refieren principalmente a reglamentos sobre uso del agua.

Las medidas institucionales se pueden clasificar a su vez en dos grandes ramas, las cuales son: reactivas y preventivas, o prospectivas.

Medidas reactivas

Son aquéllas que se adoptan durante el evento e implican que la comunidad actúe haciendo algo al respecto. Como ejemplo de este tipo de medidas son: limitar la dotación de agua a la población y a la agricultura, implantar programas de emergencia que ayuden a los agricultores y ganaderos a disminuir las pérdidas económicas dentro de sus actividades, redistribuir el agua entre las diferentes actividades económicas dando prioridad a aquéllos de mayor importancia, teniendo en cuenta que en el escalafón de importancia, debe estar como primer lugar, el uso del agua para consumo doméstico de la población.

Medidas preventivas o prospectivas

Son aquéllas que se implantan mucho antes de que suceda una sequía, como es crear una cultura en la población para cuidar el agua. Por ejemplo, se recomienda que en las escuelas de nivel básico se impartan clases sobre el uso adecuado de los recursos naturales; repartir folletos en los mercados, en la calle, en los centros de trabajo, en los lugares recreativos, etc., que hablen sobre el uso adecuado del agua.

Otras medidas son la implantación de técnicas de irrigación para reducir la cantidad de agua en la agricultura y que las cosechas sean satisfactorias; introducir en el campo algún tipo de ganado o de cultivo que se adapte mejor al clima; poner en marcha programas de supervisión continua en las industrias para que no viertan desechos a los ríos, y cuidar que éstos no se contaminen, entre otras.

El trabajo conjunto entre los diferentes sectores económicos (agricultura, ganadería e industria), así como con los centros de investigación, la Comisión Nacional del Agua, la población en general y los sectores gubernamentales será la clave del éxito de las acciones.

Medidas opcionales

Existen otras medidas para contrarrestar los efectos negativos de las sequías, éstas son:

Obtener agua de sitios cada vez más alejados

En muchas áreas geográficas del país se están agotando los recursos hidráulicos de las cuencas y algunas poblaciones, como la ciudad de México, deben obtener el vital líquido de lugares cada vez más alejados; esto implica problemas tanto económicos como sociales, ya que el transporte del agua, debido a las distancias, es cada vez más caro y el agua de donde se obtiene es un recurso de los lugareños y, por tanto, se tienen disputas políticas por saber quién y cómo debe usarse.

Desalinización del agua de mar

Otra de las medidas opcionales para mitigar los efectos negativos de las sequías es la desalinización del agua de mar. Debido a que más del 70% de la superficie de nuestro planeta es agua, se cuenta con un recurso a gran escala, pero desgraciadamente es agua salada no apta para el consumo humano; por tal motivo es necesario separar la sal del agua de mar. Esta técnica ha sido investigada en casi todo el mundo por más de cinco décadas, siendo costoso el proceso, pero a la vez, representa una de las mejores opciones para la obtención de agua potable. En Israel, esta técnica se utiliza con buenos resultados debido a que las fuentes de abastecimiento son escasas, lo que ha provocado que la desalinización sea más económica que cualquiera de las otras alternativas. En México, ya se han hecho algunos estudios sobre la desalinización del agua de mar, pero aún no es aplicable a gran escala.

Lluvia artificial

Algunas veces la generación de lluvia artificial puede mitigar los efectos de las sequías; esta técnica consiste en esparcir sobre las nubes, por medio de avionetas, yoduro de plata, para provocar la condensación de las partículas de agua en suspensión en gotas suficientemente grandes para caer por su propio peso y, en su movimiento, dan lugar a una especie de reacción en cadena que causa la unión de

más gotas. Esta medida es poco exitosa y no es aún un método firmemente establecido, puesto que se requieren de condiciones ambientales especiales para tener resultados satisfactorios; además, la lluvia obtenida puede causar la disminución de la precipitación en otra región.

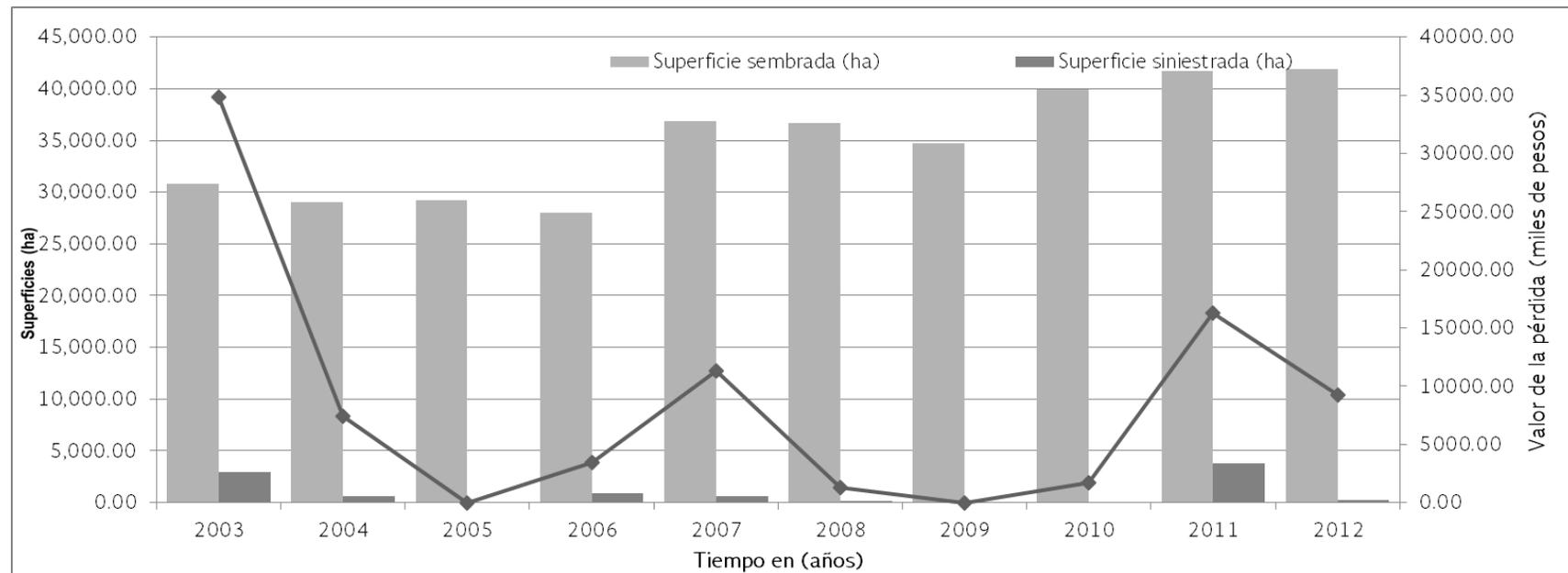
Los estados con mayores problemas por sequías son los del norte del país, Chihuahua, Durango y Coahuila, entre otros.

3.5 Análisis de los cultivos de riego y temporal para la cuenca Lerma-Chapala

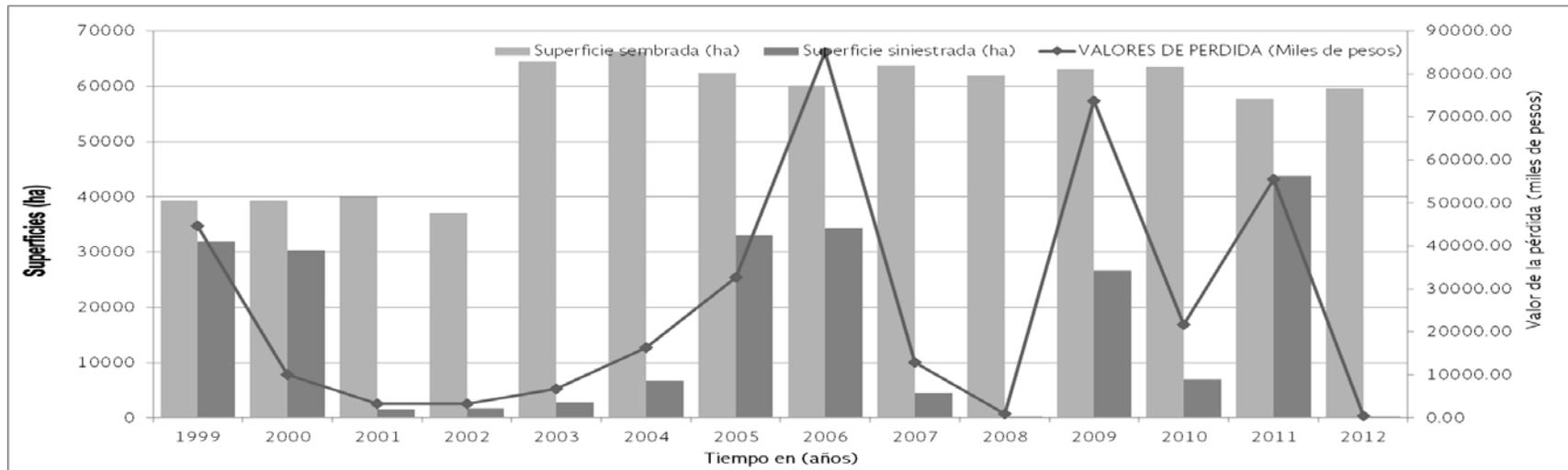
En las siguientes gráficas se muestra un análisis de la superficie sembrada y siniestrada, además de los valores de pérdidas tanto del cultivo de riego como de temporal para el periodo 1999 a 2012, dicho análisis nos servirá para identificar los periodos más secos y los impactos en la agricultura. Los datos se obtuvieron del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) elaborado por la SAGARPA.

En este análisis se incluyen todos los municipios que quedan dentro de la cuenca de estudio, pertenecientes a los estados de Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Estado de México y Michoacán.

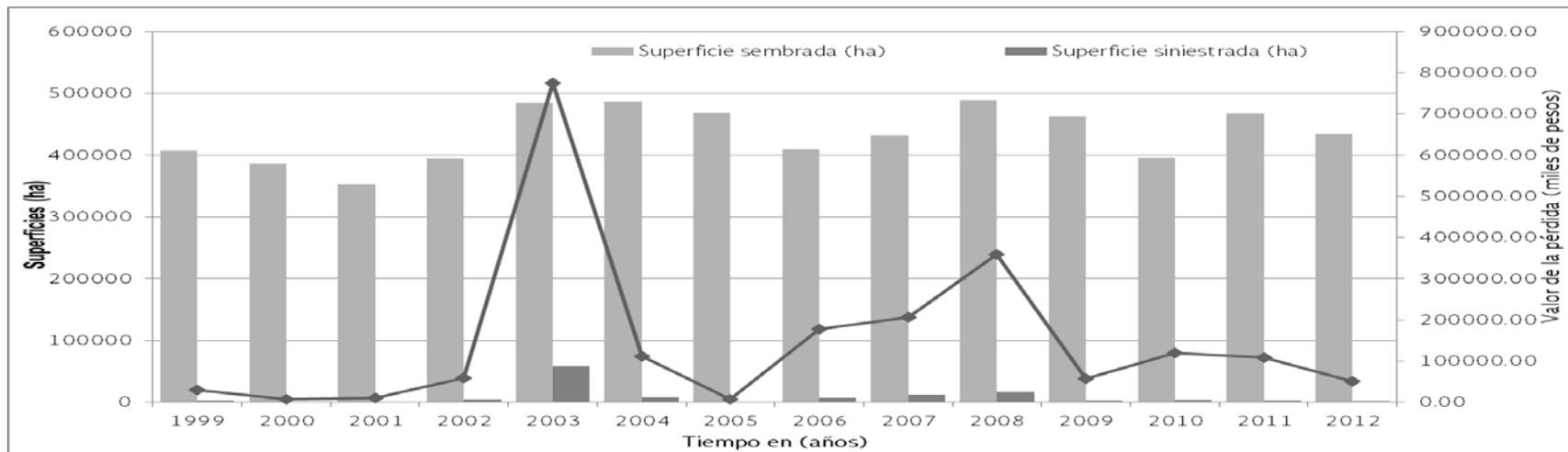
3.5.1 Cultivo de riego para el estado de Querétaro



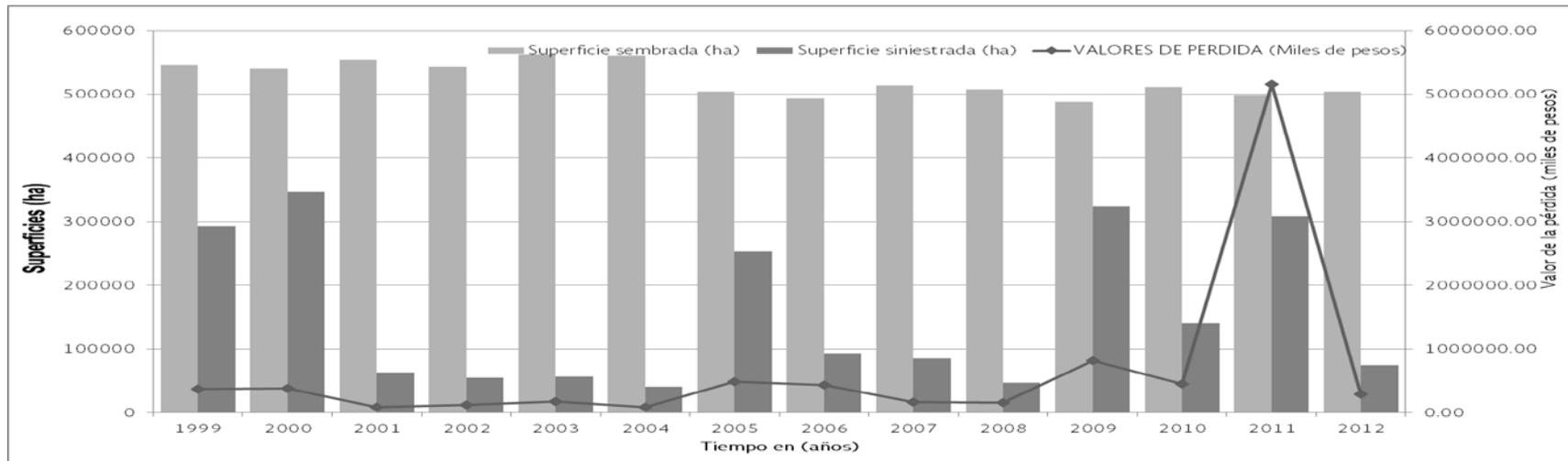
3.5.2 Cultivo de temporal para el estado de Querétaro



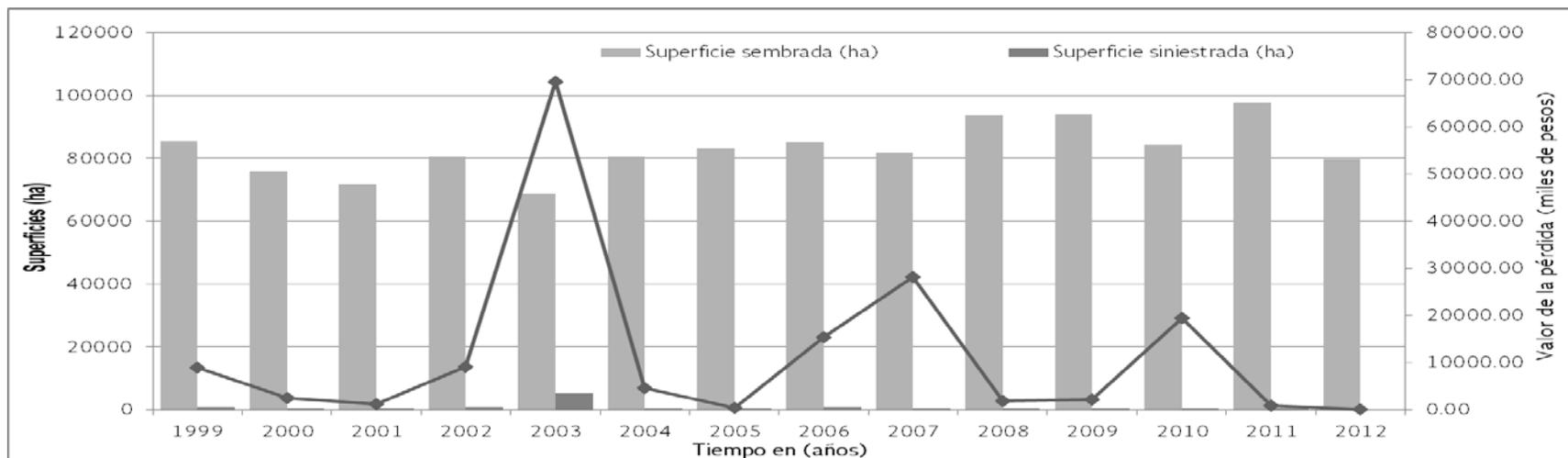
3.5.3 Cultivo de riego para el estado de Guanajuato



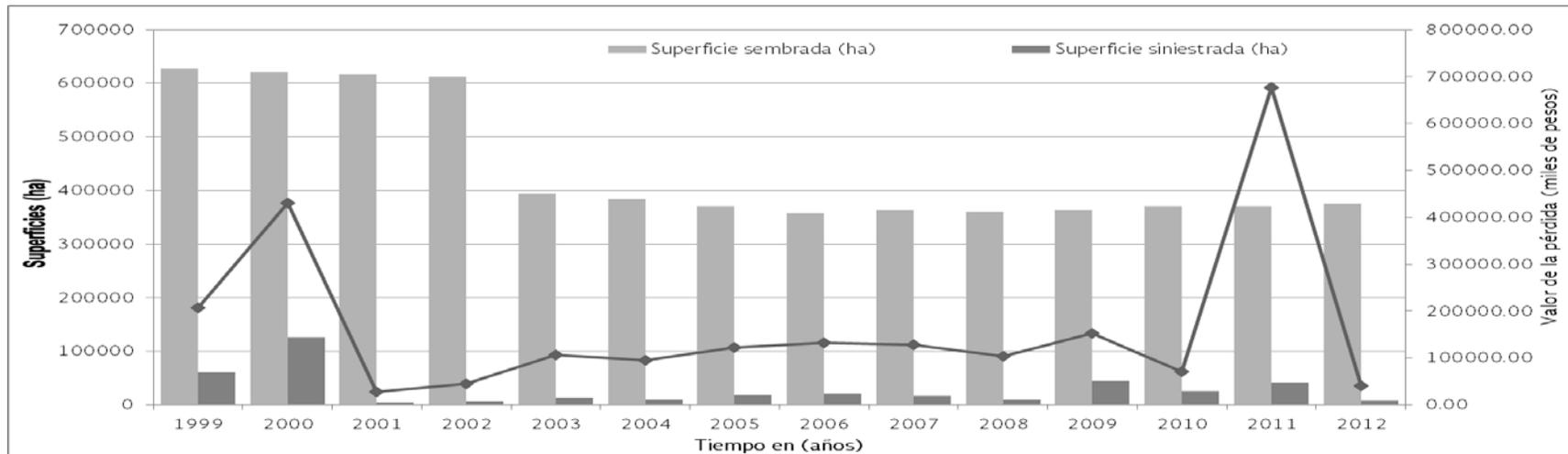
3.5.4 Cultivo de temporal para el estado de Guanajuato



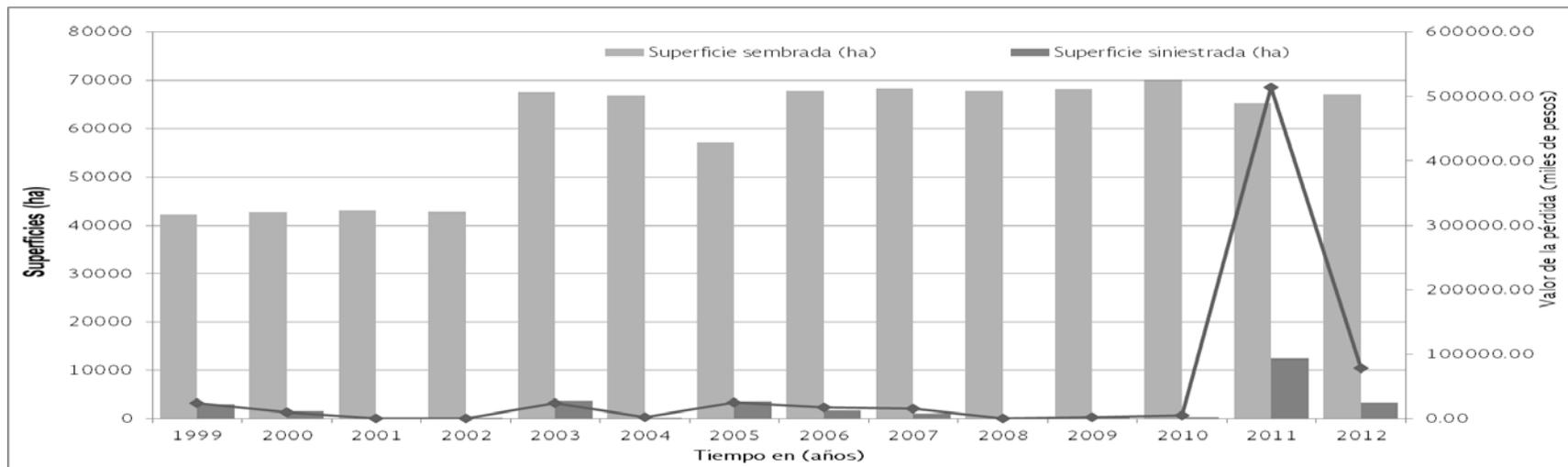
3.5.5 Cultivo de riego para el estado de Jalisco



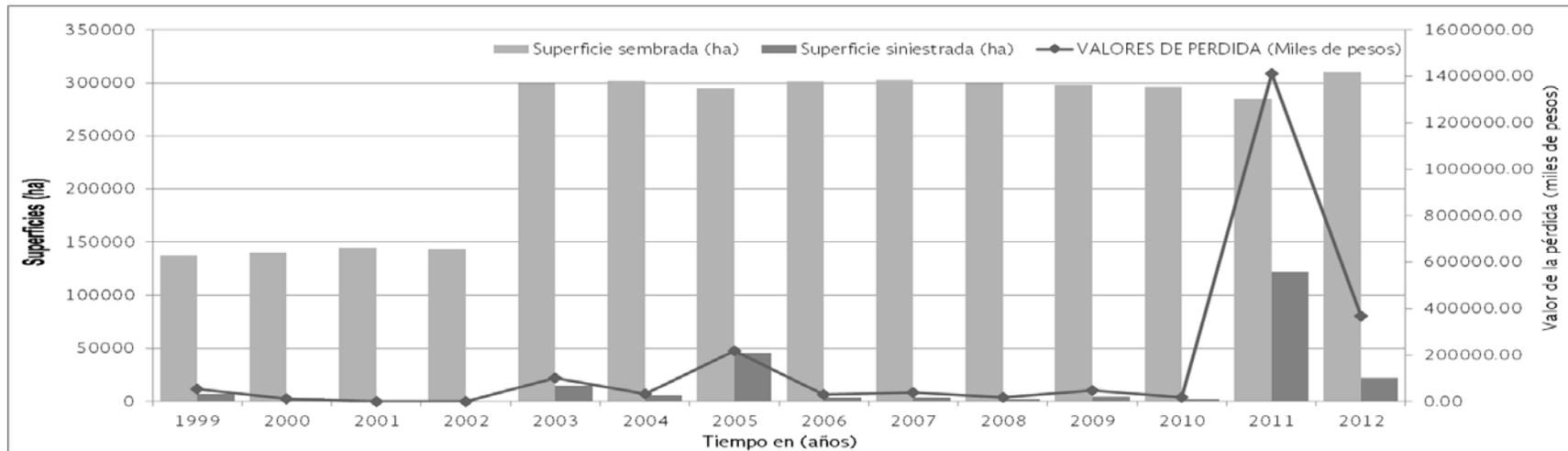
3.5.6 Cultivo de temporal para el estado de Jalisco



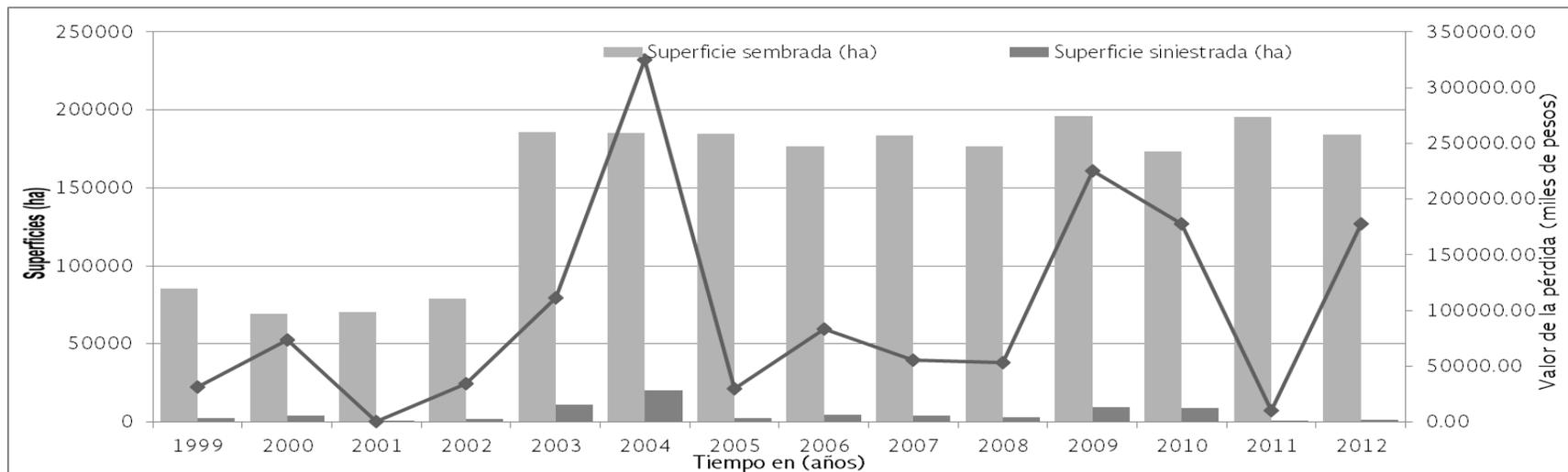
3.5.7 Cultivo de riego para el estado de México



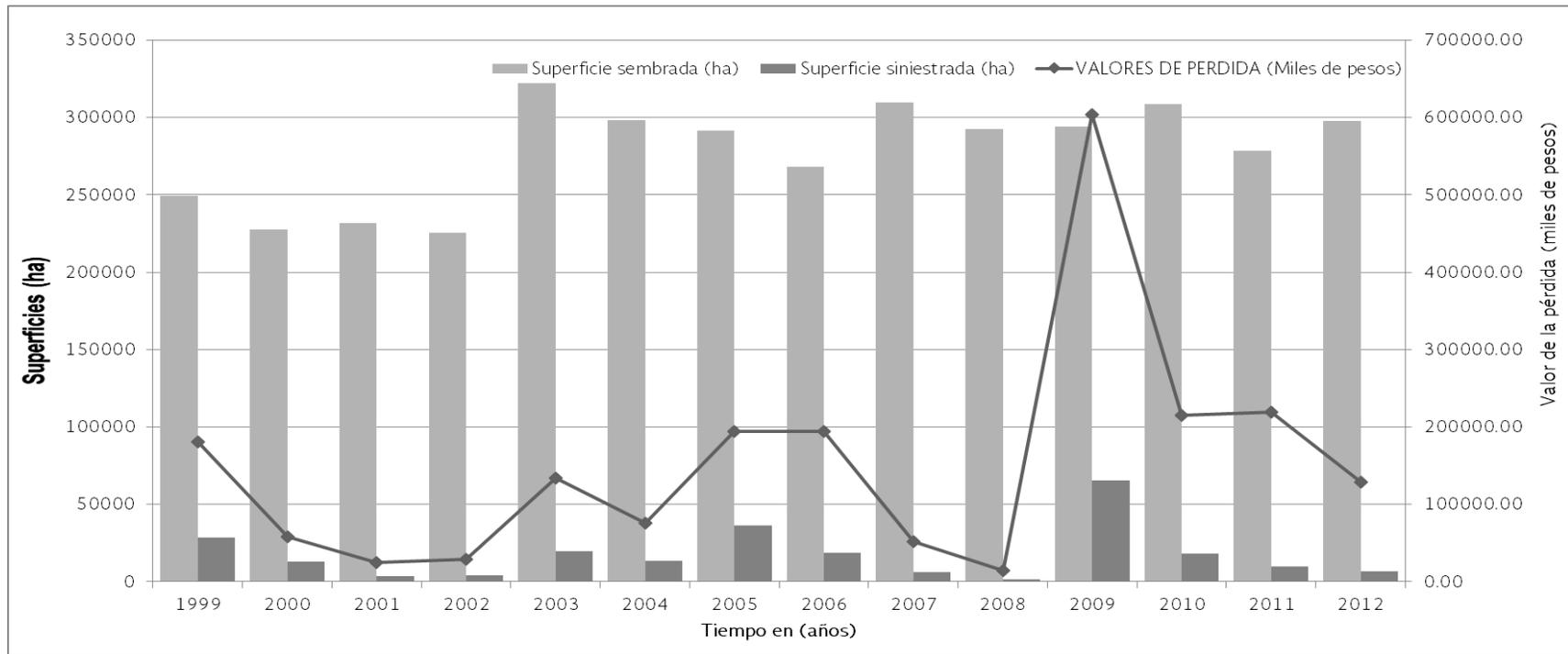
3.5.8 Cultivo de temporal para el estado de México



3.5.9 Cultivo de riego para el estado de Michoacán



3.5.10 Cultivo de temporal para el estado de Michoacán

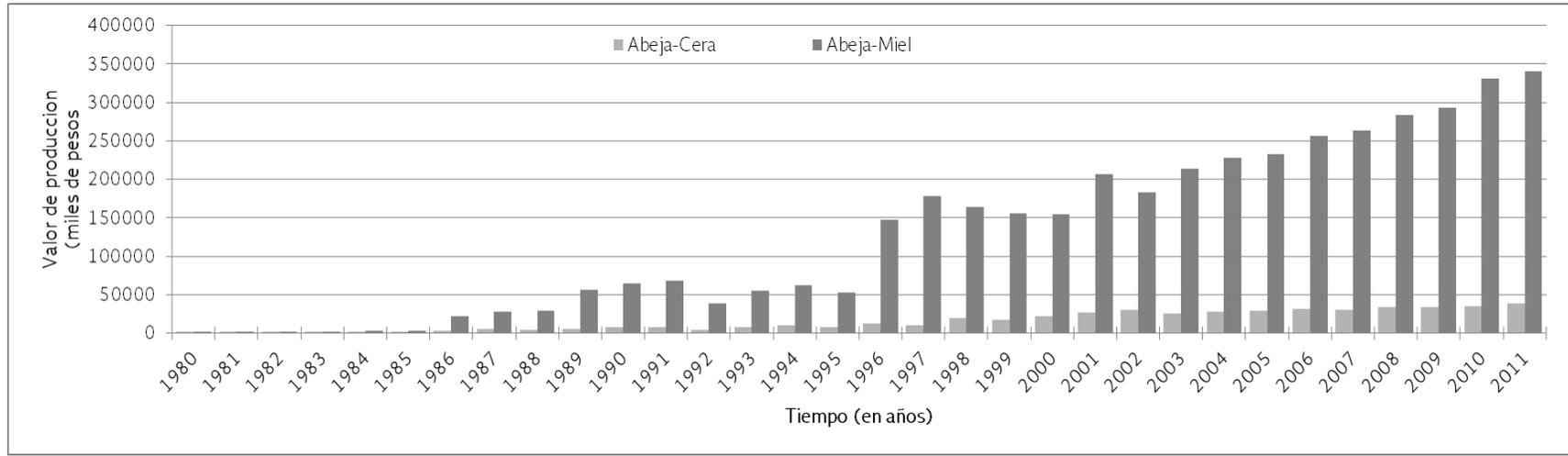


3.6 Análisis pecuario para la cuenca Lerma - Chapala

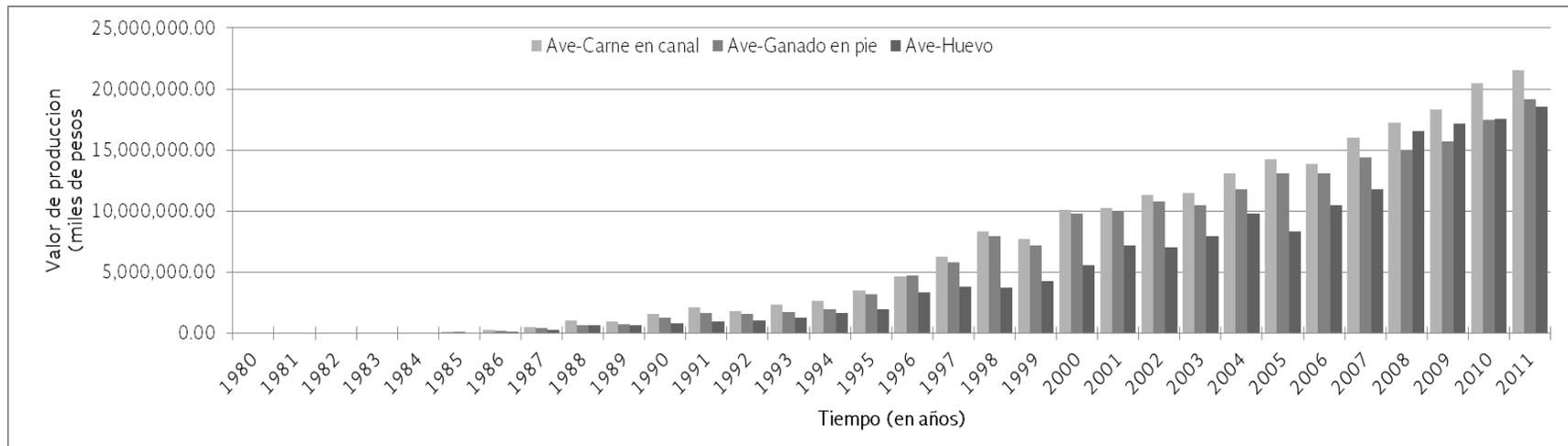
En las siguientes gráficas se muestra un análisis del valor de producción por especie y producto para el periodo 1980 a 2011, dicho análisis nos servirá para identificar los impactos en el sector pecuario. Los datos se obtuvieron del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) elaborado por la SAGARPA.

El análisis concentra información a nivel estatal de los cinco estados dentro de la cuenca Lerma-Chapala: Guanajuato, Jalisco, Querétaro, México y Michoacán, esto debido a que no se cuenta con información a nivel municipal, que para el caso de estudio sería lo más indicado.

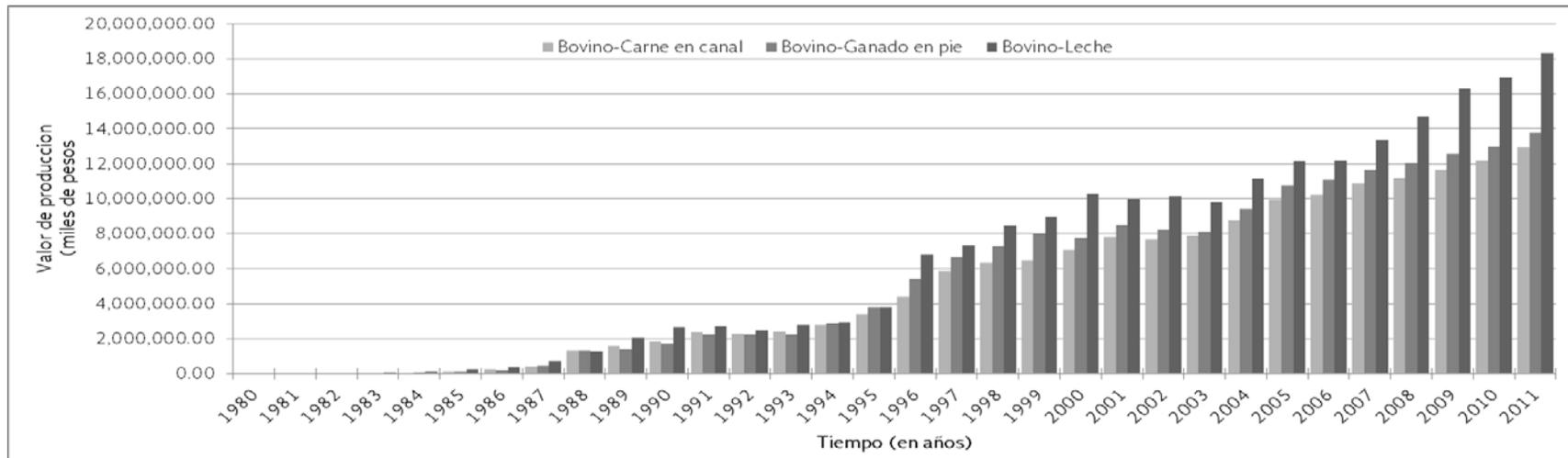
3.6.1 Producción de cera y miel de abeja



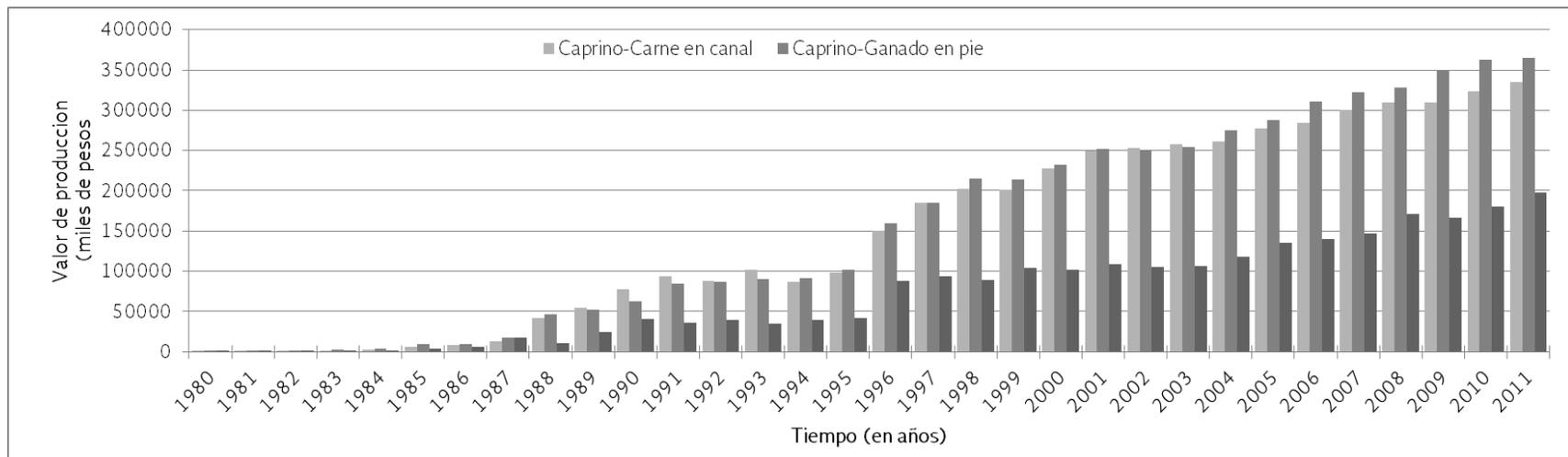
3.6.2 Producción carne en canal, ganado en pie y huevo de ave



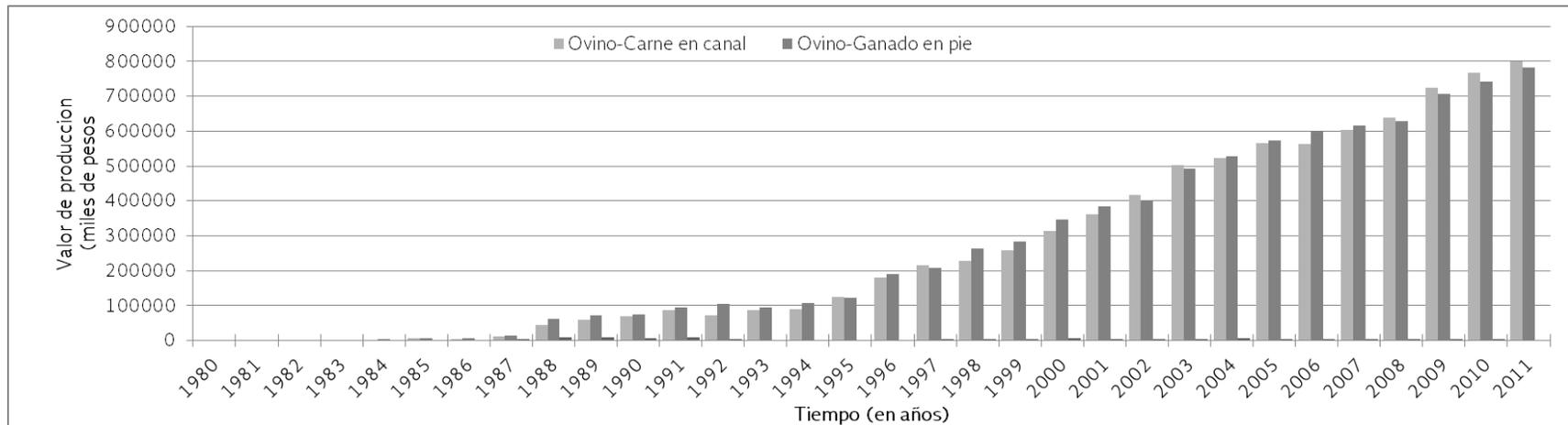
3.6.3 Producción carne en canal, ganado en pie y leche de bovino



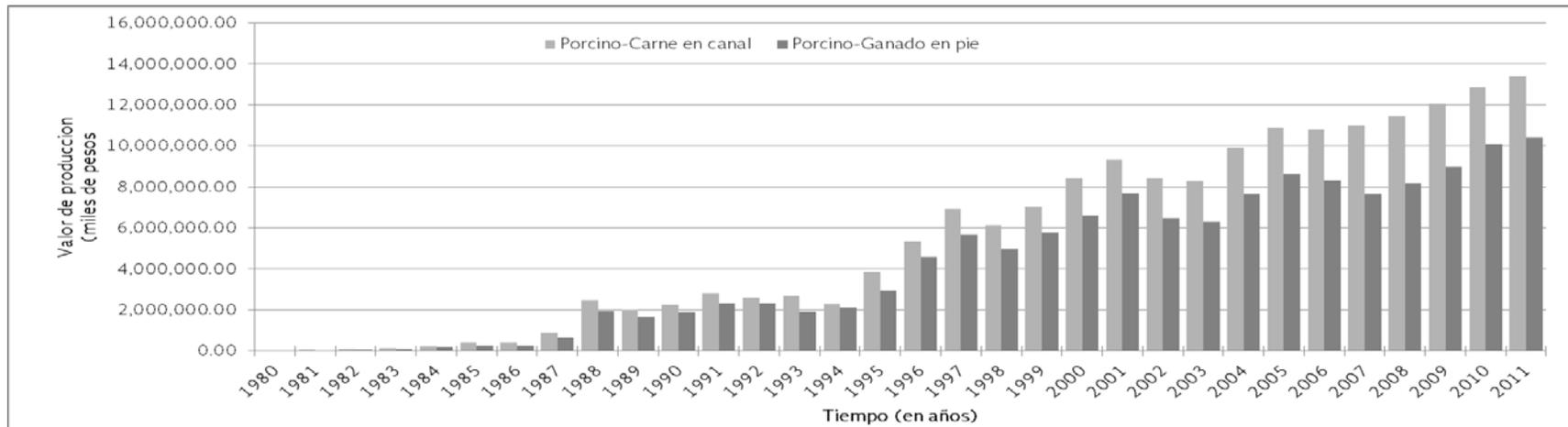
3.6.4 Producción carne en canal y ganado en pie de caprino



3.6.5 Producción carne en canal y ganado en pie de ovino



3.6.6 Producción carne en canal y ganado en pie de porcino

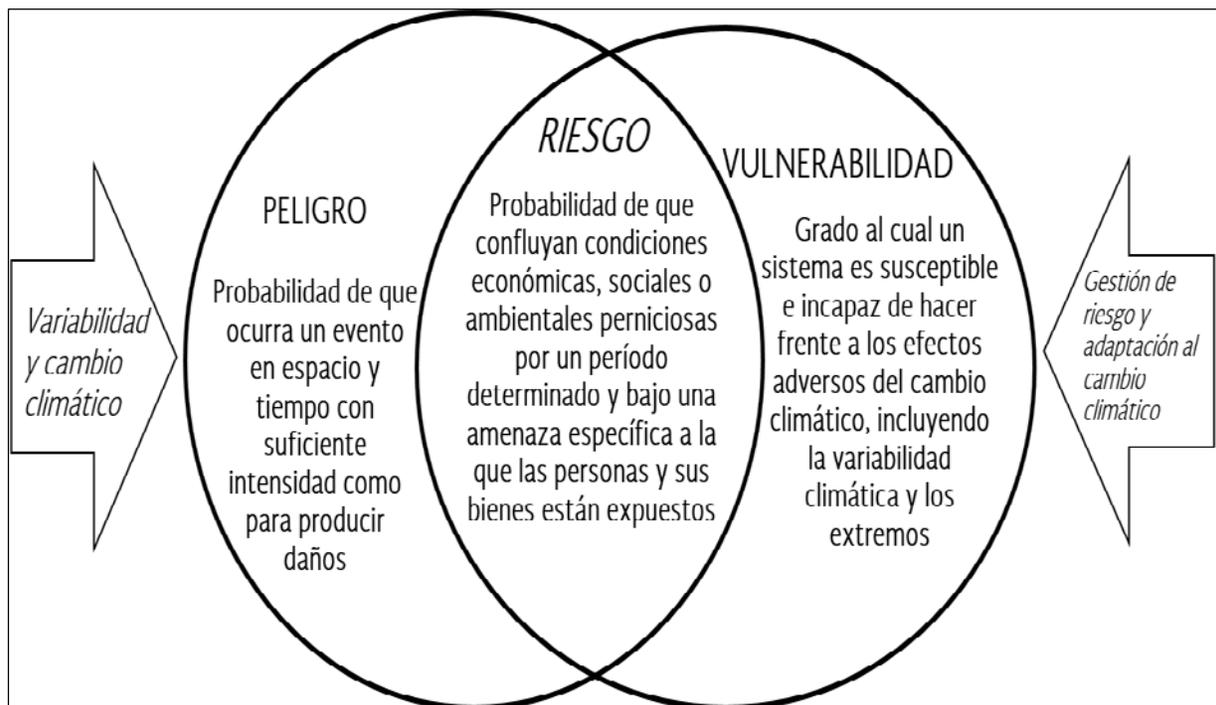


4. Evaluación de la vulnerabilidad a la sequía

La vulnerabilidad es la pérdida potencial de vidas y bienes a consecuencia de un fenómeno natural como la sequía, y está en función de la alteración de las condiciones sociales y económicas y de las percepciones, instituciones y políticas de la sociedad. La vulnerabilidad es la causa principal de desastres; es variable en el tiempo y circunstancias y se trata como un proceso dinámico. Por otra parte, el riesgo es la probabilidad de un evento dañino de cierta magnitud, en un lugar particular, y dentro de un periodo de tiempo determinado. Por lo tanto el riesgo calculado es estático mientras que la vulnerabilidad es cambiante.

Este concepto, en relación tanto a las aguas superficiales como subterráneas, incide significativamente en el riesgo para la población y las actividades productivas, y está en relación directa con el estrés hídrico; es lo que, en su caso, conduce a que algunas cuencas tengan el carácter de zonas de reserva, zonas de veda, etc.

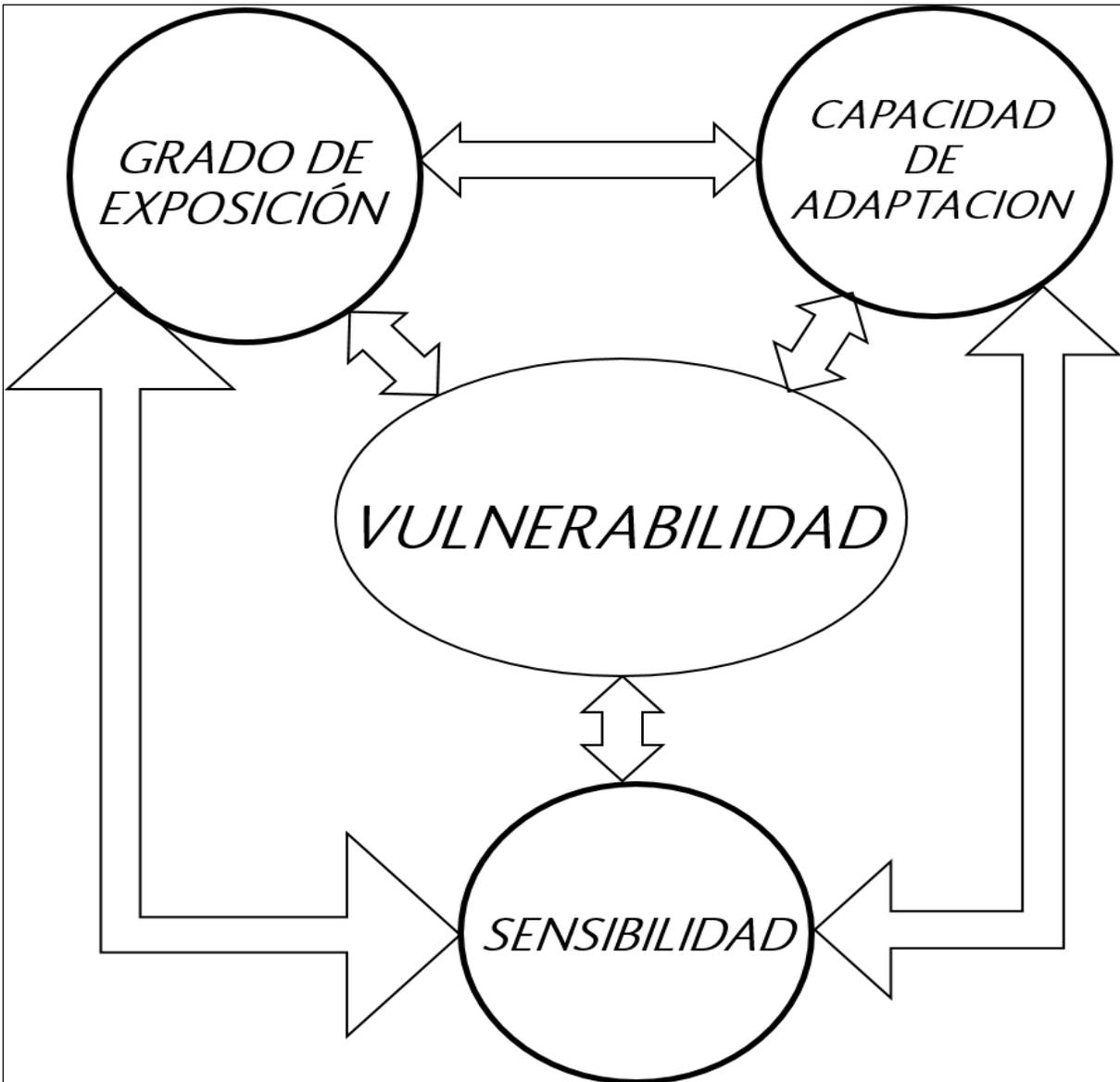
Figura 4.1. El riesgo ante las sequías.



Fuente: presentación IMTA.

En la figura 4.2 se muestra el concepto de “vulnerabilidad” en función de sus principales componentes (IPCC, 2007).

Figura 4.2. Concepto de vulnerabilidad.



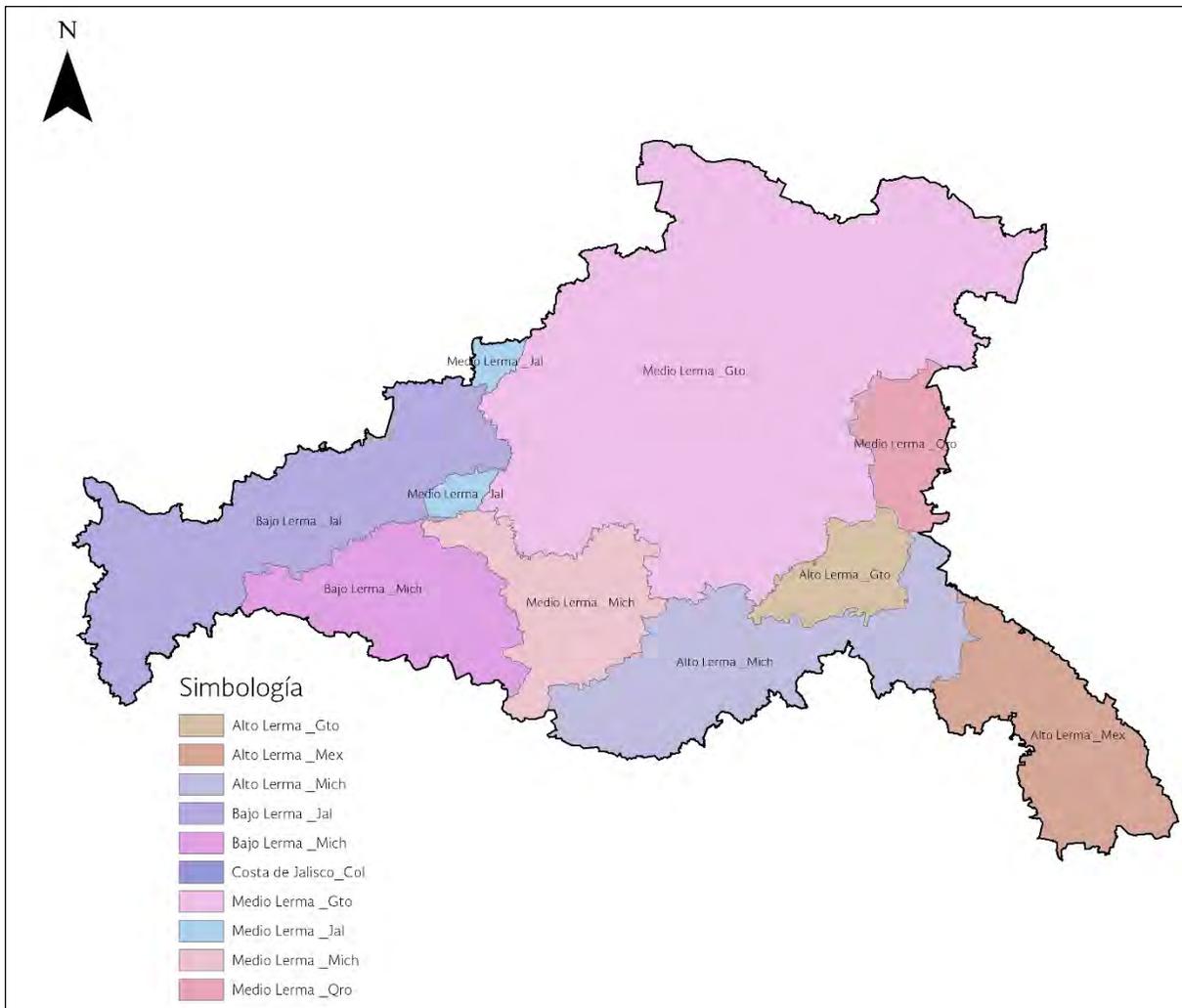
Fuente: análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México.

4.1. Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad

La CONAGUA definió el concepto de célula de planeación como el área geográfica formada por un conjunto de municipios que pertenecen a un solo estado, dentro de los límites de una subregión hidrológica, de tal manera que existen un total de 9 células en la cuenca Lerma (ver Figura 4.3). El presente

análisis tiene como objeto la identificación espacial y jerarquización de las células de planeación que tienen una mayor vulnerabilidad ante las sequías. El conocimiento de estas regiones permitirá identificar aquellas en que resulta prioritario realizar e implementar planes de contingencia ante las sequías, así como esfuerzos de adaptación que aumenten su grado de resiliencia.

Figura 4.3. Células de planeación.



Fuente: elaboración propia, con base en la cartografía del PHR.

En términos generales, la vulnerabilidad es el grado en el que un sistema es susceptible a efectos adversos. La vulnerabilidad está en función tres factores (IPCC, 2007):

- Grado de exposición
- Sensibilidad
- Capacidad de adaptación

A continuación se describe cada factor y la manera en que se interpretó para valorar la vulnerabilidad ante las sequías.

4.1.1. Grado de exposición (Factor 1)

Ante unas condiciones dadas de peligrosidad, sensibilidad y capacidad de adaptación, el grado de exposición es el factor que atañe directamente al nivel de protección o seguridad que tienen los sistemas usuarios del agua ante el embate del fenómeno.

Frecuentemente, este factor es intrínseco a los usuarios individuales, de su exposición al riesgo natural, y está en función de su grado de desarrollo tecnológico, de su visión y percepción al peligro y riesgo de afectación, y de las medidas con que cuenta para afrontar el riesgo, así como de las posibilidades de ayuda que puede obtener.

Partiendo del Análisis Técnico Prospectivo - ATP (CONAGUA, 2010), el grado de exposición se interpreta como la relación entre la brecha hídrica al 2030 y la oferta sustentable, es decir:

La justificación de relacionar la brecha hídrica con la oferta sustentable tiene por objeto cuantificar la dificultad que una célula de planeación tendría para satisfacer su demanda al 2030. Es decir, si dos células tienen la misma brecha, aquella con menor oferta sustentable tendría una mayor dificultad para satisfacer la demanda al 2030 y por lo tanto sería más vulnerable ante una sequía.

La siguiente expresión nos permite calcular el grado de exposición para el Factor 1a, relacionado con la brecha hídrica y los recursos renovables:

$$\text{Factor 1a} = \frac{\text{Demanda} - \text{Oferta sustentable}}{\text{Recursos renovables}} = \frac{\text{Brecha hídrica}}{\text{Recursos renovables}}$$

Por otra parte, se analizó la frecuencia histórica de las sequías (factor 1b) que reporta el Servicio Meteorológico Nacional a través de El Monitor de Sequía de América del Norte (North American Drought Monitor), el cual es un esfuerzo de cooperación entre expertos de Canadá, México y Estados Unidos, (CONAGUA, 2012).

A continuación se muestran los tipos de impacto de acuerdo a la clasificación de la intensidad de la sequía (Servicio Meteorológico Nacional, SMN – CONAGUA):

A – Agrícola

H – Hidrológica

S - Corto periodo (típicamente < 6 meses): impacto en agricultura y pastizales

L - Largo periodo (típicamente > 6 meses): impacto en la hidrología y ecología

AH: Efecto hidrológico en la agricultura (12 meses)

SL: Efecto combinado y persistente entre corto y largo plazo (3, 6 y 9 meses)

4.1.2. Sensibilidad (Factor 2)

Esta componente evalúa el grado de afectación ante las sequías, en otras palabras la magnitud del daño en caso de una sequía. Este factor se interpreta como la cantidad de habitantes en los centros de población, entre mayor sea el tamaño poblacional de una localidad, será más vulnerable ante la presencia de sequías. Para tal efecto se utilizó el número de habitantes por municipio que se proyecta al año 2030 de acuerdo a las tendencias de CONAPO.

Así mismo, partiendo de la hipótesis de que las regiones con mayor actividad comercial e industrial se ven seriamente afectadas ante las sequías, se consideró el Producto Interno Bruto nominal generado en las células de planeación para el año 2010 (INEGI, 2012).

Dado que las actividades agrícolas se encuentran estrechamente relacionadas con la disponibilidad de agua, el tercer factor considerado fue el impacto económico en las actividades agrícolas en las células de planeación (SGP-CONAGUA, 2012).

4.1.3. Capacidad de adaptación (Factor 3)

Esta componente se refiere a la resiliencia de la región ante condiciones de aridez, es decir al potencial de adaptarse al estrés impuesto por las sequías. Como con secuencia de una reducción severa de la precipitación o incluso condiciones nulas de lluvia, se presentarían bajos niveles de escurrimiento y por lo tanto, sería de esperarse que las presas presentaran bajos volúmenes de almacenamiento. Ante tal escenario, los acuíferos representarían la única fuente de suministro. En efecto, el agua subterránea constituye una importante fuente de suministro, tanto para los centros poblacionales, zonas de riego y parques industriales.

CONAGUA (2009) clasificó el grado de explotación en los acuíferos nacionales bajo dos grandes categorías: sub-explotados (donde la recarga natural por precipitación es mayor a la extracción) y sobre-explotados (donde sucede lo contrario). Centros de población y áreas de riego ubicadas sobre acuíferos sobre-explotados tienen una vulnerabilidad mayor que aquellas localizadas sobre acuíferos sub-explotados. Sin embargo, la metodología propuesta consideraría de manera particular el grado de sobre-explotación por célula de planeación (hm^3).

4.2. Índice global de sequías

Después de estimar los factores propuestos y dado que se presentan con diferentes unidades, se realizó una normalización estándar de los mismos. Es decir, asignando un valor de 0.0 al mínimo y de 1.0 al valor máximo (o bien, de 0% a 100%).

La ecuación general de normalización aplicable en todos los factores, es la siguiente:

$$Z_j^{normalizada} = \frac{Z_j - Z_{min}}{Z_{max} - Z_{min}}$$

Asumiendo factores de peso iguales a cada factor (1/6), se realizó una suma pesada de los factores analizados y finalmente, se realizó una normalización global de los valores resultantes. Dicho análisis permitió asignar un Índice Global de Sequía en cada una de las 9 células de planeación, las cuales se clasificaron en cinco niveles de vulnerabilidad (Tabla 4.1).

Tabla 4.1.- Niveles de vulnerabilidad.

Grado de vulnerabilidad	Rangos	
	Mínimo	Máximo
Muy Alta	0.590001	1.000000
Alta	0.290001	0.590000
Media	0.150001	0.290000
Baja	0.060001	0.150000
Muy Baja	0.000000	0.060000

Fuente: análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México.

En algunos casos, es probable que lo más subjetivo y complejo de asignar sea precisamente el factor de peso para cada factor.

La ponderación, que debe ser imparcial, está en función de la importancia relativa de cada factor evaluado: su contribución a la economía de la cuenca, la afectación social por población sin agua potable, las restricciones en el riego y el valor de la producción, los efectos de la sobre explotación del acuífero, el desempleo y migración, etc. Por tanto, se requiere objetividad y buen criterio.

4.3 Resultados

4.3.1 Grado de exposición en las células de planeación

4.3.1.1 Factor 1a: Relación brecha hídrica al 2030 / Oferta sustentable

(Notas: Subt.=Subterráneo, Sup.=Superficial)

Célula	Clave	Recurso renovable (hm ³)		Capacidad instalada (hm ³)		Calculo de brecha (hm ³)				Factor 1a	
		Subt.	Sup.	Subt.	Sup.	Oferta	Demanda	Brecha Negativa	Brecha Positiva	Brecha/ Recursos	Normalización
Alto Lerma Guanajuato	1101	193.00	193.65	171.20	41.83	213.03	238.87	-25.84	25.84	0.07	0.02
Medio Lerma Guanajuato	1102	2035.42	1858.17	2035.42	1564.69	3600.11	4869.99	-1269.87	1269.87	0.33	0.16
Medio Lerma Jalisco	1402	0.00	67.21	0.00	28.74	28.74	31.02	-2.28	2.28	0.03	0.00
Bajo Lerma Jalisco	1403	480.64	1598.39	364.06	302.20	666.25	745.95	-79.69	79.69	0.04	0.01
Alto Lerma México	1503	384.15	415.38	340.33	344.93	685.26	1039.95	-354.70	354.70	0.44	0.22
Alto Lerma Michoacán	1603	267.77	927.65	230.99	343.78	574.77	653.72	-78.95	78.95	0.07	0.02
Medio Lerma Michoacán	1604	271.50	638.84	142.50	367.79	510.29	544.85	-34.55	34.55	0.04	0.01
Bajo Lerma Michoacán	1605	338.52	1134.48	288.65	342.46	631.11	693.59	-62.47	62.47	0.04	0.01
Medio Lerma Querétaro	2201	125.59	81.59	120.78	91.97	212.74	611.12	-398.37	398.37	1.92	1.00
									Max =	1.92	
									Min =	0.03	

4.3.1.2 Factor 1b: Frecuencia de sequías

Tipos de impacto de acuerdo a la clasificación de la intensidad de la sequía (Servicio Meteorológico Nacional, SMN – CONAGUA)

A – Agrícola, H – Hidrológica, S - Corto periodo (típicamente < 6 meses): impacto en agricultura y pastizales, L - Largo periodo (típicamente > 6 meses): impacto en la hidrología y ecología, AH: Efecto hidrológico en la agricultura y SL: Efecto combinado y persistente entre corto y largo plazo.

Célula	Clave	Frecuencia de sequías por tipo (SMN: 2010 Y 2011)						Total	Normalización
		AH	H	L	A	S	SL		
Alto Lerma Guanajuato	1101							0	0.00
Medio Lerma Guanajuato	1102		2					2	1.00
Medio Lerma Jalisco	1402							0	0.00
Bajo Lerma Jalisco	1403							0	0.00
Alto Lerma México	1503							0	0.00
Alto Lerma Michoacán	1603							0	0.00
Medio Lerma Michoacán	1604							0	0.00
Bajo Lerma Michoacán	1605							0	0.00
Medio Lerma Querétaro	2201							0	0.00
							Max =	2	
							Min =	0	

4.3.2 Sensibilidad en las células de planeación

4.3.2.1 Factores 2a y 2b: Población 2030 y PIB

Célula	Clave	Factor 2a: Población		Factor 2b: PIB	
		Población 2030 (habitantes)	Normalización	PIB Nominal (Miles \$)	Normalización
Alto Lerma Guanajuato	1101	265,650	0.03	15,763,099	0.03
Medio Lerma Guanajuato	1102	6,528,642	1.00	453,441,856	1.00
Medio Lerma Jalisco	1402	41,419	0.00	2,964,829	0.00
Bajo Lerma Jalisco	1403	1,002,884	0.15	86,662,370	0.19
Alto Lerma México	1503	3,771,555	0.57	214,440,938	0.47
Alto Lerma Michoacán	1603	1,647,626	0.25	96,351,179	0.21
Medio Lerma Michoacán	1604	555,379	0.08	30,993,085	0.06
Bajo Lerma Michoacán	1605	837,532	0.12	47,394,886	0.10
Medio Lerma Querétaro	2201	1,520,052	0.23	126,230,071	0.27
	Max =	6,528,642	Max =	453,441,856	
	Min =	41,419	Min =	2,964,829	

4.3.2.2 Factor 2c: Impacto económico en la agricultura

Célula	Clave	Impacto en la agricultura (2c)	
		\$	Normalización
Alto Lerma Guanajuato	1101	79,820,751	0.05
Medio Lerma Guanajuato	1102	1,729,922,621	1.00
Medio Lerma Jalisco	1402	7,260,797	0.00
Bajo Lerma Jalisco	1403	335,144,686	0.19
Alto Lerma México	1503	293,672,868	0.17
Alto Lerma Michoacán	1603	484,603,764	0.28
Medio Lerma Michoacán	1604	264,839,199	0.15
Bajo Lerma Michoacán	1605	397,661,560	0.23
Medio Lerma Querétaro	2201	0	0.00
	Max =	1,729,922,621	
	Min =	0	

4.3.3 Capacidad de adaptación en las células de planeación

4.3.3.1 Factor 3a: Sobre-explotación en acuíferos

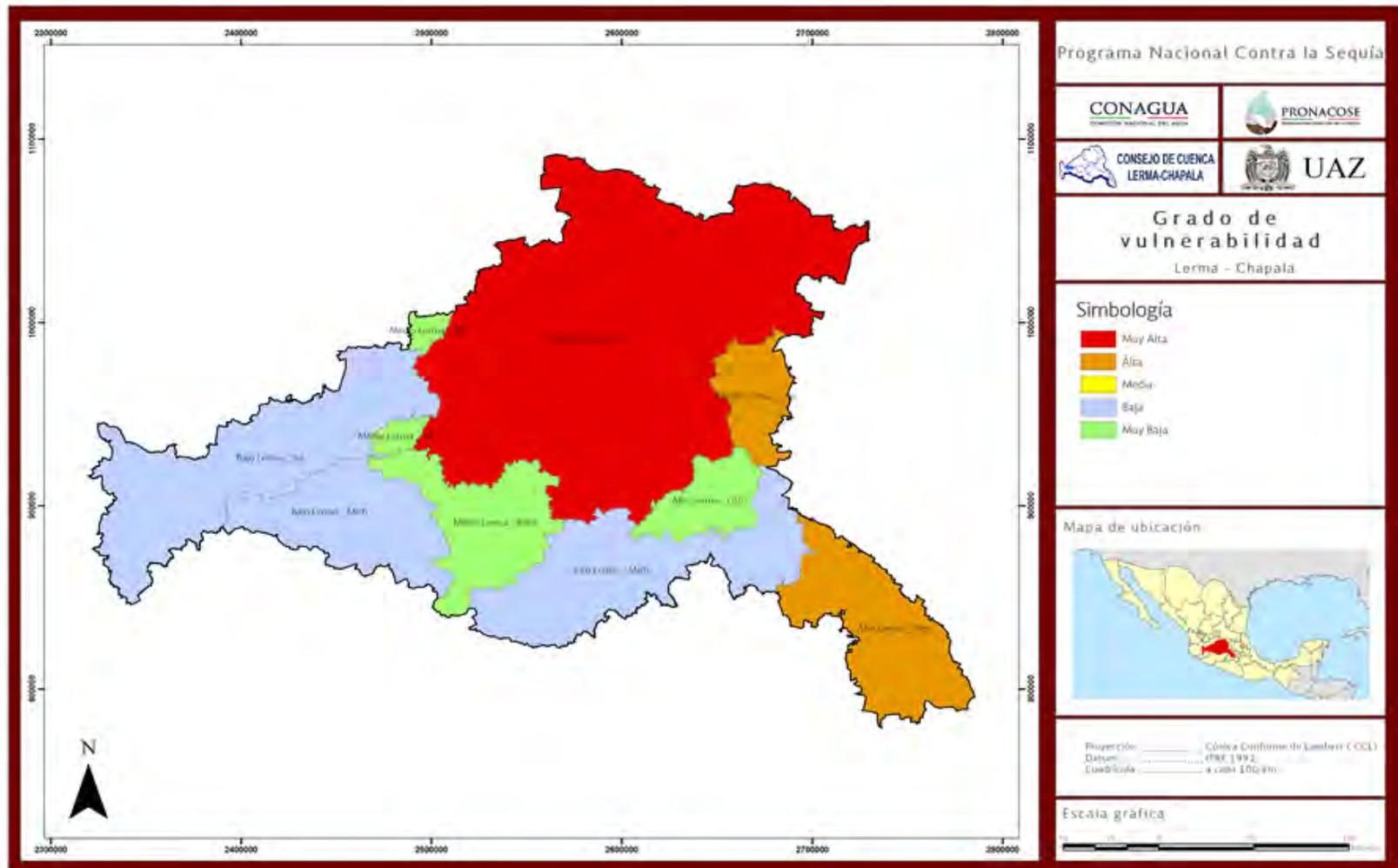
Célula	Clave	Factor 3a: Sobre-explotación en Acuíferos	
		Volumen (hm ³)	Normalización
Alto Lerma Guanajuato	1101	29.8	0.03
Medio Lerma Guanajuato	1102	1,015.4	1.00
Medio Lerma Jalisco	1402	0.0	0.00
Bajo Lerma Jalisco	1403	51.4	0.05
Alto Lerma México	1503	154.0	0.15
Alto Lerma Michoacán	1603	6.2	0.01
Medio Lerma Michoacán	1604	1.7	0.00
Bajo Lerma Michoacán	1605	26.5	0.03
Medio Lerma Querétaro	2201	94.5	0.09
	Max =	1,015.4	
	Min =	0.0	

4.3.4 Cálculo global del grado de vulnerabilidad en las células de planeación

Célula	Clave	Exposición		Sensibilidad			Adaptación	Suma Pesada	Factor global normalizado	Grado de vulnerabilidad
		1a	1b	2a	2b	2c	3a			
Alto Lerma Guanajuato	1101	0.02	0.00	0.03	0.03	0.05	0.03	0.0266	0.0302	Muy Baja
Medio Lerma Guanajuato	1102	0.16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.8598	1.0000	Muy Alta
Medio Lerma Jalisco	1402	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0007	0.0000	Muy Baja
Bajo Lerma Jalisco	1403	0.01	0.00	0.15	0.19	0.19	0.05	0.0973	0.1124	Baja
Alto Lerma México	1503	0.22	0.00	0.57	0.47	0.17	0.15	0.2638	0.3063	Alta
Alto Lerma Michoacán	1603	0.02	0.00	0.25	0.21	0.28	0.01	0.1271	0.1471	Baja
Medio Lerma Michoacán	1604	0.01	0.00	0.08	0.06	0.15	0.00	0.0503	0.0577	Muy Baja
Bajo Lerma Michoacán	1605	0.01	0.00	0.12	0.10	0.23	0.03	0.0804	0.0928	Baja
Medio Lerma Querétaro	2201	1.00	0.00	0.23	0.27	0.00	0.09	0.2658	0.3085	Alta
							Max =	0.8598		
							Min =	0.0007		

En la Figura 4.4 se muestra el resultado del grado de vulnerabilidad para cada célula de planeación de la cuenca Lerma.

Figura 4.4. Grado de vulnerabilidad por células de planeación.



4.4 Metodología propuesta por el IMTA, basada en IPCC (2007)

El objetivo de la metodología es conocer la vulnerabilidad de la sequía a nivel nacional, utilizando como unidad mínima a la cuenca, que permita identificar espacialmente aquellas áreas del territorio nacional que son más susceptibles a estar en peligro ante la amenaza de las sequías; esto con tal de darle prioridad en el desarrollo de estrategias como medidas preventivas y de mitigación, resumidas éstas en: estratégicas, tácticas y de emergencia. Esta metodología se basa en los principios del IPCC.

La metodología del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007), define a la vulnerabilidad como una intersección de tres factores: Grado de Exposición (Ge), Sensibilidad (Se) y Capacidad de adaptación (Ca).

Es decir:

Vulnerabilidad = f (Exposición, Sensibilidad, Capacidad Adaptación) del sistema.

Donde, para el caso de la sequía:

- El Grado de Exposición (Ge), es la magnitud en que los factores climáticos afectan al sistema, y es básicamente una función de la geografía (por ej. Las zonas semiáridas están más expuestas a la sequía).
- La Sensibilidad (Se), representará el grado en que se ve afectada una cuenca, comunidad o ecosistema por estrés climático (por ej. Una localidad que dependa de la agricultura de temporal está más sensible a la variación de los patrones de precipitación que aquella donde el comercio o minería es el principal medio de subsistencia).
- La Capacidad de Adaptación (Ca), se refiere a la resiliencia de la región ante condiciones de sequía, es decir, al potencial de adaptarse al estrés impuesto por las sequías.

De la definición de los tres factores, se pueden establecer dos enfoques de cálculo de la vulnerabilidad, ya sea como una suma del Ge y Se y restarle la Ca; o bien, manejarlo como un cociente, donde el producto de la Ge y Se sean los numeradores y como denominador la Ca. En ambos casos, al existir mayor exposición y sensibilidad y una menor capacidad de adaptación se esperaría mayor vulnerabilidad a la amenaza del peligro; caso contrario, una mayor capacidad de adaptación en comparación a los otros dos componentes, resultará una mejor capacidad de adaptarse al estrés hídrico o mayor potencial de adaptación.

Método aditivo	Método multiplicativo
Vulnerabilidad = Ge + Se - Ca	

	$\text{Vulnerabilidad} = \frac{(Ge * Se)}{Ca}$
--	--

En este caso solo se exploró el método aditivo. Partiendo de que no hay una fórmula o metodología universalmente aceptada para cuantificar la vulnerabilidad de la estructura socio-económica-ambiental de una región a los eventos de sequía o déficit hídrico, existe un espacio para definir o elegir la que más convenga en cada caso.

Como antecedente de metodologías aplicadas para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía, se cuenta con los siguientes dos trabajos.

- a. La desarrollada por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) y que ha sido aplicada en México por la CONAGUA (2012). Esta metodología tiene como propósito la identificación espacial y jerarquización de las áreas geográficas (definiendo a las “células de planeación” como unidad básica de estudio) que tienen una mayor vulnerabilidad ante la sequía, tomando en cuenta aspectos económicos y sociales; permitiendo con esto identificar aquellas áreas en que resulta prioritario realizar e implementar medidas preventivas y de mitigación, así como esfuerzos de adaptación que aumenten su grado de resiliencia.
- b. La propuesta por la propia CONAGUA (2012), y que tiene como finalidad observar los cambios de vulnerabilidad del sector hídrico a través del tiempo, con base en la construcción de indicadores sobre el uso y la gestión del agua, principalmente, cuyo comportamiento varía con el paso de los años y pueden cambiar con decisiones o políticas que reflejan en alguna medida aspectos de la vulnerabilidad ante la sequía (Castorena, 1980; CENAPRED, 2007).

La importancia de contar con un estudio de vulnerabilidad como elemento fundamental para estimar los potenciales impactos de la sequía, permite evitar generalidades y caer en ambigüedades del tiempo. Existe en la literatura y trabajos técnicos especializados de estudios de vulnerabilidad, que en su mayoría tratan teóricamente el tema y hacen solo una aproximación a la estimación de la misma, y donde los pesos de los indicadores de la vulnerabilidad se estiman según la experiencia de quien las califica, siendo siempre de forma subjetiva ante la carencia de criterios establecidos para su cuantificación.

Por lo anterior, esta metodología que se propone para calcular la vulnerabilidad ante la sequía, tiene la cualidad de ser muy comprensible, clara y sin mucho artificio en el manejo y procesamiento de la información, y los pesos de los factores o indicadores se calculan bajo la teoría Analítica de Red cuyo sustento matemático es la teoría de matrices, que permite disminuir esa parte subjetiva que representa el darle una calificación mayor a un indicador que a otro.

En esta versión de actualización de los PMPMS, en el capítulo de Vulnerabilidad ante la Sequía se propone una metodología basada en el IPCC (2007), donde las variantes que presenta respecto a las presentadas anteriormente, tanto en los trabajos de CONAGUA o del propio IMTA en los PMPMS 2013 son:

- a. Considerar para el cálculo de la vulnerabilidad un mayor número de factores, 11 factores divididos en las tres componentes: grado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.
- b. Cálculo de vulnerabilidad económica, social, ambiental y global.
- c. Determinar el peso de los factores usando un cálculo matemático a través de la teoría de matrices (software Superdecisions).
- d. Considerar como unidad básica de estudio a la cuenca.

Para el análisis y cálculo de la vulnerabilidad ante la sequía se contempla:

- Vulnerabilidad económica
- Vulnerabilidad social
- Vulnerabilidad ambiental
- Vulnerabilidad global

La metodología propuesta por el IMTA está basada en nueve pasos, a continuación se desglosan cada uno de ellos:

Paso 1. Definición y delimitación del área de estudio

El primer paso contempla la definición y delimitación del área de estudio, la cual estará representada por cada consejo de cuenca, dividido ya sea en células de planeación o cuencas hidrológicas.

Paso 2. Definir factores

En un primer ejercicio se identificaron 19 factores para evaluar la vulnerabilidad de la sequía.

1. (f-1a). Grado de presión sobre el recurso hídrico (oferta/demanda)
2. (f-1b). Grado de explotación en los acuíferos
3. (f-2a). Densidad de población al año 2010
4. (f-2b). PIB per cápita al año 2010
5. (f-2c). Valor de la producción del sector agrícola (riego y temporal)
6. (f-3a). Índice de Desarrollo Humano (IDH)
7. (f-3b). Disponibilidad natural per cápita de aguas superficiales
8. (f-3c). Disponibilidad natural per cápita de aguas subterráneas
9. (f-3d). Volumen de agua residual tratada (%)
10. (f-4a). Población económicamente activa (PEA) desocupada (%)
11. (f-4b). Población en condiciones de pobreza moderada y extrema (%)
12. (f-4c). Índice de Marginación Social
13. (f-5a). Degradación del suelo (% de área)
14. (f-5b). Erosión (% de área)
15. (f-5c). Deforestación (% de área forestal)
16. (f-6a). Cobertura vegetal natural (% de área)
17. (f-6b). Áreas naturales protegidas ((% de área)
18. (f-6c). Sitios RAMSAR (% de área)
19. (f-6d). Índice de calidad del agua

Una vez identificados los 19 factores se agruparon en Grado de Exposición (Ge), Sensibilidad (Se) y capacidad de adaptación (Ca).

Tabla 4.2.- Factores agrupados.

Nombre	Grado de exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación
Vulnerabilidad económica	f-1a	f-2a	f-3a
	f-1b	f-2b	f-3b
		f-2c	f-3c
			f-3d
Vulnerabilidad social	f-1a	f-4a	f-3a
	f-1b	f-4b	f-3b
		f-4c	f-3c
			f-3d

Vulnerabilidad ambiental	f-1a	f-5a	f-6a
	f-1b	f-5b	f-6b
		f-5c	f-6c
			f-6d
Vulnerabilidad Global	f-1a	f-2a	f-3a
	f-1b	f-2b	f-3b
		f-2c	f-3c
		f-4a	f-3d
		f-4b	f-6a
		f-4c	f-6b
		f-5a	f-6c
		f-5b	f-6d
	f-5c		

Fuente: IMTA.

Analizando y depurando la información, solo pudieron escogerse 11 factores, principalmente por ser los más representativos y contar con la información en las distintas fuentes revisadas (PHR, CONAGUA, CONAPO, SAGARPA, etc.).

Tabla 4.3.- Factores depurados.

Nombre	Grado de exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación
Vulnerabilidad económica	f-1a	f-2a	f-3a
		f-2b	
	f-1b	f-4a	f-3b
Vulnerabilidad social	f-1a	f-6c	f-3a
	f-1b		f-3b
Vulnerabilidad ambiental	f-1a	f-5a	f-6a
	f-1b		f-6b
Vulnerabilidad Global	f-1a	f-2a	f-3a
	f-1b	f-2b	f-3b
		f-4a	f-6a
		f-5a	f-6b

f-6c

Fuente: IMTA.

A continuación se presenta una definición de los diferentes tipos de vulnerabilidad ante la sequía y de los factores que la constituyen.

Vulnerabilidad Económica: se formula a partir de la relación indirecta entre los niveles de ingreso y el impacto de fenómenos físicos extremos, caso de la sequía, provocando el aumento en el riesgo de padecer el desastre debido a la falta de financiamiento a la producción, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral y dificultad a los accesos de los servicios formales de salud, educación y recreación, entre otros.

Vulnerabilidad Social: surge este tipo de vulnerabilidad y se fortalece ante la existencia de una deficiente organización y unión interna de la sociedad bajo riesgo, con el aumento del empobrecimiento, el desempleo y/o subempleo; limitando la capacidad de prevenir, mitigar y dar respuesta oportuna ante una situación del desastre por déficit hídrico.

Vulnerabilidad Ambiental: está relacionada con la susceptibilidad intrínseca del medio o los recursos naturales a sufrir daños por la falta de agua; esto es debido a que los seres humanos necesitan de ciertas condiciones ambientales para desarrollarse y donde en caso de tener en la naturaleza un dominio por la vía de la destrucción de las reservas del ambiente, los ecosistemas resultan altamente vulnerables.

Paso 3. Recopilar información

Antes de comenzar a recopilar la información de los factores mencionados, es importante tener presente los siguientes elementos:

- a. Unidad básica espacial de estudio.
- b. Nivel en el que organizaremos los datos.

Para el caso que nos compete, se escogió como unidad básica de estudio a la cuenca. Teniendo la tarea de agrupar previamente la información de nivel municipio a Cuencas o en el caso de Células a Cuencas; dependiendo como se encuentren los datos.

En todo el territorio nacional existen un total de 168 Células de planeación, de las cuales 22 células pertenecen a la Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico, el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala contiene 9 células de planeacion.

En la Tabla 4.4 se mencionan y describen los principales factores que intervienen en el cálculo de los distintos tipos de vulnerabilidad, los cuales están relacionados con la gestión, el uso y manejo del agua y que se considera reflejan en mayor medida las causas de la vulnerabilidad del sector hídrico.

Tabla 4.4.- Definición de los factores para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía.

Factor	Definición	Fórmula
Factor 1a (f-1a). Grado de presión sobre el recurso hídrico (oferta/demanda)	Se refiere al cociente entre la brecha hídrica al 2030 y oferta sustentable.	$\frac{\text{Demanda al 2030} - \text{Oferta sustentable}}{\text{Oferta sustentable}}$
Factor 1b (f-1b). Grado de explotación en los acuíferos	El agua subterránea se vuelve la principal fuente de suministro de agua ante un déficit hídrico.	Volúmenes expresados en hm ³
Factor 2a (f-2a). Densidad de población al año 2010	Es la relación entre el número de habitantes y el área de la cuenca	$\text{Densidad} = \frac{\text{No.Habitantes}}{\text{Área de la cuenca}}$
Factor 2b (f-2b). Valor de la producción del sector agrícola (riego y temporal)	La estadística del valor obtenido de la producción cosechada es un indicador del grado de sensibilidad de la cuenca	Valor expresado en miles de pesos
Factor 3a (f-3a). Disponibilidad natural per cápita de aguas superficiales	Resulta de dividir la disponibilidad natural media total del agua superficial de la cuenca entre el número de habitantes.	Volúmenes expresados en hm ³
Factor 3b (f-3b). Disponibilidad natural per cápita de aguas subterráneas	Resulta de dividir la disponibilidad natural media total del agua subterránea de la cuenca entre el número de habitantes.	Volúmenes expresados en hm ³

Factor 4a (f-4a). Población económicamente activa (PEA) desocupada (%)	Se refiere a la relación entre la población económicamente activa desocupada y la población económicamente activa total.	$PEA_{desocupada} = \frac{PEA_{desocupada}}{PEA_{total}}, (\%)$
Factor 5a (f-5a). Deforestación (% de área forestal)	Representa las áreas deforestadas, la cual conlleva a una drástica disminución en el suministro de agua, aparte de romper el equilibrio climático.	$Deforestación = \frac{Área_{deforestada}}{ÁREA_{total}}, (\%)$
Factor 6a (f-6a). Cobertura vegetal natural (% de área)	La forma e intensidad en que se modifican la cubierta vegetal determina la persistencia de los ecosistemas y por lo tanto de los recursos que estos proporcionan.	$Cober_{veg\ nat} = \frac{Área_{cober\ veg\ nat}}{ÁREA_{total}}, (\%)$
Factor 6b (f-6a). Sitios RAMSAR (% de área)	Representa a las áreas legalmente protegidas para salvaguardar sus valores naturales como son las reservas de la biosfera, parques naturales, santuarios, monumentos naturales, etc.	$Áreas\ natur\ proteg = \frac{Área\ nat\ prot}{ÁREA_{total}}, (\%)$
Factor 6c (f-6c). Índice de marginación %.	El índice de marginación es una medida resumen de nueve indicadores socioeconómicos que permiten medir formas de la exclusión social y que son variables de rezago o déficit; siendo los tres más importantes: el porcentaje de población sin primaria completa y el porcentaje de población en viviendas con piso de tierra.	es una combinación lineal de los indicadores estandarizados

Las principales fuentes donde se pueden extraer los datos de los factores o indicadores son: los PHR, CONAGUA, CONAPO, SAGARPA, INEGI, etc.

Tabla 4.5.- Fuentes de información.

Etiqueta	Fuente
f-1a	Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf
f-1b	Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf
f-2a	http://www.inegi.org.mx/
f-2b	http://www.sagarpa.gob.mx/
f-3a	Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf
f-3b	Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf
f-4a	http://www.conapo.gob.mx/
f-5a	IMTA. Elaborado a partir de: Semarnat. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, 2004. México, 2010. http://infoteca.Semarnat.gob.mx/website/geointegrador/mviewer/viewer.htm?P1=infoteca.Semarnat.gob.mx&P2=d
f-6a	IMTA. Elaborado a partir de: INEGI serie IV. Uso de suelo y vegetación, 2010. México, 2010.
f-6b	IMTA. Elaborado a partir de: Conanp. Sitos Ramsar, 2009. México, 2010.
f-6c	http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Margi_nacían_2010_por_entidad_federativa_y_municipio

Fuente: IMTA

Es importante contar con un cuadro base que contenga la lista de Cuencas a manejar en el Consejo de Cuenca y sus respectivos municipios o células de planeación, con tal de homogeneizar la secuencia de valores, y que todos los factores se enlisten en un mismo arreglo.

La forma típica de encontrar la información en las diferentes fuentes consultadas es a través de tablas, de las cuales se extraerán los datos necesarios para luego procesarlos.

Paso 4. Análisis y procesamiento de la información

En este análisis de la vulnerabilidad se utiliza el concepto de cuenca, como unidad básica espacial de estudio, el cual se define, según la Ley de Aguas Nacionales, como:

“Unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte-aguas en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior”.

Es importante aclarar, también que, el “Consejo de cuenca” no es un área física, la misma Ley de Aguas Nacionales la define como:

“Órganos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre “la comisión”, incluyendo el organismo de cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica”.

Dado a estas dos aclaraciones; en el caso del Consejo de Cuenca del Río Bravo, se tiene un dominio de 65 cuencas; en el caso del Consejo de Cuenca del Río Balsas, se tiene un conjunto total de 18 cuencas, y a nivel nacional se trabajó con 722 cuencas; donde cada una de ellas internamente puede estar conformada por subcuencas o microcuencas.

Por lo tanto, en este paso se analizara y procesara la información para cada uno de los diez factores seleccionados.

Lo primero es rellenar los datos faltantes de los factores de cada cuenca empleando algún criterio: el promedio, máximo valor o percentil, dependiendo de cómo se presente la información.

- a) Si los valores de las células son muy dispersos o se carece de ellos (datos faltantes), tomar el valor máximo, que representará al conjunto.
- b) Si los valores de las células son muy homogéneos, entonces usar el promedio aritmético.

Debido a que la información que se está manejando es por células, es necesario integrar los valores por su Cuenca correspondiente. Tal resultado se puede lograr haciendo una tabla dinámica con una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Empleando como criterio, del conjunto de células para una cuenca, el valor máximo.

Lo segundo es modular los datos por factores entre los valores del 0 y 1, para esto se emplea la siguiente expresión:

$$= \frac{(\text{factor}_i) - \text{Min}_{\text{matriz}}}{\text{Máx}_{\text{matriz}} - \text{Min}_{\text{matriz}}}$$

En tercer lugar se concentra la información por tipo de vulnerabilidad de todas las cuencas que conforman el Consejo de Cuenca (CC).

Tabla 4.6.- Factores concentrados.

Nombre	Grado de exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación
Vulnerabilidad económica	f-1a	f-2a	f-3a
		f-2b	
	f-1b	f-4a	f-3b
Vulnerabilidad social	f-1a	f-6c	f-3a
	f-1b		f-3b
Vulnerabilidad ambiental	f-1a	f-5a	f-6a
	f-1b		f-6b
Vulnerabilidad Global	f-1a	f-2a	f-3a
	f-1b	f-2b	f-3b
		f-4a	f-6a
		f-5a	f-6b
		f-6c	

Fuente: IMTA.

Paso 5. Determinación de pesos de los factores

Una vez obtenidos cada uno de los diez factores con la mecánica de la modulación, lo siguiente es afectar cada uno de los factores por sus pesos, en este caso los pesos se determinan con el software *Superdecision*®.

El software *Superdecision*® es un programa comercial que se utiliza para resolver problemas de Decisión de Multicriterios. Incluye la solución de problemas de Procesos de Análisis Jerárquico (AHP) y los del tipo Proceso Analítico de Red (ANP).

Principales pasos para la construcción del Modelo a través del Software *Superdecision*®

- a) Definir los Clúster y los nodos de vulnerabilidad económica, social y ambiental (los nodos son los factores)
- b) Definir la subred para cada Vulnerabilidad, establecer los criterios y las alternativas
- c) Establecer la relación e interrelación entre nodos y entre clúster
- d) Evaluar las matrices de los nodos y de los clúster

e) Obtener como salida los pesos de cada factor

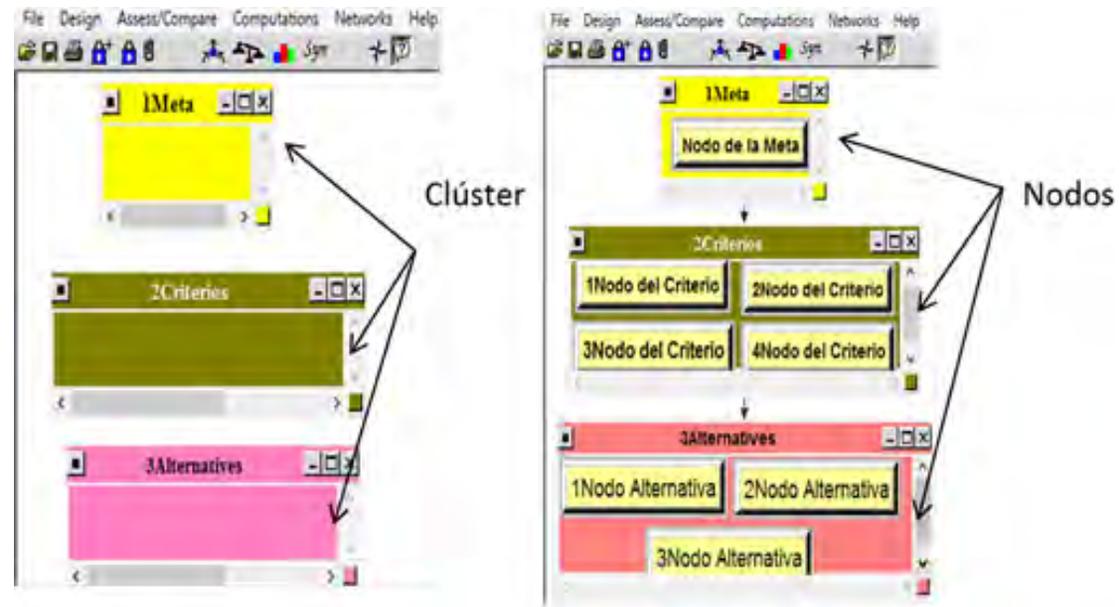
Clúster: se refiere a la caja principal donde se colocarán los componentes o las prioridades (metas, criterios o méritos y alternativas).

Nodo: se refiere a cada uno de los componentes o prioridades que estarán dentro del clúster.

Enlaces: Flechas que permiten evaluar los nodos de cada clúster.

Subred: es un conjunto de clúster y nodos dentro de un nodo.

Figura 4.5. Nodos y clúster.



Fuente: IMTA.

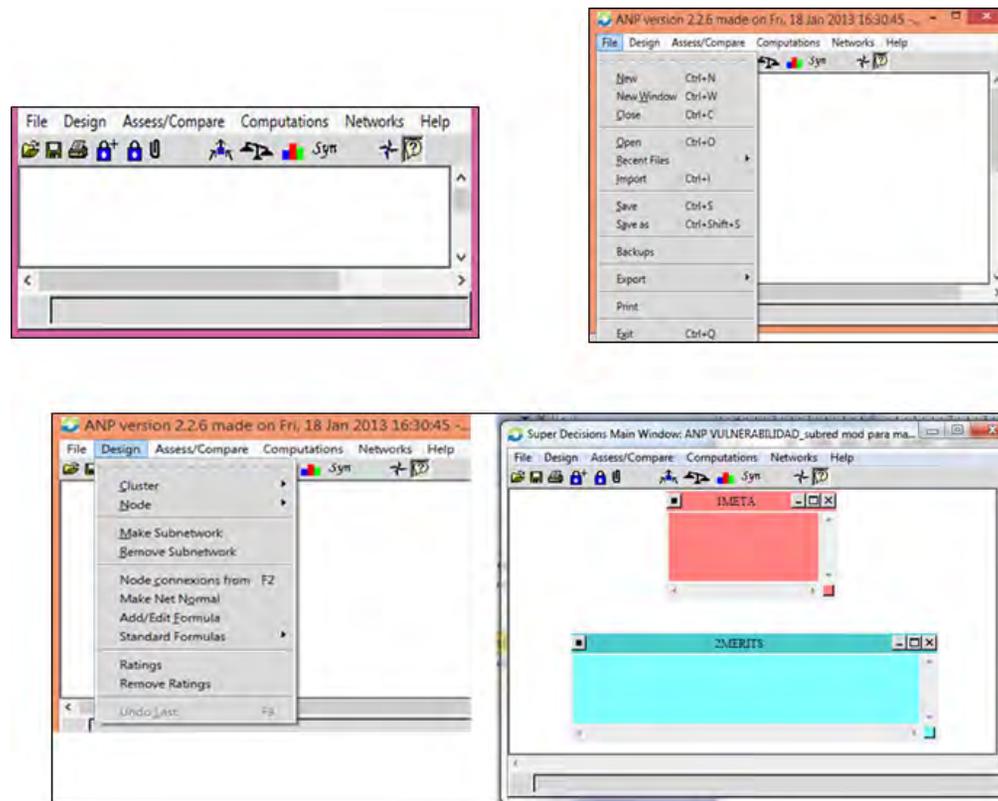
Se deberán definir con claridad la meta los méritos y las subredes:

Para el caso en estudio la Meta es la vulnerabilidad; los Méritos son las vulnerabilidades económica, social, ambiental y global; las Subredes estarán integradas por los factores y alternativas; por ultimo las alternativas están integradas por el Grado de exposición, sensibilidad y Capacidad de Adaptación.

1.- Clúster

Como se mencionó anteriormente dentro de los primeros pasos se encuentra la construcción de los Clúster, los cuales vienen representados por una caja principal donde se colocarán los componentes o las prioridades.

Figura 4.6. Clúster.

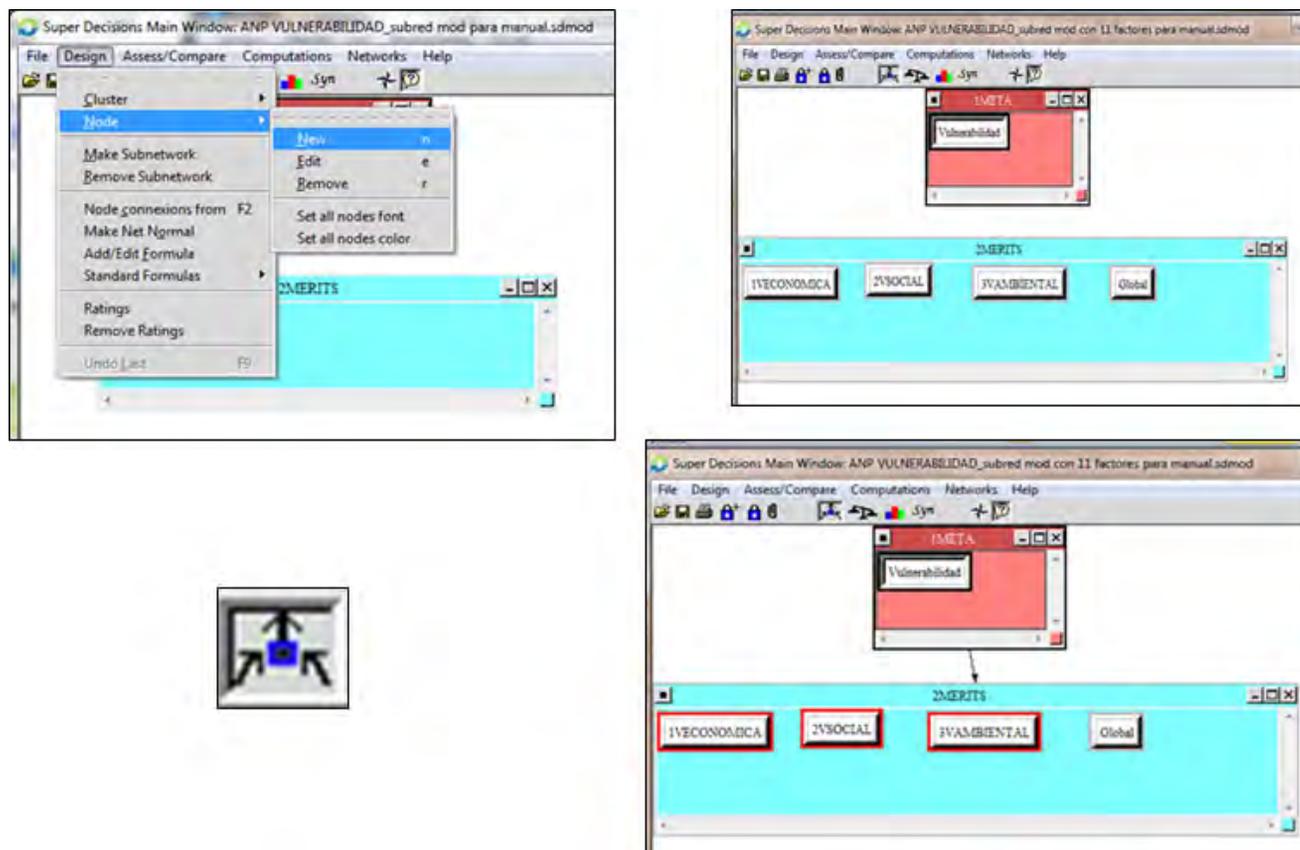


Fuente: IMTA.

2.- Nodos

La construcción de Nodos se refiere a cada uno de los componentes o prioridades que estarán dentro del Clúster.

Figura 4.7. Nodos.

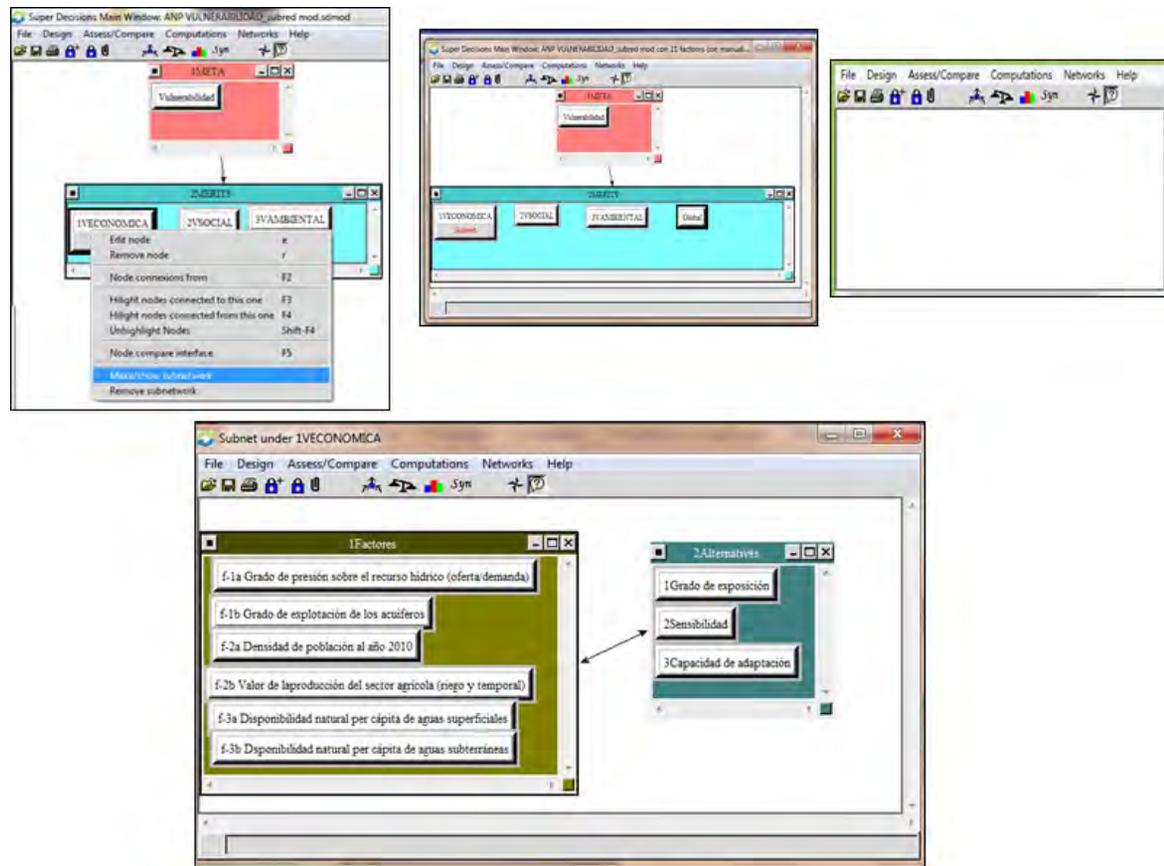


Fuente: IMTA.

3. Construcción de Subredes

Las Subredes son el conjunto de clúster y nodos dentro de un nodo.

Figura 4.8. Subredes.



Fuente: IMTA.

4. Evaluación de clúster y nodos

El software automáticamente formula matrices; la única labor es evaluarlas. Para ello usa la escala fundamental de Saaty [0 al 9.5] en dos alas, azul y rojo; en caso de escoger cualquier valor del color azul, éste valor se sobrepone al rojo (pasando ser el valor del rojo un valor inverso al del azul).

Tabla 4.7.- Escala fundamental de Saaty.

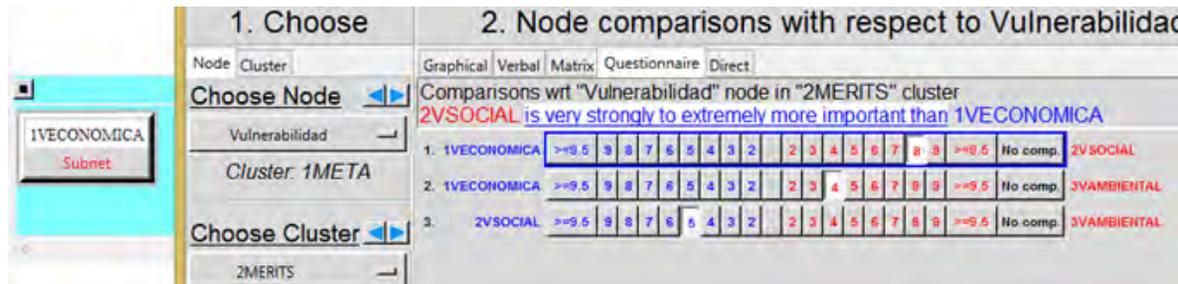
Valores de par comparado i/j	Interpretación
1	El criterio i y el criterio j son igualmente importantes
3	El criterio i es ligeramente más importante que el j
5	El criterio i es fuertemente más importante que el j
7	El criterio i es muy fuertemente más importante que el j
9	El criterio i es absolutamente más importante que el j
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, se usa como valores de consenso entre dos juicios
Recíprocos de lo anterior	Si el criterio i es de importancia grande frente al criterio j, las notaciones serían las siguientes: Criterio i frente a criterio j, ejemplo, 5/1; esto implica que el criterio j frente al criterio i es 1/5

Fuente: IMTA.

El software presenta cinco formas de hacer la evaluación de las matrices: gráfica, verbal, matricial, cuestionario y directo. El más claro es el de tipo cuestionario [Questionnaire].

Para la evaluación es importante tener definido el orden y dirección de las preguntas.

Figura 4.9. Evaluación de las matrices.



Fuente: IMTA.

Después o en el proceso de la evaluación es importante observar en la esquina superior derecha del cuadro de diálogo el termino Inconsistency, éste deberá resultar de un valor menor al 10% (<0.1) para poder aceptar la evaluación.

5. Resultados

El cálculo (Computations) es la parte del proceso que consiste en analizar los resultados obtenidos de la evaluación del modelo realizado. Las prioridades se obtendrán en su respectiva plantilla de trabajo, plantilla principal y de cada una de las subredes.

En primer lugar, se conocerán los resultados principales de las evaluaciones de los clústeres.

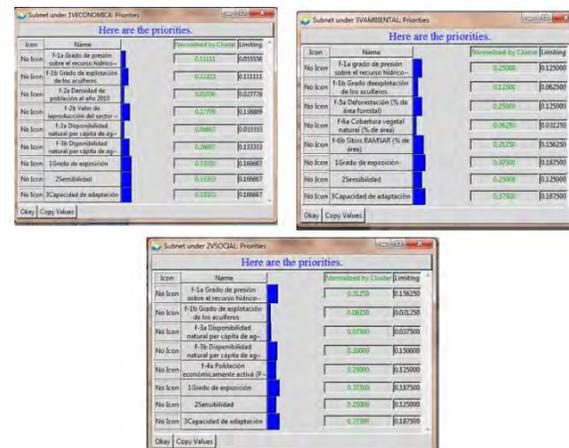
Figura 4.10. Resultados de la evaluación de los clústeres.

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	Vulnerabilidad	0.00000	0.000000
No Icon	1VECONOMICA	0.06754	0.067545
No Icon	2VSOCIAL	0.73338	0.733384
No Icon	3VAMBIENTAL	0.19907	0.199071

Fuente: IMTA.

En seguida se conocerán los resultados de las prioridades de las subredes (VECONOMICA, VSOCIAL, VAMBIENTAL).

Figura 4.11. Resultados de las prioridades de las subredes.



Fuente: IMTA.

Paso 6. Cálculo de la vulnerabilidad

En este paso para cada tipo de vulnerabilidad se multiplicará cada factor por su peso correspondiente obtenido con el software *Superdecision*®.

Para cada cuenca de estudio, se multiplica el valor modulado del dato de cada factor por su peso (resultado del software *Superdecisions*); obteniendo como un promedio ponderado cada una de las componentes (Ge, Se y Ca), según la vulnerabilidad en cuestión.

Es así como el valor de la Vulnerabilidad para cada cuenca queda determinada con la siguiente expresión:

$$\text{Vulnerabilidad} = Ge + Se - Ca$$

Una vez normalizado este último valor se clasifica en muy baja, baja, media, alta y muy alta, y se obtienen mapas a través de un sistema SIG con tal de analizar la distribución espacial de la misma.

Paso 7. Enfoques de cálculo

Este paso tiene como finalidad mostrar los enfoques de cálculo y elegir el más conveniente para determinar la vulnerabilidad.

$$Vulnerabilidad = Ge + Se - Ca$$

$$Vulnerabilidad = \frac{Ge * Se}{Ca}$$

Paso 8. Ajuste y definición de escala

La clasificación de la escala de la vulnerabilidad es dividida en:

- a) Muy alta
- b) Alta
- c) Media
- d) Baja
- e) Muy baja

Paso 9. Obtención de resultados de la vulnerabilidad global

Para el cálculo de la vulnerabilidad global se empleó el primer enfoque:

$$Vulnerabilidad\ global = Ge + Se - Ca$$

4.4.1 Resultados de la vulnerabilidad ambiental

En la Tabla 4.8 y en la Figura 4.12 se muestra la vulnerabilidad ambiental de los 166 municipios que conforman el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala. Se observa que 4 municipios se encuentran en vulnerabilidad alta, 125 municipios se encuentran en vulnerabilidad media, 24 municipios presentan vulnerabilidad baja y 13 municipios tienen vulnerabilidad muy baja.

Tabla 4.8.- Vulnerabilidad ambiental.

Clave	Nombre del municipio	Entidad	Consejo de cuenca	Vulnerabilidad Ambiental
15124	San José del Rincón	Mexico	Lerma - Chapala	Alta
15118	Zinacantepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15115	Xonacatlán	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15106	Toluca	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15101	Tianguistenco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15098	Texcalyacac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15090	Tenango del Valle	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15087	Temoaya	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15085	Temascalcingo	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15076	San Mateo Atenco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15074	San Felipe del Progreso	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15073	San Antonio la Isla	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15072	Rayón	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15067	Otzolotepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15064	El Oro	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15062	Ocoyoacac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15055	Mexicaltzingo	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15054	Metepc	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15051	Lerma	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15048	Jocotitlán	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15047	Jiquipilco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15043	Xalatlaco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15042	Ixtlahuaca	Mexico	Lerma - Chapala	Media

15027	Chapultepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15019	Capulhuac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15018	Calimaya	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15014	Atlacomulco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15012	Atizapán	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15006	Almoloya del Río	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15005	Almoloya de Juárez	Mexico	Lerma - Chapala	Media
14072	San Diego de Alejandría	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14048	Jesús María	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14105	Tototlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14123	Zapotlán del Rey	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14013	Atotonilco el Alto	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14002	Acatlán de Juárez	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
14033	Degollado	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14016	Ayotlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14004	Amacueca	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
14008	Arandas	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14089	Techaluta de Montenegro	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
14082	Sayula	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
14014	Atoyac	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
14026	Concepción de Buenos Aires	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
14079	Gómez Farías	Jalisco	Lerma - Chapala	Muy baja
14057	La Manzanilla de la Paz	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14096	Tizapán el Alto	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14092	Teocuitatlán de Corona	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
14107	Tuxcueca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14018	La Barca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14119	Zacoalco de Torres	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja

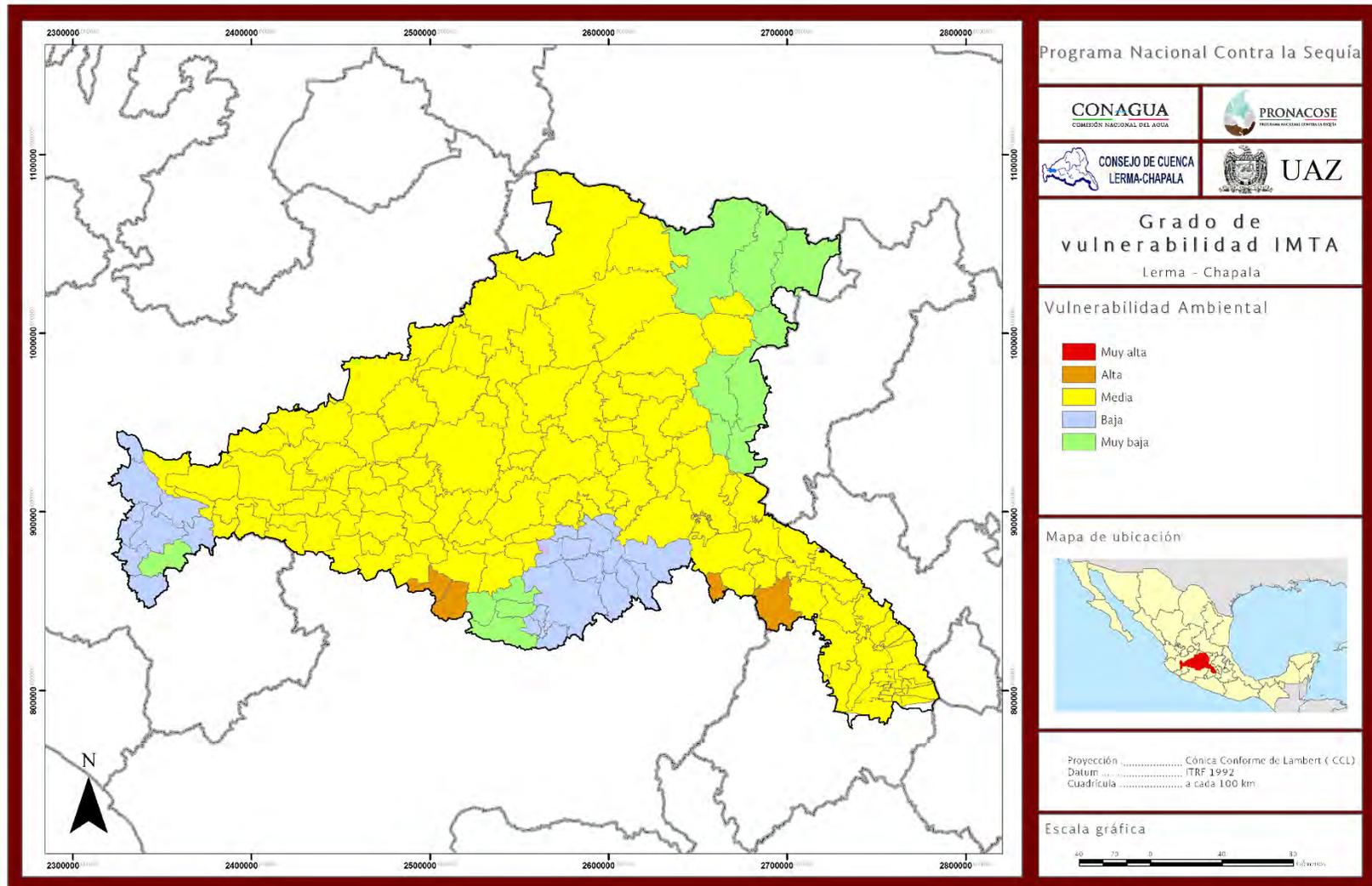
14030	Chapala	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14050	Jocotepec	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14066	Poncitlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14063	Ocotlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14047	Jamay	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14023	Zapotlán el Grande	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
16108	Zamora	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16085	Tangancícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16001	Acuitzio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16039	Huiramba	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16066	Pátzcuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16048	Lagunillas	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16100	Tzintzuntzan	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16032	Erongarícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16056	Nahuatzen	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Alta
16073	Quiroga	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16041	Irimbo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Alta
16022	Charo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16024	Cherán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Alta
16080	Senguio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16072	Queréndaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16053	Morelia	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16093	Tlalpujahuá	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16040	Indaparapeo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16088	Tarímbaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16025	Chilchota	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16016	Coeneo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16110	Zinapécuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16037	Huaniqueo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16003	Álvaro Obregón	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja

16027	Chucándiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16018	Copándaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16044	Jiménez	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16070	Purépero	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16107	Zacapu	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16084	Tangamandapio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16043	Jacona	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16050	Maravatío	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16036	Huandacareo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16054	Morelos	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16020	Cuitzeo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16078	Santa Ana Maya	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16017	Contepec	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16045	Jiquilpan	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16094	Tlazazalca	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16104	Villamar	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16051	Marcos Castellanos	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16076	Sahuayo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16063	Panindícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16023	Chavinda	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16074	Cojumatlán de Régules	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16067	Penjamillo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16004	Angamacutiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16042	Ixtlán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16028	Churintzio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16103	Venustiano Carranza	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16062	Pajacuarán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16031	Epitacio Huerta	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media

16109	Zinápapo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16030	Ecuandureo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16071	Puruándiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16011	Briseñas	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16060	Numarán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16105	Vista Hermosa	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16113	José Sixto Verduzco	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16086	Tanhuato	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16106	Yurécuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16069	La Piedad	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
22011	El Marqués	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Muy baja
22014	Querétaro	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Muy baja
22008	Huimilpan	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Muy baja
22006	Corregidora	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Muy baja
11009	Comonfort	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11007	Celaya	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11025	Purísima del Rincón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11030	San Felipe	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11045	Xichú	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11013	Doctor Mora	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11040	Tierra Blanca	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11041	Uriangato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11043	Victoria	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11028	Salvatierra	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11032	San José Iturbide	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11024	Pueblo Nuevo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11036	Santiago Maravatío	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11004	Apaseo el Alto	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11005	Apaseo el Grande	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11046	Yuriria	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media

11019	Jerécuaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11039	Tarimoro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11010	Coroneo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11038	Tarandacuao	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11011	Cortazar	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11002	Acámbaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11003	San Miguel de Allende	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11031	San Francisco del Rincón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11008	Manuel Doblado	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11012	Cuerámbaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11042	Valle de Santiago	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11033	San Luis de la Paz	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11023	Pénjamo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11037	Silao	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11001	Abasolo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11016	Huanímaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11029	San Diego de la Unión	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11044	Villagrán	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11035	Santa Cruz de Juventino Rosas	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11027	Salamanca	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11017	Irapuato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11026	Romita	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11015	Guanajuato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11020	León	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11018	Jaral del Progreso	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11021	Moroleón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11014	Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nal.	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media

Figura 4.12. Vulnerabilidad ambiental.



4.4.2 Resultados de la vulnerabilidad económica

En la Tabla 4.9 y en la Figura 4.13 se muestra la vulnerabilidad económica de los 166 municipios que conforman el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala. Se observa que 2 municipios tienen vulnerabilidad muy alta, 2 municipios se encuentran en vulnerabilidad alta, 91 municipios presentan vulnerabilidad media, 17 municipios tienen vulnerabilidad baja y 54 municipios se clasifican en vulnerabilidad muy baja.

Tabla 4.9.- Vulnerabilidad económica.

Clave	Nombre del municipio	Entidad	Consejo de cuenca	Vulnerabilidad Económica
15124	San José del Rincón	Mexico	Lerma - Chapala	Alta
15118	Zinacantepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15115	Xonacatlán	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15106	Toluca	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15101	Tianguistenco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15098	Texcalyacac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15090	Tenango del Valle	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15087	Temoaya	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15085	Temascalcingo	Mexico	Lerma - Chapala	Muy Baja
15076	San Mateo Atenco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15074	San Felipe del Progreso	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15073	San Antonio la Isla	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15072	Rayón	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15067	Otzolotepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15064	El Oro	Mexico	Lerma - Chapala	Muy Baja
15062	Ocoyoacac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15055	Mexicaltzingo	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15054	Metepc	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15051	Lerma	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15048	Jocotitlán	Mexico	Lerma - Chapala	Muy baja
15047	Jiquipilco	Mexico	Lerma - Chapala	Muy baja
15043	Xalatlaco	Mexico	Lerma - Chapala	Media

15042	Ixtlahuaca	Mexico	Lerma - Chapala	Muy Baja
15027	Chapultepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15019	Capulhuac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15018	Calimaya	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15014	Atacomulco	Mexico	Lerma - Chapala	Muy Baja
15012	Atizapán	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15006	Almoloya del Río	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15005	Almoloya de Juárez	Mexico	Lerma - Chapala	Media
14072	San Diego de Alejandría	Jalisco	Lerma - Chapala	Muy baja
14048	Jesús María	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14105	Tototlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14123	Zapotlán del Rey	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
14013	Atotonilco el Alto	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14002	Acatlán de Juárez	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14033	Degollado	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14016	Ayotlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14004	Amacueca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14008	Arandas	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14089	Techaluta de Montenegro	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14082	Sayula	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14014	Atoyac	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14026	Concepción de Buenos Aires	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14079	Gómez Farías	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
14057	La Manzanilla de la Paz	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14096	Tizapán el Alto	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14092	Teocuitatlán de Corona	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14107	Tuxcueca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14018	La Barca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media

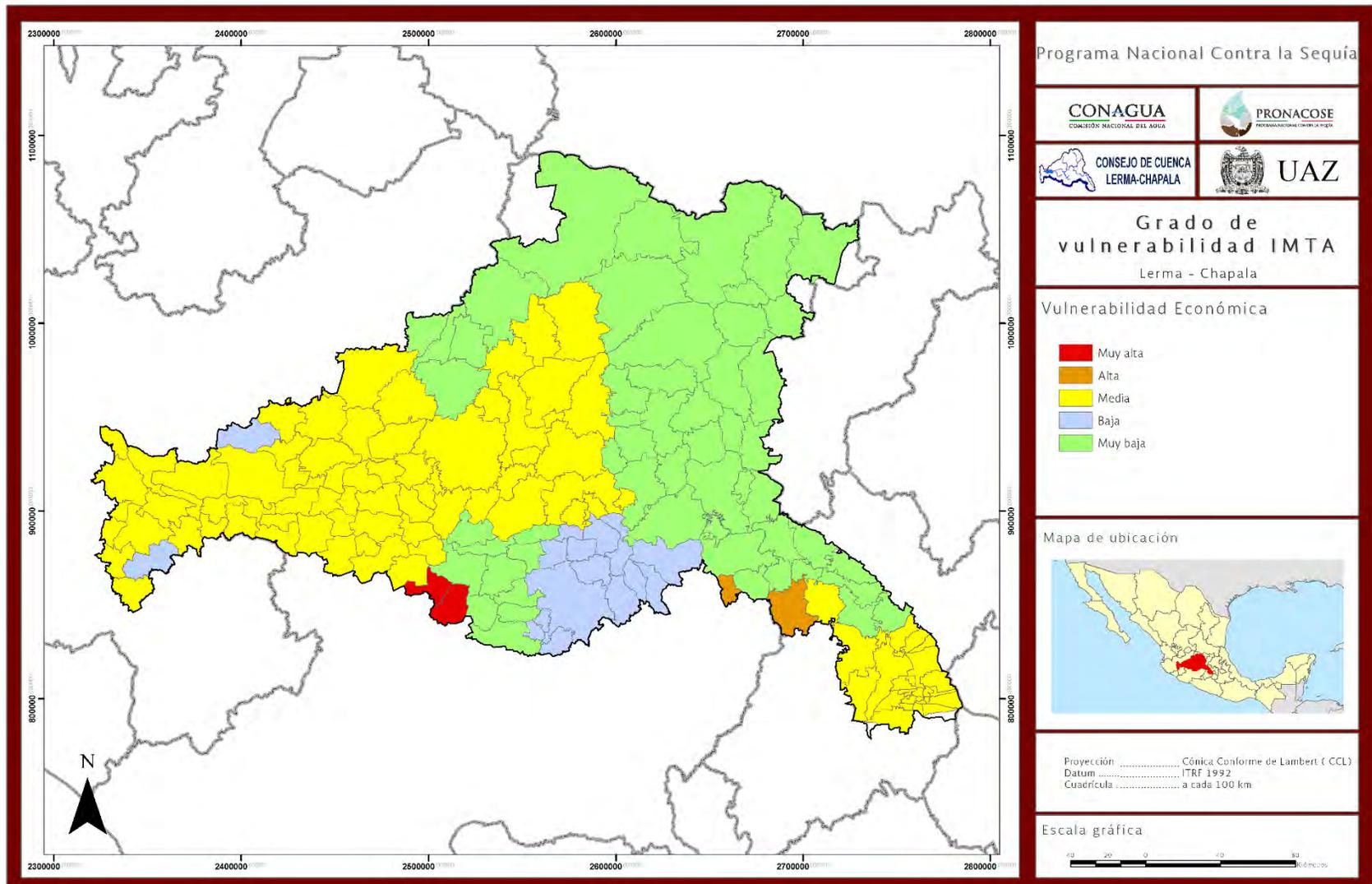
14119	Zacoalco de Torres	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14030	Chapala	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14050	Jocotepec	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14066	Poncitlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14063	Ocotlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14047	Jamay	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14023	Zapotlán el Grande	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
16108	Zamora	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16085	Tangancícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16001	Acuitzio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16039	Huiramba	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16066	Pátzcuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16048	Lagunillas	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16100	Tzintzuntzan	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16032	Erongarícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16056	Nahuatzen	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy alta
16073	Quiroga	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16041	Irimbo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Alta
16022	Charo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16024	Cherán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy alta
16080	Senguio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16072	Queréndaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16053	Morelia	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16093	Tlalpujahua	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16040	Indaparapeo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16088	Tarímbaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16025	Chilchota	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16016	Coeneo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16110	Zinapécuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16037	Huaniqueo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja

16003	Álvaro Obregón	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16027	Chucándiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16018	Copándaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16044	Jiménez	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16070	Purépero	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16107	Zacapu	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16084	Tangamandapio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16043	Jacona	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16050	Maravatío	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16036	Huandacareo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16054	Morelos	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16020	Cuitzeo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16078	Santa Ana Maya	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16017	Contepec	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16045	Jiquilpan	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16094	Tlazazalca	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16104	Villamar	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16051	Marcos Castellanos	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16076	Sahuayo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16063	Panindícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16023	Chavinda	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16074	Cojumatlán de Régules	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16067	Penjamillo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16004	Angamacutiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16042	Ixtlán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16028	Churintzio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16103	Venustiano Carranza	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16062	Pajacuarán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media

16031	Epitacio Huerta	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16109	Zináparo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16030	Ecuandureo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16071	Puruándiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16011	Briseñas	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16060	Numarán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16105	Vista Hermosa	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16113	José Sixto Verduzco	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16086	Tanhuato	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16106	Yurécuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16069	La Piedad	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
22011	El Marqués	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Muy baja
22014	Querétaro	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Muy Baja
22008	Huimilpan	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Muy Baja
22006	Corregidora	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Muy baja
11009	Comonfort	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11007	Celaya	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11025	Purísima del Rincón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11030	San Felipe	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11045	Xichú	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11013	Doctor Mora	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11040	Tierra Blanca	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11041	Uriangato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11043	Victoria	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11028	Salvatierra	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11032	San José Iturbide	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11024	Pueblo Nuevo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11036	Santiago Maravatío	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11004	Apaseo el Alto	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11005	Apaseo el Grande	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja

11046	Yuriria	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11019	Jerécuaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11039	Tarimoro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11010	Coroneo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11038	Tarandacuaao	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11011	Cortazar	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11002	Acámbaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11003	San Miguel de Allende	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11031	San Francisco del Rincón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11008	Manuel Doblado	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11012	Cuerámara	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11042	Valle de Santiago	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11033	San Luis de la Paz	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11023	Pénjamo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11037	Silao	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11001	Abasolo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11016	Huanímaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11029	San Diego de la Unión	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11044	Villagrán	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11035	Santa Cruz de Juventino Rosas	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11027	Salamanca	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11017	Irapuato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11026	Romita	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11015	Guanajuato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11020	León	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11018	Jaral del Progreso	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11021	Moroleón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11014	Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nal.	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja

Figura 4.13. Vulnerabilidad económica.



4.4.3 Resultados de la vulnerabilidad social

En la Tabla 4.10 y en la Figura 4.14 se muestra la vulnerabilidad social de los 166 municipios que conforman el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala. Se observa que 4 municipios tienen vulnerabilidad alta, 133 municipios se encuentran en vulnerabilidad media, 15 municipios presentan vulnerabilidad baja y 14 municipios tienen vulnerabilidad muy baja.

Tabla 4.10.- Vulnerabilidad social.

Clave	Nombre del municipio	Entidad	Consejo de cuenca	Vulnerabilidad Social
15124	San José del Rincón	Mexico	Lerma - Chapala	Alta
15118	Zinacantepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15115	Xonacatlán	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15106	Toluca	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15101	Tianguistenco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15098	Texcalyacac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15090	Tenango del Valle	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15087	Temoaya	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15085	Temascalcingo	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15076	San Mateo Atenco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15074	San Felipe del Progreso	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15073	San Antonio la Isla	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15072	Rayón	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15067	Otzolotepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15064	El Oro	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15062	Ocoyoacac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15055	Mexicaltzingo	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15054	Metepc	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15051	Lerma	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15048	Jocotitlán	Mexico	Lerma - Chapala	Media

15047	Jiquipilco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15043	Xalatlaco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15042	Ixtlahuaca	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15027	Chapultepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15019	Capulhuac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15018	Calimaya	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15014	Atlacomulco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15012	Atizapán	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15006	Almoloya del Río	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15005	Almoloya de Juárez	Mexico	Lerma - Chapala	Media
14072	San Diego de Alejandría	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14048	Jesús María	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14105	Tototlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14123	Zapotlán del Rey	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14013	Atotonilco el Alto	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14002	Acatlán de Juárez	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14033	Degollado	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14016	Ayotlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14004	Amacueca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14008	Arandas	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14089	Techaluta de Montenegro	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14082	Sayula	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14014	Atoyac	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14026	Concepción de Buenos Aires	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14079	Gómez Farías	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14057	La Manzanilla de la Paz	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14096	Tizapán el Alto	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14092	Teocuitatlán de Corona	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14107	Tuxcueca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14018	La Barca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media

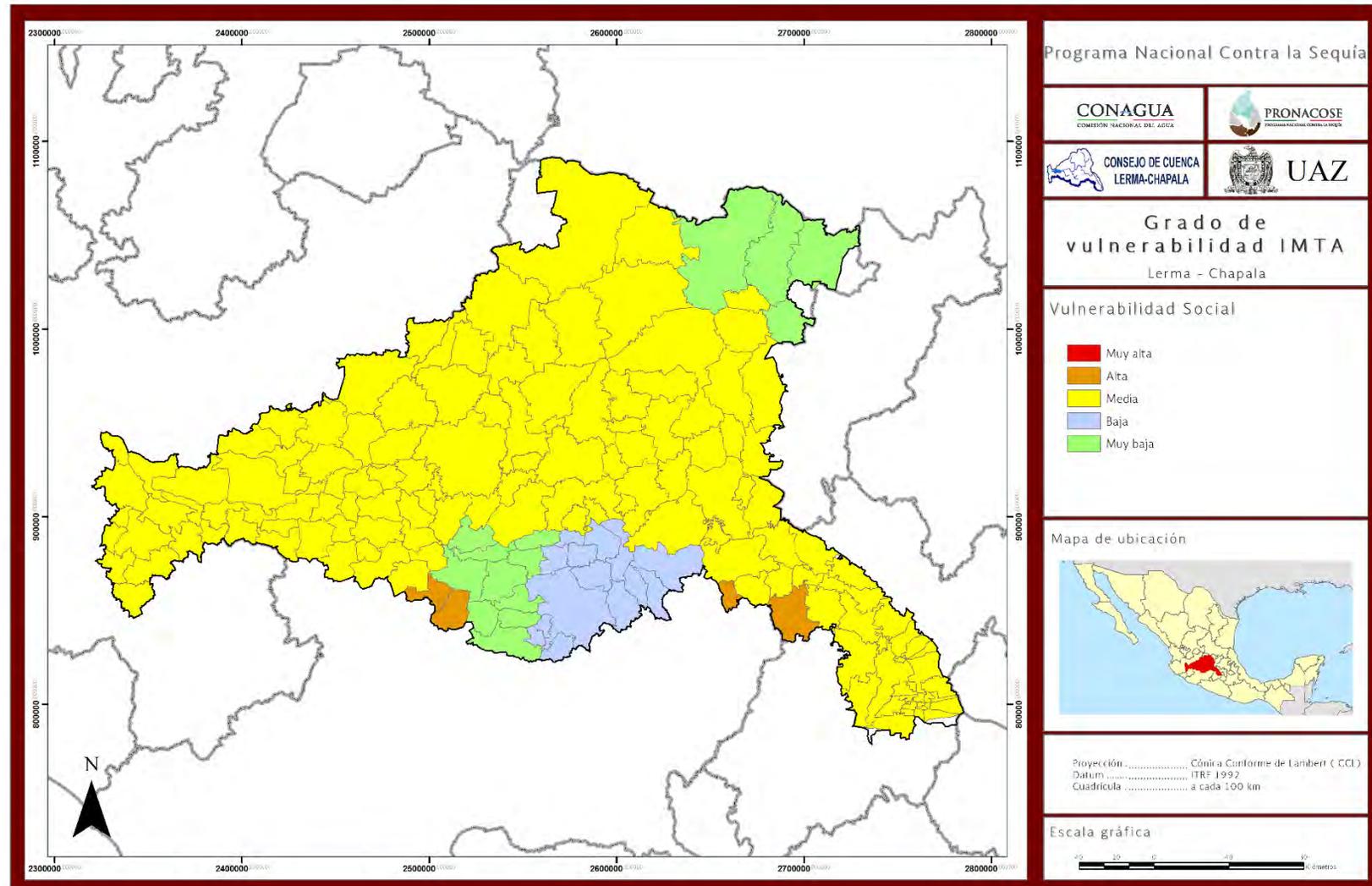
14119	Zacoalco de Torres	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14030	Chapala	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14050	Jocotepec	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14066	Poncitlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14063	Ocotlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14047	Jamay	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14023	Zapotlán el Grande	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
16108	Zamora	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16085	Tangancícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16001	Acuitzio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16039	Huiramba	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16066	Pátzcuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16048	Lagunillas	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16100	Tzintzuntzan	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16032	Erongarícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16056	Nahuatzen	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Alta
16073	Quiroga	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16041	Irimbo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Alta
16022	Charo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16024	Cherán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Alta
16080	Senguio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16072	Queréndaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16053	Morelia	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16093	Tlalpujahuá	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16040	Indaparapeo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16088	Tarímbaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16025	Chilchota	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16016	Coeneo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja

16110	Zinapécuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16037	Huaniqueo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16003	Álvaro Obregón	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16027	Chucándiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16018	Copándaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16044	Jiménez	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16070	Purépero	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16107	Zacapu	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16084	Tangamandapio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16043	Jacona	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16050	Maravatío	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16036	Huandacareo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16054	Morelos	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16020	Cuitzeo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16078	Santa Ana Maya	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16017	Contepec	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16045	Jiquilpan	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16094	Tlazazalca	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16104	Villamar	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16051	Marcos Castellanos	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16076	Sahuayo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16063	Panindícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16023	Chavinda	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16074	Cojumatlán de Régules	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16067	Penjamillo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16004	Angamacutiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16042	Ixtlán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16028	Churintzio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16103	Venustiano Carranza	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16062	Pajacuarán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media

16031	Epitacio Huerta	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16109	Zinápapo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16030	Ecuandureo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16071	Puruándiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16011	Briseñas	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16060	Numarán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16105	Vista Hermosa	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16113	José Sixto Verduzco	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16086	Tanhuato	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16106	Yurécuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16069	La Piedad	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
22011	El Marqués	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Media
22014	Querétaro	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Media
22008	Huimilpan	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Media
22006	Corregidora	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Media
11009	Comonfort	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11007	Celaya	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11025	Purísima del Rincón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11030	San Felipe	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11045	Xichú	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11013	Doctor Mora	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11040	Tierra Blanca	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11041	Uriangato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11043	Victoria	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11028	Salvatierra	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11032	San José Iturbide	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11024	Pueblo Nuevo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11036	Santiago Maravatío	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media

11004	Apaseo el Alto	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11005	Apaseo el Grande	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11046	Yuriria	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11019	Jerécuaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11039	Tarimoro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11010	Coroneo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11038	Tarandacuaio	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11011	Cortazar	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11002	Acámbaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11003	San Miguel de Allende	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11031	San Francisco del Rincón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11008	Manuel Doblado	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11012	Cuerámara	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11042	Valle de Santiago	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11033	San Luis de la Paz	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11023	Pénjamo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11037	Silao	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11001	Abasolo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11016	Huanímaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11029	San Diego de la Unión	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11044	Villagrán	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11035	Santa Cruz de Juventino Rosas	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11027	Salamanca	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11017	Irapuato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11026	Romita	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11015	Guanajuato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11020	León	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11018	Jaral del Progreso	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11021	Moroleón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11014	Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nal.	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media

Figura 4.14. Vulnerabilidad social.



4.4.4 Resultados de la vulnerabilidad global

En la Tabla 4.11 y en la Figura 4.15 se muestra la vulnerabilidad global de los 166 municipios que conforman el Organismo de Cuenca Lerma-Chapala. Se observa que 2 municipios tienen vulnerabilidad muy alta, 1 municipio se encuentra en vulnerabilidad alta, 93 municipios presentan vulnerabilidad media, 56 municipios tienen vulnerabilidad baja y 14 municipios tienen vulnerabilidad muy baja.

Tabla 4.11.- Vulnerabilidad global.

Clave	Nombre del municipio	Entidad	Consejo de cuenca	Vulnerabilidad Global
15124	San José del Rincón	Mexico	Lerma - Chapala	Alta
15118	Zinacantepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15115	Xonacatlán	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15106	Toluca	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15101	Tianguistenco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15098	Texcalyacac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15090	Tenango del Valle	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15087	Temoaya	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15085	Temascalcingo	Mexico	Lerma - Chapala	Baja
15076	San Mateo Atenco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15074	San Felipe del Progreso	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15073	San Antonio la Isla	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15072	Rayón	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15067	Otzolotepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15064	El Oro	Mexico	Lerma - Chapala	Baja
15062	Ocoyoacac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15055	Mexicaltzingo	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15054	Metepc	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15051	Lerma	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15048	Jocotitlán	Mexico	Lerma - Chapala	Baja

15047	Jiquipilco	Mexico	Lerma - Chapala	Baja
15043	Xalatlaco	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15042	Ixtlahuaca	Mexico	Lerma - Chapala	Baja
15027	Chapultepec	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15019	Capulhuac	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15018	Calimaya	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15014	Atlacomulco	Mexico	Lerma - Chapala	Baja
15012	Atizapán	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15006	Almoloya del Río	Mexico	Lerma - Chapala	Media
15005	Almoloya de Juárez	Mexico	Lerma - Chapala	Media
14072	San Diego de Alejandría	Jalisco	Lerma - Chapala	Baja
14048	Jesús María	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14105	Tototlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14123	Zapotlán del Rey	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14013	Atotonilco el Alto	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14002	Acatlán de Juárez	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14033	Degollado	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14016	Ayotlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14004	Amacueca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14008	Arandas	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14089	Techaluta de Montenegro	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14082	Sayula	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14014	Atoyac	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14026	Concepción de Buenos Aires	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14079	Gómez Farías	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14057	La Manzanilla de la Paz	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14096	Tizapán el Alto	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14092	Teocuitatlán de Corona	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14107	Tuxcueca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14018	La Barca	Jalisco	Lerma - Chapala	Media

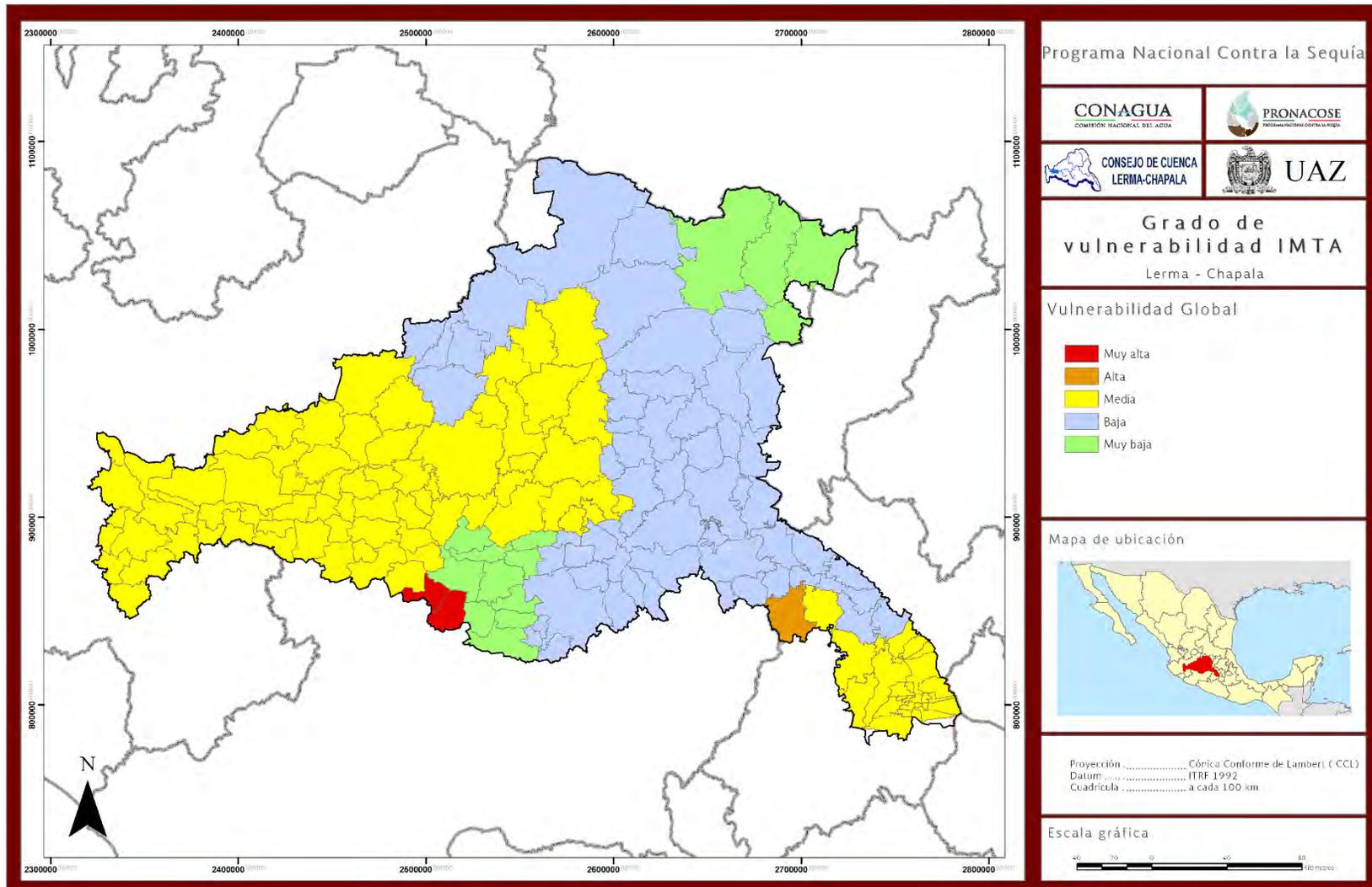
14119	Zacoalco de Torres	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14030	Chapala	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14050	Jocotepec	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14066	Poncitlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14063	Ocotlán	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14047	Jamay	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
14023	Zapotlán el Grande	Jalisco	Lerma - Chapala	Media
16108	Zamora	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16085	Tangancícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16001	Acuitzio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16039	Huiramba	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16066	Pátzcuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16048	Lagunillas	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16100	Tzintzuntzan	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16032	Erongarícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16056	Nahuatzen	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy alta
16073	Quiroga	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16041	Irimbo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16022	Charo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16024	Cherán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy alta
16080	Senguio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16072	Queréndaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16053	Morelia	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16093	Tlalpujahuá	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16040	Indaparapeo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16088	Tarímbaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16025	Chilchota	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16016	Coeneo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja

16110	Zinapécuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16037	Huaniqueo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16003	Álvaro Obregón	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16027	Chucándiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16018	Copándaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16044	Jiménez	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16070	Purépero	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16107	Zacapu	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16084	Tangamandapio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16043	Jacona	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16050	Maravatío	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16036	Huandacareo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16054	Morelos	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy baja
16020	Cuitzeo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16078	Santa Ana Maya	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16017	Contepec	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16045	Jiquilpan	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16094	Tlazazalca	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16104	Villamar	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16051	Marcos Castellanos	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16076	Sahuayo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16063	Panindícuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Muy Baja
16023	Chavinda	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16074	Cojumatlán de Régules	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16067	Penjamillo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16004	Angamacutiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16042	Ixtlán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16028	Churintzio	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16103	Venustiano Carranza	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16062	Pajacuarán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media

16031	Epitacio Huerta	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Baja
16109	Zináparo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16030	Ecuandureo	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16071	Puruándiro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16011	Briseñas	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16060	Numarán	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16105	Vista Hermosa	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16113	José Sixto Verduzco	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16086	Tanhuato	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16106	Yurécuaro	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
16069	La Piedad	Michoacan de Ocampo	Lerma - Chapala	Media
22011	El Marqués	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Baja
22014	Querétaro	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Baja
22008	Huimilpan	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Baja
22006	Corregidora	Queretaro de Arteaga	Lerma - Chapala	Baja
11009	Comonfort	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11007	Celaya	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11025	Purísima del Rincón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11030	San Felipe	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11045	Xichú	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11013	Doctor Mora	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11040	Tierra Blanca	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11041	Uriangato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11043	Victoria	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy baja
11028	Salvatierra	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11032	San José Iturbide	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11024	Pueblo Nuevo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11036	Santiago Maravatío	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media

11004	Apaseo el Alto	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11005	Apaseo el Grande	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11046	Yuriria	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11019	Jerécuaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11039	Tarimoro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11010	Coroneo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11038	Tarandacua	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11011	Cortazar	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11002	Acámbaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11003	San Miguel de Allende	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11031	San Francisco del Rincón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11008	Manuel Doblado	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11012	Cuerámbaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11042	Valle de Santiago	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11033	San Luis de la Paz	Guanajuato	Lerma - Chapala	Muy Baja
11023	Pénjamo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11037	Silao	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11001	Abasolo	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11016	Huanímaro	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11029	San Diego de la Unión	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11044	Villagrán	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11035	Santa Cruz de Juventino Rosas	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11027	Salamanca	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11017	Irapuato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11026	Romita	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11015	Guanajuato	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11020	León	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11018	Jaral del Progreso	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja
11021	Moroleón	Guanajuato	Lerma - Chapala	Media
11014	Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nal.	Guanajuato	Lerma - Chapala	Baja

Figura 4.15. Vulnerabilidad global.



4.5 Comparativa de la vulnerabilidad global de 2013 y 2014

En la Figura 4.16 se muestra la vulnerabilidad global obtenida en 2013 empleando la metodología del IPCC a nivel célula de planeación y en la Figura 4.17 se muestra la vulnerabilidad global a nivel municipal de los 166 municipios que conforman el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala.

Una de las diferencias lo representa el nivel de disgregación que se empleó en cada una de las metodologías, en 2013 el grado de vulnerabilidad global se calculó a nivel célula de planeación empleando 6 factores y dándoles el mismo peso, mientras que en el 2014 empleando la metodología propuesta por el IMTA el análisis de la vulnerabilidad global se realizó a nivel municipal empleando 11 factores y se utilizó el software *Superdecision*® para obtener su peso correspondiente. Los resultados de la metodología del IMTA nos ofrecen un panorama más acercado a la realidad debido a que emplean datos a nivel municipal, se toman en cuenta más factores y se emplea un software para determinar el peso de cada uno de los factores.

Se observan grandes diferencias en lo que respecta a los resultados, en 2013 la célula de planeación Medio Lerma Guanajuato presenta un grado de vulnerabilidad muy alto; Alto Lerma México y Medio Lerma Querétaro tienen vulnerabilidad alta; Alto Lerma Michoacán, Bajo Lerma Michoacán y Bajo Lerma Jalisco presentan un grado de vulnerabilidad bajo; y por último las células de planeación Alto Lerma Guanajuato, Medio Lerma Michoacán y Medio Lerma Jalisco muestran una vulnerabilidad muy baja.

Por otro lado, los resultados varían cuando se emplea la metodología del IMTA desarrollada en 2014, se observa que 2 municipios tienen vulnerabilidad muy alta, 1 municipio se encuentra en vulnerabilidad alta, 93 municipios presentan vulnerabilidad media, 56 municipios tienen vulnerabilidad baja y 14 municipios tienen vulnerabilidad muy baja.

Figura 4.16. Grado de vulnerabilidad global por células de planeación del 2013.

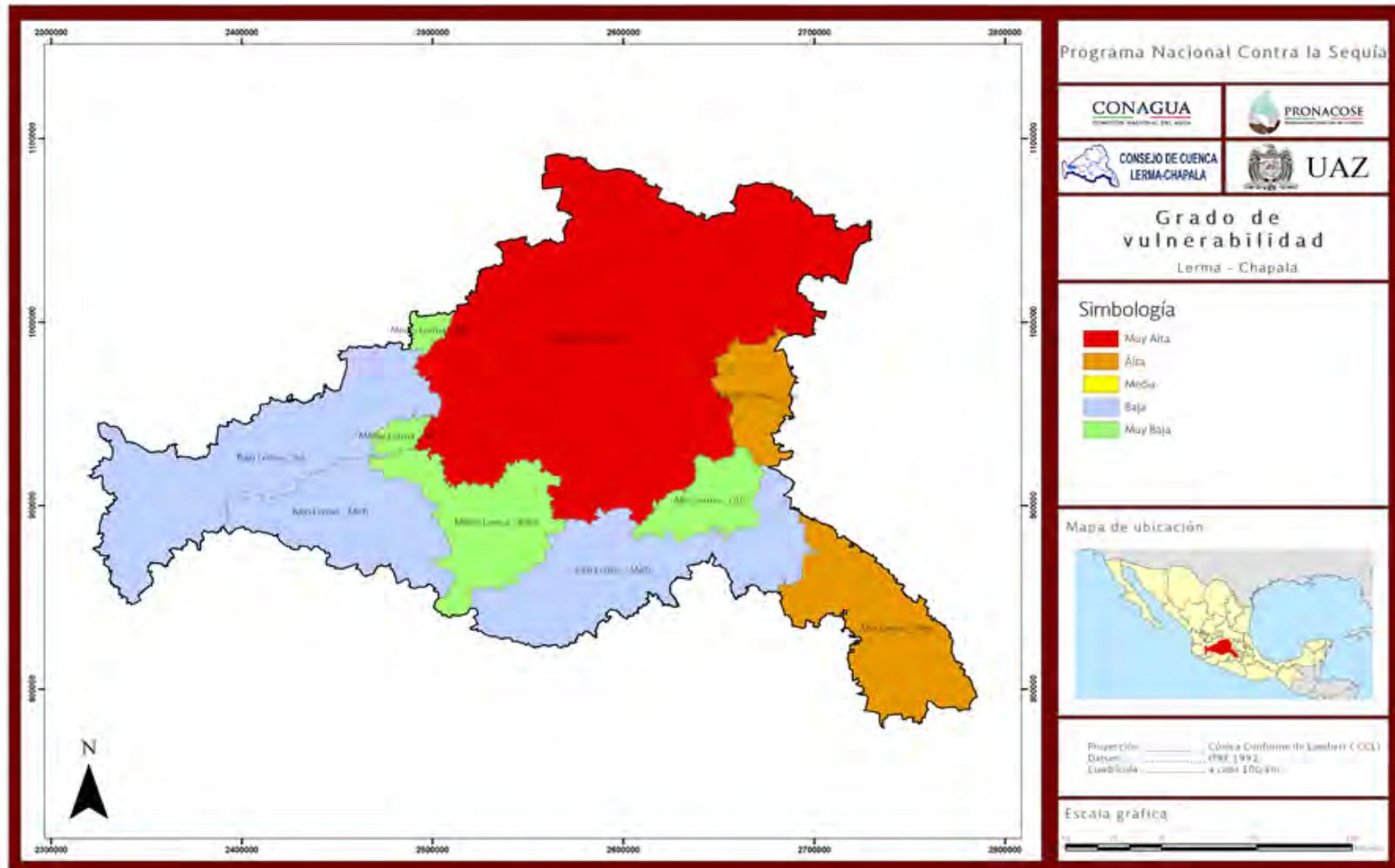


Figura 4.17. Grado de vulnerabilidad global metodología del IMTA del 2014.

