

COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA

SUBCOORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

INFORME FINAL

“PLAN DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA EN LA CUENCA DEL RÍO BALSAS”

Proyecto TH1332.5

Responsable: Dr. Israel Velasco Velasco

Colaborador: Dr. David Ortega-Gaucin

Jiutepec, Morelos. Octubre de 2014.

ÍNDICE

ÍNDICE	i
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	xi
PRESENTACIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Conceptos básicos y consideraciones previas.....	5
1.3. La administración de las aguas nacionales	6
1.4. Los Consejos de Cuenca.....	7
1.5. El Consejo de Cuenca del Río Balsas.....	8
1.6. La planeación de la gestión para la sequía.....	10
1.7. Objetivos del PMPMS	11
CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO BALSAS.....	13
2.1. Características físicas.....	13
2.1.1. Ubicación y delimitación geográfica.....	13
2.1.2. Fisiografía	17
2.1.3. Tipos de suelos.....	18
2.1.4. Usos del suelo y vegetación.....	20
2.1.5. Climatología	21
2.1.6. Hidrología superficial.....	26
2.1.7. Balance hidrológico superficial	30
2.1.8. Disponibilidad de aguas superficiales	31
2.1.9. Hidrología subterránea	33
2.1.10. Balance hidrológico subterráneo.....	34
2.1.11. Disponibilidad de aguas subterráneas	36
2.1.12. Usos del Agua	37
2.1.13. Infraestructura hidráulica.....	41

2.2.	Características socioeconómicas	51
2.2.1.	Distribución de la población.....	51
2.2.2.	Población urbana y rural	52
2.2.3.	Proyección de la población.....	54
2.2.4.	Población económicamente activa (PEA).....	55
2.2.5.	Producto interno bruto (PIB)	56
2.2.6.	Evolución del PIB e identificación de centros de actividades económicas en la región	58
2.2.7.	Otros indicadores socioeconómicos	58
2.3.	Aspectos normativos importantes	62
2.3.1.	Decretos y vedas para el aprovechamiento de aguas superficiales	62
2.3.2.	Acuerdo para la entrega de agua en bloque del Sistema Cutzamala a los gobiernos del Distrito Federal y Estado de México	65
2.4.	Problemática relevante identificada	68
2.4.1.	Disponibilidad limitada y escasez de agua.....	68
2.4.2.	Deficiencias en la prestación de servicios de agua.....	69
2.4.3.	Marginación social	70
2.4.4.	Contaminación del agua en cauces y acuíferos.....	70
2.4.5.	Agotamiento y contaminación de los ecosistemas	71
2.4.6.	Riesgos ambientales.....	72
2.4.7.	Baja productividad del agua y rentabilidad de algunas actividades económicas	72
2.4.8.	Gobernanza ineficaz del agua	73
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LAS SEQUÍAS HISTÓRICAS Y SUS IMPACTOS.....		74
3.1.	Las sequías en el pasado y sus efectos en la población	74
3.2.	Análisis y caracterización de las sequías meteorológicas	80
3.2.1.	Comportamiento histórico de la lluvia	83
3.2.2.	Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)	87
3.3.	Análisis y caracterización de las sequías hidrológicas	94
3.3.1.	Comportamiento histórico de las aportaciones de agua a las presas de almacenamiento	96

3.3.2. Índice Hidrológico de Sequía (SDI)	100
3.4. Impacto de las sequías hidrológicas en los distritos de riego	105
3.5. Conclusiones del capítulo.....	110
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD ANTE LA SEQUÍA	112
4.1. Análisis de la vulnerabilidad por células de planeación	112
4.1.1. Grado de exposición (Factor 1)	114
4.1.2. Sensibilidad (Factor 2)	116
4.1.3. Capacidad de adaptación (Factor 3)	117
4.1.4. Índice global de sequías	118
4.2. Análisis de la vulnerabilidad del sector hídrico.....	120
CAPÍTULO 5. ETAPAS, INDICADORES Y UMBRALES DE LA SEQUÍA	123
5.1. Etapas de la sequía.....	123
5.2. Protocolo para la declaración de emergencia por sequía	124
5.3. El sistema de indicadores y definición de umbrales.....	126
5.4. Indicadores y umbrales de sequía para los distritos de riego	130
5.4.1. Distrito de riego 016 Estado de Morelos	132
5.4.2. Distrito de riego 030 Valsequillo, Pue	134
5.4.3. Distrito de riego 045 Tuxpan	137
5.4.4. Distrito de riego 056 Atoyac-Zahuapan, Tlax	143
5.4.5. Distrito de Riego 057 Amuco-Cutzamala, Gro	146
5.4.6. Distrito de Riego 068 Tepecoacuilco-Quechultenango, Gro	154
5.4.7. Distrito de Riego 097 Lázaro Cárdenas, Mich	157
5.4.8. Distrito de Riego 098 José Ma. Morelos, Mich	163
5.4.9. Distrito de Riego 099 Quitupán-Magdalena, Mich	166
CAPÍTULO 6. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA	169
6.1. Medidas para prevenir y mitigar los efectos de la sequía.....	169
6.2. Medidas para alcanzar la sustentabilidad hídrica en la cuenca.....	179
6.3. Campaña pública de información y sensibilización.....	186
CAPÍTULO 7. PROGRAMA DE RESPUESTA A LAS ETAPAS DE LA SEQUÍA	188
7.1. Acciones a implementar en cada etapa de la sequía.....	188
CAPÍTULO 8. SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	194

8.1. Sistema de indicadores de seguimiento	194
8.1.1. Características de los indicadores	194
8.1.2. Tipos de indicadores	194
8.1.3. Indicadores del ámbito de la previsión	195
8.1.4. Indicadores del ámbito operativo	196
8.1.5. Indicadores del ámbito organizativo y de gestión	197
8.2. Informe postseguía	197
8.3. Revisión y actualización del programa	197
8.4. Proceso de revisión pública	198
8.5. Necesidades de investigación identificadas	198
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES	200
BIBLIOGRAFÍA	202

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Evolución del impacto de la sequía.....	6
Figura 1. 2 Consejos de cuenca a nivel nacional.....	8
Figura 1. 3 Organigrama del Consejo de Cuenca del Río Balsas.	10
Figura 2. 1 Ubicación de la RH Balsas en la República Mexicana.	14
Figura 2. 2 Delimitación de la RH Balsas en los estados de la República Mexicana.....	15
Figura 2. 3 Subregiones hidrológicas que conforman la RH Balsas.	16
Figura 2. 4 Fisiografía de la RH Balsas.....	17
Figura 2. 5 Tipos de suelos presentes en la RH Balsas.....	19
Figura 2. 6 Usos del suelo en la RH Balsas.....	21
Figura 2. 7 Distribución mensual de la lluvia en la RH Balsas.....	22
Figura 2. 8 Isoyetas de la RH Balsas.....	23
Figura 2. 9 Tipos de climas presentes en la RH Balsas.....	24
Figura 2. 10 Cuencas hidrológicas que conforman la RH Balsas.....	27
Figura 2. 11 Principales ríos de la RH Balsas.....	28
Figura 2. 12 Acuíferos de la RH Balsas.....	34
Figura 2. 13 Distribución porcentual por uso de aguas superficiales en la RH Balsas.....	38
Figura 2. 14 Distribución porcentual por uso de aguas superficiales en la RH Balsas (sin considerar el uso de generación de energía eléctrica).....	39
Figura 2. 15 Puntos de extracción de aguas superficiales registrados en la RH Balsas.	39
Figura 2. 16 Puntos de extracción de aguas subterráneas registrados en la RH Balsas.....	40
Figura 2. 17 Principales presas de la RH Balsas.....	42
Figura 2. 18 Distritos de riego ubicados en la RH Balsas.....	44
Figura 2. 19 Porcentajes de cobertura de agua potable en la RH Balsas.....	48
Figura 2. 20 Porcentajes de cobertura de drenaje en la RH Balsas.....	50
Figura 2. 21 Distribución porcentual de la población en la RH Balsas por entidad federativa.	51
Figura 2. 22 Localidades rurales y urbanas en la RH Balsas.....	53
Figura 2. 23 Proyección de la población de la RH Balsas.....	55
Figura 2. 24 Distribución de la PEA por sector y subregión en la RH Balsas.....	56
Figura 2. 25 Impacto del PIB de la RH Balsas en el contexto nacional (miles de pesos de 2011).....	57
Figura 2. 26 Porcentaje del PIB de la RH Balsas por entidad federativa.....	58
Figura 2. 27 Porcentajes de población según su grado de marginación en la RH Balsas.....	61
Figura 2. 28 Grados de marginación por municipio en la RH Balsas.....	61
Figura 2. 29 Perfil del Sistema Cutzamala.....	67
Figura 3. 1 Superficies de cultivos afectados por sequía y montos indemnizados por año en la Cuenca del Río Balsas (2005-2011).....	79

Figura 3. 2 Superficies de cultivos afectados por sequía y montos indemnizados por estado en la Cuenca del Río Balsas (2005-2011).....	80
Figura 3. 3 Ubicación de las estaciones climatológicas representativas.....	81
Figura 3. 4 Gráficas de precipitación pluvial de algunas estaciones meteorológicas seleccionadas.....	85
Figura 3. 5 Comportamiento histórico de la precipitación total anual en la cuenca del río Balsas (1980-2012).....	86
Figura 3. 6 Precipitación acumulada promedio y para los años más seco (1981) y más húmedo (1982) en la cuenca del río Balsas.....	87
Figura 3. 7 Gráficas del SPI-3 meses para estaciones climatológicas representativas de la cuenca del río Balsas (1980-2012).....	90
Figura 3. 8 Distribución porcentual de los meses por tipo de sequía meteorológica en la cuenca del río Balsas (1980-2012).....	92
Figura 3. 9 Mapas del SPI a 3, 6 y 12 meses correspondientes al mes de octubre de los años 2010, 2011 y 2012 en la Cuenca del Río Balsas.....	94
Figura 3. 10 Ubicación de las presas de almacenamiento analizadas.....	95
Figura 3. 11 Gráficas de aportaciones históricas de agua a las presas de almacenamiento....	97
Figura 3. 12 Comportamiento histórico de las aportaciones de agua a las principales presas de riego en la cuenca del río Balsas (1980-2012).....	99
Figura 3. 13 Gráficas del Índice Hidrológico de Sequía (SDI) para cada una de las presas de almacenamiento analizadas.....	101
Figura 3. 14 Distribución porcentual de los años por tipo de sequía hidrológica en la cuenca del río Balsas.....	104
Figura 3. 15 Variabilidad del volumen bruto utilizado para irrigación, por ciclo agrícola, en los distritos de riego de la Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).....	106
Figura 3. 16 Volumen bruto total utilizado para irrigación, por ciclo agrícola, en los distritos de riego de la Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).....	107
Figura 3. 17 Variabilidad de las superficies irrigadas, por ciclo agrícola, en los distritos de riego de la Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).....	108
Figura 3. 18 Superficie total irrigada, por ciclo agrícola, en los distritos de riego de la Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).....	110
Figura 4. 1 Células de planeación de la Cuenca del Río Balsas.....	113
Figura 4. 2 Factores que determinan la vulnerabilidad.....	114
Figura 4. 3 Grado de vulnerabilidad ante las sequías en el Consejo de Cuenca del Río Balsas.....	119
Figura 4. 4 Evolución de los índices de vulnerabilidad ante la sequía en el Consejo de Cuenca del Río Balsas (2002-2009).....	122
Figura 5. 1 Esquema ilustrativo de la evolución de la intensidad de la sequía en sus diferentes etapas.....	124
Figura 5. 2 Esquema ilustrativo del momento de expedición de los Acuerdos de inicio y término de la emergencia por sequía.....	125

Figura 5. 3 Elementos para la definición del índice de estado (I_e).....	128
Figura 5. 4 Clasificación convencional del índice de estado, en función de su valor adimensional.....	129
Figura 5. 5 Croquis del distrito de riego 016 Estado de Morelos.....	132
Figura 5. 6 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa El Rodeo.....	134
Figura 5. 7 Croquis del distrito de riego 030 Valsequillo, Puebla.....	135
Figura 5. 8 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Manuel Ávila Camacho.....	137
Figura 5. 9 Croquis del distrito de riego 045 Tuxpan, Mich.....	138
Figura 5. 10 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Agostitlán.....	140
Figura 5. 11 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Pucuató.....	142
Figura 5. 12 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Sabaneta.....	143
Figura 5. 13 Distrito de riego 056 Atoyac-Zahuapan, Tlax.....	144
Figura 5. 14 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa San José Atlanga.....	146
Figura 5. 15 Croquis del distrito de riego 057 Amuco-Cutzamala, Gro.....	147
Figura 5. 16 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Vicente Guerrero.....	149
Figura 5. 17 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Andrés Figueroa.....	151
Figura 5. 18 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa La Calera.....	153
Figura 5. 19 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa El Gallo.....	154
Figura 5. 20 Croquis del distrito de riego 068 Tepecoatlilco-Quechultenango, Gro.....	155
Figura 5. 21 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Valerio Trujano.....	157
Figura 5. 22 Croquis del distrito de riego 097 Lázaro Cárdenas, Mich.....	158
Figura 5. 23 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Constitución de Apatzingán (Chilatlán).....	160
Figura 5. 24 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Zicuirán.....	161
Figura 5. 25 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Los Olivos.....	162
Figura 5. 26 Croquis del distrito de riego 098 José María Morelos, Mich.....	163
Figura 5. 27 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa José María Morelos (La Villita).....	165
Figura 5. 28 Croquis del distrito de riego 099 Quitupán-La Magdalena, Mich.....	166
Figura 5. 29 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa San Juanico.....	168
Figura 6. 1 Clasificación de las medidas preventivas y de mitigación de la sequía en función de la intensidad de la sequía y de los niveles de estado.....	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Número de municipios y superficie por entidad federativa y subregión hidrológica en la RH Balsas.....	16
Tabla 2. 2 Tipos de suelos presentes en la RH Balsas.	18
Tabla 2. 3 Usos del suelo en la RH Balsas.	20
Tabla 2. 4 Principales características climáticas de la RH Balsas.....	21
Tabla 2. 5 Tipos de climas presentes en la RH Balsas, según la clasificación climática Köppen.....	24
Tabla 2. 6 Subregiones y cuencas hidrológicas que integran la RH Balsas.	26
Tabla 2. 7 Principales lagos y lagunas de la RH Balsas.....	30
Tabla 2. 8 Escurrimiento natural por cuenca hidrológica en la RH Balsas.....	30
Tabla 2. 9 Volumen medio anual de escurrimiento hacia aguas abajo de las cuencas que integran la RH Balsas (hm ³).....	32
Tabla 2. 10 Disponibilidad media anual de agua superficial de las cuencas que integran la RH Balsas (hm ³).....	33
Tabla 2. 11 Volúmenes de recarga y extracción de aguas subterráneas por acuífero en la RH Balsas. .	34
Tabla 2. 12 Disponibilidad de aguas subterráneas de los acuíferos de la RH Balsas publicados en el DOF (cifras en hm ³ /año).....	36
Tabla 2. 13 Usos del agua en la RH Balsas.	38
Tabla 2. 14 Principales presas de la RH Balsas.....	41
Tabla 2. 15 Centrales hidroeléctricas de la CFE en la RH Balsas.....	42
Tabla 2. 16 Distritos de riego de la RH Balsas.....	43
Tabla 2. 17 Canales, caminos y drenes de los distritos de riego de la RH Balsas (km).	44
Tabla 2. 18 Estadísticas de producción agrícola de los distritos de riego, año agrícola 2011-2012.....	45
Tabla 2. 19 Superficie regada y volumen de agua distribuido en los distritos de riego, año agrícola 2011-2012.	46
Tabla 2. 20 Plantas potabilizadoras municipales en la RH Balsas.....	46
Tabla 2. 21 Plantas potabilizadoras más significativas de la RH Balsas.	47
Tabla 2. 22 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en la RH Balsas.....	49
Tabla 2. 23 Principales plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en la RH Balsas.....	49
Tabla 2. 24 Distribución de la población en la RH Balsas por entidad federativa y subregión hidrológica.	51
Tabla 2. 25 Zonas metropolitanas de la RH Balsas.	52
Tabla 2. 26 Población rural y urbana en la RH Balsas.....	53
Tabla 2. 27 Proyección de la población total 2010-2030 en la RH Balsas.	54
Tabla 2. 28 Distribución de la población económicamente activa (PEA) en la RH Balsas.	55
Tabla 2. 29 Conformación del PIB de la RH Balsas (miles de pesos de 2011).	57
Tabla 2. 30 Principales indicadores de bienestar en la RH Balsas al 2010, comparativamente con los indicadores nacionales.....	59
Tabla 2. 31 Índices y grados de marginación en la RH Balsas.....	60
Tabla 2. 32 Número de habitantes de la RH Balsas según su grado de marginación.....	60
Tabla 2. 33 Volumen máximo posible a ser asignado a las entidades para los usos doméstico y público urbano.....	64

Tabla 2. 34 Volumen asignado por la CONAGUA a los municipios beneficiados por el Decreto que modifica la veda del río Balsas, amparado por los títulos entregados a los alcaldes el 05 de octubre de 2011.....	65
Tabla 3. 1 Sequías registradas históricamente en estados y municipios que conforman el Consejo de Cuenca del Río Balsas.....	74
Tabla 3. 2 Relación de estaciones climatológicas representativas.....	81
Tabla 3. 3 Estadísticas básicas de precipitación pluvial de las estaciones climatológicas representativas.....	83
Tabla 3. 4 Interpretación de los valores del SPI.....	88
Tabla 3. 5 Clasificación de la sequía de acuerdo con los valores del SPI.....	89
Tabla 3. 6 Clasificación de sequías según el SPI en estaciones climatológicas representativas de la cuenca del río Balsas.....	91
Tabla 3. 7 Valores característicos de las sequías según el SPI en estaciones meteorológicas representativas de la cuenca del río Balsas.....	93
Tabla 3. 8 Distritos de riego, ríos y presas de almacenamiento analizadas.....	96
Tabla 3. 9 Estadísticas básicas de las aportaciones a las presas de almacenamiento.....	97
Tabla 3. 10 Interpretación de los valores del SDI.....	101
Tabla 3. 11 Clasificación de sequías hidrológicas en la cuenca del río Balsas.....	103
Tabla 3. 12 Períodos de sequía hidrológica más prolongados y años más secos registrados en cada presa de almacenamiento.....	105
Tabla 4. 1 Células de planeación de la Cuenca del Río Balsas.....	113
Tabla 4. 2 Factor 1a: relación brecha hídrica 2030/oferta sustentable.....	115
Tabla 4. 3 Factor 1b: frecuencia de sequías por tipo.....	116
Tabla 4. 4 Factores 2a y 2b: Población al año 2030 y Producto Interno Bruto (PIB).....	117
Tabla 4. 5 Factor 2c: Impacto económico en la agricultura.....	117
Tabla 4. 6 Factor 3a: Sobreexplotación de acuíferos.....	118
Tabla 4. 7 Cálculo global del grado de vulnerabilidad en las células de planeación.....	118
Tabla 4. 8 Indicadores para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía.....	120
Tabla 4. 9 Evolución de los índices de vulnerabilidad ante la sequía en el Consejo de Cuenca del Río Balsas (2002-2011).....	121
Tabla 5. 1 Valores convencionales de la sequía en función del déficit de agua.....	124
Tabla 5. 2 Valores del índice de estado (I_e) y niveles de sequía correspondientes.....	128
Tabla 5. 3 Metas de reducción de la demanda de agua en las presas de los distritos de riego en función del valor del índice de estado al inicio del año agrícola.....	131
Tabla 5. 4 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa El Rodeo.....	133
Tabla 5. 5 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Manuel Ávila Camacho.....	136
Tabla 5. 6 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Agostitlán.....	139
Tabla 5. 7 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Pucuateo.....	141
Tabla 5. 8 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Sabaneta.....	142
Tabla 5. 9 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa San José Atlanga.....	145
Tabla 5. 10 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Vicente Guerrero.....	148
Tabla 5. 11 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Andrés Figueroa.....	150

Tabla 5. 12 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa La Calera.....	151
Tabla 5. 13 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa El Gallo.....	153
Tabla 5. 14 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Valerio Trujano.....	156
Tabla 5. 15 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Constitución de Apatzingán (Chilatán).....	159
Tabla 5. 16 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Zicuirán.....	160
Tabla 5. 17 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Los Olivos.....	162
Tabla 5. 18 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa José María Morelos (La Villita).	164
Tabla 5. 19 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa San Juanico.....	167
Tabla 6. 1 Medidas preventivas y de mitigación de la sequía por el lado de la oferta de agua.....	170
Tabla 6. 2 Medidas preventivas y de mitigación de la sequía por el lado de la demanda de agua.....	175
Tabla 6. 3 Medidas para alcanzar la sustentabilidad hídrica en el Consejo de Cuenca del Río Balsas, por el lado de la oferta.....	181
Tabla 6. 4 Medidas para alcanzar la sustentabilidad hídrica en el Consejo de Cuenca del Río Balsas, por el lado de la demanda.....	182
Tabla 6. 5 Medidas administrativas adicionales relacionadas con la demanda.....	185
Tabla 7. 1 Etapas progresivas de una sequía y acciones básicas para afrontarla en el Consejo de Cuenca del Río Balsas.....	188
Tabla 8. 1 Sistema de indicadores del ámbito operativo.....	196

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AA2030	Agenda del Agua 2030
BANOBRAS	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos
CC	Consejo de Cuenca
CCRB	Consejo de Cuenca del Río Balsas
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CONAGUA	Comisión Nacional de Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CTOOH	Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas
COTAS	Comité Técnico de Aguas Subterráneas
COVI	Comisión de Operación y Vigilancia
DETENAL	Dirección de Estudios del Territorio Nacional
DOF	Diario Oficial de la Federación
DR	Distrito de Riego
ERIC	Extractor Rápido de Información Climatológica
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>)
FONDEN	Fondo de Desastres Naturales
GEO	Grupo Especializado de Ordenamiento
GEP	Grupo Especializado de Programación
GES	Grupo Especializado de Saneamiento
GET	Grupo Especializado de Trabajo
GSE	Grupo de Seguimiento y Evaluación
GTD	Grupo Técnico Directivo
I_e	Índices de Estado
I_f	Índice de Escurrimiento
I_{emb}	Índice de Embalse
IEM	Índice de Estado Mixto
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
LAN	Ley de Aguas Nacionales
NMDC	Centro Nacional de Mitigación de la Sequía (<i>National Drought Mitigation Center</i>)
NADM	Monitor de Sequía de América del Norte (<i>North American Drought Monitor</i>)
NOM	Norma Oficial Mexicana
OC	Organismo de Cuenca
PEA	Población Económicamente Activa
PHR	Programa Hídrico Regional
PHR Balsas	Programa Hídrico Regional Visión 2030 de la Región Hidrológico-Administrativa IV Balsas
PIB	Producto Interno Bruto
PMPMS	Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía
PRONACOSE	Programa Nacional Contra la Sequía
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
RH	Región Hidrológica
RH Balsas	Región Hidrológica del Río Balsas

RHA Región Hidrológico-Administrativa
RHA IV Balsas Región Hidrológico-Administrativa IV Río Balsas
SDI Índice Hidrológico de Sequía (*Stream Drought Index*)
SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SE Secretaría de Economía
SEDESOL Secretaría de Desarrollo Social
SEGOB Secretaría de Gobernación
SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SHCP Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SMN Servicio Meteorológico Nacional
SPI Índice de Precipitación Estandarizado (*Standardized Precipitation Index*)
SS Secretaría de Salud
UNESCO Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*)
ZMCM Zona Metropolitana de la Ciudad de México

PRESENTACIÓN

La recurrencia de fenómenos climatológicos adversos repercute negativamente en los diferentes sectores sociales y económicos del país, pero sobre todo en los sectores más vulnerables, como son los habitantes de las poblaciones rurales marginadas y los productores del campo. La sequía es uno de los fenómenos naturales más complejos y que afecta a más personas en el mundo. Además de sus efectos directos en la producción, la sequía puede perturbar el abastecimiento de agua para consumo humano, obligar a las poblaciones a emigrar e incluso, en casos extremos, puede causar hambrunas y muerte de personas. A diferencia de otros fenómenos naturales cuyos impactos son locales y de corto plazo, las sequías abarcan grandes áreas geográficas y sus consecuencias pueden prevalecer por varios años, con un efecto negativo en la calidad de vida y en el desarrollo de las poblaciones afectadas.

En las últimas décadas, debido a la importancia que se le ha dado al estudio de los fenómenos del calentamiento global y del cambio climático, se han analizado con gran atención los cambios que se pueden presentar en los climas globales y locales, especialmente en los puntos críticos del ciclo hidrológico. Los estudios realizados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), indican que el ciclo del agua se verá afectado en los próximos años: cambiará la distribución de las lluvias y aumentará la frecuencia de condiciones atmosféricas extremas tanto húmedas como secas; de hecho, comentan los expertos, un buen ejemplo de estas variaciones climáticas en México son las frecuentes sequías severas que se presentan desde fines del siglo pasado.

Entonces, dado que los modelos de predicción climática a nivel mundial indican una tendencia hacia el incremento de la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos, es evidente la necesidad de mejorar su conocimiento y comprender la forma de enfrentarlos.

Con respecto a la sequía, sus impactos dependen directamente de la vulnerabilidad y de la habilidad de las comunidades y los gobiernos para enfrentar el fenómeno, lo que a su vez está influido por las condiciones socioeconómicas, productivas y de calidad de recursos de las poblaciones. De ahí el interés del presente documento, denominado “Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas (PMPMS-CRB)”, el cual es resultado de un proyecto de investigación que tiene como propósito contribuir a minimizar los impactos sociales, económicos y ambientales de eventuales situaciones de sequía en la cuenca, mediante el planteamiento de una serie de medidas preventivas y estrategias de mitigación y respuesta que permiten conducir a una gestión apropiada del riesgo, es decir, de la probabilidad de verse afectada por este fenómeno natural. En este sentido, el presente informe puede ser utilizado como un instrumento de planeación que sirva de base para la adecuada toma de decisiones en el seno del Consejo de Cuenca del Río Balsas, sobre las acciones específicas que pueden ser implementadas para combatir los efectos de la sequía en los diferentes sectores usuarios del agua (agrícola, industrial, doméstico, público urbano).

A partir de series históricas de datos hidrométricos y climatológicos, se realizó el análisis de las sequías históricas y sus impactos y se evaluó la vulnerabilidad ante la sequía en las distintas regiones de la cuenca, y posteriormente se determinaron una serie acciones que pueden ser implementadas en el marco del Consejo de Cuenca para afrontar la sequía en tres sentidos: antes de que ocurra el fenómeno (medidas estratégicas), cuando apenas inicia (medidas tácticas), o cuando ya está presente (medidas de emergencia). Las diversas medidas pueden ser, indistintamente, de corto, mediano y largo plazos; su consideración está en función de la intensidad del fenómeno, de los impactos que cause, y de los recursos disponibles para invertir. Muchas de las medidas propuestas en este documento son de tipo estructural y son necesarias para ahorrar agua y recuperar volúmenes; no obstante, como se ha visto históricamente y es una realidad, gran parte de los efectos de la sequía son consecuencias derivadas de

las fallas en la gestión del agua. Por ello, el informe también incluye una serie detallada de acciones para gestionar el riesgo de sequía y afrontar el fenómeno en sus distintas etapas, desde moderada hasta excepcional.

Así, de manera sintetizada, el informe está estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se presenta un planteamiento general del problema de investigación, incluyendo algunos antecedentes sobre el fenómeno de la sequía, así como conceptos básicos y consideraciones previas para comprenderlo; igualmente se incluye el marco legal e institucional, así como los fundamentos para la administración de las aguas nacionales en el marco de los Consejos de Cuenca, haciendo énfasis en las características del Consejo de Cuenca del Río Balsas; finalmente, en este capítulo se presentan los objetivos general y particulares del plan.

En el Capítulo 2 se presenta la caracterización física (ubicación geográfica; fisiografía; tipos de suelo; usos del suelo y vegetación; climatología; hidrología superficial y subterránea; balance hidrológico superficial y subterráneo; disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas; usos del agua e infraestructura) y socioeconómica (distribución de la población; población rural y urbana; proyecciones de la población; población económicamente activa; producto interno bruto; etc.) de la cuenca del río Balsas, así como algunos aspectos normativos importantes que rigen la gestión y el uso del agua en la cuenca, incluyendo un apartado específico dedicado a analizar la problemática más relevante identificada.

En el Capítulo 3 se realiza un análisis de las sequías históricas y sus impactos en el territorio de la Cuenca del Río Balsas. Para ello, se hace una revisión documental sobre las sequías registradas en el pasado y sus efectos en la población, y se efectúa el análisis del comportamiento histórico de la lluvia y de las aportaciones de agua a las principales presas de almacenamiento, con lo cual se realiza la caracterización de los períodos de sequía meteorológica e hidrológica, mediante el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Índice Hidrológico de Sequía (SDI), respectivamente. Finalmente, se hace una evaluación del impacto que han tenido los períodos deficitarios de agua en la producción agrícola de los distritos de riego.

En el Capítulo 4 se realiza el análisis de la vulnerabilidad ante la sequía en el marco de la Cuenca del Río Balsas, con base en la premisa de que una estrategia de adaptación al fenómeno debe partir del diagnóstico de vulnerabilidad, el cual facilita la propuesta de acciones que se reflejen en una reducción significativa del riesgo. Para ello, se utilizan dos metodologías: la desarrollada por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) que tiene como propósito la identificación espacial y jerarquización de las áreas geográficas que tienen una mayor vulnerabilidad ante la sequía; y la propuesta por la propia CONAGUA (2012) 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.

En el Capítulo 5 se describen las etapas de la sequía que se utilizan para clasificar el grado de intensidad del fenómeno y se presenta el protocolo para la declaración de emergencia por sequía de acuerdo con los *Lineamientos* publicados por la CONAGUA en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 22 de noviembre de 2012. Asimismo, se proponen los indicadores a aplicar en cada sistema de explotación – en este caso para cada distrito de riego–, en función de las características del mismo y de los datos disponibles en cada uno de ellos. Para la selección de indicadores se ha tenido en cuenta la disponibilidad y agilidad de actualización de los datos, que condicionan la periodicidad de los informes de estado. Por ello, se han considerado como posibles indicadores las aportaciones de agua a las presas de almacenamiento y los volúmenes de los embalses, principalmente.

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

En el Capítulo 6 se presenta una serie de medidas preventivas y de mitigación de la sequía que pueden ser implementadas para afrontar adecuadamente el fenómeno y mitigar sus impactos en los diferentes sectores usuarios del agua, tomando en cuenta que la finalidad del PMPMS-CCRB es precisamente anticiparse a las sequías, previendo soluciones para satisfacer las demandas, evitando situaciones de desabasto de agua y conflictos entre usuarios por el uso del vital líquido. El riesgo no puede eliminarse por completo pero este programa es útil para mitigar considerablemente sus efectos, para lo cual es necesario fortalecer e implementar medidas que reduzcan los impactos causados por el déficit hídrico en el corto y largo plazos.

En el Capítulo 7 se incluye el programa detallado sobre las acciones a implementar en cada etapa de la sequía en función del avance progresivo del fenómeno, las cuales pueden ser implementadas por los administradores y autoridades del agua (Consejo de Cuenca, Organismo de Cuenca y Organismos Operadores de Agua Potable, etc.) y por los propios usuarios (domésticos, agrícolas, industriales, etc.), ya sea de manera individual o colectiva, según sea el caso. En cada cambio de estado o etapa de la sequía las acciones a aplicar así como las sanciones por su inobservancia son más rigurosas. Lo que se pretende es que se minimicen los impactos económicos, sociales y ambientales asociados al fenómeno de la sequía y que se reduzcan o se eviten por completo los conflictos por el uso del agua entre los diferentes usuarios, garantizando en todo momento el abastecimiento del vital líquido para los usos más esenciales (consumo humano y uso doméstico).

En el Capítulo 8 se describe el sistema de seguimiento y evaluación del PMPMS, para identificar con oportunidad los efectos adversos no previstos y permitir llevar a cabo las medidas adecuadas para evitarlos. Este capítulo se centra en el sistema de indicadores previsto para efectuar el seguimiento de la aplicación de las medidas del programa y sus efectos. El sistema de seguimiento tiene por objeto la comprobación del cumplimiento de las medidas preventivas y de mitigación de la sequía previstas en este documento, así como la valoración de las desviaciones producidas y las propuestas para ajustar las medidas y determinaciones del programa o, en su caso, la propuesta de revisión del mismo.

Finalmente, en el Capítulo 9 se presentan las principales conclusiones derivadas de los distintos análisis realizados en este documento; y posteriormente se incluyen, en última instancia, la relación de fuentes bibliográficas consultadas para la elaboración del programa y los anexos del mismo.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Desde siempre, la sequía ha sido una amenaza para la supervivencia de la humanidad. Con frecuencia ha sido la causa de migraciones masivas, hambrunas y guerras, e incluso ha llegado a alterar el curso de la historia misma. Hoy en día, la sequía sigue afectando a la población mundial de diferentes maneras, y es considerada como el fenómeno natural que afecta a más personas que cualquier otro desastre natural en el planeta. No obstante, la sequía es un fenómeno complejo y es quizá el menos comprendido de todos los peligros naturales. De hecho, todavía se están descubriendo las complejas interrelaciones entre la sequía y la sociedad, y se están implementando diversas estrategias de respuesta y mitigación que permitan reducir los impactos del fenómeno y, por lo tanto, la vulnerabilidad de las generaciones futuras.

En México, donde la agricultura de riego y de temporal es una fuente importante de empleo y de ingreso económico de la población, el problema de la sequía ha sido una cuestión recurrente y persistente a lo largo de su historia, tal como lo muestran los registros documentados de las sequías ocurridas incluso desde antes de la colonización española. Y aun cuando no se conocen con exactitud las fechas en que acontecieron las sequías en la antigüedad, se sabe que sus efectos fueron hambre, migración y muerte, que alteraban no sólo la actividad agrícola, sino la vida misma de las comunidades.

En las últimas décadas, ante la presencia de varios años deficitarios de lluvias, las sequías han asolado grandes extensiones agrícolas y comunidades rurales, propiciando severos desajustes en la economía regional y nacional, como ocurrió durante la sequía de 2011-2012, la cual ya ha sido considerada como la más severa de los últimos 70 años, pues afectó en distintos grados al 80% del territorio nacional y generó pérdidas millonarias en los diferentes sectores económicos, siendo el sector agropecuario el más afectado por su ineludible dependencia del agua para la producción (Ortega-Gaucin, 2012).

Aunque los estados de la república mexicana que históricamente han sido más afectados por la sequía se ubican en el norte, lo cierto es que otras regiones como el área comprendida en la cuenca del río Balsas (que abarca parte de los estados de Guerrero, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala) no han sido la excepción y también han resultado afectadas por las sequías recurrentes, donde sus efectos son básicamente de tipo económico: pérdidas de cosechas, muerte de ganado y alzas de precios en los productos agropecuarios como consecuencia de la disminución de la oferta de los mismos.

No obstante, a pesar de la frecuencia y recurrencia de las sequías en México, históricamente la atención a los efectos causados por este fenómeno se ha basado en un enfoque reactivo, donde lo primordial ha sido la atención de la crisis y no la gestión del riesgo. Es decir, en las últimas décadas se han aplicado medidas y acciones de respuesta “emergentes” sólo después de que se conocen los estragos causados por la sequía, sin el tiempo necesario para planear y evaluar adecuadamente las opciones y los recursos disponibles para afrontar el fenómeno. Por ello, a partir de ahora se adopta un enfoque proactivo basado en la gestión del riesgo, es decir, en el diseño de medidas y estrategias que se pondrán en marcha antes, durante y después de la ocurrencia de una sequía para prevenir y mitigar el nivel de exposición al riesgo y, por lo tanto, la vulnerabilidad a los impactos.

En este contexto, el presente documento constituye lo que es propiamente el informe sobre el Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas (PMPMS-CRB), el cual es un instrumento que puede servir de base para la adecuada toma de decisiones en el seno de este Consejo de Cuenca sobre las medidas y estrategias que pueden ser implementadas para combatir los efectos de la sequía en los diferentes sectores usuarios del agua. Para su formulación, se han tomado en cuenta los conceptos básicos y consideraciones previas que se presentan a continuación.

1.2. Conceptos básicos y consideraciones previas

En primer lugar es importante definir a qué nos referimos con el término sequía, diferenciándolo de otros conceptos similares como la aridez (característica climática permanente) y la escasez (relacionado con el nivel de demanda de agua en una zona determinada).

Se reconoce, en general, que la sequía es un fenómeno climático que ocurre cuando la precipitación y/o la disponibilidad del agua en un período de tiempo y en una región dados, son menores que el promedio histórico registrado, y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para impedir que se satisfagan las distintas necesidades humanas y de los ecosistemas (Velasco, 2005; Ortega-Gaucin, 2012). Sin embargo, la complejidad del fenómeno condiciona que no exista una definición del mismo universalmente aceptada. Se asocia con la ausencia de agua en sus distintas facetas: falta de lluvia, carencia de humedad del suelo, disminución de reservas en embalses y acuíferos, etc., incrementándose la complejidad del impacto a medida que aumenta la escasez de precipitaciones.

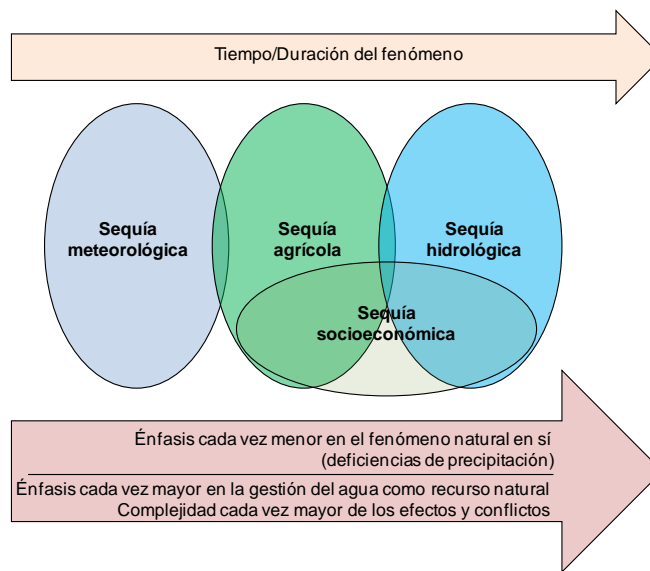
Según el tipo de impactos o consecuencias que produce la sequía, se pueden distinguir las siguientes definiciones aplicadas al concepto:

- **Sequía meteorológica:** disminución de la precipitación respecto al valor medio regional en un plazo de tiempo determinado. Es por tanto un dato de referencia regional que varía en función de las características climáticas de cada región y que no se puede extrapolar de unas regiones a otras.
- **Sequía agrícola:** déficit de humedad en el suelo para satisfacer las necesidades de crecimiento de un cultivo determinado en cualquiera de sus fases de crecimiento. Dado que la cantidad de agua es diferente para cada cultivo, e incluso puede variar a lo largo del crecimiento de una misma planta, no es posible establecer umbrales de sequía agrícola válidos ni tan siquiera para un área geográfica. En zonas de cultivos de secano esta sequía va ligada a la sequía meteorológica, con un pequeño desfase temporal dependiente de la capacidad de retención de humedad del suelo edáfico. En zonas irrigadas la sequía agrícola está más vinculada a la sequía hidrológica.
- **Sequía hidrológica:** disminución en las disponibilidades de aguas superficiales y subterráneas en un sistema hidráulico o hidrológico durante un plazo temporal dado respecto a los valores medios, que puede impedir cubrir las demandas de agua al ciento por ciento. A diferencia de la sequía agrícola, que tiene lugar poco tiempo después de la meteorológica, la sequía hidrológica puede demorarse durante meses o algún año desde el inicio de la escasez pluviométrica o si las lluvias retornan en poco tiempo, no llegar a manifestarse.
- **Sequía socioeconómica:** se produce cuando la escasez física de agua empieza a afectar a las personas y a su actividad económica, ya sea de forma individual o colectiva. La ausencia de afectación o su minimización constituye el éxito de gestión. Para hablar de sequía socioeconómica no es necesario que se produzca una restricción del suministro de agua, sino que basta con que algún sector económico se vea afectado por la escasez hídrica con

consecuencias económicas desfavorables. La creciente presión de la actividad humana sobre el recurso agua hace que cada vez sea mayor la incidencia de la sequía socioeconómica, con pérdidas económicas crecientes.

Por lo tanto, la secuencia temporal es: sequía meteorológica, a continuación sequía agrícola, luego la sequía hidrológica y, finalmente, la sequía socioeconómica, aunque ésta última está íntimamente relacionada con la sequía agrícola y la hidrológica (Figura 1.1). La capacidad de gestionar los recursos hídricos hace que las consecuencias de la sequía hidrológica no dependan exclusivamente de los caudales que escurren en ríos y manantiales, sino también del volumen de agua almacenado en los embalses y acuíferos, es decir, de la manera en que se gestionen estas reservas.

Figura 1. 1 Evolución del impacto de la sequía.



Fuente: adaptada de NDMC (2002).

Sea cual sea la definición de sequía considerada, es importante tener en cuenta que la **sequía** consiste en un periodo de escasez temporal de agua frente a las condiciones habituales; mientras que la **aridez** es una característica climática natural en regiones de baja precipitación, y por tanto permanente.

Por tanto, si el déficit de agua es transitorio, provocado por una sequía, se aplicarán medidas temporales, mientras que si el déficit es permanente requiere acciones a largo plazo integradas en la planificación hidrológica general, bien sobre la oferta de recursos o sobre la gestión de la demanda.

1.3. La administración de las aguas nacionales

Para la administración del agua en México, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en el Artículo 4º, Fracción XVI, Inciso b), señala que la "Cuenca Hidrológica" es también una "Región Hidrológico-Administrativa", y la describe como el área territorial definida de acuerdo con criterios hidrológicos, integrada por una o varias regiones hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como *la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos* y el municipio representa, como en otros instrumentos jurídicos, la unidad mínima de gestión administrativa en el país.

La autoridad en materia de agua es la CONAGUA, conforme a sus atribuciones legales actúa en el ámbito nacional en dos niveles: el nacional y el regional hidrológico-administrativo. En el ámbito nacional

actúa como representante de la nación en su carácter de titular de las aguas como bienes nacionales. En el ámbito regional tiene un papel subsidiario y normativo, a través de sus funciones dentro de los trece Organismos de Cuenca (OC), a cargo de las Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA) en que se ha dividido al país, y de su participación en la toma de decisiones en las cuencas y en los acuíferos del país.

El Organismo de Cuenca (OC) es la unidad técnica, administrativa y jurídica especializada, con carácter autónomo, adscrita directamente al titular de la CONAGUA, cuyas atribuciones se establecen en la LAN y sus reglamentos, cuyos recursos y presupuesto específicos son determinados por la CONAGUA.

Las Regiones Hidrológico-Administrativas tienen asociadas superficies delimitadas de forma natural, política y administrativa. A la delimitación natural le corresponde la región hidrológica, las subregiones hidrológicas, cuencas y acuíferos. La delimitación política está conformada por los estados y municipios; y la administrativa por Consejos de Cuenca. Para coordinar el proceso de la gestión integrada del agua en las Regiones Hidrológico-Administrativas, los Organismos de Cuenca tienen el apoyo de los Consejos de Cuenca (CC).

1.4. Los Consejos de Cuenca

De acuerdo con el artículo 3, fracción XV de la LAN, los consejos de cuenca son “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.”

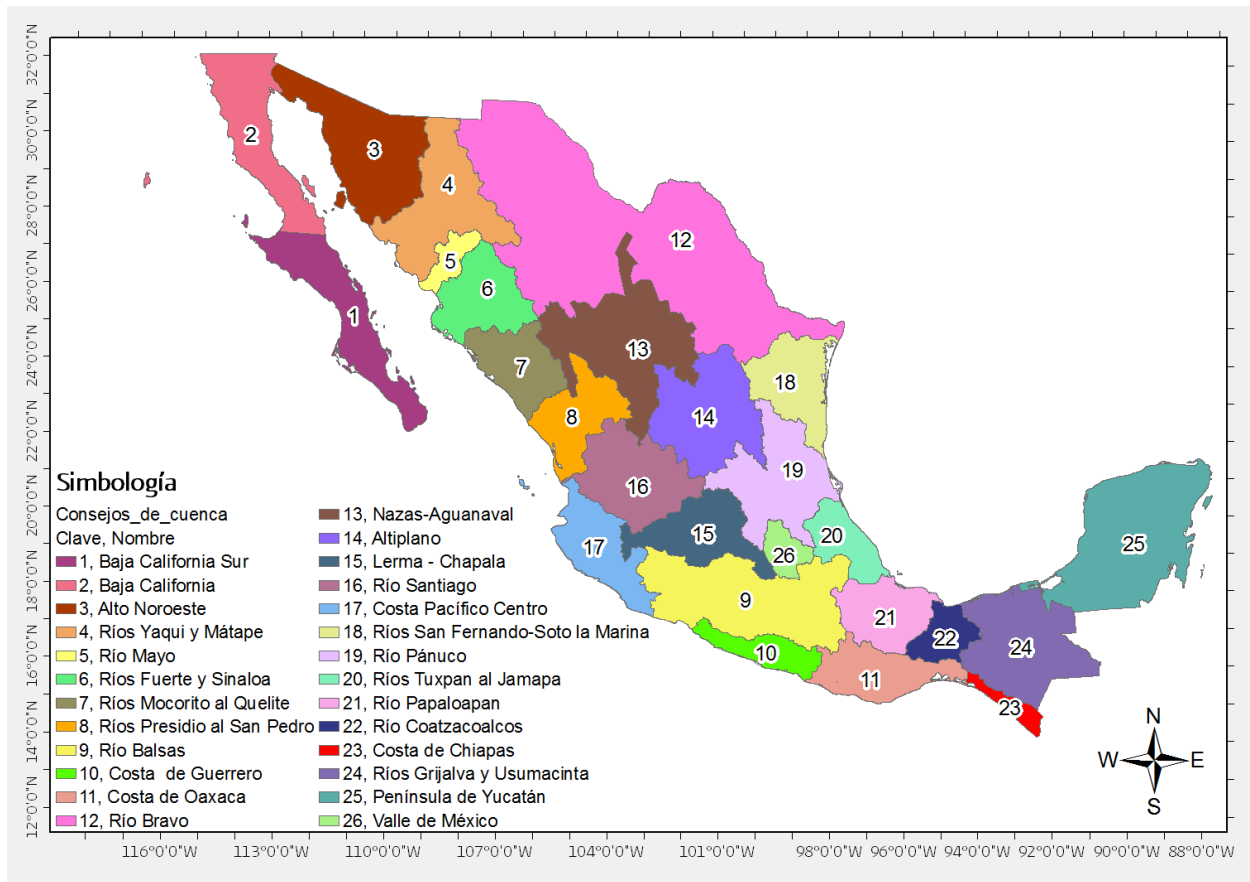
Los consejos de cuenca se integran por órganos funcionales como la Asamblea General de Usuarios, el Comité Directivo, la Comisión de Operación y Vigilancia (COVI) y la Gerencia Operativa, cuyas funciones están definidas en la LAN. Para el ejercicio de sus funciones, los consejos de cuenca se apoyan en los órganos auxiliares:

- **Comisiones de cuenca**, cuyo ámbito de acción comúnmente es al nivel de subcuenca o grupo de subcuencas correspondientes a una cuenca hidrológica en particular.
- **Comités de cuenca**, cuyo ámbito de acción regularmente corresponde al nivel de microcuenca o grupo de microcuencas en una subcuenca específica.
- **Comités Técnicos de Aguas del Subsuelo o Subterráneas (COTAS)**, que desarrollan sus actividades en relación con un acuífero o grupo de acuíferos determinados, que sean necesarios.

Al igual que los consejos de cuenca, las comisiones y comités de cuenca y COTAS son órganos colegiados de integración mixta.

A nivel nacional existen 26 consejos de cuenca (Figura 1.2), dentro de los cuales se encuentra el Consejo de Cuenca del Río Balsas (CCRB), cuyas características se describen a continuación.

Figura 1. 2 Consejos de cuenca a nivel nacional.



Fuente: CONAGUA (2013).

1.5. El Consejo de Cuenca del Río Balsas

El 15 de diciembre de 1998, se suscribió un acuerdo de coordinación en el que los Ejecutivos de los estados de Guerrero, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala, así como dependencias y entidades federales involucradas en materia de agua, manifestaron su voluntad política para desarrollar programas y acciones sobre ordenamiento, explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales, saneamiento, uso eficiente del agua y conservación en el ámbito de la cuenca del río Balsas, el desarrollo de la infraestructura y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos naturales en la cuenca del río Balsas.

Posteriormente, el 26 de marzo de 1999, en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, se suscribió el Acta Constitutiva mediante la cual se constituyó e instaló formalmente el Consejo de Cuenca del Río Balsas (CCRB), de conformidad con lo dispuesto por el artículo XI fracción VII de la LAN.

De esta forma, el CCRB se establece como una instancia de coordinación y concertación entre la CONAGUA, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de la cuenca hidrológica, con objeto de formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca.

Así, los objetivos del CCRB son los siguientes:

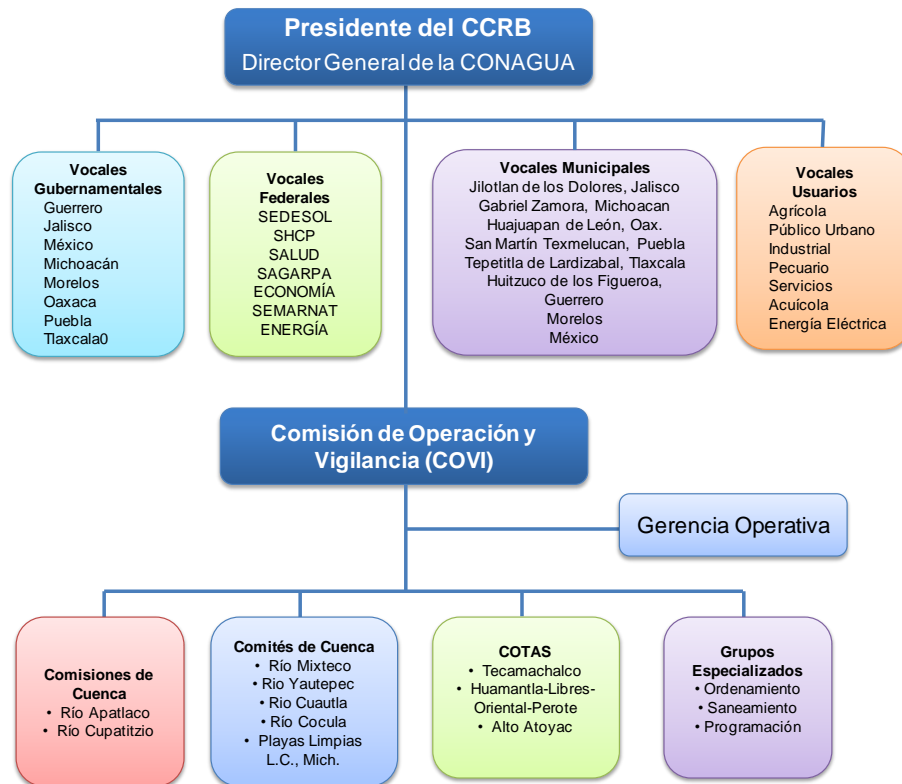
1. Ordenar y regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas superficiales, subterráneas y residuales de la cuenca, acorde con su disponibilidad.
2. Impulsar programas de uso eficiente del agua en zonas agrícolas, urbanas e industriales.
3. Promover programas para el saneamiento de los cuerpos de agua y corrientes para disminuir sustancialmente los niveles de contaminación.
4. Propiciar el desarrollo equilibrado de la cuenca con base en el aprovechamiento sustentable del agua y la participación directa de los representantes de los usuarios y de la sociedad en los programas hidráulicos.
5. Crear conciencia del valor real, social y económico del agua; mediante programas de difusión de una nueva cultura del agua.
6. Fortalecer los grupos especializados y comités estatales de usuarios de aguas nacionales.
7. Conocer la disponibilidad real en cantidad y calidad del recurso agua.

La operación del CCRB es garantizada a través de diversos grupos auxiliares al nivel de subcuenca, microcuenca y acuíferos, denominados respectivamente, Comisiones de Cuenca, Comités de Cuenca y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS):

- Comisión de Cuenca del Río Cupatitzio (Michoacán), instalada el 4 de julio de 2004.
- Comisión de Cuenca del Río Apatlaco, A.C. (Morelos), instalada el 12 de septiembre de 2007.
- Comité de Cuenca del Río Mixteco (Oaxaca), instalado el 20 de junio de 2008.
- COTAS del Acuífero de Tecamachalco, A.C. (Puebla), instalado el 1 de junio de 2001.
- COTAS del Acuífero Huamantla-Libres Oriental-Perote, A.C. (Tlaxcala-Puebla-Veracruz), instalado el 6 de julio de 2001.
- COTAS del Acuífero Alto Atoyac, A.C. (Puebla y Tlaxcala), instalado el 7 de noviembre de 2001.

Asimismo, existe el denominado Comité de Playas Limpias del Municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán, instalado el 21 de julio de 2005.

Figura 1. 3 Organigrama del Consejo de Cuenca del Río Balsas.



Fuente: Organismo de Cuenca del Río Balsas.

Además, se tienen otros órganos auxiliares del Consejo que permiten su pleno funcionamiento:

- Comisión de Operación y Vigilancia (COVI) –lo que anteriormente era el Grupo de Seguimiento y Evaluación (GSE)–, se encarga de revisar los avances en la ejecución de las acciones y acuerdos que tome el CCRB, así como las acciones tendientes a reunir la información y realizar los análisis que permitan la toma de decisiones.
- Grupos Especializados de Trabajo (GET), los cuales se organizaron para el desahogo de la agenda de actividades del CCRB, y son los siguientes: Grupo Especializado de Ordenamiento (GEO), Grupo Especializado de Saneamiento (GES) y Grupo Especializado de Programación (GEP).
- Consejos Ciudadanos del Agua Estatales, son organizaciones autónomas de participación en el ámbito local que trabajan a favor de la difusión de información del agua, tendiente a fomentar su cuidado y uso sustentable. Se tiene conformado un Consejo Ciudadano del Agua en cada una de las entidades federativas que integran el CCRB (Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala).

1.6. La planeación de la gestión para la sequía

El objetivo principal de la planeación para prevenir y mitigar los efectos de la sequía es preservar los servicios públicos esenciales y minimizar los efectos adversos de un suministro de agua de emergencia

en la salud pública y la seguridad, en las actividades económicas, en los recursos ambientales y estilos de vida individuales. En otras palabras, los programas de prevención y mitigación de sequías tienen como propósito eliminar la “crisis” de la respuesta a la sequía, reduciendo las dificultades causadas por el déficit de agua y aumentando la confianza del público en las acciones adoptadas para hacer frente a la escasez de agua.

Las acciones para enfrentar una sequía pueden ser categorizadas sobre la base del tiempo en que se espera su ejecución en dos grupos: acciones preventivas y acciones de mitigación. Las primeras permiten estimar y organizar de manera anticipada los recursos humanos, materiales y financieros que podrían ser necesarios para enfrentar el fenómeno de la sequía. Las segundas son aquellas que son ejecutadas durante la sequía para atenuar los impactos. Ambas son acciones concebidas dentro de un proceso de planeación anticipada, a fin de que por un lado, sean más eficientes, articuladas y conocidas por parte de los sujetos y organizaciones que las habrán de llevar a cabo, y de que por otro lado, se reduzcan los costos que deriven de una sequía. Siempre resultará de utilidad realizar la evaluación general una vez concluida la sequía, esto a efecto de poder detectar oportunidades de mejorar la organización de acciones implementadas y de actores involucrados.

Aunque la administración del recurso agua está reglamentada y es responsabilidad de la CONAGUA, la participación social es un elemento clave para que las decisiones tengan éxito. Para enfrentar exitosamente una sequía debe haber una figura organizativa orientada exclusivamente hacia ese fin. En este esquema deben intervenir tanto las autoridades del agua como de otras dependencias e instituciones, así como representantes de los sectores usuarios y en general de la sociedad.

1.7. Objetivos del PMPMS

El objetivo general del PMPMS de la Cuenca del Río Balsas es minimizar los impactos sociales, económicos y ambientales de eventuales situaciones de sequía.

Este objetivo general se persigue a través de los siguientes objetivos específicos, todos ellos en el marco de un desarrollo sustentable:

1. Garantizar la disponibilidad de agua requerida para asegurar la salud y la vida de la población.
2. Minimizar los efectos negativos sobre el abastecimiento público urbano.
3. Minimizar los efectos negativos sobre las actividades económicas, según la priorización de usos establecidos en la Ley de Aguas Nacionales y en los programas hídricos regionales.
4. Evitar o minimizar los efectos negativos de la sequía sobre el estado ecológico de los cuerpos de agua, en especial sobre el régimen de caudales ecológicos, evitando, en todo caso, efectos permanentes sobre el mismo.

A su vez, para alcanzar los objetivos específicos se plantean los siguientes objetivos instrumentales u operativos:

1. Definir mecanismos para la previsión y detección de la ocurrencia de situaciones de sequía.
2. Fijar umbrales para la determinación del agravamiento de las situaciones de sequía (fases de gravedad progresiva).

3. Definir las medidas para conseguir los objetivos específicos en cada fase de las situaciones de sequía.

Por lo tanto, el propósito del presente PMPMS, es la articulación de las medidas de identificación, control, evaluación de riesgos, organización de la toma de decisiones e implantación de medidas mitigadoras necesarias para minimizar la frecuencia e intensidad de las situaciones de escasez de recursos propias de las sequías, así como reducir los efectos de estas situaciones extremas en el medio natural y en los sistemas de explotación y abastecimiento público de aguas.

CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO BALSAS

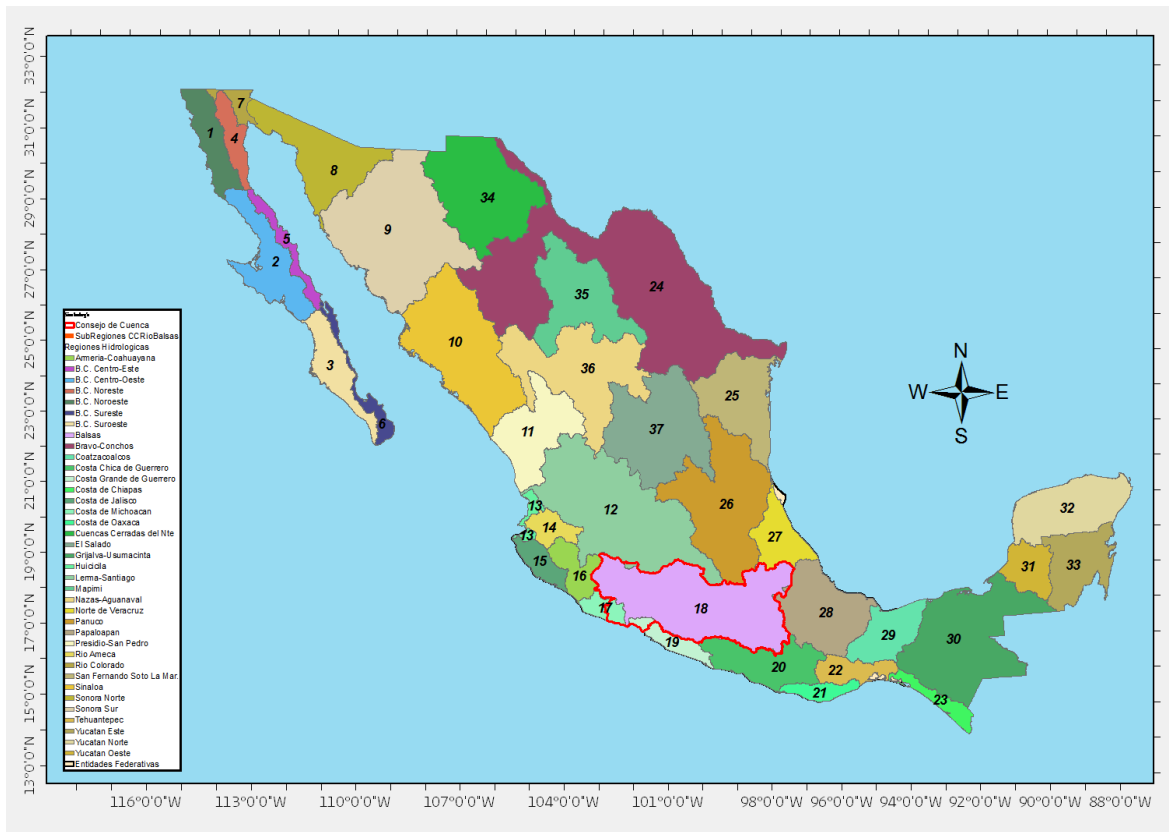
Con el propósito de proporcionar un panorama general de la cuenca del río Balsas, en este capítulo se realiza una descripción de sus principales características físicas y socioeconómicas. Para ello, el capítulo está estructurado de la siguiente manera: en primer lugar se presentan las características físicas de la cuenca, que incluyen: ubicación geográfica; fisiografía; tipos de suelo; usos del suelo y vegetación; climatología; hidrología superficial y subterránea; balance hidrológico superficial y subterráneo; disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas; usos del agua e infraestructura. Posteriormente se presentan los principales aspectos socioeconómicos de la cuenca, entre los cuales destacan: distribución de la población; población rural y urbana; proyecciones de la población; población económicamente activa (PEA); producto interno bruto (PIB); y otros indicadores socioeconómicos relevantes, como lo es el grado de marginación de la población. Enseguida, se presentan algunos aspectos normativos importantes que rigen la gestión y el uso del agua en la cuenca y, finalmente, se incluye un apartado específico dedicado a analizar la problemática más relevante identificada.

2.1. Características físicas

2.1.1. Ubicación y delimitación geográfica

La cuenca del río Balsas corresponde a lo que es propiamente la Región Hidrológica número 18 Balsas (RH Balsas), la cual se localiza al suroeste de nuestro país entre los paralelos 17°13' y 20°04' de latitud norte y los meridianos 97°25' y 103°20' de longitud oeste. Cuenta con una superficie hidrológica de 117,305.9 km², equivalente al 6% del territorio nacional. Limita al norte con las regiones hidrológicas números 12 Lerma-Santiago, 26 Río Pánuco y 27 Norte de Veracruz; al oeste con las regiones hidrológicas números 16 Armería-Coahuayana y 17 Costa de Michoacán; al sur con el océano Pacífico y con las regiones hidrológicas números 19 Costa Grande de Guerrero y 20 Costa Chica de Guerrero; y al este con la región hidrológica número 28 Papaloapan (Figura 2.1).

Figura 2. 1 Ubicación de la RH Balsas en la República Mexicana.



Fuente: CONAGUA (2012).

Desde el punto de vista administrativo, la cuenca del río Balsas pertenece a la Región Hidrológico-Administrativa IV Balsas (RHA IV), la cual está integrada por el territorio de 420 municipios completos de ocho estados: incluye todos los municipios del estado de Morelos (33) y parte de los municipios de los estados de Tlaxcala (56 de 60), Puebla (127 de 217), México (33 de 125), Oaxaca (78 de 570), Guerrero (45 de 81), Michoacán (45 de 113) y Jalisco (3 de 125) (Figura 2.2). Su superficie administrativa abarca 116,435 km², la cual es ligeramente inferior a la superficie hidrológica (la diferencia es de 870 km²) debido a que la selección de los municipios que integran la RHA IV Balsas se basó en el criterio de aproximar la periferia del conjunto de municipios a la delimitación natural de cuencas hidrográficas y acuíferos que le corresponden oficialmente (CONAGUA, 2012).

Figura 2. 2 Delimitación de la RH Balsas en los estados de la República Mexicana.



Fuente: CONAGUA (2012)

En virtud de que la diferencia entre la superficie que se obtiene cartográficamente con la delimitación municipal y la hidrológicamente determinada representa una fracción insignificante del área regional (0.7%), la división municipal se considera para fundamentar los conceptos demográficos y socioeconómicos, vinculados a la entidad política como ámbito o entorno dimensionalmente abstracto, en tanto que la superficie hidrológica se utiliza para el estudio del recurso hidráulico, que requiere el sustento de la extensión territorial como parámetro físico esencial.

Asimismo, con fines de planeación y gestión de los recursos hídricos, la RH Balsas se ha dividido en tres subregiones hidrológicas: Alto Balsas, Medio Balsas y Bajo Balsas (Figura 2.3). La distribución de los municipios y superficies estatales correspondientes a cada una de ellas se presenta en la Tabla 2.1.

Figura 2. 3 Subregiones hidrológicas que conforman la RH Balsas.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2010).

Tabla 2. 1 Número de municipios y superficie por entidad federativa y subregión hidrológica en la RH Balsas.

Entidad federativa	Alto Balsas		Medio Balsas		Bajo Balsas		Total	
	No. mpios.	Sup. (km ²)	No. mpios.	Sup. (km ²)	No. mpios.	Sup. (km ²)	No. mpios.	Sup. (km ²)
Guerrero	23	11,263	18	14,219	4	9,930	45	35,412
Jalisco					3	2,925	3	2,925
México	16	2,547	17	6,193			33	8,740
Michoacán			13	6,768	32	25,604	45	32,372
Morelos	33	4,882					33	4,882
Oaxaca	78	8,430					78	8,430
Puebla	127	20,160					127	20,160
Tlaxcala	56	3,514					56	3,514
Total	333	50,797	48	27,179	39	38,459	420	116,435

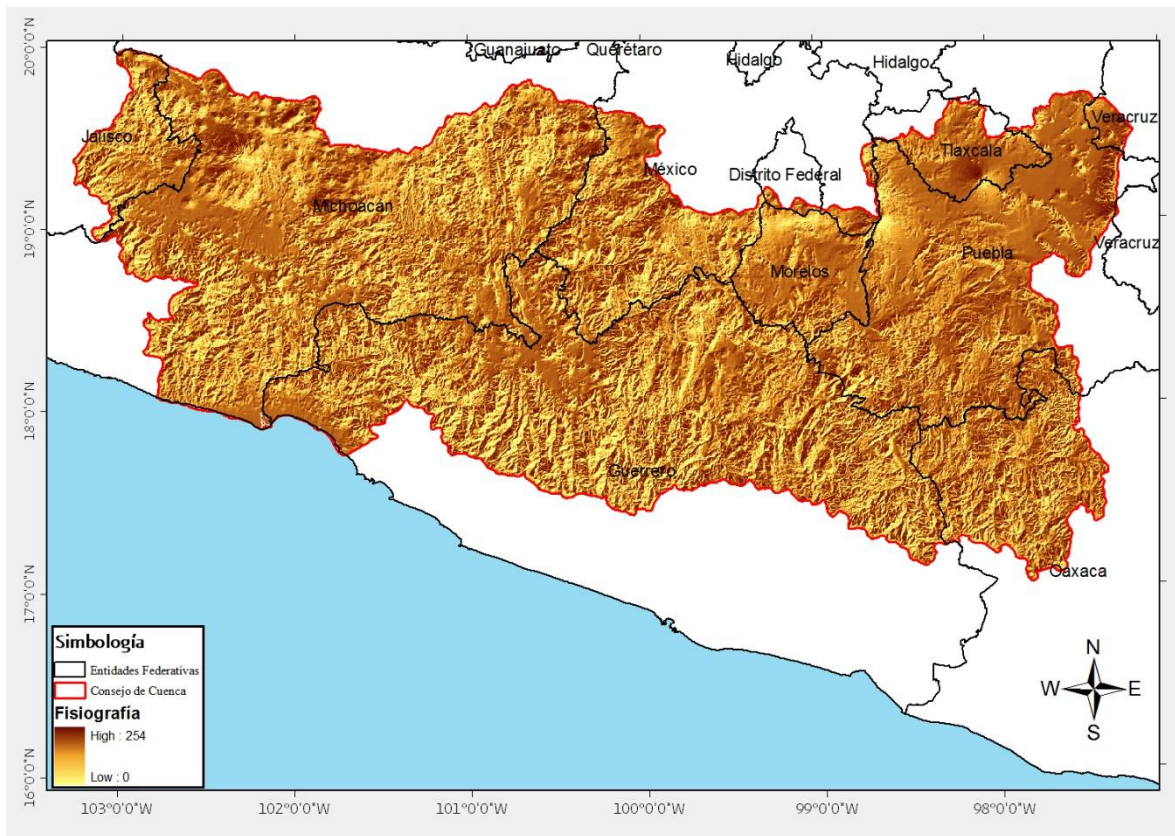
Fuente: elaborado con base en el Acuerdo de circunscripción publicado en el DOF el 1 de abril de 2010.

Cada una de las subregiones hidrológicas está conformada a su vez por distintas cuencas hidrológicas, las cuales suman en total 15 y se distribuyen de la siguiente manera: siete en la subregión Alto Balsas; dos en la subregión Medio Balsas y seis en la subregión Bajo Balsas; cuyas características específicas se presentan más adelante, en el apartado de hidrología superficial.

2.1.2. Fisiografía

Desde el punto de vista fisiográfico, la RH Balsas está limitada al norte por el Eje Neovolcánico Transversal; al poniente y sur por la Sierra Madre del Sur y la Sierra de Juárez; y al oriente por la Sierra Madre de Oaxaca. Tiene la forma de una depresión alargada con valles muy angostos, cuyo territorio está formado en su mayor parte por elevaciones con fuertes pendientes y un arreglo geológico poco propicio para el control y almacenamiento de los grandes escurrimientos que se presentan en la región hidrológica (Figura 2.4).

Figura 2. 4 Fisiografía de la RH Balsas.



Fuente: elaborado a partir de CONABIO (2001).

La génesis y evolución de las dos grandes provincias fisiográficas que delimitan la depresión del río Balsas (Eje Neovolcánico Transversal y Sierra Madre del Sur) dieron lugar a la amplia variedad de características fisiográficas, geológicas, topográficas y climáticas que hoy día integran la cuenca, la cual tiene, en promedio, unos 800 km de largo por 150-200 km de ancho (Toledo y Bozada, 2002). Se cree que esta depresión fue originada por grandes movimientos tectónicos de placas, que formaron, tal vez en el Cretácico inferior, el canal del Balsas, cuya cuenca se extiende en la parte central, a una altura promedio de 1,000 msnm. La intensa actividad volcánica cenozoica cerró cauces, detuvo cursos de aguas y terminó por formar un auténtico mar interior en la depresión. Durante este periodo el gigantesco vaso lacustre se vio afectado por nuevos movimientos orogénicos que dieron lugar a fracturamientos o líneas de debilidad sobre la Sierra Madre del Sur que permitieron al agua abrirse paso hacia el mar a través de cascadas monumentales, cañones estrechos y escalonados, como los de El Infiernillo (Paucic, 1980; Tamayo, 2009), localizado a 60 km de la desembocadura del río Balsas. En el Mioceno, al final del proceso de formación de montañas, se produjeron esfuerzos distensivos que

propiciaron la formación de fosas tectónicas, donde se depositaron sedimentos continentales. En el periodo reciente, las rocas preexistentes se cubrieron con depósitos aluviales (gravas, arenas, limos y arcillas) y conglomerados acarreados por el río Balsas (Toledo y Bozada, 2002).

Este marco estructural creó, con el transcurrir del tiempo geológico, una auténtica multitud de islas y penínsulas ecológicas, en sus numerosas cumbres, laderas, cañadas, valles aislados, que hicieron de la cuenca del río Balsas un notable centro secundario de radiación evolutiva de varios linajes neotropicales de la flora mesoamericana (INE, 2012).

2.1.3. Tipos de suelos

Dentro de la RH Balsas se pueden identificar 17 tipos de suelos predominantes (Tabla 2.2, Figura 2.5), según la Carta Edafológica escala 1:250,000 elaborada por el Instituto Nacional de Geografía (INEGI) con base en la clasificación de suelos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (FAO/UNESCO, 1968), modificada por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL, 1970).

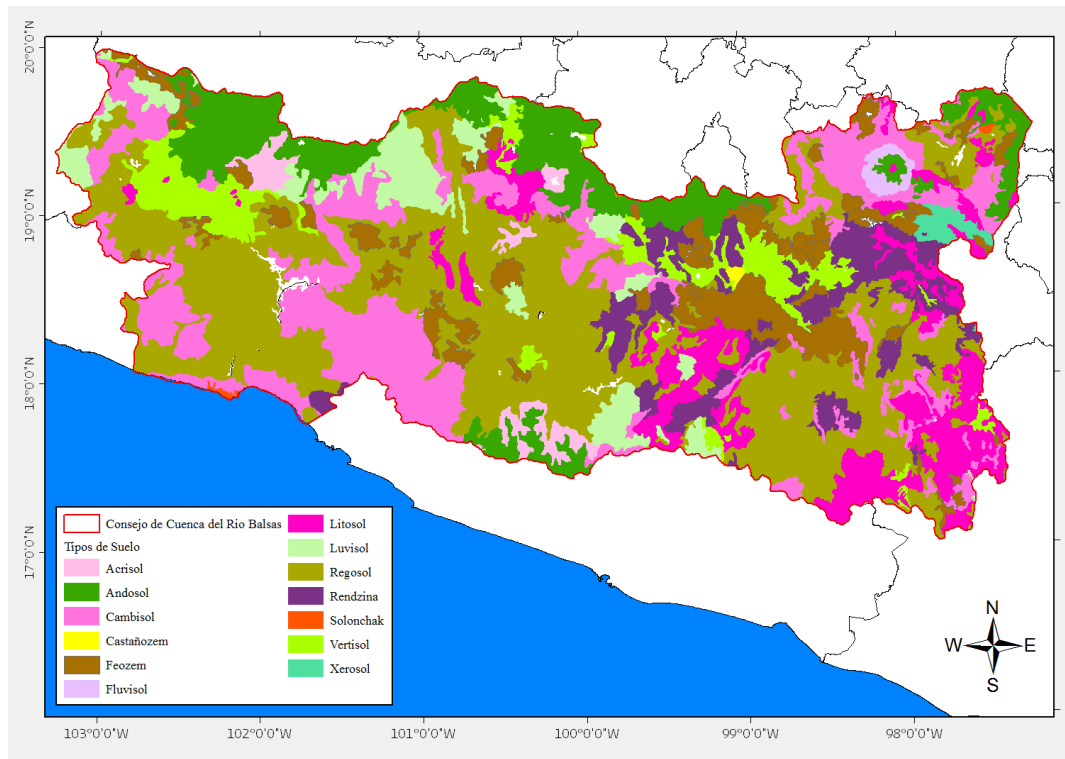
Tabla 2. 2 Tipos de suelos presentes en la RH Balsas.

Tipo	Superficie	
	Km ²	%
Acrisol	4,633.18	3.95
Andosol	9,257.76	7.89
Cambisol	7,408.63	6.32
Castañozem	599.50	0.51
Chernozem	62.57	0.05
Feozem	12,815.05	10.92
Fluvisol	1,481.68	1.26
Gleysol	39.28	0.03
Litosol	29,559.48	25.20
Luvisol	8,046.01	6.86
Planosol	5.96	0.01
Ranker	37.98	0.03
Regosol	27,069.97	23.08
Rendzina	6,965.84	5.94
Solonchak	241.09	0.21
Vertisol	7,555.90	6.44
Xerosol	274.93	0.23
Otros tipos	1,251.09	1.07
Total	117,305.9	100.00

Fuente: INEGI, Carta Edafológica 1:250,000.

Como se puede observar en esta Tabla, en la cuenca predominan básicamente tres tipos de suelos: Litosol (25.20%), Regosol (23.08%) y Feozem (10.92%), que en conjunto ocupan el 59.2% de la superficie total. A continuación se describen brevemente cada uno de ellos.

Figura 2. 5 Tipos de suelos presentes en la RH Balsas.



Fuente: INEGI, Carta Edafológica 1:250,000.

Los suelos de tipo Litosol (del griego *lithos*: piedra) se caracterizan por ser muy someros –menos de 10 cm de profundidad– limitados por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido; son particularmente comunes en regiones montañosas, por lo que son un recurso potencial para el pastoreo en zonas húmedas y para el desarrollo forestal. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales.

Por su parte, los suelos de tipo Regosol (del griego *reghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca) son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados, y son particularmente comunes en zonas áridas (incluyendo el trópico seco) y en regiones montañosas; cuando se ubican en zonas con 500-1,000 mm de lluvia anuales necesitan riego para una producción satisfactoria de cultivos; la baja capacidad de retención de humedad de estos suelos obliga a aplicaciones frecuentes de agua de riego, por lo que el riego por goteo resuelve el problema (FAO, 2007).

Finalmente, los suelos de tipo Feozem (del griego *phaios*-oscuro y del ruso *zemlja*-tierra), se caracterizan por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes; son de profundidad muy variable; cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los Feozems menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables.

En el resto de la cuenca se encuentran presentes otros tipos de suelos, entre los que destacan: Andosol (7.89%), Luvisol (6.86%), Vertisol (6.44%), Cambisol (6.32%) y Rendzina (5.94%). Los demás tipos

de suelos presentes son de menor importancia pues ocupan en conjunto menos del 8% del territorio.

2.1.4. Usos del suelo y vegetación

La mayor parte del uso del suelo en la RH Balsas está destinado a la cubierta vegetal, la cual se integra principalmente por bosques (27.59%), selvas (23.07%) y pastizales (15.17%), que en conjunto ocupan el 65.83% del territorio (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Usos del suelo en la RH Balsas.

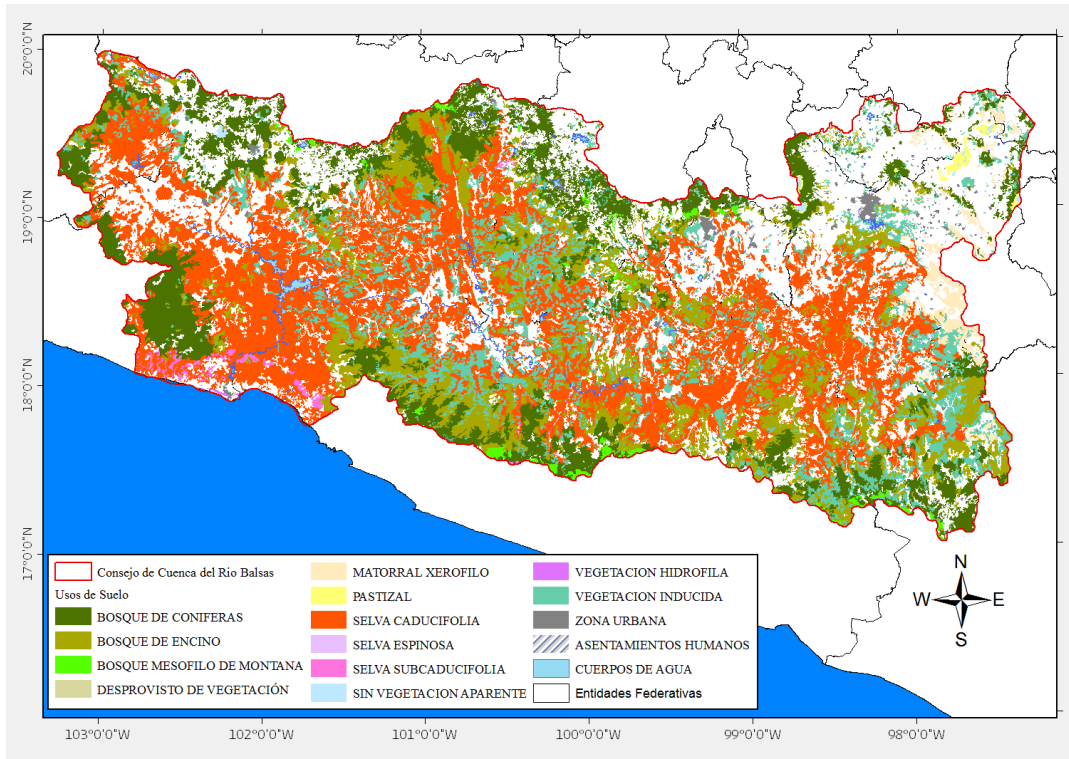
Tipo de uso	Superficie	
	Km ²	%
Bosque	32,364.38	27.59
Agrícola	30,844.33	26.29
Selva	27,067.53	23.07
Pastizal	17,797.65	15.17
Otros tipos de vegetación	4,618.27	3.94
Sin vegetación	1,673.73	1.43
Matorral	1,448.02	1.23
Zonas urbanas	856.65	0.73
Cuerpos de agua	635.35	0.54
Total	117,305.91	100.00

Fuente: INEGI, Carta de Uso del Suelo y Vegetación 1:250,000.

La vegetación del área montañosa de la cuenca del río Balsas constituye una de las más ricas reservas de bosques (de pino-encino, principalmente) y selvas tropicales subhúmedas de México. Su función en el mantenimiento de los servicios ecológicos de los ecosistemas de la cuenca es irremplazable. Este tesoro biótico es el producto de interacciones entre factores biofísicos, hidrológicos, biológicos y antropogénicos. Su alta diversidad, su riqueza de especies, su enorme biomasa y su complejidad estructural se encuentran estrechamente ligadas a la heterogeneidad de las condiciones que ofrecen los frágiles suelos y los microclimas de la cuenca. Sin embargo, en los últimos años ha existido una profunda transformación en el manto vegetal del área: los bosques y las selvas han sufrido procesos acelerados de destrucción por actividades humanas ligadas a los aprovechamientos forestales irracionales, los incendios inducidos, los cambios de uso en favor de actividades agrícolas y ganaderas de baja productividad e, incluso, la siembra de estupecifacientes (INE, 2012).

Por otra parte, el 26.29% de la cuenca (30,844.33 km²) es utilizado para fines agrícolas; desafortunadamente, el 79% de esta área no está bajo riego, el 2% se riega eventualmente y sólo el 19% es de riego (5,753.29 km²), que equivale apenas al 4.9% de la superficie total de la cuenca. Como se puede apreciar en la Figura 2.6, las áreas agrícolas están muy dispersas en toda la región hidrológica, salvo en los distritos de riego. El resto de estas áreas, se desarrollan en pequeños valles intermontanos y en las riberas de los cauces. Esta dispersión, hace muy compleja y costosa la incorporación de sistemas de riego tradicionales. Las condiciones del relieve en la RH Balsas y los tipos de suelos limitan el uso que se puede hacer de los mismos, por lo cual, cuando se utilizan zonas que naturalmente no son adecuadas para uso agrícola, se propician alteraciones que han provocado erosión en grandes zonas, sobre todo en la zona mixteca, la cual comprende una superficie aproximada de 40,000 km² y abarca parte de los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca.

Figura 2. 6 Usos del suelo en la RH Balsas.



Fuente: elaborado a partir de INEGI (2010) serie IV. Uso de suelo y vegetación.

El resto de la superficie de la cuenca (7.87%) está ocupado por otros tipos de vegetación (entre los que destacan los matorrales), además de las zonas urbanas y los cuerpos de agua.

2.1.5. Climatología

En la RH Balsas, la precipitación pluvial media anual histórica (1948-2009) es de 927 mm, se tiene una temperatura media anual de 22.0°C y una evaporación media anual de 1,761 mm, variando de una región a otra (Tabla 2.4).

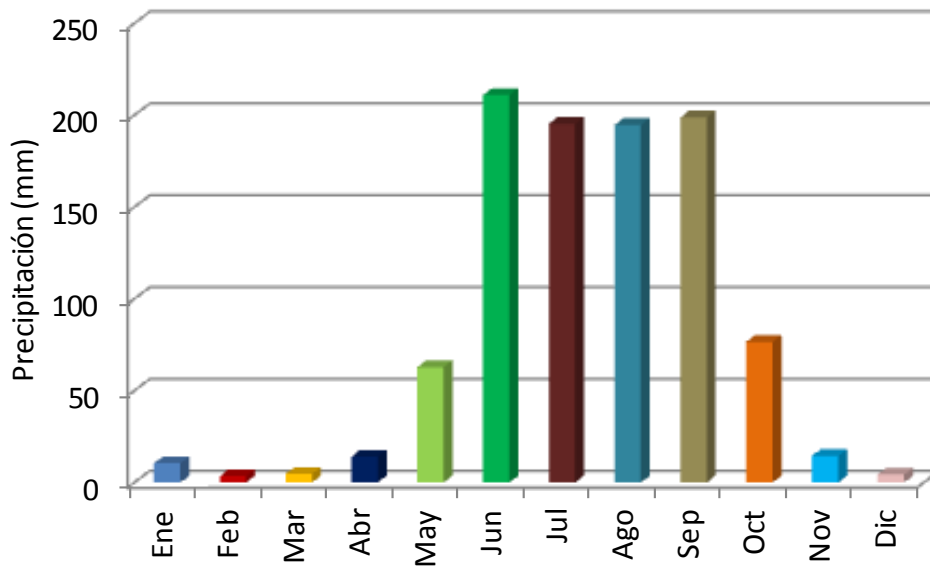
Tabla 2. 4 Principales características climáticas de la RH Balsas.

Subregión hidrológica	Precipitación anual (mm)			Temperatura media anual (°C)	Evaporación media anual (mm)
	Media	Mínima	Máxima		
Alto Balsas	897	499	1,647	19.2	1,716
Medio Balsas	1,019	479	1,619	21.5	1,646
Bajo Balsas	873	450	1,390	25.3	1,922
Promedio	927	476	1,552	22.0	1,761

Fuente: CONAGUA (2010).

En la Figura 2.7, se presenta la distribución mensual de la lluvia, y se puede observar que la mayor cantidad de precipitación ocurre durante los meses de junio a septiembre, siendo este último mes el más lluvioso pues en él ocurre el 20% de la precipitación anual, lo que dificulta su aprovechamiento dado el carácter torrencial en la generalidad de los casos y lo abrupto del territorio de la región. La temporada de estiaje va de noviembre a abril, y es durante los meses de febrero y marzo cuando se presentan las condiciones de temporal seco más severo en la cuenca.

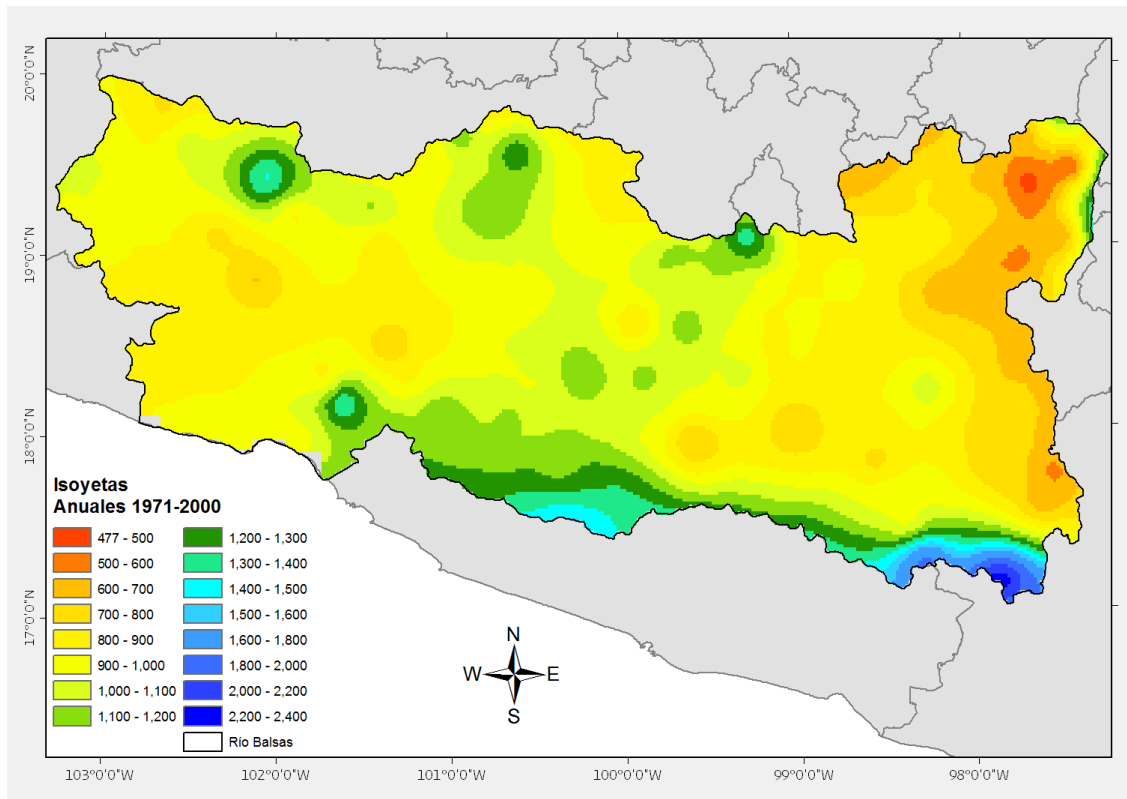
Figura 2.7 Distribución mensual de la lluvia en la RH Balsas.



Fuente: CONAGUA (2010).

Por otro lado, en la Figura 2.8 se ilustran las curvas de igual precipitación en la cuenca, donde se puede observar que la variabilidad espacial de la lluvia es muy grande: se tienen precipitaciones extremas de hasta 2,000 mm anuales en la montaña de Guerrero y mínimas de 400 mm en el norte del estado de Tlaxcala. Cabe resaltar las grandes zonas de lluvias de 600 mm que se presentan en la región mixteca de los estados de Oaxaca y Puebla; en la cuenca hidrológica del río Libres Oriental en Tlaxcala; y en la cuenca del río Tepalcatepec en Michoacán. Este comportamiento de la precipitación, se debe en parte a la presencia de las formaciones montañosas que la delimitan (Sierra Madre del Sur, Sierra de Juárez y Sierra Madre de Oaxaca), ya que éstas restringen el paso del aire húmedo proveniente, tanto del océano Pacífico, como del Golfo de México, lo que ocasiona que se presenten zonas de escasa precipitación.

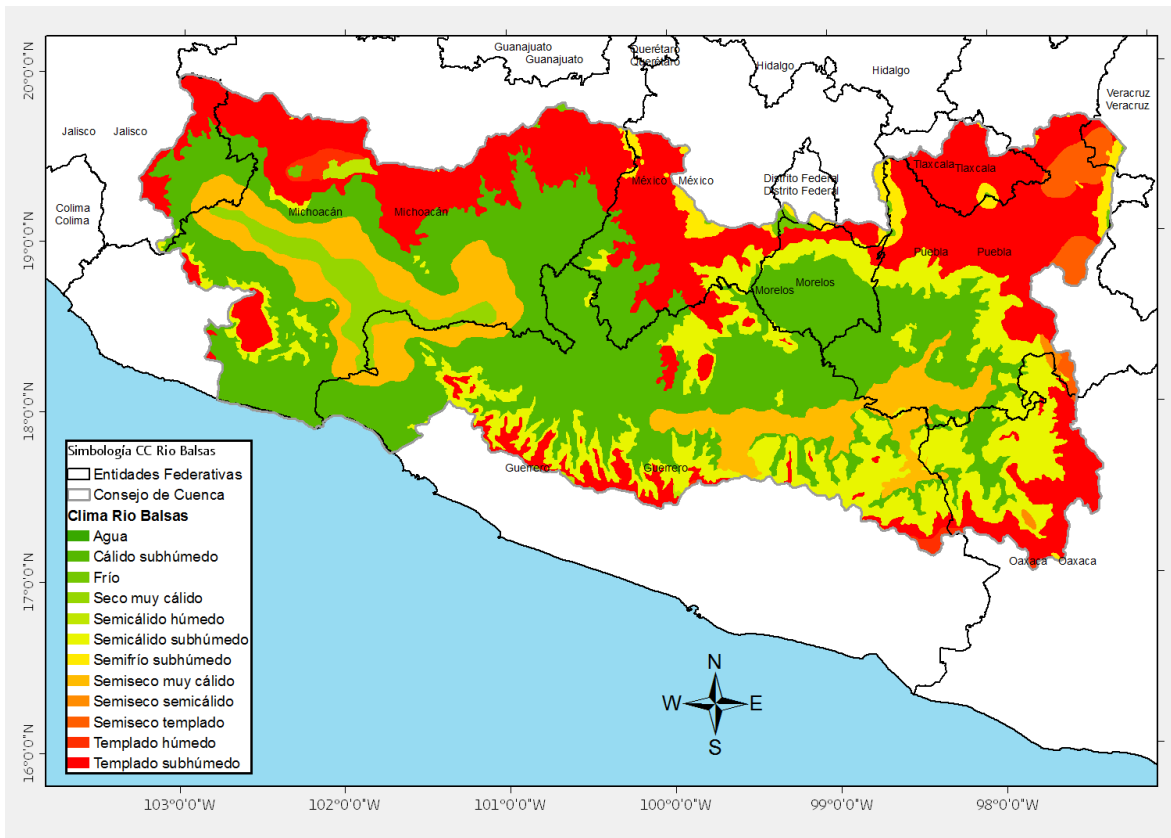
Figura 2. 8 Isoyetas de la RH Balsas.



Fuente: elaborada con información de SMN.

En la RH Balsas se presenta en mayor medida un clima macrotérmico, cálido característico de la zona intertropical, se tienen lluvias en la época de sol alto, similar al clima de la sabana. También, en las zonas más bajas de altitud, a la salida del escurrimiento de agua de la cuenca hidrológica el clima es predominantemente seco, semidesértico o estepario, al igual que al sureste de la región hidrológica. Al norte de la región y sobre todo en las zonas altas de la cuenca el clima característico es templado subhúmedo con la presencia de las cuatro estaciones térmicas: primavera, verano, otoño e invierno. Finalmente en las zonas montañosas de gran altitud el clima es semifrío subhúmedo y en regiones como los volcanes Popocatepetl, Iztaccihuatl y La Malinche se tiene un clima frío (Figura 2.9 y Tabla 2.5).

Figura 2. 9 Tipos de climas presentes en la RH Balsas.



Fuente: elaborado a partir de INEGI (2000). Unidades climáticas.

Tabla 2. 5 Tipos de climas presentes en la RH Balsas, según la clasificación climática Köppen.

Clave	Tipo de clima	% de la RH
(A)C(m)(w)	Semicálido húmedo	0.4
(A)C(w1)(w)	Templado subhúmedo	3.6
(A)C(w2)(w)	Templado subhúmedo	2.3
A(C)w0(w)	Semicálido subhúmedo	7.4
A(C)w1(w)	Semicálido subhúmedo	4.8
A(C)w2(w)	Semicálido subhúmedo	2.7
Aw0(w)	Cálido subhúmedo	33.4
Aw1(w)	Cálido subhúmedo	5.7
Aw2(w)	Cálido subhúmedo	0.2
BS0(h')w	Seco muy cálido	0.4
BS0(h')w(w)	Seco muy cálido	2.3
BS1(h')w(w)	Semiseco muy cálido	11.6
BS1h'(h)w(w)	Semiseco semicálido	0.1
BS1hw(w)	Semiseco semicálido	0.1
BS1k'w	Semiseco templado	0.8
BS1kw(w)	Semiseco templado	0.4
C(E)(m)(w)	Frío	0.2
C(E)(w1)	Semifrío subhúmedo	0.0
C(E)(w1)(w)	Semifrío subhúmedo	0.0

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Clave	Tipo de clima	% de la RH
C(E)(w2)	Semifrío subhúmedo	0.1
C(E)(w2)(w)	Semifrío subhúmedo	1.2
C(m)	Templado húmedo	0.0
C(m)(w)	Templado húmedo	0.5
C(w0)(w)	Templado subhúmedo	4.0
C(w1)(w)	Templado subhúmedo	4.8
C(w2)	Templado subhúmedo	0.0
C(w2)(w)	Templado subhúmedo	12.8
E(T)H	Frío	0.1
H ₂ O	Agua	0.0

Fuente: elaborado a partir de INEGI (2000). Unidades climáticas.

De manera resumida, en la clasificación climática de Köppen se pueden señalar los siguientes tipos de clima:

- A - Climas Macrotérmicos (Cálidos, de la zona intertropical)
- B - Climas secos (localizados en las zonas subtropicales y en el interior de los continentes de la zona intertropical o de las zonas templadas). Se divide en dos tipos: Desértico (BW) y semidesértico o estepario (BS)
- C - Climas Mesotérmicos o templados (caracterizados por la presencia de las cuatro estaciones térmicas: primavera, verano, otoño e invierno)
- D - Climas fríos (localizados en latitudes altas, próximas a los círculos polares y donde la influencia del mar es muy escasa)
- E - Climas polares. Se localizan en las zonas polares, limitadas hacia el ecuador por los Círculos polares
- H - Climas indiferenciados de alta montaña

Para determinar los subgrupos o subtipos se añaden otras letras minúsculas:

- f - Lluvias todo el año (en la zona intertropical): Af = clima de selva.
- w - Lluvias en la época de sol alto (verano térmico), también en la zona intertropical: Aw = Clima de sabana
- m - Lluvias de monzón. Similar al Aw, pero con lluvias más intensas originadas por la diferencia acentuada de las presiones atmosféricas entre el océano y los continentes. Sólo se presenta en el sur y sureste del continente asiático. Las lluvias suelen ser muy intensas y prolongadas durante la época de calor, cuando las bajas presiones continentales atraen a los vientos procedentes del Océano Índico cargados de humedad, que se descargan en las vertientes meridionales del Himalaya y otras cordilleras provocando desbordamientos de los grandes ríos de la zona.
- s - Lluvias en invierno. Corresponde al clima subtropical seco o clima mediterráneo (Csa según Köppen), localizado en las latitudes subtropicales de las costas occidentales de los continentes.

Las condiciones de precipitación, la orografía, la geología, el uso del suelo y la extracción que se hace del recurso agua para su uso y aprovechamiento, definen las condiciones de escurrimiento y filtración hacia el subsuelo a lo largo y ancho en la RH Balsas. En los apartados siguientes se presentan las condiciones de las aguas nacionales superficiales y del subsuelo en la región hidrológica.

2.1.6. Hidrología superficial

El río Balsas constituye la cuenca hidrológica más importante de la vertiente del Pacífico mexicano. Como se mencionó al inicio del capítulo, esta cuenca se divide en tres subregiones hidrológicas: Alto Balsas, Medio Balsas y Bajo Balsas, las cuales están conformadas a su vez por 15 cuencas hidrológicas, distribuidas tal como se muestra en la Tabla 2.6.

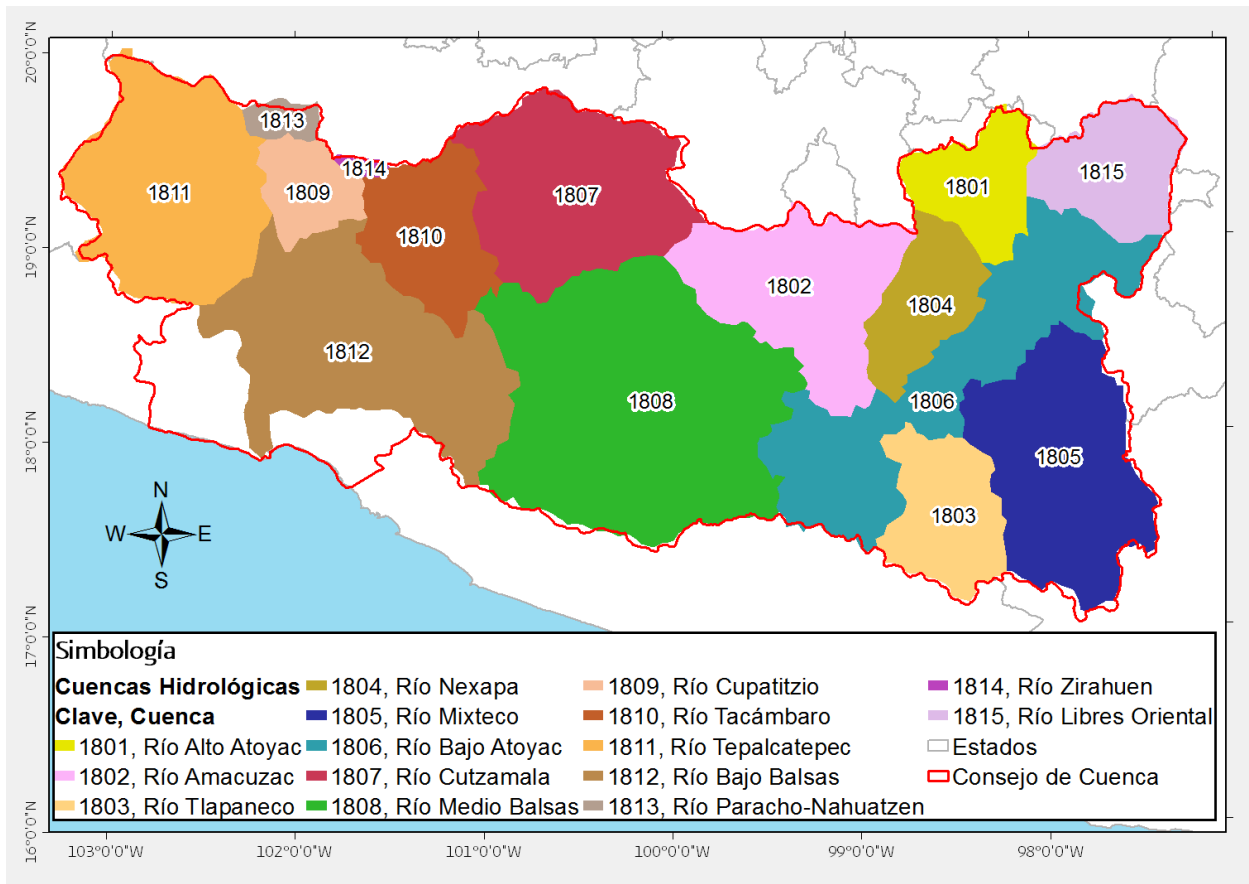
Tabla 2. 6 Subregiones y cuencas hidrológicas que integran la RH Balsas.

Subregión hidrológica	Cuenca hidrológica	Área hidrológica (km ²)	Principales corrientes	Principales presas
Alto Balsas	Río Libres Oriental	4,912.63	Ríos Atoyac, Mixteco, Amacuzac, Apatlaco, Tembembe, Nexapa y Tlapaneco	Valsequillo, El Muerto, El Rodeo, Peña Colorada y El Encino
	Río Alto Atoyac	4,135.52		
	Río Nexapa	4,214.25		
	Río Bajo Atoyac	12,222.35		
	Río Mixteco	11,094.64		
	Río Tlapaneco	4,981.53		
	Río Amacuzac	8,903.16		
	Subtotal	50,464.08		
Medio Balsas	Río Medio Balsas	21,268.40	Ríos Cutzamala, Los Espadines, El Tajo, Grande y La Pila	Valle de Bravo, El Bosque, Villa Victoria, Colorines, El Gallo, Vicente Guerrero, El Caracol y Las Garzas
	Río Cutzamala	10,619.14		
	Subtotal	31,887.54		
Bajo Balsas	Río Tacámbaro	5,495.46	Ríos Quitupan, Zicuirán, Salado, Cupatitzio, Tacámbaro y Tepalcatepec	Infiernillo, La Villita, Zicuirán, Chilatán, La Calera y Los Olivos
	Río Cupatitzio	2,659.03		
	Río Zirahuén	282.61		
	Río Paracho-Nahuatzen	848.5		
	Río Tepalcatepec	11,718.72		
	Río Bajo Balsas	13,949.96		
	Subtotal	34,954.28		
	Total	117,305.90		

Fuente: elaborado con base en Estudios técnicos de la RH Balsas (DOF, 26 de enero de 2011) y Estadísticas del agua en la cuenca del río Balsas, 2010.

La división de las cuencas hidrológicas se realizó a partir de las condiciones físicas que las definen y de las estructuras de control existentes, ya sean presas o estaciones hidrométricas. Lo anterior, a excepción de las cuencas cerradas (Libres Oriental, Paracho-Nahuatzen y Zirahuén), definidas exclusivamente por sus límites físicos. Las doce cuencas restantes están interconectadas entre sí y drenan sus aguas hacia el océano Pacífico a través del río Balsas (Figura 2.10).

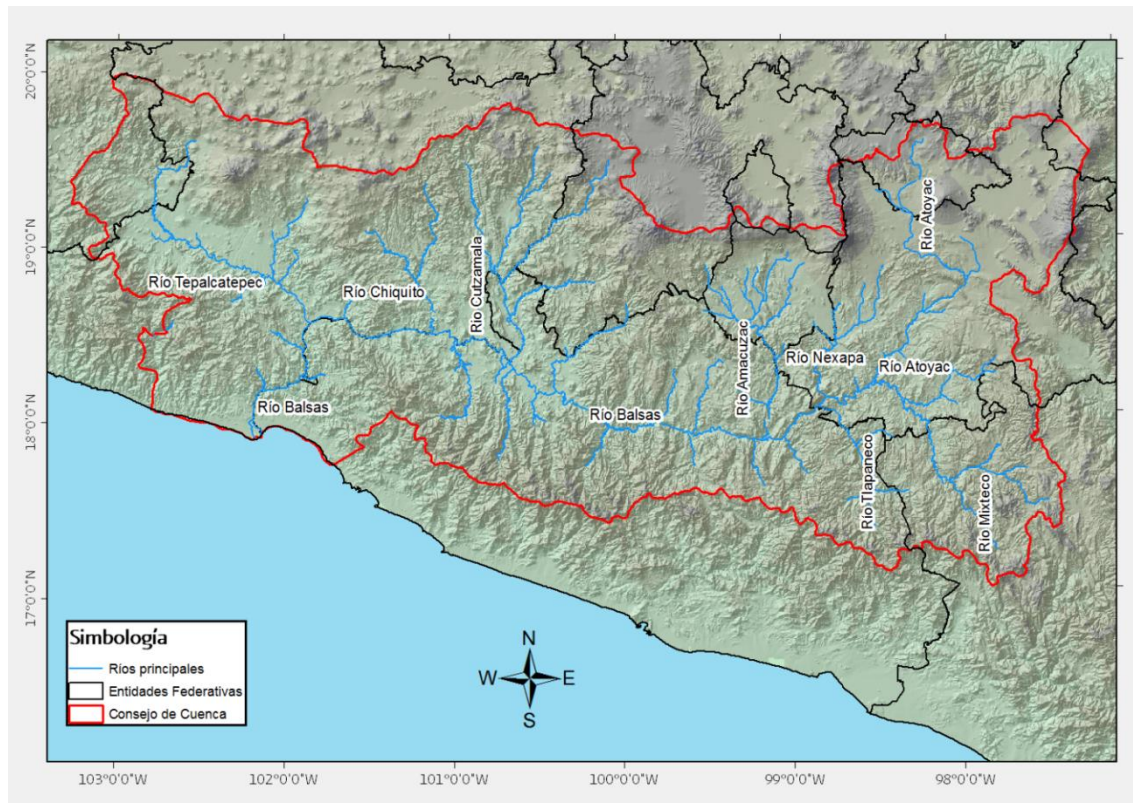
Figura 2. 10 Cuencas hidrológicas que conforman la RH Balsas.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2010). Estadísticas del Agua en México.

El Alto Balsas nace en el valle de Puebla, a muy elevada altitud, y cubre un área de cuenca de 50,464 km². Sus formadores son los ríos San Martín y Lahuapán; a estos dos ríos unidos se les conoce con el nombre de Atoyac poblano (Tamayo, 2009). El río Atoyac está formado por varios escurrimientos que provienen de la vertiente sur del Eje Neovolcánico Transversal y que descienden del volcán Iztaccíhuatl, desde altitudes de 4,000 msnm, entre los estados centrales de México y Puebla. Recibe por su margen izquierda las aguas del río Mixteco y la confluencia de ambos crean el Alto Balsas (Figura 2.11). A partir de esta unión, el río Balsas recibe a lo largo de su recorrido los nombres de Poblano, Grande, Mezcala y Balsas.

Figura 2. 11 Principales ríos de la RH Balsas.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2010).

El río Mixteco tiene sus orígenes en la vertiente occidental de la Sierra de Oaxaca, en la Mixteca, 25 km al sur-suroeste del poblado de Santa María La Asunción Tlaxiaco, Oaxaca, donde se forma con las aportaciones de los ríos Tlaxiaco y Mixtepec y más adelante con las del río Salado, considerado en esta parte como el colector general. Aguas abajo de la confluencia del Atoyac y el Mixteco, el Balsas recibe por su margen derecha las aguas del río Nexapa. Este es otro de los formadores primarios del río Balsas, que nace de los escurrimientos que descienden del volcán Popocatepetl a una altitud de 5,400 msnm. Nueve kilómetros antes de su confluencia con el río Balsas, sobre su margen izquierda, recibe las aguas del río Tlapaneco, uno de los de mayor caudal del Alto Balsas.

El río Tlapaneco se origina en la unión de dos corrientes: el Coicoyán o Salado que desciende de elevaciones de 1,750 msnm de la Sierra de Coicoyán en el estado de Oaxaca y el río Atencochayota, que desciende de elevaciones de 1,600 msnm de la Sierra de Malinaltepec en el estado de Guerrero.

El Medio Balsas se inicia a una altura de 500 msnm, aguas abajo de la confluencia del río Amacuzac, y cubre un área de cuenca de 31,887 km². En su tramo de recorrido, recibe las descargas del río Tepecoacuilco por su margen derecha; entre cañones, sigue su curso durante unos 20 km hasta que, por su lado derecho, confluyen las aguas del río Cocula o Iguala; después de recorrer unos 60 km, recibe por la izquierda las aguas del río Huautla o Tetela; y 60 km aguas abajo, por su margen derecha lo alimenta el río Poliuta. Varios ríos de pequeñas dimensiones incrementan su flujo por la margen izquierda: Ajuchitlán, Amuco y Cuirio, que descienden por los flancos de la Sierra Madre del Sur desde elevaciones de 3,000 a 3,500 msnm.

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Unos kilómetros aguas abajo recibe por su derecha las corrientes del río Cutzamala. Este es uno de los más importantes aportadores del río Balsas en el tramo medio de su cuenca. A lo largo de sus 260 km de recorrido recibe varios nombres: Taximaroa, Turundeó, Río Grande, Tuxpan, Zitácuaro y, finalmente, Cutzamala. En su confluencia con el río Balsas, cerca de Ciudad Altamirano, en el estado de Guerrero, el río ya ha descendido hasta los 250 msnm. Hasta la estación hidrométrica La Caimanera, cubre un área de cuenca de 31,950.7 km² y recibe volúmenes medios anuales de 8,497 hm³.

El Bajo Balsas comprende el último tramo hasta la desembocadura en el océano Pacífico y cubre los últimos 34,954 km² del área de cuenca del río Balsas. Después de un recorrido de unos 40 km, y a alturas de entre 250 y 200 msnm, el Balsas recibe por su margen izquierdo las aguas del río del Oro, y por su margen derecho las de los ríos San Lucas, Huetamo y Tacámbaro.

La corriente principal formadora del río Tacámbaro se origina en las estribaciones del Eje Neovolcánico Transversal, a partir de las corrientes perennes que descienden desde alturas de 3,000 msnm, de los cerros Turicato, Taretio y El Perdido, que se sitúan a unos 40 km al suroeste de Morelia, Michoacán.

Unos kilómetros más adelante de la confluencia del río Tacámbaro, el Balsas se encañona y toma una dirección sur-norte, para luego dar un viraje hacia el oeste, lo que creó las condiciones favorables para la construcción de la presa “El Infiernillo”. En este punto, a 176 msnm, que corresponde al nivel máximo de embalse del vaso de almacenamiento de la gigantesca presa, la obra hidráulica inunda un área de 400 km², almacena unos 12,000 hm³ de las aguas y retiene unos cinco millones de m³ de sedimentos del Balsas.

En el vaso de la presa descargan hoy varios antiguos ríos, riachuelos y arroyos como El Salitre, La Palma, La Virgen, el río San Antonio, el Pinzadarán y, especialmente, el importante río Tepalcatepec. Este último se origina en el cerro de la Tinaja y tiene como principal formador al río Quitupan que nace a 2,000 msnm a 9.5 km al sur-suroeste del poblado de Cojumatlán de Regules, Michoacán. Una vez en terreno del estado de Michoacán, el río Tepalcatepec penetra en una zona en donde efectúa una serie de inflexiones y cambia de rumbo hacia el sureste. Aguas abajo recibe por la margen derecha al río Chila y por la izquierda al río Cancita. Más abajo recibe por su margen izquierda las aportaciones del río Cupatitzio-El Marqués. Finalmente toma un rumbo hacia el sur y confluye al río Balsas por la margen derecha de éste, efectuándose dicha confluencia dentro del vaso de la presa El Infiernillo.

El río Cupatitzio es la principal corriente formadora del río El Marqués y sus orígenes se efectúan al noroeste de la ciudad de Uruapan, Michoacán, por la cual cruza más adelante, en el cerro del Parío, a una altitud de 2,750 msnm.

Unos 28 km aguas abajo de la cortina de la presa El Infiernillo, el río Balsas recibe por su margen derecha al río de Las Juntas y 17 km después, se localiza el sitio donde se construyó la presa derivadora José María Morelos o La Villita. Dos kilómetros aguas abajo de la cortina, el río Balsas se bifurca dando lugar a la zona del delta.

El delta del río Balsas comprende los últimos 13 km del sistema fluvial en su curso hacia el mar y es el área de mayor importancia como zona de depositación y almacenamiento de los flujos de sedimentos, minerales y materia orgánica de la cuenca. Su importancia ecológica es por ello crucial. De la magnitud y de la calidad de estos depósitos depende por entero la función ecológica del sistema fluvial como mecanismo de producción, transporte y depositación de nutrientes y minerales hacia la zona costera y el mar (Toledo y Bozada, 2002).

Finalmente, para terminar este apartado, en la Tabla 2.7 se presentan los principales lagos y lagunas que se ubican en la RH Balsas.

Tabla 2. 7 Principales lagos y lagunas de la RH Balsas.

Nombre	Localización	Volumen almacenado medio (hm ³)
Laguna de Tuxpan	Iguala, Gro.	19.0
Lago de Zirahuén	Salvador Escalante, Mich.	230.0
Lago de Tequesquitengo	Tlaquitenango, Mor.	160.0
Laguna de Zempoala	Huitzilac, Mor.	0.0
Laguna de Coatetelco	Tetecala, Mor.	4.0
Laguna de Totolcingo	Oriental, Pue.	40.0
Laguna El Salado	Tepeyahualco, Pue.	32.0
Laguna de Aljojuca	Aljojuca, Pue.	5.7
Laguna de Alchichica	Alchichica, Pue.	4.0
Laguna de Epatlán	Epatlán, Pue.	3.1
Laguna de La Preciosa	Guadalupe Victoria, Pue.	1.9
Laguna de Quecholac	Quecholac, Pue.	1.5
Laguna Atexcac	Atexcac, Pue.	0.7
	Total	501.9

Fuente: CONAGUA, Estadísticas del agua en la cuenca del río Balsas, 2010.

2.1.7. Balance hidrológico superficial

El volumen total de aguas superficiales generado en la RH Balsas asciende a 17,056.48 hm³ (millones de metros cúbicos) anuales, de los cuales se transfieren en promedio 454 hm³ anualmente a través del sistema Cutzamala a las cuencas Valle de México y Lerma y se descargan 10,859.54 hm³ anuales al océano Pacífico.

En la Tabla 2.8, se presentan los escurrimientos naturales de cada una de las cuencas hidrológicas y los que dejan pasar hacia aguas abajo. De esta Tabla resulta importante destacar que en la cuenca hidrológica Río Alto Atoyac no se deja escurrir nada hacia la cuenca hidrológica Río Bajo Atoyac aguas abajo, ya que una parte del volumen que se capta en la Presa Chavarría, se transfiere a la cuenca hidrológica Río Nexapa a través de los túneles de Xochiac; el resto se almacena en la Presa Valsequillo y es utilizada para el riego del distrito número 030 Valsequillo; mientras que de la cuenca hidrológica Río Nexapa sólo deja pasar el 8.80% del volumen que genera, el resto es utilizada en usos consuntivos dentro de la propia cuenca hidrológica.

Tabla 2. 8 Escurrimiento natural por cuenca hidrológica en la RH Balsas.

Cuenca hidrológica	Escurrimiento virgen (hm ³ /año)	Descarga hacia aguas abajo	
		hm ³ /año	%*
Río Alto Atoyac	448.89	0.00	0.00
Río Amacuzac	2,102.43	1,232.11	58.60
Río Tlapaneco	1,040.88	1,027.45	98.71
Río Nexapa	497.05	43.75	8.80
Río Mixteco	874.27	814.30	93.14

Cuenca hidrológica	Escorrentamiento virgen (hm ³ /año)	Descarga hacia aguas abajo	
		hm ³ /año	%*
Río Bajo Atoyac	423.84	3,492.93	98.63
Río Cutzamala	2,246.51	1,511.98	67.30
Río Medio Balsas	3,921.33	8,448.76	94.65
Río Cupatitzio	1,118.58	432.66	38.68
Río Tacámbaro	917.88	761.44	82.96
Río Tepalcatepec	1,734.01	799.48	46.11
Río Bajo Balsas	1,261.12	10,859.54	92.79
Río Paracho-Nahuatzen	83.15	Cuenca cerrada	
Río Zirahuén	40.22	Cuenca cerrada	
Río Libres-Oriental	346.32	Cuenca cerrada	
TOTAL	17,056.48		

*Porcentaje de agua que descarga el cauce hacia la cuenca aguas abajo respecto del volumen total escurrido, es decir, el escurrimiento virgen por cuenca propia más el que, en su caso, recibe de otras cuencas. Fuente: Estudios técnicos de la RH Balsas (DOF, 26 de enero de 2011).

La cuenca hidrológica Río Mixteco deja pasar el 93.14% de los volúmenes generados, mientras que de la cuenca hidrológica Río Tlapaneco escurre el 98.71% hacia aguas abajo; ambas descargan hacia la cuenca hidrológica Río Bajo Atoyac. En las dos cuencas (Ríos Mixteco y Tlapaneco), se tienen condiciones económicas muy adversas, con índices de marginación entre alta y muy alta, aunado a condiciones naturales muy difíciles para el desarrollo de actividades productivas con consumos importantes de agua, como las agrícolas.

2.1.8. Disponibilidad de aguas superficiales

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000 “Conservación del recurso agua - Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”, en una región hidrológica, dicha disponibilidad se determina en el cauce principal en la descarga de la región y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D = Ab - Rxy \tag{2.1}$$

Donde:

D = Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca, hm³

Ab = Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo, hm³

Rxy = Volumen anual comprometido aguas abajo, hm³

El volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo de su salida (Ab), se determina a su vez con la expresión siguiente:

$$Ab = Cp + Ar + R + Im(Uc + Ex) \tag{2.2}$$

Donde:

Cp = Volumen medio anual de escurrimiento natural o “virgen”, hm³

Ar = Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba, hm³

R = Volumen anual de retornos, hm³

Im = Volumen anual de importaciones, hm³

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Ex = Volumen anual de exportaciones, hm³

Uc = Volumen anual de extracción de aguas superficiales (usos consuntivos), hm³

Considerando la aplicación de la ecuación (2.2) para el cálculo de Ab en cada cuenca, así como las conexiones entre ellas para determinar el volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba (Ar) de las cuencas secuenciales, se tienen los resultados que se presentan en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9 Volumen medio anual de escurrimiento hacia aguas abajo de las cuencas que integran la RH

Cuenca hidrológica	Cp	Ar	R	Im	Uc	Ex	Ab
Río Alto Atoyac	448.9	0.0	244.2	0.0	403.0	316.9	-75.8
Río Amacuzac	2,102.4	0.0	189.1	0.0	1,053.4	6.0	1,232.1
Río Tlapaneco	1,040.9	0.0	4.5	0.0	18.0	0.0	1,027.5
Río Nexapa	497.1	0.0	193.5	97.9	744.7	0.0	43.8
Río Mixteco	874.3	0.0	36.7	0.0	93.1	3.7	814.3
Río Bajo Atoyac	423.8	3,117.6	33.7	219.0	301.3	0.0	3,492.9
Río Cutzamala	2,246.5	0.0	3,392.2	0.0	3,595.5	59.2	1,512.0
Río Medio Balsas	3,921.3	5,004.9	4,528.1	6.0	4,937.5	86.0	8,448.8
Río Cupatitzio	1,118.6	0.0	1,148.6	0.0	1,834.5	0.0	432.7
Río Tacámbaro	917.9	0.0	67.1	0.0	223.5	0.0	761.4
Río Tepalcatepec	1,734.0	0.0	731.9	0.0	1,646.8	19.6	799.5
Río Bajo Balsas	1,261.1	10,442.3	15,885.1	0.0	16,122.1	647.3	10,859.6
Río Paracho-Nahuazén	83.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83.1
Río Zirahuén	40.2	0.0	1.5	0.0	3.0	0.0	38.7
Río Libres-Oriental	346.3	0.0	2.4	0.0	6.6	0.0	342.1
Total	17,056.50		26,458.4	322.9	30,982.9	794.9	

Balsas (hm³).

Nomenclatura: **Cp**: Escurrimiento natural por cuenca propia; **Ar**: Escurrimiento aguas arriba; **R**: Retornos; **Im**: Importaciones; **Uc**: Usos consuntivos (demanda utilizada y pérdidas en vasos de almacenamiento); **Ex**: Exportaciones; **Ab**: Escurrimiento hacia aguas abajo. Fuente: estudios técnicos de la RH Balsas (DOF, 26 de enero de 2011).

Por otro lado, el remanente (Ab) de los recursos propios de la cuenca x (Cp y R) además de los recursos que le son aportados por otras cuencas (Ar e Im), una vez satisfechas las demandas (Uc, Ex), representan los escurrimientos hacia agua abajo (Ab) de esta cuenca. Resulta evidente que este escurrimiento se convierte en el escurrimiento aguas arriba (Ar) de la cuenca y que está aguas abajo, y que dependiendo de su propia oferta, parte o toda esta aportación (Rxy) será necesaria para satisfacer sus propias demandas. De esta manera, la disponibilidad no comprometida (D) de la cuenca x estará dada por la ecuación (2.1) anotada anteriormente.

La condición de una cuenca para establecer nuevos aprovechamientos, depende de si la disponibilidad D es mayor o igual que cero. Es evidente que si el volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo (Ab) es menor que el volumen anual comprometido aguas abajo (Rxy), matemáticamente D sería negativo, pero en términos reales se puede decir que no existe disponibilidad hacia aguas abajo de la cuenca en estudio. De esta manera, en la Tabla 2.10 se presentan los resultados obtenidos de disponibilidad para cada una de las quince cuencas hidrológicas de la RH Balsas.

Tabla 2. 10 Disponibilidad media anual de agua superficial de las cuencas que integran la RH Balsas

Cuenca hidrológica	Ab	Rxy	D	Disponibilidad real	Condición
Río Alto Atoyac	-75.8	0.0	-75.8	0.0	Déficit
Río Amacuzac	1,232.1	1,537.8	-305.7	0.0	Déficit
Río Tlapaneco	1,027.5	1,282.4	-254.9	0.0	Déficit
Río Nexapa	43.8	54.6	-10.9	0.0	Déficit
Río Mixteco	814.3	1,016.4	-202.0	0.0	Déficit
Río Bajo Atoyac	3,492.9	4,434.4	-941.5	0.0	Déficit
Río Cutzamala	1,512.0	1,919.5	-407.5	0.0	Déficit
Río Medio Balsas	8,448.8	12,076.7	-3,627.9	0.0	Déficit
Río Cupatitzio	432.7	618.4	-185.8	0.0	Déficit
Río Tacámbaro	761.4	1,088.4	-327.0	0.0	Déficit
Río Tepalcatepec	799.5	1,142.8	-343.3	0.0	Déficit
Río Bajo Balsas	10,859.6	0.0	10,859.6	10,859.6	Disponibilidad
Río Paracho-Nahuatzen	83.1	85.0	-1.9	0.0	Déficit
Río Zirahuén	38.7	55.0	-16.3	0.0	Déficit
Río Libres-Oriental	342.1	350.0	-7.9	0.0	Déficit
Total				10,859.6	

(hm³)

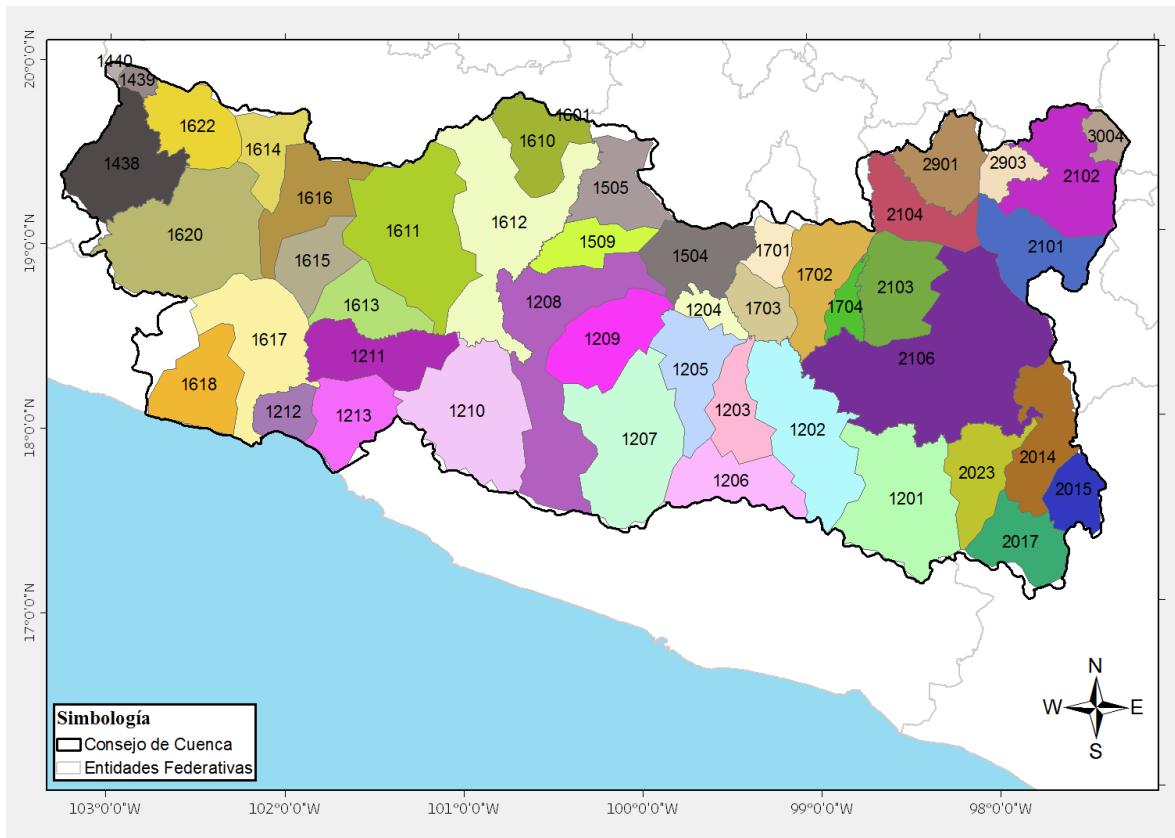
Ab: Escorrentamiento hacia aguas abajo; **Rxy:** volumen comprometido hacia aguas abajo; **D:** Disponibilidad. Fuente: estudios técnicos de la RH Balsas (DOF, 26 de enero de 2011).

Como se puede observar en esta Tabla, prácticamente todas las cuencas hidrológicas que integran la RH Balsas, a excepción de la cuenca Bajo Río Balsas, se encuentran en una condición de déficit, lo cual indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones dentro de las mismas.

2.1.9. Hidrología subterránea

Con respecto a las aguas subterráneas, a la RH Balsas le corresponden 46 unidades hidrogeológicas (acuíferos) que en total suman una superficie de 122,639 km². El acuífero Ixcaquixtla es el de mayor superficie, con alrededor de 9,560 km² (8% del total), ubicado en la subregión hidrológica Alto Balsas. Le siguen los acuíferos Huetamo y Apatzingán, el primero de ellos ubicado sobre la franja central de la región y el segundo al occidente (Figura 2.12).

Figura 2. 12 Acuíferos de la RH Balsas.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2010).

2.1.10. Balance hidrológico subterráneo

Dentro de la RH Balsas se ha definido la existencia de 46 unidades hidrogeológicas, que captan como recarga media renovable un volumen de 4,543 hm³ anuales, frente a una concesión de 1,904.0 hm³ anuales para todos los usos (agrícola, público urbano, doméstico e industrial) que se extrae mediante obras de alumbramiento, lo que representa una extracción anual de aproximadamente el 42% del volumen que se recarga (Tabla 2.11).

Tabla 2. 11 Volúmenes de recarga y extracción de aguas subterráneas por acuífero en la RH Balsas.

Clave	Acuífero	Extracción ^{1/} (hm ³ /año)	Recarga (hm ³ /año)	Relación extracción/ recarga
1201	Tlapa-Huamuxtlán	5.86	11.00	0.533
1202	Huitzucó	4.01	10.10	0.397
1203	Poloncingo	0.67	5.00	0.134
1204	Buenavista de Cuellar	0.11	1.00	0.110
1206	Chilapa	9.15	3.00	3.050
1701	Cuernavaca	198.49	395.00	0.503
1702	Cuatla-Yautepec	88.19	319.20	0.276

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Clave	Acuífero	Extracción^{1/} (hm³/año)	Recarga (hm³/año)	Relación extracción/ recarga
1703	Zacatepec	38.19	378.00	0.101
1704	Tepalcingo-Axochiapan	35.68	43.80	0.815
2014	Huajuapán de León	6.12	44.56	0.137
2015	Tamazulapán	3.79	SD	SD
2017	Juxtlahuaca	0.22	SD	SD
2023	Mariscala	0.59	SD	SD
2101	Valle de Tecamachalco	225.47	157.10	1.435
2102	Libres-Oriental	172.71	179.30	0.963
2103	Atlixco-Izúcar de Matamoros	161.00	244.30	0.659
2104	Valle de Puebla	285.49	339.60	0.841
2106	Ixcaquixtla	42.68	SD	SD
2901	Alto Atoyac	121.79	199.90	0.609
2903	Huamantla	51.70	98.30	0.526
2904	Emiliano Zapata*	0.60	6.00	0.100
1504	Tenancingo	10.66	12.50	0.853
1205	Iguala	6.22	20.00	0.311
1209	Arcelia	1.80	7.50	0.240
1207	Tlacotepec	0.14	35.00	0.004
1208	Altamirano-Cutzamala	8.88	441.00	0.020
1228	Chilpancingo*	3.8	9.6	0.395
1213	La Unión*	11.4	65.6	0.173
1505	Villa Victoria-Valle de Bravo	2.09	334.90	0.006
1509	Temascaltepec	0.36	100.80	0.004
1612	Huetamo	8.28	219.80	0.038
1610	Ciudad Hidalgo-Tuxpan	64.53	60.50	1.067
1210	Paso de Arena	1.11	12.00	0.093
1211	Coahuayutla	0.30	1.00	0.300
1212	El Naranjito*	0.30	40.6	0.000
1438	Colomos	10.06	SD	SD
1439	Quitupan	5.10	1.50	3.400
1611	Tacambaro-Turicato	5.18	33.00	0.157
1613	Churumuco	0.00	SD	SD
1614	Uruapan	24.70	97.30	0.254
1615	La Huacana	5.56	15.00	0.371
1616	Nueva Italia	7.49	99.20	0.076
1617	Lázaro Cárdenas	13.39	15.74	0.851
1618	Playa Azul*	8.4	34.1	0.246
1620	Apatzingán	243.94	494.40	0.493
1622	Cotija	32.30	134.80	0.240
	Total	1,904.0	4,565.1	0.417

^{1/}Volumen concesionado para todos los usos; *Acuíferos compartidos parcialmente con otras regiones hidrológicas; SD: Sin dato; Fuente: Estudios técnicos de la RH Balsas (DOF, 26 de enero de 2011).

De la revisión de la Tabla anterior, se podría suponer que desde el punto de vista del balance hidrogeológico cuantitativo, la RH Balsas está en condiciones de subexplotación. Sin embargo, los porcentajes de extracción varían mucho de una zona a otra, ya que los acuíferos que están en donde se han emplazado las grandes concentraciones urbanas industriales en la cuenca, están sufriendo de una fuerte presión y varios de ellos ya están sobreexplotados o están en camino de serlo. Tal es el caso de los acuíferos Libres Oriental y Valle de Tecamachalco en Puebla; Ciudad Hidalgo-Tuxpan en Michoacán; Atlixco-Izúcar de Matamoros y Tepalcingo-Axochiapan en Morelos. Además, hay varios acuíferos que se encuentran en un frágil equilibrio, en los cuales el volumen de extracción es superior al 80% del volumen de recarga; tal es el caso de los acuíferos Tepalcingo-Axochiapan, Libres-Oriental, Valle de Puebla y Tenancingo, en la Subregión Hidrológica Alto Balsas; y Lázaro Cárdenas, en Michoacán.

Cuando se analiza de manera puntual la situación de algunos acuíferos como el Tepalcingo-Axochiapan, el Libres-Oriental o el Valle de Tecamachalco, en donde se han asentado y desarrollado ciudades importantes como Puebla, se puede observar que la escasez de agua subterránea que acusan estos acuíferos, es provocada en buena medida por el crecimiento de la población, la cual demanda cada vez mayores volúmenes, dando como resultado la enorme competencia entre los diferentes usos, principalmente entre el uso público-urbano y el agrícola; este último inclusive está compitiendo con el cambio de uso del suelo, que está provocando en algunos casos la disminución de las áreas agrícolas, en los estados de Puebla, Tlaxcala y Morelos, entre otros. Esta competencia a su vez crea conflictos sociales entre los usuarios.

2.1.11. Disponibilidad de aguas subterráneas

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 “Conservación del recurso agua - Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”, la disponibilidad media anual de agua en una unidad hidrogeológica (acuífero), se determina mediante la siguiente expresión:

$$D = R - DNC - VC \quad (2.3)$$

Donde:

D = Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica, hm^3

R = Recarga total media anual, hm^3

DNC = Descarga natural comprometida, hm^3

VC = Volumen concesionado de agua subterránea, hm^3

De las 41 unidades hidrogeológicas existentes en la RH Balsas, hasta la fecha sólo se ha publicado la disponibilidad de quince de ellas; el 28 de agosto de 2009 se publicó en el DOF la disponibilidad de los acuíferos que se muestran en la Tabla 2.12.

Tabla 2. 12 Disponibilidad de aguas subterráneas de los acuíferos de la RH Balsas publicados en el DOF (cifras en $hm^3/año$).

Estado/Acuífero	R	DNC	VC	VEXT	D	Déficit
Estado de Michoacán						
Ciudad Hidalgo Tuxpan	60.50	41.30	64.53	10.00	0.00	-45.33
Uruapan	97.30	29.50	24.70	12.80	43.10	0.00
Nueva Italia	99.20	0.30	7.49	44.20	91.42	0.00
Apatzingan	494.40	94.60	243.94	229.80	155.85	0.00

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Cotija	134.80	92.70	32.30	27.00	9.77	0.00
Estado de Morelos						
Cuernavaca	395.00	175.20	198.49	180.50	21.31	0.00
Cuatla-Yautepec	319.20	223.90	88.19	279.90	7.11	0.00
Zacatepec	378.00	319.80	38.19	359.10	20.01	0.00
Tepalcingo-Axochiapan*	43.80	11.40	35.68	66.60	0.00	-3.28
Estado de Puebla						
Valle de Tecamachalco*	157.10	0.00	225.47	279.00	0.00	-68.37
Libres-Oriental	179.30	20.00	172.71	103.00	0.00	-13.41
Atlixco-Izúcar de Matamoros	244.30	83.90	161.00	129.10	0.00	-0.58
Valle de Puebla	339.60	35.70	285.49	307.00	18.41	0.00
Estado de Tlaxcala						
Alto Atoyac	199.90	22.90	121.79	100.50	55.21	0.00
Huamantla	98.30	20.50	51.70	58.50	26.10	0.00

Nomenclatura: *R*: Recarga total media anual; *DNC*: Descarga natural comprometida; *VC*: Volumen concesionado de agua subterránea; *VEXT*: Volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; *D*: Disponibilidad media anual de agua subterránea.

En dicha tabla se puede observar que varios de los acuíferos cuya disponibilidad de agua ha sido publicada en el DOF, presentan un déficit de aguas subterráneas. Los números negativos de la columna “déficit” indican que no existe volumen disponible para nuevas concesiones de agua; por el contrario, el valor del déficit anual indica el volumen que se está extrayendo del almacenamiento no renovable de los acuíferos. En este sentido, no se deberán autorizar concesiones para nuevos aprovechamientos para la explotación, uso o aprovechamiento del recurso, que impliquen un incremento en las extracciones. Además, se observa que los acuíferos Tepalcingo-Axochiapan y Valle de Tecamachalco están sobreexplotados, lo cual indica que el volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos (*VEXT*) es mayor que la recarga media anual (*RMA*) en dichos acuíferos.

Se debe resaltar que de los acuíferos correspondientes a los estados de Oaxaca, Jalisco, México y Guerrero no ha sido publicada la disponibilidad de ninguno de ellos, siendo los de los dos primeros, de los que menos información se tiene. Por lo anterior, todo el territorio del estado de Oaxaca que pertenece a la RH Balsas, está considerado como de libre alumbramiento; y grandes porciones de los estados de Puebla, Tlaxcala y Guerrero están en la misma condición. No obstante lo anterior, y tomando en cuenta las condiciones geológicas e hidrológicas existentes en la porción del estado de Oaxaca que pertenece a la RH Balsas, así como en la montaña de Guerrero, se supone que el potencial acuífero de dicha zona es muy pobre, condición que al asociarse a la nula disponibilidad de agua superficial define un escenario muy crítico para el abastecimiento de agua, para cualquier uso.

2.1.12. Usos del Agua

En la RH Balsas se utiliza un total de 47,332.70 hm³ anuales, de los cuales 45,476.84 hm³ (96.1%) corresponden a aguas superficiales y 1,855.86 hm³ (3.9%) se extraen anualmente de los acuíferos (aguas subterráneas), tal como se indica en la Tabla 2.13.

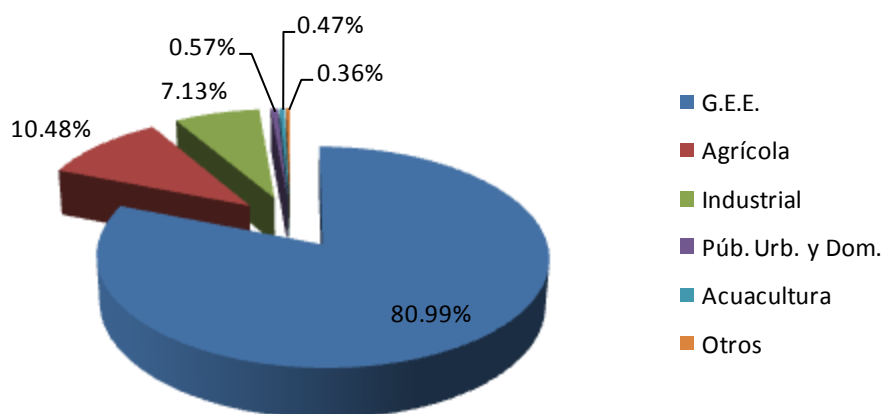
Tabla 2. 13 Usos del agua en la RH Balsas.

Tipo de uso	Volumen de agua (hm ³ /año)		
	Superficial	Subterráneo	Total
Agrícola	4,766.60	1,060.00	5,826.60
Doméstico	5.30	4.50	9.80
Generación de energía eléctrica	36,831.49	0.00	36,831.49
Industrial	3,243.98	143.14	3,387.12
Múltiples	121.15	47.89	169.04
Pecuario	1.12	2.02	3.14
Público urbano	254.68	585.54	840.22
Servicios	40.61	11.79	52.40
Acuícola	211.91	0.98	212.89
TOTAL	45,476.84	1,855.86	47,332.70

Fuente: basado en Estudios Técnicos de la RH Balsas (DOF, 26 de enero de 2011).

Como se observa en esta Tabla, el principal usuario de agua superficial en la RH Balsas es la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que utiliza los volúmenes para la generación de energía eléctrica en las distintas centrales hidroeléctricas instaladas en las presas, y al returbinar los volúmenes en más de una central, hace uso del 80.99% del agua utilizada en la región hidrológica. No obstante que el uso es no consuntivo, por la ubicación de la presa Infiernillo en la parte baja de la región, esto hace que la mayoría de las cuencas localizadas aguas arriba, tengan porcentajes altos de su escurrimiento comprometidos para este uso. En la Figura 2.13, se presenta la distribución porcentual por tipo de uso.

Figura 2. 13 Distribución porcentual por uso de aguas superficiales en la RH Balsas.

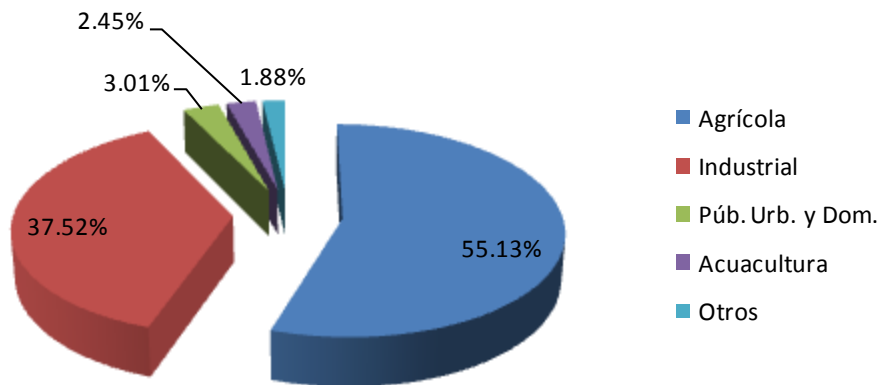


Fuente: elaborada con base en CONAGUA (2011).

Por otro lado, de los usos no consuntivos, el principal uso es el agrícola, al cual se destina un volumen total de 5,826.60 hm³/año, de los cuales el 81.8% corresponde a aguas superficiales y el restante 18.2% se extrae de aguas subterráneas mediante pozos profundos.

En la Figura 2.14 se presenta la distribución porcentual por uso, sin considerar el uso de energía eléctrica, con lo que el uso agrícola pasa a ser el principal consumidor con más del 55% del volumen concesionado. Si se considera que el agua para generación de energía eléctrica se usa más de una vez y que el promedio de agua utilizada para generación en la central de Infiernillo es de 10,859 hm³ anuales, en realidad el agua destinada para la generación de energía eléctrica es del orden del 67% del total.

Figura 2. 14 Distribución porcentual por uso de aguas superficiales en la RH Balsas (sin considerar el uso de generación de energía eléctrica).

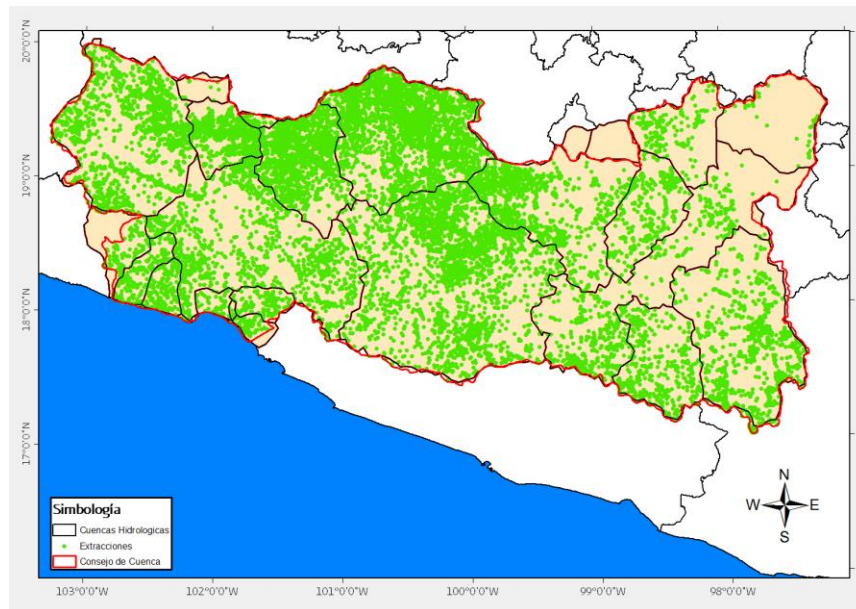


Fuente: elaborada con base en CONAGUA (2011).

Dentro del uso agrícola, destaca el uso que se hace del agua en las grandes superficies correspondientes a los Distritos de Riego, las cuales se encuentran ya aprovechadas, restando sólo concluir algunas zonas, para que se use plenamente la infraestructura ya construida. En el resto de la cuenca, no hay áreas compactas aptas para ser explotadas, las pocas que existen están separadas en pequeñas unidades, lo que hace muy cara la construcción de infraestructura para su explotación.

En las Figuras 2.15 y 2.16, se presentan los puntos de extracción registrados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de aguas superficiales y subterráneas respectivamente. Como se puede observar en la Figura 2.15, a pesar de que los puntos de extracción de aguas superficiales están ampliamente distribuidos en toda la región hidrológica, resalta la concentración, sobre todo en los estados de Michoacán, México y Guerrero, en las cuencas hidrológicas de los ríos Amacuzac, Cutzamala, Medio Balsas, Tacámbaro, Cupatitzio y Tepalcatepec.

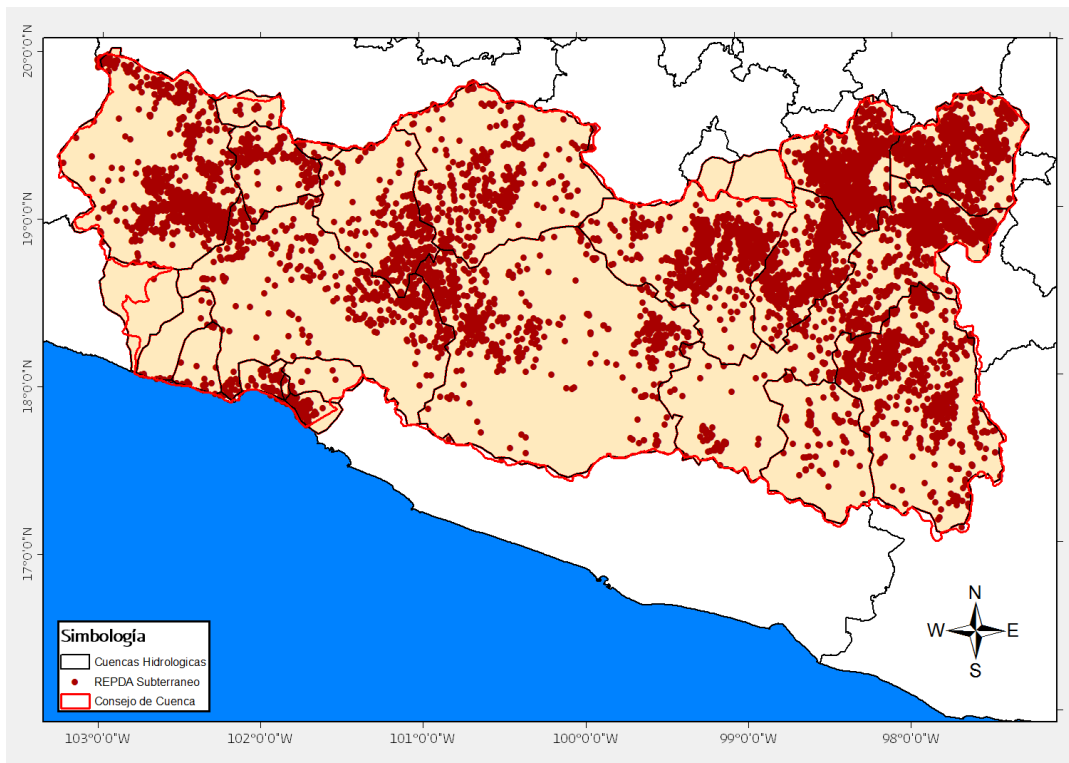
Figura 2. 15 Puntos de extracción de aguas superficiales registrados en la RH Balsas.



Fuente: CONAGUA (2011).

Asimismo, en la Figura 2.16 se puede apreciar la concentración de pozos en la subregión hidrológica Alto Balsas. Esta concentración ha provocado que se hayan sobreexplotado los acuíferos del Valle de Tecamachalco y Tepalcingo-Axochiapan, y que estén muy cerca de estarlo los de Valle de Puebla y Atlixco, éstos tres últimos en el estado de Puebla. Por otra parte, la distribución de los pozos perforados en la cuenca hidrológica del río Mixteco, correspondientes a los estados de Oaxaca y Puebla están claramente distribuidos alrededor de los cauces, por lo que dadas las condiciones de los acuíferos en la zona, que son pequeñas unidades alimentadas por valles intermontanos muy cortos, se puede pensar que en realidad aprovechan aguas subálveas, de los cauces. Las otras concentraciones claras de pozos, se presentan en las cuencas de los ríos Tacámbaro y Tepalcatepec, en el estado de Michoacán, coincidiendo con zonas de concentración de aprovechamientos de aguas superficiales.

Figura 2. 16 Puntos de extracción de aguas subterráneas registrados en la RH Balsas.



Fuente: CONAGUA (2011).

Para el abastecimiento de agua potable a los centros de población se utiliza un total de 850.02 hm³/año, de los cuales el 69.4% son de aguas subterráneas y el restante 30.6% de aguas superficiales. Las principales zonas de explotación corresponden a importantes concentraciones urbanas de Puebla, Tlaxcala, Morelos, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

La industria en la región hidrológica, se concentra en tres zonas principalmente: el corredor industrial de las ciudades de Puebla y Tlaxcala; la zona de Cautla-Zacatepec-Yautepec y Cuernavaca, en Morelos y la de Lázaro Cárdenas, Michoacán, utilizando un volumen anual de 3,387.12 hm³, de los cuales el 95.7% se aprovecha de aguas superficiales y el restante 4.3% de aguas subterráneas.

2.1.13. Infraestructura hidráulica

La RH Balsas, cuenta con infraestructura hidráulica de gran relevancia en el contexto nacional, en especial, destaca la infraestructura dedicada a la generación de energía eléctrica, misma que ocupa el 80% del volumen de agua en la cuenca. Sin embargo, el resto de los usos cuentan también con obras clave para la utilización del recurso. Es importante destacar que en esta región se ubica la segunda presa más importante de México, Infiernillo, con una capacidad de almacenamiento de 12,500 hm³.

a) Presas

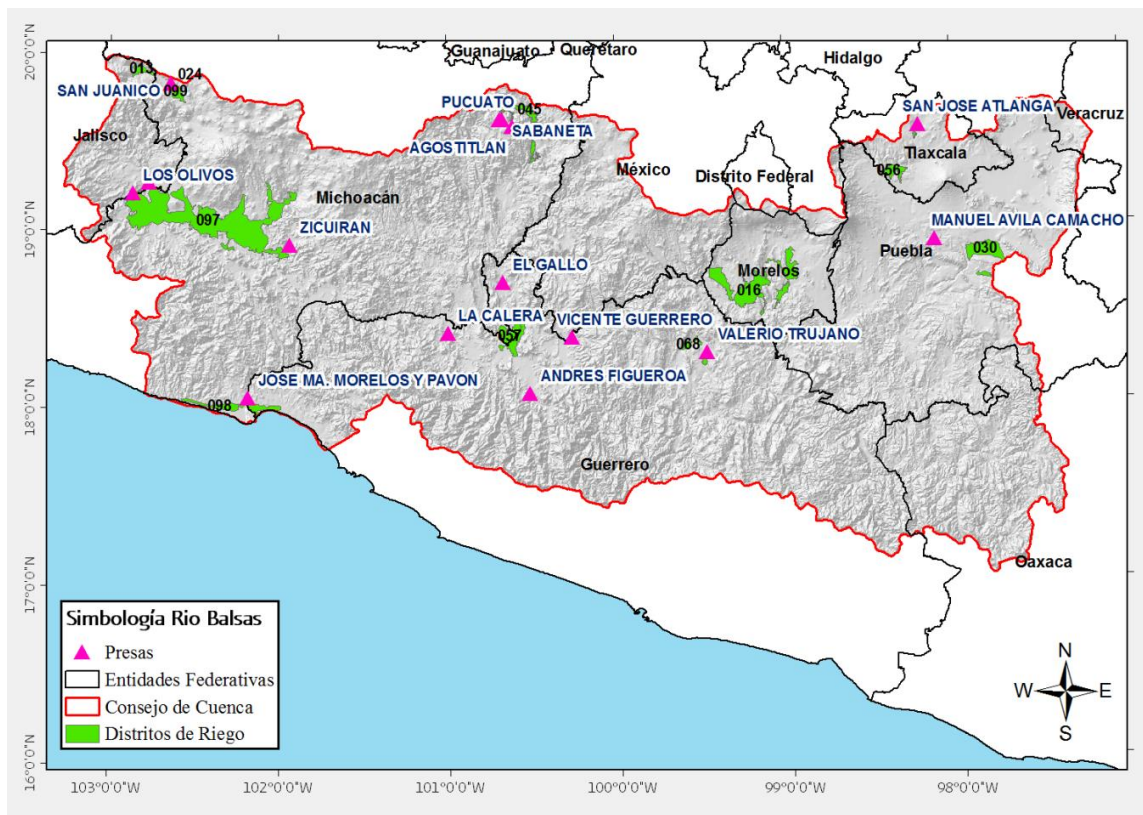
La generación de energía eléctrica, el riego, el abastecimiento de agua potable y la protección de la población y sus bienes, son la principal utilidad que genera la existencia de este tipo de obras (Tabla 2.14 y Figura 2.17). La privilegiada ubicación geográfica del río Balsas, con respecto de los principales centros industriales y de población en el centro del país, perfiló que haya sido considerada la cuenca para la generación de energía eléctrica, para lo cual existen 18 plantas hidroeléctricas, de las cuales 13 están en operación y 5 fuera de servicio (ver Tabla 15).

Tabla 2. 14 Principales presas de la RH Balsas.

Nombre oficial	Nombre común	Ubicación	Cap. útil (hm ³)	Corriente principal	Operada por	Uso	Año de terminación
Infiernillo	Infiernillo	Gro.-Mich.	8,844.1	Río Balsas	CFE	G y C	1963
Carlos Ramírez Ulloa	El Caracol	Guerrero	834.0	Río Balsas	CFE	G	1986
Constitución de Apatzingán	Chilatán	Jalisco	451.2	Río Tepalcates	CONAGUA	I	1989
José Ma. Morelos	La Villita	Mich.-Gro.	210.8	Río Balsas	CFE	G e I	1968
El Gallo	El Gallo	Guerrero	221.4	Río Atoyac	DR 057	G	1991
Valle de Bravo	Valle de Bravo	México	418.3	Río Balsas	CONAGUA	P	1944
Manuel Ávila Camacho	Valsequillo	Puebla	281.7	Río Cutzamala	DR 030	I	1946
Vicente Guerrero	Palos Altos	Guerrero	250.0	Río Polutla	DR 057	I	1968
Total			11,511.5				

G: Generación de energía eléctrica; C: Control de avenidas; I: Irrigación; P: Uso público urbano. Fuente: CONAGUA, Estadísticas del agua en la cuenca del río Balsas, 2010.

Figura 2. 17 Principales presas de la RH Balsas.



Fuente: elaborado con base en CONAGUA (2010).

Tabla 2. 15 Centrales hidroeléctricas de la CFE en la RH Balsas.

No.	Central hidroeléctrica	Capacidad efectiva instalada (MW)	Fecha inicio operación	Presa/ Localidad	Río que aprovecha	Entidad federativa
1	Infiernillo	1,000	28/01/1965	Infiernillo	Balsas	Michoacán
2	Villita	300	01/09/1973	José Ma. Morelos	Balsas	Michoacán
3	Carlos Ramírez Ulloa	600	16/12/1986	El Caracol	Balsas	Guerrero
4	Ixtapantongo*	0	29/08/1944	Colorines	Tilostoc	México
5	Santa Bárbara*	0	19/10/1950	Ixtapantongo	Tilostoc	México
6	Tingambato*	0	24/09/1957	Los Pinzanes	Tilostoc	México
7	El Durazno*	0	01/10/1955	Valle de Bravo	Melacatepec	México
8	Portezuelos 1	2	01/01/2001	Echeverría	Atoyac	Puebla
9	Portezuelos 2	1	01/01/2008	Echeverría	Atoyac-Nexpa	Puebla
10	Tepazolco*	0	16/04/1953	Manuel A. Camacho	Atoyac	Puebla
11	Zumpimito	6	01/10/1944	Zumpimito	Cupatitzio y	Michoacán

No.	Central hidroeléctrica	Capacidad efectiva instalada (MW)	Fecha inicio operación	Presa/ Localidad	Río que aprovecha	Entidad federativa
					Santa Bárbara	
12	Cupatitzio	72	14/08/1962	Cupatitzio	Cupatitzio	Michoacán
13	El Cóbano	52	25/04/1955	Jicalán	Cupatitzio	Michoacán
14	San Pedro Porúas	3	01/10/1958	San Pedro Poruas	San Pedro	Michoacán
15	Bartolinas	1	20/11/1940	Salto de Caracha	Tacámbaro	Michoacán
16	Tirio	1	01/01/1905	Umécuaro	Río Grande o San Pedro	Michoacán
17	Itzícuarro	1	01/01/1929	Itzícuarro	Itzícuarro	Michoacán
18	Tamazulapan	2	12/12/1962	Tamazulapan	Río Mixteco	Oaxaca

*Centrales hidroeléctricas fuera de servicio del Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán. **Central fuera de servicio. Fuente: elaborado con base en CONAGUA, Estadísticas del agua en la cuenca del río Balsas, 2010; y Estudios técnicos de la RH Balsas (DOF, 26 de enero de 2011).

El 75% de la generación de energía eléctrica se realiza en las presas Infiernillo, Villita y Carlos Ramírez Ulloa (El Caracol), las cuales en conjunto tienen una capacidad efectiva instalada de 1,900 MW. Las presas Infiernillo y La Villita operan en serie, la primera turbina utiliza aproximadamente 11,000 hm³ anuales, volumen que vuelve a turbinarse en la segunda.

b) Infraestructura hidroagrícola

El área total bajo riego en la RH Balsas es de aproximadamente 510,300 ha, de las cuales 199,530 ha (39.1%) se distribuyen en nueve distritos de riego, y las restantes 310,770 ha (60.9%) corresponden a 4,146 pequeñas unidades de riego. Debido a la complejidad, variedad y extensión –generalmente reducida– de las unidades de riego, es poca la información actualizada y detallada que existe sobre los beneficiarios, superficies, patrones de cultivos, estadísticas de producción y volúmenes de agua utilizados en las mismas. Así, diferentes estudios realizados concluyen en la necesidad de la verificación y actualización de la información de las unidades de riego.

Con respecto a los distritos de riego, éstos cubren una superficie física total de 235,588 ha, y regable de 84,323 ha, en los cuales se proporciona el servicio de riego a 64,758 usuarios organizados en asociaciones civiles. Los distritos se distribuyen por entidad federativa de la siguiente manera: dos en Guerrero, cuatro en Michoacán; y uno en Morelos, Puebla y Tlaxcala, respectivamente (Tabla 2.16 y Figura 2.18).

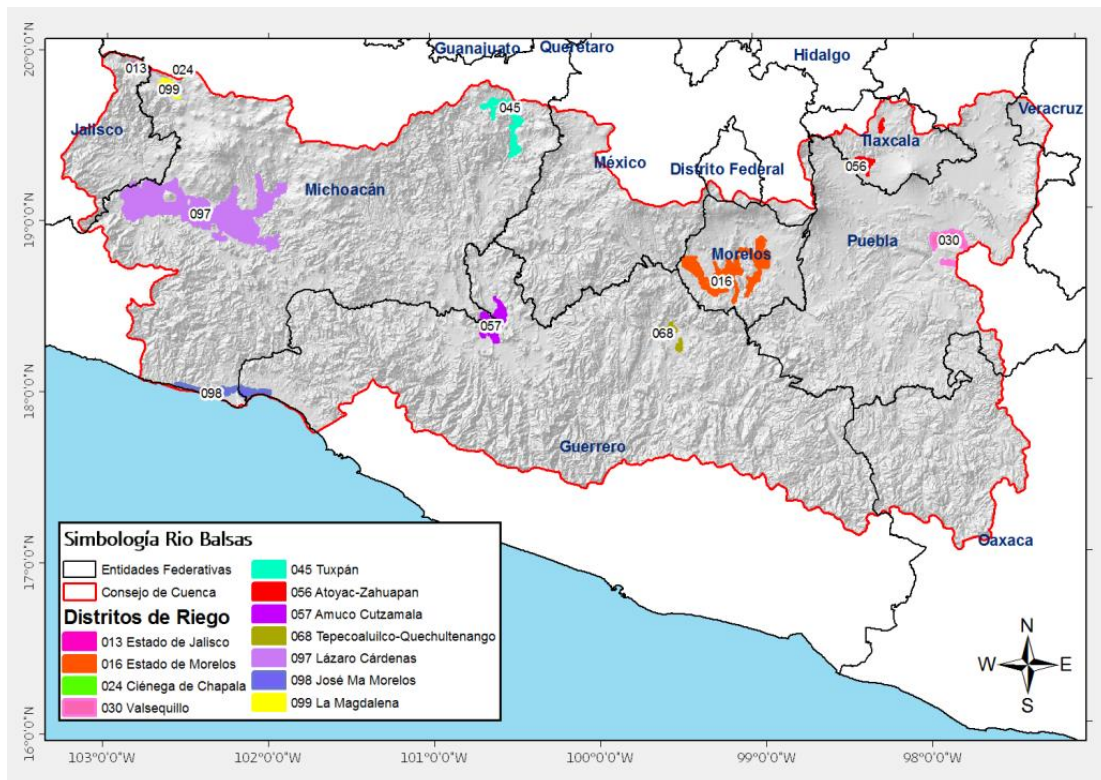
Tabla 2.16 Distritos de riego de la RH Balsas.

Distrito de riego		Entidad federativa	Superficies (ha)		No. de usuarios
No.	Nombre		Dominada	Regable	
056	Atoyac-Zahuapan	Tlaxcala	6,004	4,246	8,551
030	Valsequillo	Puebla	33,210	32,801	16,225
016	Edo. de Morelos	Morelos	33,768	28,657	15,391
Alto Balsas			72,982	65,704	40,167
057	Amuco-Cutzamala	Guerrero	27,600	27,487	4,665
068	Tepecuacuilco-Quechultenango	Guerrero	2,706	2,527	650
045	Tuxpan	Michoacán	19,489	19,489	7,428

Distrito de riego		Entidad federativa	Superficies (ha)		No. de usuarios
No.	Nombre		Dominada	Regable	
Medio Balsas			49,794	49,503	12,743
097	Lázaro Cárdenas	Michoacán	97,595	73,830	9,440
098	José Ma. Morelos	Michoacán	11,661	6,938	1,728
099	Quitupan	Michoacán	3,555	3,555	680
Bajo Balsas			112,812	84,323	11,848
Total			235,588	199,530	64,758

Fuente: CONAGUA, Estadísticas del agua de la cuenca del río Balsas, 2010.

Figura 2. 18 Distritos de riego ubicados en la RH Balsas.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2008). Programa Nacional Hídrico 2007-2010.

Para proporcionar el servicio de riego a los usuarios, los distritos de riego cuentan con una infraestructura que incluye 5021.31 km de canales, de los cuales el 55.0 están revestidos y el 45.0% sin revestir; además de 4,739.41 km de caminos y 915.6 km de drenes (Tabla 2.17).

Tabla 2. 17 Canales, caminos y drenes de los distritos de riego de la RH Balsas (km).

Distrito de riego		Entidad federativa	Canales		Caminos	Drenes
No.	Nombre		Revestidos	Sin revestir		
056	Atoyac-Zahuapan	Tlaxcala	107.00	45.00	110.00	156.00
030	Valsequillo	Puebla	276.00	342.00	597.00	205.00
016	Edo. de Morelos	Morelos	562.60	379.71	823.59	No aplica
Alto Balsas			945.60	766.71	1,530.59	361.00

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Distrito de riego		Entidad federativa	Canales		Caminos	Drenes
No.	Nombre		Revestidos	Sin revestir		
057	Amuco-Cutzamala	Guerrero	813.12	158.81	963.71	20.30
068	Tepecuacuilco-Quechultenango	Guerrero	57.96	87.79	206.22	80.58
045	Tuxpan	Michoacán	212.07	235.98	409.00	109.00
Medio Balsas			1,083.15	482.58	1,578.93	209.88
097	Lázaro Cárdenas	Michoacán	460.44	990.43	1,272.40	214.83
098	José Ma. Morelos	Michoacán	261.20	0.00	251.30	54.88
099	Quitupan	Michoacán	16.00	15.20	106.20	75.00
Bajo Balsas			737.64	1,005.63	1,629.90	344.71
Total			2,766.39	2,254.92	4,739.41	915.60

Fuente: CONAGUA, Estadísticas del agua en la cuenca del río Balsas, 2010.

Durante el año agrícola 2011-2012, en los nueve distritos de riego se sembró una superficie total de 156,667 ha, de las cuales se cosecharon 153,847 ha y se obtuvo una producción total de 3.5 millones de toneladas, la cual representó un valor total de la cosecha de 5.3 mil millones de pesos (Tabla 2.18).

Tabla 2. 18 Estadísticas de producción agrícola de los distritos de riego, año agrícola 2011-2012.

Distrito de riego		Superficies (ha)		Rendimiento (ton/ha)	Producción (ton)	Valor de la cosecha (miles \$)
No.	Nombre	Sembrada	Cosechada			
Guerrero						
057	Amuco-Cutzamala	12,311	12,311	16.5	203,525	364,985
068	Tepecuacuilco-Quechultenango	1,160	1,160	7.9	9,182	29,176
Michoacán						
045	Tuxpan	16,170	16,170	17.9	288,847	1,102,992
097	Lázaro Cárdenas	72,321	72,236	15.0	1,085,413	1,617,488
098	José Ma. Morelos	5,277	5,277	15.9	84,010	117,088
099	Quitupan	638	638	90.0	57,429	39,167
Morelos						
016	Edo. de Morelos	20,899	18,231	70.6	1,287,679	1,374,136
Puebla						
030	Valsequillo	21,937	21,937	21.9	480,931	581,024
Tlaxcala						
056	Atoyac-Zahuapan	5,953	5,886	16.1	94,714	123,311
	Total	156,667	153,847	23.3	3,591,729	5,349,366

Fuente: CONAGUA, Estadísticas agrícolas de los distritos de riego, 2012.

Asimismo, en los distritos de riego de la RH Balsas, se regó durante el año agrícola 2011-2012 una superficie física total de 152,222 ha (con 1 y 2 cultivos), utilizándose una lámina bruta promedio de riego de 154.5 cm, lo cual equivale a un volumen distribuido total de 2,350.4 hm³ (Tabla 2.19).

Tabla 2. 19 Superficie regada y volumen de agua distribuido en los distritos de riego, año agrícola

Distrito de riego		Superficie física regada (ha)			Lámina bruta media (cm)	Volumen distribuido (hm ³)
No.	Nombre	1 cultivo	2 cultivos	Total		
Guerrero						
057	Amuco-Cutzamala	12,311	-	12,311	238.5	293.6
068	Tepecuacuilco-Quechultenango	1,160	-	1,160	155.7	18.1
Michoacán						
045	Tuxpan	13,921	1,125	15,045	116.4	175.2
097	Lázaro Cárdenas	71,825	248	72,073	155.7	1,122.0
098	José Ma. Morelos	5,277	-	5,277	172.4	91.0
099	Quitupan	638	-	638	69.3	4.4
Morelos						
016	Edo. de Morelos	18,449	1,225	19,674	194.9	383.4
Puebla						
030	Valsequillo	21,937	-	21,937	110.3	241.9
Tlaxcala						
056	Atoyac-Zahuapan	3,615	491	4,106	50.9	20.9
	Total	149,134	3,089	152,222	154.4	2,350.4

2011-2012.

Fuente: CONAGUA, Estadísticas agrícolas de los distritos de riego, 2012.

c) Plantas potabilizadoras

En la RH Balsas se cuenta con 21 plantas potabilizadoras, con un caudal medio potabilizable de 17,030 l/s, mediante las cuales se potabiliza aproximadamente el 75.1% del agua distribuida para los usos doméstico y público urbano (Tabla 2.20).

Tabla 2. 20 Plantas potabilizadoras municipales en la RH Balsas.

Entidad federativa	No. de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)	% de agua potabilizada
Guerrero	8	1,188.0	971.0	81.7
Jalisco	0	0.0	0.0	0.0
México	5	20,164.0	15,117.0	74.9
Michoacán	2	495.0	455.0	91.9
Morelos	3	5.9	2.5	42.3
Oaxaca	1	200.0	160.0	80.0
Puebla	3	615.0	324.5	52.7
Tlaxcala	0	0.0	0.0	0.0
Total	22	22,667.9	17,030.0	75.1
Subregiones hidrológicas				

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Entidad federativa	No. de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)	% de agua potabilizada
Alto Balsas	14	1182.9	867.5	73.3
Medio Balsas	6	20,302.1	15,295.0	75.3
Bajo Balsas	2	495.0	455.0	91.9
Total	22	22,667.9	17,030.0	75.1

Fuente: CONAGUA, Inventario nacional de plantas municipales y de tratamiento de aguas residuales en operación, 2011.

La planta potabilizadora “Los Berros” se encuentra ubicada en la localidad del mismo nombre en el municipio Villa de Allende, Estado de México, dentro de la cuenca del Balsas; esta planta es la más grande del país y forma parte del Sistema Cutzamala, con lo que atiende una parte importante del suministro de agua potable a la zona metropolitana de la ciudad de México, con un proceso avanzado de potabilización; su capacidad instalada es de 20,000 l/s en cinco módulos; su caudal medio potabilizado es de 15,500 l/s. Aunque físicamente se encuentra ubicada en la RHA IV Balsas, esta planta es operada por el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Otras plantas potabilizadoras en operación con una capacidad instalada superior a los 100 l/s son las que a se enlistan en la Tabla 2.21.

Tabla 2. 21 Plantas potabilizadoras más significativas de la RH Balsas.

No.	Nombre de la planta	Ubicación	Clasificación del proceso	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)
1	Iguala	Iguala, Gro.	Clarificación convencional	400	300
2	Cd. Altamirano	Pungarabato, Gro.	Clarificación convencional	420	420
3	Taxco	Taxco de Alarcón, Gro.	Clarificación convencional	120	100
4	Ixtapan de la Sal	Ixtapan de la Sal, Edo. Méx.	Clarificación convencional	100	60
5	Los Berros	Villa de Allende, Edo. Méx.	Clarificación convencional	20,000	15,000
6	Ing. Agustín García Arias	Lázaro Cárdenas, Mich.	Clarificación convencional	420	380
7	Lázaro Cárdenas II	Lázaro Cárdenas, Mich.	Clarificación convencional	420	300
8	Huajuapán de León	Huajuapán de León, Oax.	Filtración directa	200	160
9	Atlixayotl	Puebla, Pue.	Ablandamiento	100	75
10	San Felipe	Puebla, Pue.	Osmosis inversa	300	190
11	Quetzalcóatl	Puebla, Pue.	Ablandamiento	185	170
12	Viveros Santa Cruz	Puebla, Pue.	Osmosis inversa	130	110
Total				22,795	17,265

Fuente: CONAGUA, Inventario nacional de plantas municipales y de tratamiento de aguas residuales en operación, 2011.

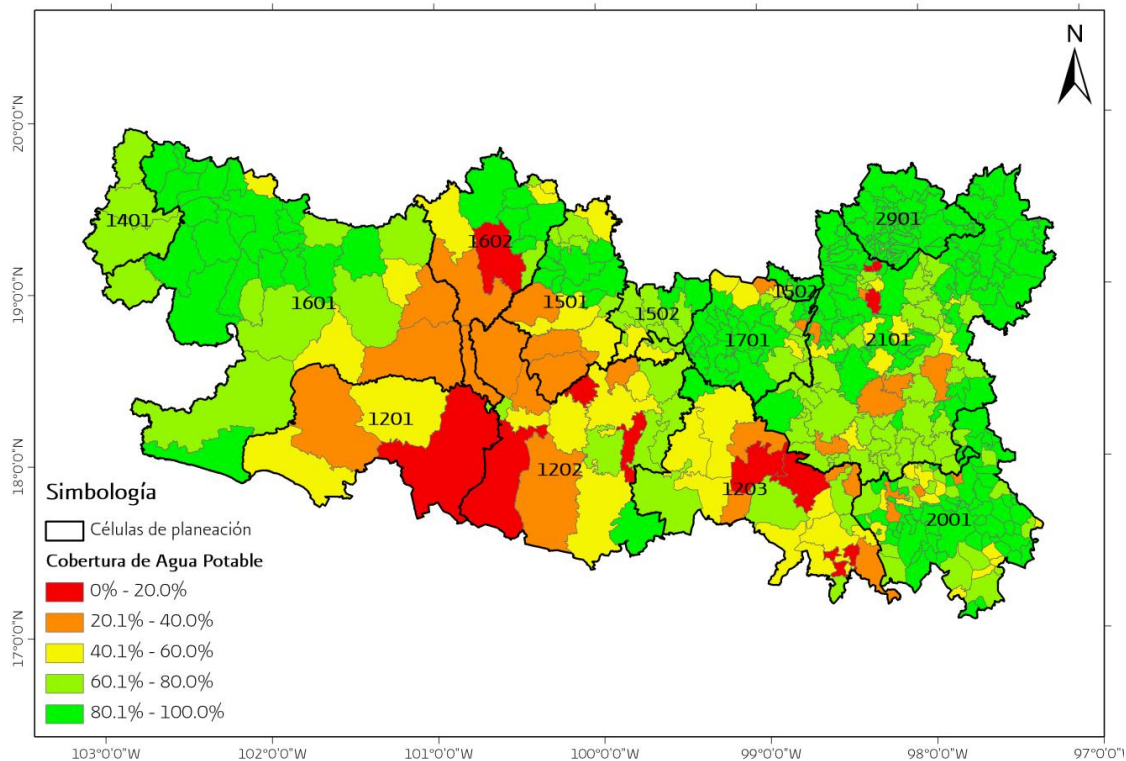
Los procesos de potabilización permiten que el agua extraída, ya sea de alguna fuente superficial o subterránea, sea acondicionada de manera que se permita su consumo por los habitantes o usuarios del servicio.

d) Cobertura de agua potable

Al 2010 la población que contaba con servicios de agua potable dentro de la circunscripción territorial de la RH Balsas era de 9,535,915 habitantes, quedando pendientes de atender 1,454,239 habitantes, lo cual da una proporción de 86.75% de cobertura regional. En 2011 se tuvo un incremento en la cobertura de agua potable en las entidades federativas de la región: en Guerrero se alcanzó una cobertura de 77.0% y es el estado que cuenta con la menor cobertura; mientras que en el estado de Puebla se llegó a 97.0%; en el estado de Morelos la cobertura alcanzó a 94.1% de la población; en tanto que en Michoacán se alcanzó 94.0%, y en Tlaxcala, 94.9%. En promedio se logró un incremento de 2.5%, con lo que el total regional se ubica en niveles de 91.4%.

La cobertura de servicios que ha tenido mayor crecimiento es la de centros urbanos, que alcanza valores hasta el 95%; para poblaciones medias el 91%; y para localidades rurales del Alto Balsas alcanza valores del 88%; del Medio y Bajo Balsas del 45.5% (Figura 2.19).

Figura 2. 19 Porcentajes de cobertura de agua potable en la RH Balsas.



Fuente: elaborado a partir de INEGI (2010), Censo General de Población y Vivienda.

e) Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales

Para el tratamiento de aguas residuales en la RH Balsas, se cerró al 2010 con 72.6% de cobertura, teniendo como base una capacidad instalada de saneamiento de aguas de 6,330 l/s, distribuida en 130 plantas. En los municipios del estado de Morelos se dio tratamiento al 80.8% de las aguas residuales generadas, siendo éste el porcentaje estatal más alto de la región; seguido por los municipios de los

estados de Puebla (77.4%) y Tlaxcala (72.3%), en segundo y tercer lugar, respectivamente. En los municipios del estado de Jalisco que pertenecen a la RH Balsas, no existen plantas de tratamiento de aguas residuales (Tabla 2.22).

Tabla 2. 22 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en la RH Balsas.

Entidad federativa	No. de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	% de agua tratada
Guerrero	2	38.0	12.0	31.6
Jalisco	0	0.0	0.0	0.0
México	9	295.0	102.0	34.6
Michoacán	5	574.0	330.0	57.5
Morelos	22	1,253.2	1,013.1	80.8
Oaxaca	7	169.9	91.0	53.6
Puebla	50	3,024.4	2,341.4	77.4
Tlaxcala	35	975.5	705.0	72.3
Total	130	6,330.0	4,594.5	72.6
Subregión hidrológica				
Alto Balsas	120	5,548.0	4,198.0	75.7
Medio Balsas	5	208.0	66.0	31.7
Bajo Balsas	5	574.0	330.0	57.5
Total	130	6,330.0	4,594.0	72.6

Fuente: CONAGUA, Inventario nacional de plantas municipales y de tratamiento de aguas residuales en operación, 2011.

Existen 12 plantas de tratamiento que tienen una capacidad instalada superior a 100 l/s cada una de ellas, y en conjunto su capacidad total es de 4,620 l/s. Sin embargo, la mayoría operan por debajo de su capacidad de diseño. En el año 2009, estas plantas trataron un caudal de 3,578.0 l/s, es decir sólo se ocupó el 78% de la capacidad instalada (Tabla 2.23).

Tabla 2. 23 Principales plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en la RH Balsas.

No.	Nombre de la planta	Ubicación	Tipo de tratamiento	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Cuerpo receptor
1	Valle de Bravo	Valle de Bravo, Edo. Méx.	Lodos activados	100	25	Presa Valle de Bravo
2	Uruapan	Uruapan, Mich.	Lodos activados	420	280	Río Santa Bárbara
3	Cuatla	Cuatla, Mor.	Filtros biológicos	420	520	Río Cuatla
4	Tabachines-Acapatzingo	Cuernavaca, Mor.	Filtros biológicos	400	300	Arroyo Chapultepec
5	Yautepec	Yautepec, Mor.	Discos biológicos	160	15	Río Yautepec
6	Huajuapán de León	Huajuapán de León, Oax.	Filtros biológicos	150	75	Río Mixteco
7	Atoyac del Sur	Puebla, Pue.	Primario avanzado	400	200	Río Atoyac
8	Puebla	Puebla, Pue.	Primario	700	500	Río Alseseca

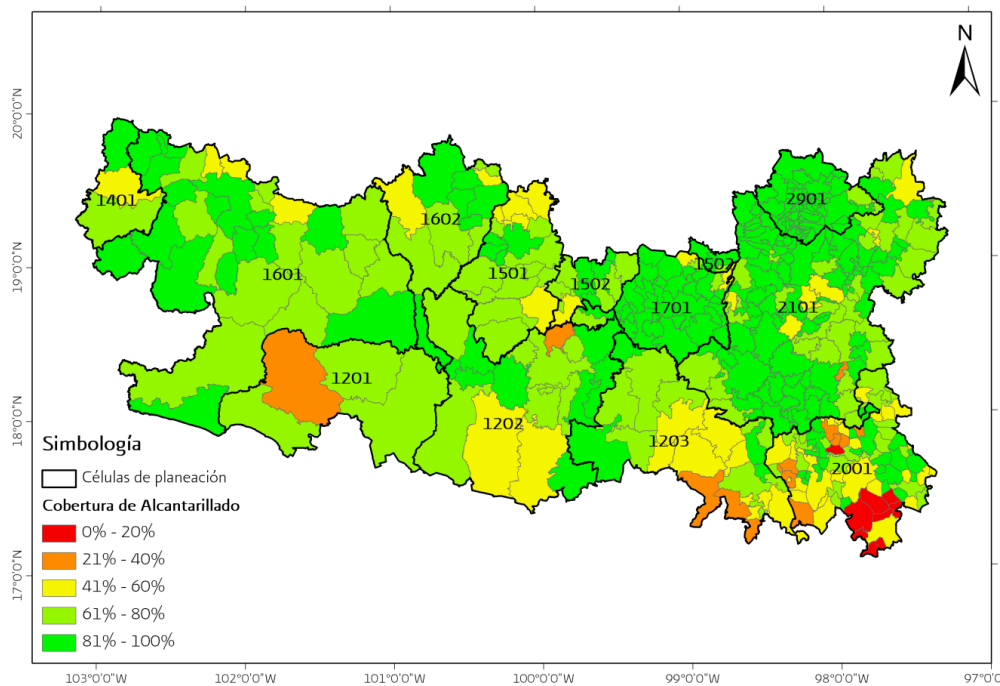
No.	Nombre de la planta	Ubicación	Tipo de tratamiento	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Cuerpo receptor
	Alseseca		avanzado			
9	Puebla-Barranda del Conde	Puebla, Pue.	Primario avanzado	340	180	Río Atoyac
10	Puebla San Francisco	Puebla, Pue.	Primario avanzado	1,100	1,100	Río Atoyac
11	Apizaco "B"	Apizaco, Tlax.	Filtros biológicos	180	120	Río Zahuapan
12	Tlaxcala	Tlaxcala, Tlax.	Lagunas aireadas	250	263	Río Zahuapan
			Total	4,620	3,578	

Fuente: CONAGUA, Inventario nacional de plantas municipales y de tratamiento de aguas residuales en operación, 2011.

f) Cobertura de alcantarillado

En la cuenca del río balsas se generaron a 2010, 20.85 m³/s de aguas residuales, recolectándose 16.21 m³/s. Lo que indica que al cierre de ese año se captó a través del alcantarillado sanitario el 77.74% de las aguas residuales producidas. A este logro, contribuyeron los estados de Tlaxcala y Puebla con el 88.80% y 88.10% respectivamente; Jalisco con el 75%, Morelos con el 74%, Guerrero con 65.54%; Michoacán con 63.66%, Estado de México con 60.39%, y Oaxaca con el 50.66% de cobertura en la red de alcantarillado. Lo anterior da como promedio regional el 75.97% de cobertura de alcantarillado (Figura 2.20). En el año 2011 se logró un incremento de 3.4% en promedio de cobertura de alcantarillado, con lo que el total regional se ubica en niveles del 79.37%.

Figura 2. 20 Porcentajes de cobertura de drenaje en la RH Balsas.



Fuente: elaborado a partir de INEGI (2010), Censo General de Población y Vivienda.

2.2. Características socioeconómicas

2.2.1. Distribución de la población

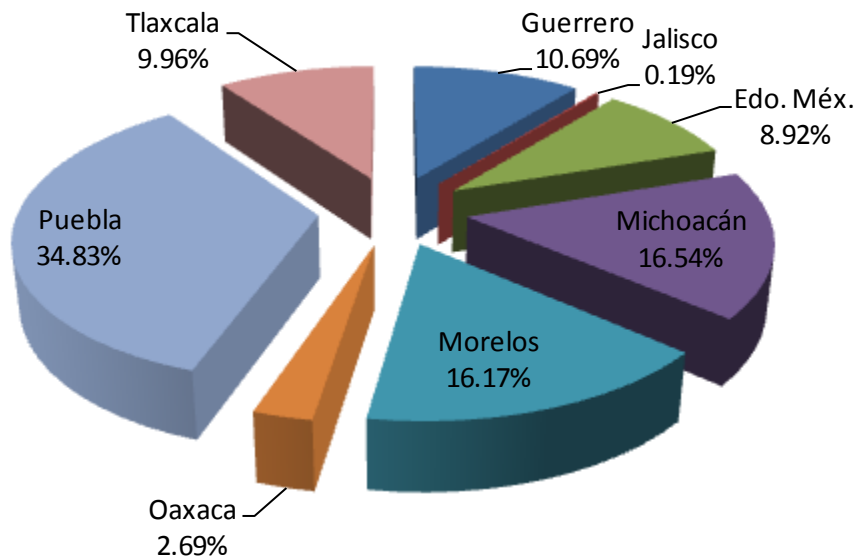
Hasta el año 2010, la RH Balsas tenía una población total de 10'990,154 habitantes, equivalente al 9.78% del total nacional. Esta población se encuentra distribuida en los ocho estados que integran la región hidrológica tal como se muestra en la Tabla 2.24 y en la Figura 2.21.

Tabla 2. 24 Distribución de la población en la RH Balsas por entidad federativa y subregión hidrológica.

Estado	Subregión Hidrológica			Total
	Alto Balsas	Medio Balsas	Bajo Balsas	
Guerrero	469,995	605,765	99,619	1,175,379
Jalisco			20,753	20,753
México	455,423	525,185		980,608
Michoacán		436,294	1,382,020	1,818,314
Morelos	1,777,227			1,777,227
Oaxaca	295,155			295,155
Puebla	3,828,390			3,828,390
Tlaxcala	1,094,328			1,094,328
Total	7,920,518	1,567,244	1,502,392	10,990,154

Fuente: con base en INEGI, Censo de población y vivienda, 2010.

Figura 2. 21 Distribución porcentual de la población en la RH Balsas por entidad federativa.



Fuente: con base en INEGI, Censo de población y vivienda, 2010.

Al igual que en el resto del país, en la RH Balsas la población está ampliamente distribuida alrededor de toda la región en pequeñas localidades menores de 2,500 habitantes; sin embargo, tiene 45 municipios con una población mayor que 50,000 habitantes y también existen 14 centros urbanos de mediana y gran importancia, con población superior a los 100,000 habitantes, entre los cuales destacan: Cuautla,

Cuernavaca y Jiutepec, en el estado de Morelos; Atlixco, Ciudad de Puebla, San Martín Texmelucan y San Pedro Cholula en el estado de Puebla; Iguala en el estado de Guerrero; y Ciudad Hidalgo, Apatzingán, Zitácuaro, Uruapan y Lázaro Cárdenas en el estado de Michoacán.

Además, existen siete grandes zonas metropolitanas que en conjunto concentran el 41.6% del total de la población de la cuenca, las cuales se presentan en la Tabla 2.25. Destaca la zona metropolitana Puebla-Tlaxcala, que es la cuarta concentración humana más grande del país, en la que están conurbados 12 municipios de Puebla y 20 de Tlaxcala, con una población superior a los 2.4 millones de habitantes y una densidad de población de 1,363 hab/km².

Tabla 2. 25 Zonas metropolitanas de la RH Balsas.

Zona metropolitana	No. de municipios	Superficie (km²)	Población 2010	Densidad de población (hab/km²)
Cuernavaca, Mor.	7	955	876,083	917
Cuautla, Mor.	6	981	434,147	443
Puebla-Tlaxcala	32	1,766	2,407,097	1,363
San Martín Texmelucan, Pue.	6	450	255,629	568
Valle de México, Edo. Méx.	5	442	106,063	240
Apizaco, Tlax.	8	387	203,336	525
Tlaxcala, Tlax.	11	322	296,231	920
Total	75	5,303	4,578,586	863

Fuente: con base en INEGI, Censo de población y vivienda, 2010.

Esta característica de la distribución poblacional crea serios problemas en lo que se refiere a la dotación de servicios básicos, especialmente el agua, ya que tanto la dispersión como la concentración excesiva implica esfuerzos importantes para la localización y explotación de fuentes de abastecimiento y construcción de redes de distribución de agua potable, así como la colección y tratamiento de las aguas residuales generadas. Igualmente, esta distribución de la población crea asimetrías en el desarrollo socioeconómico de la región, ya que la propia concentración poblacional ha implicado la concentración de la riqueza y los recursos en las grandes zonas conurbadas.

Es importante señalar que en la subregión hidrológica Alto Balsas se concentra el 72.0% de la población, misma que ocupa sólo el 43.02% del territorio de la cuenca. El hecho de que más del 70% de la población se encuentre en la parte alta de la cuenca representa un enorme reto para satisfacer los requerimientos de agua de la misma, ya que por tratarse de la parte alta de la región hidrológica existe poca oferta de agua.

2.2.2. Población urbana y rural

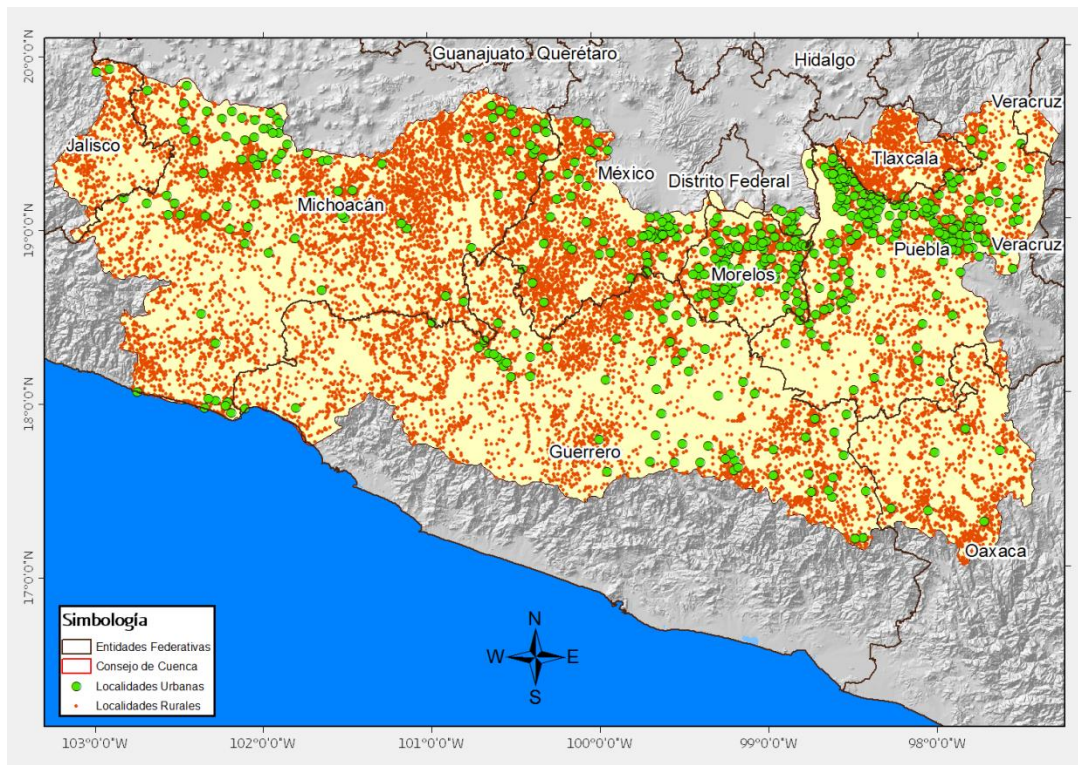
La distribución de la población urbana y rural por subregión hidrológica, se presenta en la Tabla 2.26, donde se puede observar que la población es eminentemente urbana, pues alcanza el 70.1% de la población total; el 29.9% restante es población rural, es decir, que vive en localidades menores a 2,500 habitantes y está ampliamente distribuida en toda la cuenca, como se muestra en la Figura 2.22.

Tabla 2. 26 Población rural y urbana en la RH Balsas.

Entidad federativa	Población		
	Rural	Urbana	Total
Guerrero	619,783	555,596	1,175,379
Jalisco	20,753	0	20,753
México	633,090	347,518	980,608
Michoacán	617,474	1,200,840	1,818,314
Morelos	286,889	1,490,338	1,777,227
Oaxaca	212,795	82,360	295,155
Puebla	664,120	3,164,270	3,828,390
Tlaxcala	221,625	872,703	1,094,328
Total	3,276,529	7,713,625	10,990,154
Subregión hidrológica			
Alto Balsas	1,885,811	6,034,707	7,920,518
Medio Balsas	892,811	674,433	1,567,244
Bajo Balsas	497,907	1,004,485	1,502,392
Total	3,276,529	7,713,625	10,990,154

Fuente: con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

Figura 2. 22 Localidades rurales y urbanas en la RH Balsas.



Fuente: con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

Se puede destacar que los estados de Jalisco, México y Oaxaca son los que tienen mayor proporción de población rural que urbana, destacando el estado de Oaxaca, donde la población rural representa el 72.0% de su población total, y la urbana equivale al 28.0% restante. Asimismo, proporcionalmente hablando, la subregión hidrológica Medio Balsas es la que tiene un mayor porcentaje de población rural (56.9%) con respecto a la urbana (43.1%) de la misma subregión. Lo anterior representa un enorme reto para la dotación de servicios básicos dada la dispersión de las localidades en la subregión mencionada, lo cual contrasta con las subregiones Alto Balsas y Bajo Balsas, donde en promedio dos de cada tres habitantes son urbanos.

2.2.3. Proyección de la población

En 1990 había en la RH Balsas, una población de 8,225,107 habitantes, y para el 2000 se incrementó a 9,533,591 habitantes; es decir en esa década hubo un crecimiento de 1,308,484 habitantes, lo que significó un incremento promedio anual de 1.5%, el cual fue inferior a la media nacional de 1.66% para el mismo período. Este crecimiento ha disminuido ligeramente en los últimos años. Lo anterior se debe fundamentalmente a la emigración de personas, básicamente de los estados de Guerrero, Oaxaca y Michoacán, hacia otras entidades del país e incluso hacia Estados Unidos de América.

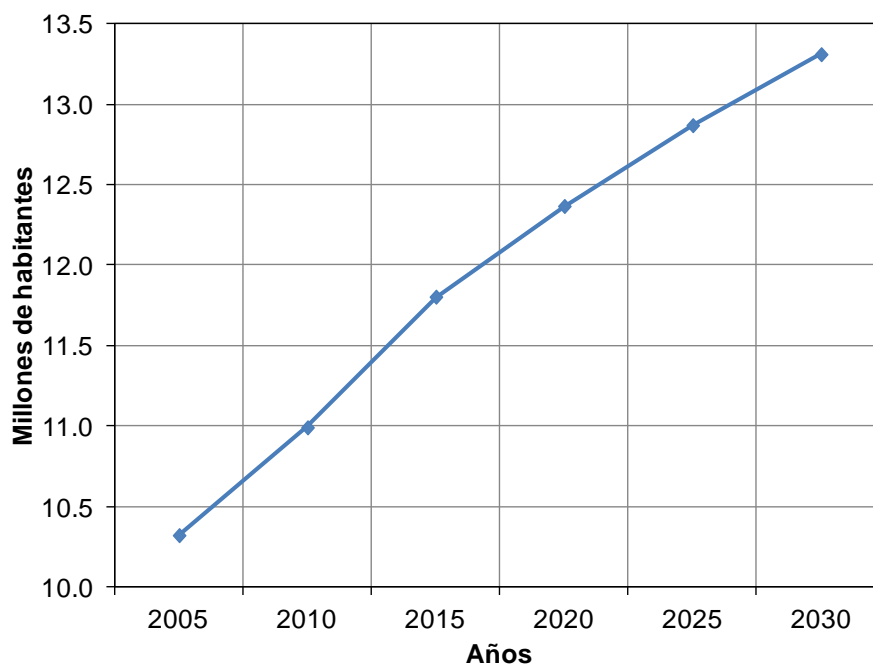
Del año 2000 al año 2010, la población se incrementó en 1,456,563 habitantes, lo que significó un crecimiento promedio anual de 1.32% en la última década; y por lo que se refiere al período comprendido de 2010 a 2030, se espera un incremento en la población de 2,318,868 habitantes, lo cual representa un crecimiento promedio anual que va disminuyendo de 1.11% para la década 2010-2020, a 0.70% promedio anual para el período 2020-2030 (Tabla 2.27 y Figura 2.23).

Tabla 2. 27 Proyección de la población total 2010-2030 en la RH Balsas.

Entidad federativa	Población proyectada				
	2010	2015	2020	2025	2030
Guerrero	1,175,379	1,224,299	1,250,148	1,271,603	1,288,337
Jalisco	20,753	21,788	22,584	23,377	24,146
México	980,608	1,092,117	1,176,436	1,261,259	1,342,754
Michoacán	1,818,314	1,923,092	1,987,329	2,042,807	2,090,521
Morelos	1,777,227	1,920,350	2,030,580	2,131,722	2,222,863
Oaxaca	295,155	312,597	320,892	327,572	333,190
Puebla	3,828,390	4,111,971	4,302,164	4,459,462	4,588,562
Tlaxcala	1,094,328	1,195,812	1,275,591	1,350,092	1,418,650
Total	10,990,154	11,802,027	12,365,724	12,867,893	13,309,022
Subregión hidrológica					
Alto Balsas	7,920,518	8,548,676	8,991,111	9,381,326	9,722,442
Medio Balsas	1,567,244	1,667,397	1,738,573	1,807,884	1,871,662
Bajo Balsas	1,502,392	1,585,954	1,636,040	1,678,683	1,714,918
Total	10,990,154	11,802,027	12,365,724	12,867,893	13,309,022

Fuente: con base en INEGI, Censo de población y vivienda 2010; y CONAPO, Proyecciones de población de México 2010-2050.

Figura 2. 23 Proyección de la población de la RH Balsas.



Fuente: con base en INEGI, Censo de población y vivienda 2010; y CONAPO, Proyecciones de población de México 2010-2050.

2.2.4. Población económicamente activa (PEA)

Hasta el año 2010, la PEA en la RH Balsas era de 5,456,165 habitantes, lo cual equivale al 49.6% de la población total. De esa población, el 95.39% está ocupada y el restante 4.61% se encuentra desocupada; es decir, hay alrededor de 5.2 millones de personas que trabajan y generan ingresos, mientras que aproximadamente 251 mil habitantes no tienen un empleo remunerado (Tabla 2.28).

Tabla 2. 28 Distribución de la población económicamente activa (PEA) en la RH Balsas.

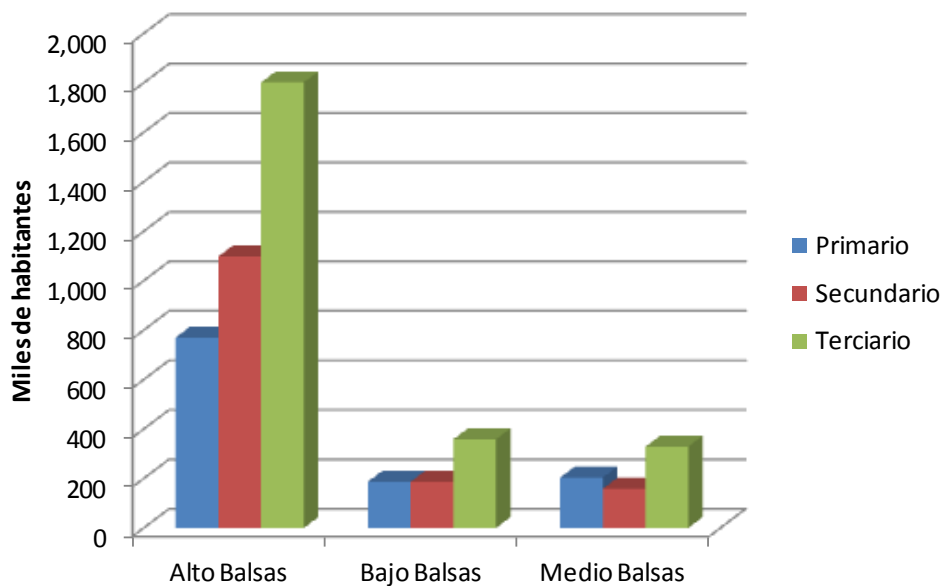
Concepto	Subregión Hidrológica			Total	%
	Alto Balsas	Medio Balsas	Bajo Balsas		
PEA total	3,490,483	856,214	1,109,468	5,456,165	100.00
PEA ocupada	3,332,502	817,391	1,054,790	5,204,683	95.39
PEA desocupada	157,981	38,823	54,678	251,482	4.61
PEA ocupada por sector económico					
Primario	770,498	187,052	203,589	1,161,139	22.31
Secundario	1,098,186	186,646	158,423	1,443,255	27.73
Terciario	1,802,025	358,689	329,106	2,489,820	47.84
No Especificado	61,640	26,770	22,059	110,469	2.12

Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda 2010.

En el sector primario (que incluye las actividades agropecuarias, principalmente), laboran 1.16 millones personas, que equivalen al 22.31% de la PEA ocupada; en el sector secundario (manufactura, electricidad, agua y construcción), laboran 1.4 millones de personas que equivalen al 27.73% de la PEA ocupada; y en el sector terciario (comercio, transporte, servicios, restaurantes, hoteles, etc.) se encuentran laborando casi 2.5 millones de personas que equivalen al 47.84% de la PEA ocupada; es decir, que la mayoría de la población asentada en la RH Balsas, trabaja en el sector terciario.

Por lo que se refiere a la distribución de la PEA por subregión hidrológica, el 71.7% se concentra en la subregión hidrológica Alto Balsas, que corresponde con la distribución de la población total en la cuenca. En la Figura 2.24 se presenta, la distribución de la PEA por sector económico y subregión hidrológica.

Figura 2. 24 Distribución de la PEA por sector y subregión en la RH Balsas.

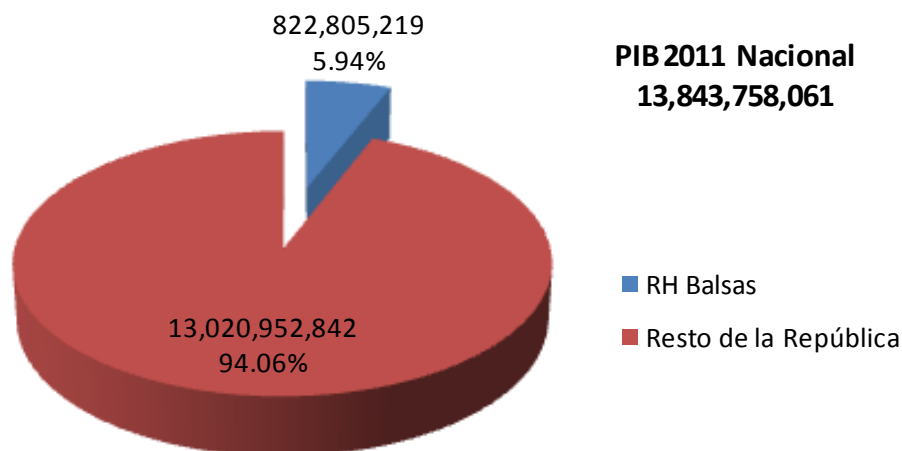


Fuente: elaborada con base en INEGI, Censo de población y vivienda 2010.

2.2.5. Producto interno bruto (PIB)

El PIB nacional en el año 2011, ascendió a 13,843.75 miles de millones de pesos, de los cuales, 822,805 millones de pesos, equivalentes al 5.94% del total nacional, se generaron en la RH Balsas, tal como se ilustra en la Figura 2.25.

Figura 2. 25 Impacto del PIB de la RH Balsas en el contexto nacional (miles de pesos de 2011).



Fuente: elaborada con base en INEGI, Sistema de cuentas nacionales de México 2011.

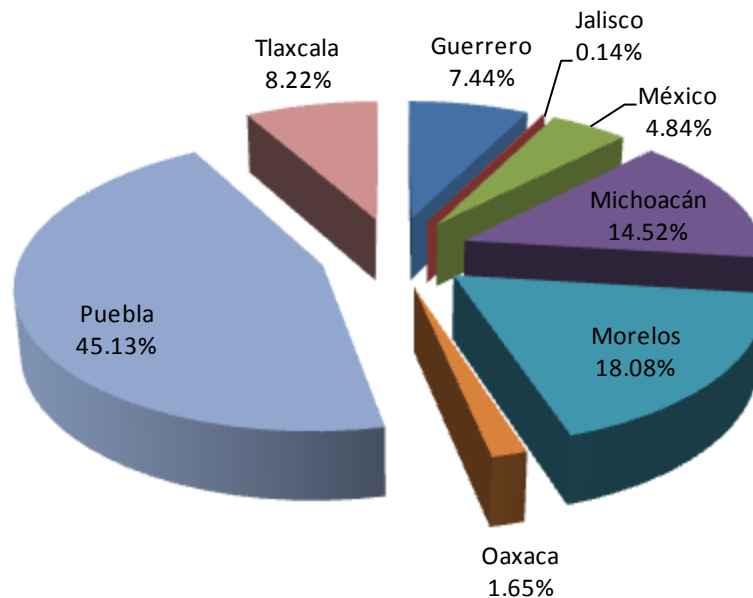
En la Tabla 2.29 se presenta la participación del PIB para cada una de las entidades federativas que conforman la región hidrológica, donde se puede observar que los estados que más contribuyen son Puebla (45.12%), Morelos (18.08%) y Michoacán (14.15%), los cuales en conjunto generan el 77.35% del PIB de la RH Balsas (Figura 2.26).

Tabla 2. 29 Conformación del PIB de la RH Balsas (miles de pesos de 2011).

Entidad Federativa	PIB (miles de \$)		Participación (%)
	Total Estatal	Municipios de la RH	
Guerrero	198,144,842	61,203,796	7.43
Jalisco	854,666,173	1,162,408	0.14
México	1,285,851,386	39,793,763	4.83
Michoacán	335,233,188	119,439,195	14.51
Morelos	148,765,823	148,765,823	18.08
Oaxaca	216,617,369	13,548,708	1.64
Puebla	469,627,518	371,296,115	45.12
Tlaxcala	72,114,275	67,595,410	8.21
Total	3,581,020,574	822,805,219	100.00

Fuente: INEGI, Sistema de cuentas nacionales de México 2011.

Figura 2. 26 Porcentaje del PIB de la RH Balsas por entidad federativa.



Fuente: elaborada con base en INEGI, Sistema de cuentas nacionales de México 2011.

2.2.6. Evolución del PIB e identificación de centros de actividades económicas en la región

El PIB de la RH Balsas evolucionó positivamente para el periodo 2005-2011; toda vez que en 2005 se tuvieron ingresos del orden de 482,618 millones de pesos y para el 2011 se ingresaron 822,805 millones de pesos. Asimismo, se determinó que los servicios comunales, sociales y personales; así como la industria manufacturera, el transporte, el comercio, los hoteles y restaurantes; y el sector agrícola, representan los mayores ingresos en la región hidrológica, con un 23.6%, 18.8% y 20.5%, respectivamente.

En cuanto a la industria que genera ingresos al PIB, se puede señalar que ésta se encuentra básicamente asentada en la subregión hidrológica Alto Balsas, es decir, en los estados de Puebla, Tlaxcala y Morelos, en donde se ubican empresas armadoras de vehículos (Volkswagen y Nissan), cementeras como Portland y Cemex, y de textiles, entre otras, de las cuales las que mayor consumo de agua presentan son las textileras. Aun cuando la mayor parte de la industria se localiza en la zona alta de la región, en la zona baja existen industrias importantes dentro de las cuales destaca la siderúrgica Lázaro Cárdenas, que es una de las principales consumidoras de agua que se ubica en una zona en donde existe suficiencia del recurso.

En cuanto al sector agrícola y su impacto en el PIB, existe una cantidad importante de tierras dedicadas al cultivo, equivalentes a 235 mil de hectáreas, localizadas en los distritos de riego de los estados de Morelos, Michoacán, Guerrero, Tlaxcala y Puebla.

2.2.7. Otros indicadores socioeconómicos

Derivado del análisis de la Tabla 2.30, destaca el hecho de que la región hidrológica se encuentra más densamente poblada (94.3 hab/km²) que el promedio nacional (57.18 hab/km²), lo cual se debe a las grandes concentraciones urbanas ubicadas al interior de la misma; sin embargo, el porcentaje de población urbana en la región (70.1%) es inferior al nacional (76.82%). Por otro lado, los porcentajes

de población de 15 años o más analfabeta y sin primaria completa (14.69% y 34.29%) son superiores a los nacionales (6.84% y 20.56%, respectivamente), lo cual indica que el nivel educativo en la región es inferior al del promedio nacional.

Tabla 2. 30 Principales indicadores de bienestar en la RH Balsas al 2010, comparativamente con los indicadores nacionales.

Indicador	Unidad	Regional	Nacional
Población total	%	9.78	100.00
Densidad de población	hab/km ²	94.30	57.18
Población rural	%	29.9	23.18
Población urbana	%	70.1	76.82
Población de 15 años o más analfabeta	%	14.69	6.84
Población de 15 años o más sin primaria completa	%	34.29	20.56
Ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado	%	9.36	4.57
Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	%	2.70	1.71
Ocupantes en viviendas sin agua entubada	%	16.16	11.14
Viviendas con algún nivel de hacinamiento	%	46.63	36.8
Ocupantes en viviendas con piso de tierra	%	12.98	6.13
Población en localidades con menos de 5,000 habitantes	%	72.33	30.61
Población ocupada con ingresos de hasta 2 salarios mínimos	%	64.85	39.50

Fuente: elaborado a partir de estimaciones de CONAPO con base en INEGI, Censo de población y vivienda 2010.

Un aspecto importante a señalar en cuanto a niveles de bienestar es el relativo a la existencia de servicio de agua entubada, donde el 16.16% de los habitantes de la región no cuentan con este servicio, y es superior al promedio nacional de 11.14%. Al respecto se puede señalar que en las zonas urbanas la cobertura de servicios oscila entre 77 y 95%, según datos proporcionados por los gobiernos de los estados, que comparativamente con los datos oficiales del INEGI varían entre 67 y 96%. En este sentido se puede señalar que en las zonas urbanas de la región hidrológica realmente el problema de agua potable se ha venido resolviendo lo que ha dado una mejor calidad de vida a la población. Sin embargo, en las zonas rurales los valores son inferiores.

Por lo que se refiere a habitantes con viviendas particulares con drenaje y excusado, en la región hidrológica el 9.36% no cuenta con este servicio, cantidad superior a la media nacional del 4.57%. Esto significa, que una de las prioridades para los próximos años en la región hidrológica, será lo concerniente a la construcción de sistemas de drenaje que capten las aguas generadas, reduciendo la contaminación que se genera, así como la construcción de sistemas de tratamiento que reduzcan las descargas de aguas crudas a ríos, canales y embalses.

Como resultado de lo anterior, se puede señalar que dadas las características de la población de la región hidrológica, fundamentalmente urbana, será indispensable garantizar las necesidades de agua en el futuro inmediato, así como sanear todas las aguas que se generen, ya que actualmente existe una enorme brecha entre las coberturas de ambos servicios. Lo anterior, obliga también a que las zonas rurales deberán adquirir especial relevancia, a fin de incrementar los niveles de bienestar de la población.

Por otro lado, en la RH Balsas, se presentan grandes contrastes, al haber zonas con marginalidad sumamente alta, como es la porción del estado de Guerrero que pertenece a la subregión hidrológica

Bajo Balsas que tiene un grado de marginación muy alto (el índice es de 1.51); en contraste con el estado de Tlaxcala, que tiene el grado de marginación más bajo de la región (con índice de -0.85). De manera general, la región hidrológica se puede clasificar con un grado de marginación medio, con un índice de marginación promedio de 0.21 (Tabla 2.31).

Tabla 2. 31 Índices y grados de marginación en la RH Balsas.

Entidad federativa	Alto Balsas		Medio Balsas		Bajo Balsas	
	Índice	Grado	Índice	Grado	Índice	Grado
Guerrero	1.23	Muy alto	0.82	Alto	1.51	Muy alto
Jalisco					0.57	Alto
México	-0.25	Medio	0.35	Medio		
Michoacán			0.42	Alto	-0.15	Medio
Morelos	-0.70	Bajo				
Oaxaca	0.62	Alto				
Puebla	0.03	Medio				
Tlaxcala	-0.85	Bajo				
Totales	-0.02	Medio	0.54	Alto	0.08	Medio
Total de la RH Balsas			0.21		Medio	

Fuente: elaborado a partir de estimaciones de CONAPO con base en INEGI, Censo de población y vivienda 2010.

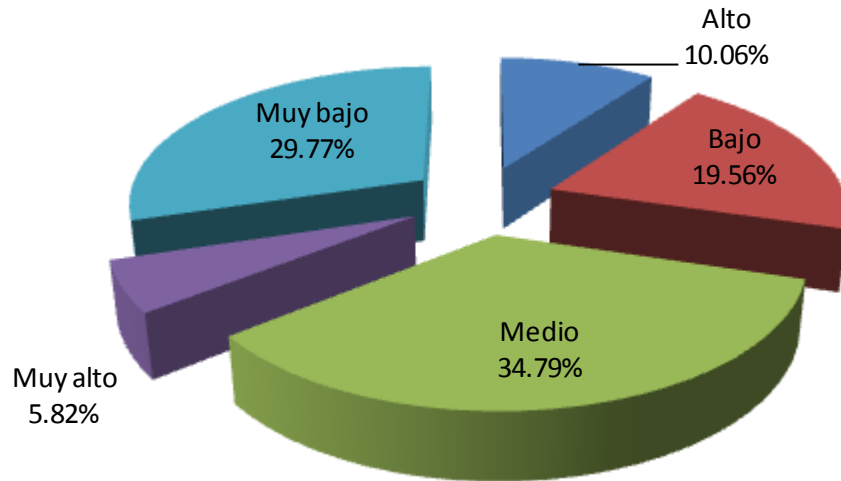
Asimismo, en la Tabla 2.32 se presenta el número de habitantes por entidad federativa y subregión hidrológica en función del grado de marginación que presenta la población. Como se observa, la mayor cantidad de habitantes presentan un grado de marginación medio (34.79%), seguido del muy bajo (29.77%), bajo (19.56%), alto (10.06%) y muy alto (5.82%), tal como se ilustra en la Figura 2.27.

Tabla 2. 32 Número de habitantes de la RH Balsas según su grado de marginación.

Entidad federativa	Grado de marginación					Total
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	
Guerrero		140,363	264,703	347,681	422,632	1,175,379
Jalisco			18,236		2,517	20,753
México		142,729	511,310	285,639	40,930	980,608
Michoacán	494,167	69,192	1,020,507	131,957	102,491	1,818,314
Morelos	855,876	451,195	470,156			1,777,227
Oaxaca		76,898	81,619	80,546	56,092	295,155
Puebla	1,630,570	675,715	1,246,951	260,048	15,106	3,828,390
Tlaxcala	290,886	593,634	209,808			1,094,328
Total	3,271,499	2,149,726	3,823,290	1,105,871	639,768	10,990,154
Alto Balsas	2,777,332	1,878,572	2,442,775	533,426	288,413	7,920,518
Medio Balsas		201,962	711,156	433,237	220,889	1,567,244
Bajo Balsas	494,167	69,192	669,359	139,208	130,466	1,502,392
Total	3,271,499	2,149,726	3,823,290	1,105,871	639,768	10,990,154

Fuente: elaborado a partir de estimaciones de CONAPO con base en INEGI, Censo de población y vivienda 2010.

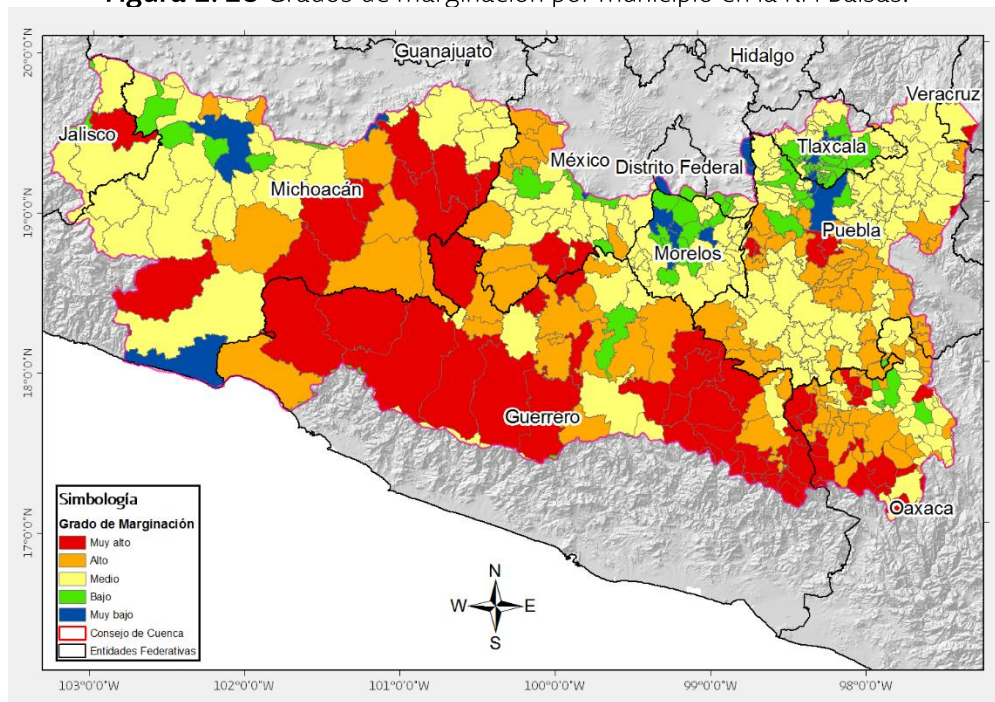
Figura 2. 27 Porcentajes de población según su grado de marginación en la RH Balsas.



Fuente: elaborada a partir de estimaciones de CONAPO con base en INEGI, Censo de población y vivienda 2010.

Por otra parte, en la Figura 2.28 se presentan los grados de marginación por municipio, donde se puede destacar que las zonas que presentan los índices de marginación más bajos se ubican alrededor de las grandes concentraciones de las ciudades de Puebla, Tlaxcala, Cuernavaca y Cuautla; así como en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán. Como se puede apreciar, el estado de Guerrero es el que tiene los grados de marginación más altos.

Figura 2. 28 Grados de marginación por municipio en la RH Balsas.



Fuente: elaborada a partir de estimaciones de CONAPO con base en INEGI, Censo de población y vivienda 2010.

2.3. Aspectos normativos importantes

2.3.1. Decretos y vedas para el aprovechamiento de aguas superficiales

Las políticas para el manejo del recurso hídrico en la RH Balsas han evolucionado de un enfoque de desarrollo a otro de conservación de los recursos hídricos, considerando los resultados de la presión que el crecimiento poblacional ha ejercido en la disponibilidad del agua. En los años 30's del siglo pasado, cuando la disponibilidad del agua en la región era suficiente para impulsar su desarrollo económico sin crear competencia entre los diferentes usos, sus características físicas justificaron la instalación de 16 centrales hidroeléctricas, 12 de las cuales se encuentran actualmente en operación. La viabilidad del sistema se garantizó con la publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF) de tres decretos: 1940, 1956 y 1958, de Declaración de Reservas Nacionales de Energía Hidráulica para las aguas del Río Balsas. En adición, se publicó en el DOF el 2 de febrero de 1966 el Acuerdo que declara la veda por tiempo indefinido, para el otorgamiento de concesiones de agua del río Balsas en las 12 cuencas tributarias que en esa época componían la región hidrológica (CONAGUA, 2011a).

Como resultado de esta reglamentación, el principal usuario de aguas superficiales en la región es la Comisión Federal de Electricidad, que hasta 2011 tenía concesionado 80.99% del volumen de agua superficial utilizada por año en la región, equivalente a 36,831.49 hm³/año, para el funcionamiento de sus centrales hidroeléctricas. Si bien este uso no es consuntivo, por la ubicación de la infraestructura hidroeléctrica en la parte baja de la región, el volumen de agua que escurre en las cuencas y subcuencas localizadas aguas arriba de las centrales hidroeléctricas está comprometido para este uso.

Esta situación se reflejó en el acuerdo publicado en el DOF el 7 de diciembre de 2007, por el que se da a conocer el resultado de los Estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas que integran la Región Hidrológica 18, Balsas (CONAGUA, 2007). En este acuerdo se determinó que 14 de las 15 cuencas hidrológicas consideradas dentro de los límites de la región hidrológica para esa fecha, no tenían disponibilidad de agua, contando únicamente con 10,859.5 hm³ disponibles en la zona del Bajo Balsas.

Para la CONAGUA, hasta el año 2011, otorgar una concesión o asignación de un volumen de aguas nacionales superficiales para cualquier uso o aprovechamiento, incluido el uso prioritario de satisfacción de demandas de la población, responsabilidad señalada en el artículo 15 constitucional para los organismos operadores, resultaba imposible, dado que el agua que escurre por las cuencas tributarias de las partes alta y media está comprometida en la parte baja para la generación de energía eléctrica.

Por lo descrito anteriormente, la RH Balsas presentaba una problemática que no solo comprometía la sustentabilidad del desarrollo: el derecho fundamental al agua para la población había quedado restringido debido a la presión ejercida por la competencia entre los usos del agua. Esta situación fue analizada y reconocida como una prioridad de atención por el Consejo de Cuenca del Río Balsas, y en las sesiones del mismo se tomaron diversos acuerdos en relación con la disponibilidad de agua y la veda de aguas superficiales. Para dar seguimiento a estos acuerdos el Grupo de Seguimiento y Evaluación, brazo operativo del Consejo de Cuenca, integró el Grupo Especializado de Ordenamiento (GEO), el 27 de septiembre de 2007, coordinado por el Organismo de Cuenca Balsas de la CONAGUA e integrado por representantes de los tres órdenes de gobierno, de los usuarios de aguas nacionales y la sociedad civil organizada. Al seno de este grupo de trabajo se establecieron los criterios para determinar los volúmenes de aguas superficiales del río Balsas y sus afluentes, requeridos para cada entidad a fin de asegurar el suministro de agua potable a aquellas comunidades que no tenían otra alternativa de abastecimiento, afrontando la demanda del recurso al 2030.

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Del análisis realizado por el GEO para el cumplimiento de los acuerdos derivados de las sesiones del consejo se concluyó que si bien el abasto de agua para consumo humano era indispensable, suprimir la veda en una región sin disponibilidad de aguas superficiales como se hacía mención en alguno de esos acuerdos no contribuiría a restablecer el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la veda debería más bien extenderse a las quince cuencas identificadas en 2007 como parte de la región hidrológica, para asegurar su conservación.

Para abastecer de agua para el uso doméstico y público urbano a la población sin comprometer la estabilidad de la región hidrológica, resultaba necesario entonces aplicar las reservas de aguas existentes en la región hacia los usos que demandaban una atención prioritaria, es decir, efectuar una redistribución del volumen existente, considerando las demandas sociales y justificado con el orden de prelación establecido en la Ley de Aguas Nacionales.

La CONAGUA (2011a) elaboró los Estudios Técnicos de Aguas Nacionales Superficiales de la Región Hidrológica número 18, Balsas, que definen la situación integral de la región hidrológica, y establecen formalmente los requerimientos de aguas nacionales superficiales por entidad federativa, para atender las demandas de agua de la población, todo ello consensuado con las representaciones de los usuarios y los gobiernos estatales, al interior del GEO. En la Quinta Sesión del Consejo de Cuenca efectuada el 21 de octubre de 2010, se aprobaron estos estudios y fueron publicados como acuerdo en el DOF el 26 de enero de 2011. En ellos se confirma la disponibilidad deficitaria en 14 de las 15 cuencas hidrológicas que conforman la región, agotando la posibilidad de disponer de nuevos volúmenes de aguas superficiales, y se determina un requerimiento de 332'646,793 m³ anuales, para satisfacer la demanda creciente en 339 municipios de las ocho entidades que integran la región, en estado crítico de abastecimiento para los sectores público urbano y doméstico. También se establece la factibilidad de reducir este volumen del concesionado a las centrales hidroeléctricas, en cuyo caso representaría el 2.56 % de las aguas nacionales superficiales que la CONAGUA había concesionado a la CFE.

En su Quinta Sesión el Consejo de Cuenca del Río Balsas acordó también que la CONAGUA, en el ámbito de su competencia, iniciará los procedimientos administrativos y las acciones necesarias para asignar a los municipios los volúmenes que se establecen como requerimiento en los estudios aprobados. En seguimiento a estos acuerdos, la CONAGUA realizó las gestiones administrativas pertinentes para la firma, 19 de marzo de 2011 el **Decreto por el que se modifican los diversos por los que se constituyen reservas de aguas nacionales y se establece una veda en la Región Hidrológica número 18, Balsas**, publicado en el DOF el 22 de marzo de 2011.

Este decreto declara de utilidad pública la protección, mejoramiento, conservación y restauración de las cuencas hidrológicas que conforman la RH Balsas, por lo que establece por 80 años la veda para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas superficiales, la cual se extiende a las 15 cuencas tributarias que componen la mencionada región, considerando los límites del estudio de disponibilidad publicado en diciembre de 2007 y abrogando el acuerdo de veda anterior que solo incluía a 12 de estas cuencas.

A la vez el decreto modificadorio de 2011 promueve una nueva distribución del volumen de agua que escurre, sin comprometer la estabilidad de la región hidrológica, aplicando las reservas de agua existentes hacia los usos que demandan una atención prioritaria, con base en la utilidad pública. Esto último con la modificación de los tres decretos que reservan el agua para el uso de energía eléctrica, al prever en el artículo correspondiente que las aguas reservadas podrán ser utilizadas para destinarse al uso doméstico y público urbano.

El decreto faculta a la CONAGUA para asignar volúmenes de aguas nacionales para los usos doméstico y público urbano, sin rebasar el límite establecido para cada entidad, que suman 332'646,793.39

m³/año (Tabla 2.33). El volumen que puede utilizarse es el disponible del Río Bajo Balsas, así como el que resulte de los ajustes que la CONAGUA realice a los títulos de concesión otorgados a la CFE.

Tabla 2. 33 Volumen máximo posible a ser asignado a las entidades para los usos doméstico y público urbano.

Estado	Volumen (m³/año)
Guerrero	86'711,150
Jalisco	564,350
México	68'403,500
Michoacán	57'757,750
Morelos	53'682,550
Oaxaca	21'652,600
Puebla	41'775,000
Tlaxcala	2'100,000
Total	332'646,793

Fuente: CONAGUA (2011), Decreto que modifica la veda en la RH Balsas.

Atendiendo al artículo noveno del citado decreto modificatorio, la CONAGUA publicó en el DOF el 24 de junio de 2011, los “Lineamientos que establecen la forma y condiciones a que se sujetará el aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales, así como el levantamiento y actualización de los padrones de usuarios, dentro de la zona de veda de la Región Hidrológica número 18 Balsas”. En ellos se definen los municipios de cada entidad beneficiados por el decreto modificatorio, que hacen un total de 340, así como el volumen anual máximo a concesionar en cada supuesto.

De las disposiciones publicadas en este instrumento destaca la facultad de la CONAGUA para emitir y registrar los títulos que correspondan por oficio y para reservar volúmenes en caso de que no se pudieran por cualquier causa otorgar al municipio correspondiente, pudiéndose otorgar posteriormente al mismo municipio o a otro diferente dentro de la misma región, considerando los programas de crecimiento o planeación poblacional.

Atendiendo al marco legal así modificado en 2011, el Organismo de Cuenca Balsas de la CONAGUA procedió ajustar el volumen de aguas superficiales concesionado a la CFE, reduciendo de sus títulos un total de 332'646,793 m³/año, definido en los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la RH Balsas, referidos anteriormente.

Para realizar este ajuste, se definieron las cuencas de aportación para cada una de las corrientes en las que se ubican las centrales hidroeléctricas de la cuenca del río Balsas y se determinaron los municipios que están comprendidos dentro de las mismas. La reducción de volumen de agua para cada uno de los títulos de concesión otorgados a CFE, se determinó sumando el requerimiento de los diferentes municipios que forman parte de estas cuencas de aportación.

Para agilizar la aplicación del decreto modificatorio y de sus lineamientos, el 5 de octubre de 2011 fueron entregados a igual número de alcaldes de la RH Balsas, 340 títulos de asignación, que otorgan a los municipios beneficiados la certeza jurídica de contar con un volumen de aguas suficiente para atender las necesidades de la población actual, reservando la CONAGUA el resto de los volúmenes definidos en los lineamientos, para asignarlos conforme avance la presentación de proyectos viables para su aprovechamiento.

La Tabla 2.34 resume por entidad federativa el volumen asignado en los títulos entregados el 5 de octubre y el número de habitantes que se beneficiarían con su aprovechamiento, considerando la dotación promedio (l/habitantes/día) de cada entidad. El impacto, si los municipios desarrollan los proyectos necesarios para hacer llegar estos volúmenes a la población, se reflejará en más de cuatro millones doscientos mil habitantes que podrán acceder a los servicios de agua.

Tabla 2. 34 Volumen asignado por la CONAGUA a los municipios beneficiados por el Decreto que modifica la veda del río Balsas, amparado por los títulos entregados a los alcaldes el 05 de octubre de 2011.

Entidad federativa	Habitantes beneficiados	No. Títulos	Volumen (m³/año)
Guerrero	1,419,545	39	77,710,199.30
Jalisco	2,050	3	112,279.36
Michoacán	784,214	29	29,616,736.84
México	839,439	34	45,959,262.12
Morelos	323,752	21	18,117,579.58
Oaxaca	228,491	78	12,509,975.01
Tlaxcala	8,990	6	422,349.62
Puebla	638,634	130	35,196,840.00
Total	4'245,115	340	219'645,221.83

Fuente: Organismo de Cuenca Balsas de la CONAGUA (2013).

2.3.2. Acuerdo para la entrega de agua en bloque del Sistema Cutzamala a los gobiernos del Distrito Federal y Estado de México

Por otra parte, el desmesurado crecimiento de la población de la ciudad de México a partir de los años cuarentas del siglo XX, hizo evidente que las fuentes subterráneas existentes dentro del Valle de México no sean suficientes para abastecer la demanda de miles de nuevos habitantes. La decisión de traer agua desde cuencas ubicadas fuera del Valle de México se debió en gran parte a los primeros impactos ocasionados por el hundimiento de la ciudad por la extracción de agua del subsuelo. Hay que recordar que la cuenca donde se asienta la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), se encuentra rodeada de cinco cuencas hidrológicas (tres de las cuales pertenecen a la cuenca del río Balsas), siendo las más cercanas la del río Lerma y la del río Cutzamala. Las otras tres son las del río Amacuzac, la del río Libres Oriental y la del río Tecolutla. De ellas, se consideraba que las dos primeras eran las más apropiadas para convertirse en las primeras aportadoras de agua a la ZMCM. Así, la cuenca del río Lerma aporta 6 m³/s (8.6% del total) y la de Cutzamala 14.4 m³/s (21.3% del total). En resumen, se trata de 20.3 m³/s y 30% de todo el abastecimiento.

El agotamiento de los recursos hídricos de la cuenca de Lerma, los conflictos regionales y, sobre todo, los hundimientos progresivos del subsuelo de la ZMCM por la extracción del agua, determinaron que en lugar de extraer dicha agua se debía traer de la cuenca río Cutzamala, aprovechando la infraestructura de almacenamiento del Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán. En 1976 se inician las obras de abastecimiento hidráulico a través del agua almacenada en 8 presas localizadas en la cuenca alta del río citado, la mayoría empleadas anteriormente para la generación de electricidad.

No obstante que ya estaba en operación la primera etapa del Sistema Cutzamala, el día 22 de junio de 1982, se publicó en el DOF el “**Acuerdo por el que la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos entregará en Bloque al Gobierno del Distrito Federal y al Estado de México los Caudales del Agua en Litros por segundo provenientes del Sistema Cutzamala**”, en el que se

establecía “Que del sistema Cutzamala se obtendrán hasta 19 metros cúbicos por segundo, los cuales serán distribuidos para satisfacer las necesidades que de este recurso requiere la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y la Zona Conurbada del Estado de México”, asimismo se señalaba “Que en las cuatro etapas de que consta el programa de la obra Sistema Cutzamala se contemplan la captación, conducción e introducción de aguas propiedad nacional, de las cuales se dispondrán los volúmenes siguientes: cuatro mil litros por segundo de la Presa Villa Victoria, mil litros por segundo de la Presa Chilesdo, seis mil cien litros por segundo de la Presa Valle de Bravo y siete mil novecientos litros por segundo de la Presa Colorines.”

En el Artículo Primero del mencionado Acuerdo se establece:

“ARTICULO PRIMERO.- La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos entregará en bloque al Gobierno del Distrito Federal y al del Estado de México, los caudales de agua en litros por segundo, provenientes del sistema Cutzamala que serán distribuidos en la forma siguiente: de la primera etapa se entregarán dos metros cúbicos por segundo al Gobierno del Distrito Federal y dos metros cúbicos por segundo al Gobierno del Estado de México, y en las subsecuentes etapas la entrega de los caudales se hará de acuerdo con el crecimiento de la población, de conformidad con la Tabla que a continuación se describe:

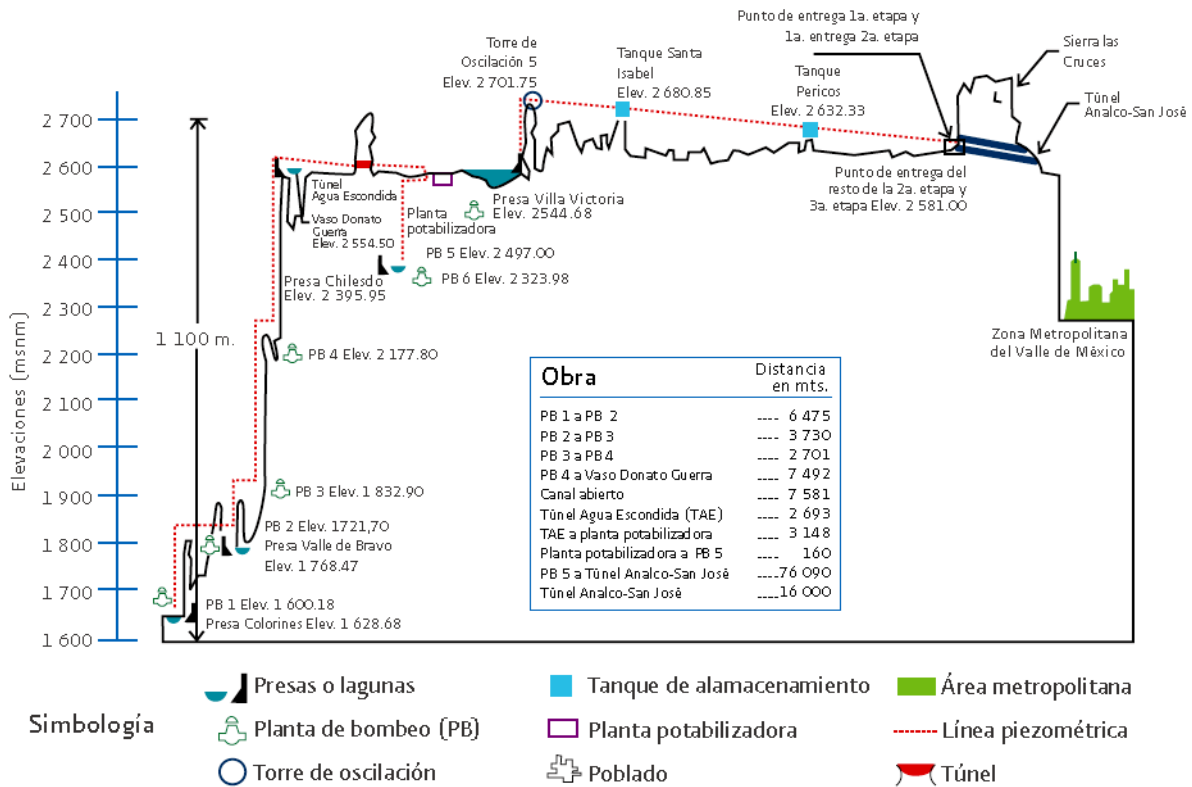
Caudales en litros por segundo:

	Presa Villa Victoria	Presa Chilesdo	Presa Valle de Bravo	Presa Colorines	Total
Estado de México	2,000	571	3,629	4,658	10,858
Distrito Federal	2,000	429	2,471	3,242	8,142
	4,000	1,000	6,100	7,900	19,000

...”

El sistema Cutzamala fue planeado en varias etapas, donde las mayores dificultades que se debieron vencer fueron, tanto la distancia a cubrir para conducir el agua hasta la ciudad (alrededor de 130 kilómetros), como que algunas presas se localizaban en cotas muy por abajo de ésta, lo cual implicó una considerable inversión para elevar el líquido por bombeo (Figura 2.29). La primera etapa de la obra consistió en tomar el agua de las presas Villa Victoria (4 m³/s) y Chilesdo (1 m³/s) y conducirla por un primer acueducto de 2.5 m de diámetro y 77 km de longitud, atravesando las sierras de Las Cruces, en el poniente de la ciudad. Fue inaugurada en 1982 y reportó inicialmente 19 m³/s.

Figura 2. 29 Perfil del Sistema Cutzamala.



Fuente: CONAGUA (2011).

Hasta la fecha, la cuarta etapa del sistema Cutzamala que consiste en captar agua del río Temascaltepec a través de la presa El Tule y conducirla a la presa Valle de Bravo, no se ha construido por problemas sociales en las comunidades de la zona de Temascaltepec.

Con la construcción de la planta potabilizadora de Los Berros y el acueducto central, se crearon las condiciones para aumentar el abastecimiento con el líquido de las presas restantes. Los trabajos correspondientes comprenden la segunda y tercera etapa y concluyeron en 1992. El aprovechamiento de estas fuentes implica elevar el agua desde presas ubicadas en cotas muy bajas respecto a la planta potabilizadora. El líquido de una de ellas (Colorines), es elevado 1,100 metros. Esta presa, la más baja respecto al nivel de la ciudad, recibe aportes de las presas Tuxpan (muy cercana a Zitácuaro, Michoacán), El Bosque e Ixtapan del Oro y entrega 8 m³/s. Una de las presas más importantes del sistema Cutzamala por su volumen de almacenamiento es Valle de Bravo, con alrededor de 394 hm³ (aporta al sistema 6 m³/s) el volumen total de almacenamiento del sistema suma alrededor de 800 hm³.

Entonces, como conclusión, se puede decir que a partir del año de 1982, se están entregando bajo el esquema de agua en bloque al Gobierno del Distrito Federal y al Estado de México a través del Sistema Cutzamala, considerables volúmenes de aguas nacionales de la RH Balsas.

2.4. Problemática relevante identificada

De lo expuesto en el presente capítulo y con base en otros estudios y análisis complementarios que se han hecho en la cuenca del río Balsas —entre los cuales destaca el Programa Hídrico Regional Visión 2030 de la Región Hidrológico-Administrativa IV Balsas (PHR Balsas), elaborado por la CONAGUA en 2012—, se puede decir que la principal problemática relacionada con el uso y la gestión del agua en esta región hidrológica, es la que se describe en los apartados siguientes.

2.4.1. Disponibilidad limitada y escasez de agua

Si bien es cierto que la precipitación media de la cuenca es superior a la media nacional, su distribución temporal, pero sobre todo la espacial, no es del todo favorable, ya que existen zonas con precipitaciones menores a 600 mm anuales. Existen áreas en la zona Mixteca y en la cuenca hidrológica del río Tepalcatepec, con climas propios de zonas áridas y semiáridas, aunque el resto está considerado como subhúmedo. En las partes altas de toda la región hidrológica y muy especialmente en la zona de la Mixteca y en la zona de montañas del estado de Guerrero, existen fuertes restricciones para el aprovisionamiento de agua potable a sus pobladores, debido principalmente a la escasez del recurso y a su dificultad para extraerla, conducirla y distribuirla en forma económica.

Por las características físicas naturales de la RH Balsas, se tiene una clara vocación para la generación de energía eléctrica, por lo que el agua superficial se ha venido regulando y reservando desde hace más de setenta años para este uso, lo que conllevó a las reservas de aguas nacionales superficiales para dicho fin desde inicios de los años 40's y hasta finales de los 60's del siglo pasado. Este proceso de reserva de volúmenes fue una política hídrica continua, ya que para 1940 se había reservado 37% del volumen escurrido, para 1956 este porcentaje era de 74%, en 1958 llegó hasta 91% y en 1966 se reservó el total de las aguas del río, desde su nacimiento en los estados de Tlaxcala y Puebla hasta su desembocadura en el océano Pacífico. Aunque esta política fue racional y efectiva en su momento, fue llevada a niveles que con el paso del tiempo han impuesto restricciones del desarrollo de otros sectores, más aún si se considera que en los últimos 70 años las condiciones y la dinámica socioeconómica han variado enormemente en la región hidrológica y en el país.

Por lo anterior, el día 22 de marzo de 2011 se publicó en el DOF “DECRETO por el que se modifican los diversos por los que se constituyen reservas de aguas nacionales y se establece una veda en la Región Hidrológica número 18 Balsas”, mediante el cual se declara constituida la reserva de aguas nacionales para la generación de energía hidroeléctrica en las aguas del río Balsas, “...en la inteligencia de que las aguas reservadas podrán ser utilizadas, en el volumen que se requiera, para destinarse al uso doméstico y público urbano.”

La población demanda cada vez mayores volúmenes, dando como resultado la enorme competencia entre los diferentes usos, principalmente entre el uso público-urbano y el agrícola, lo que ocasiona en algunos casos la disminución de las áreas agrícolas en los estados de Puebla, Tlaxcala y Morelos, entre otros. Con el Decreto de modificación a la veda se emitió el documento “Lineamientos que establecen la forma y condiciones a que se sujetará el aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales, así como el levantamiento y actualización de los padrones de usuarios, en la zona de veda de la región Hidrológica número 18 Balsas” (DOF, 24 de junio de 2011), en el cual se acreditan los volúmenes de agua a los que podrán hacer uso los estados y municipios de la región para el aprovechamiento en el sector público-urbano, y con ello mitigar la escasez del recurso hídrico en el sector, provocado por las vedas anteriormente citadas, y recuperar los acuíferos sobreexplotados.

Según el PHR Balsas, se estima que en esta región hidrológica la demanda de agua actual es del orden de 7,659 hm³, y para satisfacerla se cuenta con una infraestructura hidráulica cuya capacidad instalada

aporta una oferta sustentable de agua de 6,988.3 hm³. Pero también, parte de la demanda es abastecida de manera no sostenible provocando que los niveles de sobreexplotación sean del orden de 94 hm³ en los acuíferos, además no se deja escurrir un volumen para la preservación de los ecosistemas acuáticos de 573 hm³. Al año 2030, este problema podría agudizarse debido al crecimiento de la demanda, la cual se estima podría ascender a 8,159.6 hm³. Esto traerá consigo una brecha hídrica del orden de los 1,530.8 hm³. Entonces, para cerrar esta brecha, en el documento referido se plantea la implementación de 33 medidas técnicas que aportan un volumen cercano a 1,510 hm³, las cuales requerirán una inversión de 20,124 millones de pesos. Las medidas con el mayor impacto y que habrá que promover su implementación son las que están ligadas a las estrategias de aplicar tecnologías que reducen el consumo de agua, y reducir las pérdidas en los sistemas hidráulicos de todos los usos.

2.4.2. Deficiencias en la prestación de servicios de agua

Por las condiciones físicas de la cuenca, el desarrollo poblacional, las grandes aglomeraciones en pocas ciudades, así como de la enorme dispersión de las localidades rurales, sobre todo en zonas serranas, existe un problema muy serio para el abastecimiento de los servicios públicos básicos, entre los que destaca el abastecimiento de agua potable. Es innegable que existe una muy alta dispersión de la población rural, que complica la dotación de servicios básicos, ya que además de la dispersión de estas localidades, muchas de ellas están en zonas con escaso potencial natural para sustentar su desarrollo, siendo la escasez de agua uno de los principales factores del atraso que presentan. Por otro lado, en las grandes concentraciones urbano-industriales la alta demanda de agua ha sobrepasado la capacidad de las fuentes cercanas, lo que ha llevado a su sobreexplotación y a recurrir a fuentes lejanas; mientras que en las pequeñas, por el lugar en que se ubican, el agua es muy escasa, de mala calidad o de difícil acceso.

Actualmente, en la región se estima que la población sin acceso a agua potable es de alrededor de 1.5 millones de personas y sin alcantarillado de 1.9 millones de personas. Con base en los índices de proyección de CONAPO se estima que al año 2030 la población sin acceso a agua potable se incrementará a poco más de 3.4 millones de habitantes y sin alcantarillado a 3.8 millones de habitantes. Para llegar al 100% de cobertura al año 2030, y satisfacer a la totalidad de las personas que no contarían con servicios de agua potable ni alcantarillado, se requerirá invertir alrededor de 19,841 millones de pesos (CONAGUA, 2012).

A nivel municipal, donde recae principalmente la administración de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, el principal problema lo representa la falta de recursos financieros. El volumen de agua residual municipal generado en la región se estima en 519 hm³/año, del cual se trata 37%. El volumen restante generado anualmente se vierte sin tratamiento alguno a los ríos o cuerpos de agua de la región. Además, del inventario nacional de plantas potabilizadoras en la región, sólo opera 75% de la capacidad instalada, la cobertura de potabilización en los estados de Puebla, Morelos y Michoacán es baja y en los estados de Oaxaca, Guerrero y Tlaxcala no se tiene registro de plantas potabilizadoras.

Asimismo, dentro del PHR Balsas, se identifica que uno de los problemas principales es que la población que ya cuenta con la prestación de los servicios municipales de agua potable y alcantarillado está inconforme por la ineficiencia del servicio. De igual forma, con relación a este tema se mencionan los siguientes problemas generales: falta de cobertura de 100% en servicios básicos; deterioro de las redes de agua potable y drenaje; planeación inadecuada; falta de programas estratégicos de corto, mediano y largo plazos; crecimiento poblacional urbano desordenado; existencia de asentamientos irregulares; falta de cultura del agua; inexistencia de programas permanentes de mantenimiento y operación de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento; falta de macro y micro medición; escasez de personal técnico especializado; alta rotación del personal técnico y administrativo; tarifas obsoletas en

relación con el precio real del servicio; falta de campañas permanentes de sensibilización sobre el valor, uso y reúso del agua y el pago del servicio; y baja recaudación de recursos financieros por concepto de tarifas de agua potable, drenaje y saneamiento.

2.4.3. Marginación social

En la RH Balsas se presentan grandes contrastes sociales, al haber zonas con marginalidad sumamente alta, como es la porción del estado de Guerrero que pertenece a la subregión hidrológica Bajo Balsas que tiene un grado de marginación muy alto; en contraste con el estado de Tlaxcala, que tiene el grado de marginación más bajo de la región.

En general, los municipios de los estados de Guerrero y Oaxaca son los que tienen los mayores índices de marginalidad y las coberturas de agua potable más bajas de toda la región, lo cual se debe en parte a lo agreste del territorio, pues la mayor proporción está conformada por montañas con grandes pendientes. A diferencia de ellos, los municipios con índices de marginación bajos y muy bajos, se encuentran alrededor de las concentraciones urbano-industriales de los estados de Tlaxcala, Puebla y Morelos.

Los asentamientos humanos irregulares se presentan principalmente en las grandes ciudades de la RH Balsas, como son Puebla, Atlixco, Huajuapán de León, Cuernavaca, Cuautla, Yautepec, Iguala, Taxco, Teloloapan, Ciudad Altamirano, Arcelia, Uruapan y Apatzingán, entre otras, lo que repercute en la sobrecarga de los sistemas de distribución existentes y evita la planeación adecuada de las obras requeridas para la prestación de servicios básicos.

Igualmente, dentro de la problemática general identificada en relación con este tema en el PHR Balsas, se encuentra la siguiente: falta de inversión para desarrollo de tecnologías en abastecimiento en comunidades; bajas inversiones en el sector agua potable y alcantarillado; deficiente institucionalización del proceso de atención a las comunidades rurales; falta de continuidad de autoridades y personal técnico; inexistente planeación en los sistemas de suministro de agua potable, alcantarillado y saneamiento; politización en la toma de decisiones para el suministro del agua; baja cultura del agua; ausencia de organización de los usuarios; e incompleta normatividad de los programas de agua potable.

2.4.4. Contaminación del agua en cauces y acuíferos

De manera general, las aguas superficiales de la cuenca del río Balsas son de buena calidad. Sin embargo, existen unos pequeños tramos de ríos que se encuentran fuertemente contaminados, sobre todo en las cuencas hidrológicas de los ríos Alto Atoyac, Nexapa y Amacuzac, donde la concentración poblacional y de las actividades urbano-industriales han provocado que las aguas superficiales sean las más contaminadas de la RH Balsas (hay que recordar que el 70.6% de la población de la cuenca está asentada en la subregión hidrológica Alto Balsas). Específicamente en la cuenca del río Atoyac y zonas particulares de la parte alta de esta subregión hidrológica, los embalses han recibido contaminantes provenientes de las aguas residuales sin tratar de las poblaciones localizadas en su cuenca de aportación.

No obstante los problemas de contaminación observados en la cuenca del Balsas, el tratamiento de agua residual sigue siendo insuficiente. Actualmente, se estima que el volumen de agua residual generada en la región es de aproximadamente 625 hm³, de los cuales el 83% es de origen municipal (519.3 hm³). Del total del volumen municipal se trata sólo el 37%; de éstas aguas tratadas, el 47% no cumple con el nivel de diseño de la PTAR y únicamente el 14% es tratado al nivel requerido por la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Esto pone en riesgo también a la

parte media y baja de la cuenca. La industria instalada en la parte alta de la cuenca está pendiente de cumplir con el tratamiento de sus aguas residuales y son, junto con la agricultura, los principales causantes de la contaminación puntual y difusa de esta zona, la cual requiere ser atendida de manera urgente. En la región se genera un volumen importante de residuos sólidos urbanos, sobre todo de los estados de Puebla y Morelos, en orden de importancia.

Asimismo, dentro de la problemática general identificada en el PHR Balsas con relación a este tema, se encuentra la siguiente: no se valora correctamente el costo del agua de primer uso; el costo del tratamiento no lo paga quien contamina las aguas; inexistencia de normatividad y legislación por región más estricta para el reúso del agua tratada; resistencia de la población social, industrial y agrícola para utilizar aguas tratadas; poca o nula cultura del reúso de aguas tratadas; carencia de infraestructura para el tratamiento y reúso del agua; descargas a las redes municipales fuera de norma; descargas clandestinas que afectan la calidad del agua; falta de conciencia del ciudadano respecto de la contaminación doméstica del agua; falta de conciencia y educación ambiental; inexistencia de indicadores de la calidad del agua descargada en la cuenca; plantas de tratamiento sin operar o con operación deficiente; falta de sustentabilidad en la operación de las plantas de tratamiento; ineficiente vigilancia de las autoridades del agua en materia de descargas de aguas residuales; contaminación difusa fuera de control; inexistencia de fomento a la investigación para químicos utilizados en la agricultura; mal uso de agroquímicos; manejo inadecuado de desechos de la actividad ganadera; mal manejo de jales mineros; y desinterés ciudadano respecto del saneamiento, así como falta de participación y compromiso de la sociedad.

2.4.5. Agotamiento y contaminación de los ecosistemas

En la RH Balsas existe una polarización y concentración del desarrollo y los recursos económicos, humanos y tecnológicos, en las regiones y zonas con menores recursos naturales, que por esa misma concentración son altamente vulnerables a su sobreexplotación y contaminación. El mayor porcentaje del territorio de cuenca está cubierto con bosques (27.59%) y selvas (23.07%); desafortunadamente, en los últimos años ha existido una profunda transformación en el manto vegetal: los bosques y las selvas han sufrido procesos acelerados de destrucción por actividades humanas ligadas a los aprovechamientos forestales irracionales, los incendios inducidos, los cambios de uso en favor de actividades agrícolas y ganaderas de baja productividad e, incluso, la siembra de estupefacientes.

El 26.29% del territorio de la cuenca es utilizado para uso agrícola, lo cual implica que áreas con pendientes mayores al 15% están siendo desmontadas y utilizadas para este fin, lo que está acelerando el proceso de pérdida de suelo y azolvamiento de las partes bajas de las corrientes. Y es que hay que tener en cuenta que la mayor parte del territorio de la RH Balsas es montañoso, donde prácticamente el 65% de la cuenca tiene pendientes superiores a 15%; apenas el 15% son suelos con pendientes menores a 5% y están ampliamente distribuidos en la región hidrológica, siendo principalmente pequeños valles intermontanos, salvo los casos de los valles de Tlaxcala, Puebla, Morelos y Tepic. De igual forma, el mayor porcentaje de los suelos en la cuenca son suelos no evolucionados de baja capacidad productiva (Litosoles y Regosoles).

De acuerdo con el PHR Balsas, en la percepción de la sociedad es prioritario tener cuencas sanas, por lo que la problemática ambiental de esta región es amplia y compleja: se presenta deforestación generalizada; incendios forestales; pérdida del recurso suelo y deterioro de ecosistemas forestales; procesos de erosión acelerada, con disminución de la capacidad de cauces y vasos por azolvamiento; inapropiada extracción de materiales pétreos; gran demanda de recursos hídricos, por lo que en algunas cuencas se ha iniciado la sobreexplotación del agua superficial y subterránea; problemas de eutroficación, con desarrollo de malezas acuáticas e impedimentos para la acuicultura y el uso seguro del agua; deterioro notable del vaso de Valsequillo y de otros cuerpos de agua importantes en la región;

ausencia persistente de caudal ecológico; contaminación industrial de ríos y lagos; tiraderos y descargas clandestinas; legislación inadecuada para su aplicación efectiva; infraestructura inexistente en ríos para evitar la contaminación por sólidos; falta de control de asentamientos humanos cercanos a los ríos; y apatía de la sociedad para involucrarse en el cuidado de ríos y lagos.

2.4.6. Riesgos ambientales

Los eventos hidrometeorológicos extremos van en aumento, por lo que las comunidades ubicadas en costas, márgenes de ríos y, por supuesto, en asentamientos irregulares son vulnerables a sufrir impactos y, como consecuencia, padecer la pérdida de su patrimonio material y aun de la vida. La RH Balsas cuenta tan solo con una pequeña porción de costas del océano Pacífico, sin embargo, no escapa a fenómenos naturales como ciclones y huracanes con sus bien conocidos efectos (entre el período de 1980 y 2007 se registraron daños por la presencia de ciclones tropicales superiores a los 350 millones de pesos, y afectaron a más de un millón de habitantes); pero en el extremo opuesto también es una zona proclive a sequías en zonas del Alto y Bajo Balsas.

En casi todos los afluentes de la cuenca se presentan los mayores problemas por inundación: en la subregión hidrológica Medio Balsas, la principal zona con riesgo de inundación es la parte alta; en la subregión Medio Balsas el riesgo lo presentan el desbordamiento de los ríos Yautepec, Tembembe, Amacuzac y Cuautla, que cruzan diversas zonas urbanas; y en la subregión Bajo Balsas, el desbordamiento de los ríos Apatzingán y Cupatitzio.

Por otra parte, en la región hidrológica, la mayor superficie afectada por sequías catalogadas como “incipientes” se ha localizado en los estados de Guerrero, Oaxaca y Michoacán. Recientemente, según la CONAGUA (2012), una nueva área de sequía severa ubicada sobre Michoacán se extendió hacia el sur del estado, norte de Guerrero, y sur del estado de México (el tema de la sequía, por ser tópico central del presente documento, se analiza detalladamente en el capítulo 2).

Igualmente, con relación al tema de riesgos ambientales, en el PHR Balsas se identifican los siguientes problemas generales: asentamientos humanos irregulares en zonas inundables y de alto riesgo por falta de planeación; falta de coordinación entre los tres órdenes de gobierno; falta de delimitación de zonas federales de corrientes de propiedad nacional; incompetencia para regular cauces; crecimiento sin control de la población; existencia de fraccionadores manipuladores con afán de lucro; pocas facilidades para obtener una vivienda digna; falta de conciencia de la sociedad al ubicarse en zonas de alto riesgo; ausencia de personal especializado y de trabajos técnicos para definir las zonas de riesgo; falta de sistemas de alerta y prevención con la cobertura y oportunidad adecuada; desconocimiento de las condiciones físicas en que se encuentra la infraestructura; carencia de programas educativos de prevención de riesgos; falta de unificación de criterios en materia de planeación en todos los niveles; falta de coordinación interinstitucional; escasa participación del sector social; falta de aplicación y seguimiento del ordenamiento territorial; y falta de financiamiento para el ordenamiento y estudios.

2.4.7. Baja productividad del agua y rentabilidad de algunas actividades económicas

El sector primario en la RH Balsas solamente participa con 5.5% del PIB total generado, y es el que utiliza el mayor volumen de agua para usos consuntivos, lo que hace que su productividad sea la más baja (alrededor de 4.6 pesos/m³); aunque esto no quiere decir que el sector primario de esta región sea insignificante, pues ocupa el quinto lugar por su participación en la economía nacional con 9% del PIB. El problema es que el insuficiente financiamiento y la carencia en servicios de capacitación y asistencia técnica para los productores agrícolas dificulta el acceso a nuevas tecnologías y mejores niveles de productividad (SAGARPA, 2007).

Asimismo, el diagnóstico realizado en el PHR Balsas arroja además los siguientes problemas generales relacionados con el valor económico del agua y las finanzas del sector: falta de inversión y apoyo gubernamental; falta de continuidad de programas; recursos financieros insuficientes; incapacidad de la autoridad para aplicar la ley; falta de conciencia de los usuarios respecto del manejo sustentable del recurso agua; descapitalización del sector agropecuario; desconocimiento de la tecnología de riego; desorganización en el campo; y pulverización de la tenencia de la tierra.

2.4.8. Gobernanza ineficaz del agua

Finalmente, para terminar con el diagnóstico de la problemática relevante identificada, es preciso remitirse al tema de la “gobernanza del agua”, porque este es un tema transversal que se necesita atender dado que afecta de manera directa a todos los demás problemas relacionados con la gestión y el uso del agua. La gobernanza del agua se refiere a la eficacia, calidad y buena orientación de la intervención del Estado para administrar adecuadamente el uso del vital líquido. En este sentido, es indispensable mejorar la gobernanza del agua en la RH Balsas.

Con relación a este tema, dentro del PHR Balsas, se identifican los siguientes problemas generales: falta de cultura y reconocimiento de la cuenca como bien común y medio de subsistencia por parte de usuarios y sociedad; complejidad legal y normativa; el modelo de gestión de cuencas actuales muestra resultados insuficientes; falta consolidación del Consejo de Cuenca; no se manejan los recursos de la cuenca en forma integral; insatisfacción por la poca atención a los problemas de los usuarios; falta consolidar y fortalecer la operación y toma de decisiones de las plataformas de participación que promuevan la gobernabilidad del agua; falta de sentido de pertinencia de los habitantes de la cuenca; y escasa participación del sector social en el Consejo de Cuenca y sus órganos auxiliares.

Aunque como parte de la Ley de Aguas Nacionales la participación social aparezca como importante y se tengan mecanismos de participación en los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares, la presencia de la sociedad en la toma de decisiones aún es insuficiente. Algunos problemas que se han detectado en la negociación y participación de grupos de usuarios e instituciones en la región son: falta de representatividad de grupos de usuarios y conflicto de intereses; necesidad de articular programas hídricos estatales y alinearlos a un solo programa hídrico regional y de largo plazo; falta de información sobre la problemática; falta de visión integral de los problemas del agua en la región hidrológica; falta de un programa de comunicación de las posibles soluciones a nivel regional; y falta de coordinación y conjunción de acciones y objetivos comunes a nivel regional y local.

Asimismo, en el PHR Balsas se afirma que la información hacia el usuario directo del agua no fluye con la necesaria eficacia. Los usuarios no se enteran de las políticas específicas puestas en marcha, en la mayoría de los casos ni siquiera tienen información sobre la delimitación de la cuenca ni de la región en donde habitan. Tampoco hay mecanismos permanentes de información sobre la legislación y sus adecuaciones. Aunado al problema de comunicación, existe también una dificultad no sólo de acceso a la información sino a la creación de datos. En específico, en la región no hay información acerca de la dinámica de acuíferos, sobre riesgos de inundación, sobre gestión de proyectos o sobre balances hídricos que permitan acuerdos de distribución con equidad en la cuenca.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LAS SEQUÍAS HISTÓRICAS Y SUS IMPACTOS

En el presente capítulo se realiza un recuento de los eventos de sequía más importantes acontecidos en el pasado dentro del territorio de la Cuenca del Río Balsas. Para ello, se efectúa en principio una revisión documental sobre las sequías registradas históricamente en los estados y municipios que lo conforman, incluyendo aquéllos eventos que han afectado a todo el territorio nacional en los últimos dos siglos. Posteriormente se desarrolla el análisis del comportamiento histórico de la lluvia durante las últimas tres décadas (1980-2012) y se hace la caracterización de los períodos de sequía meteorológica mediante el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI). Luego, se lleva a cabo el análisis del comportamiento histórico de las aportaciones de agua a las principales presas de almacenamiento que abastecen a los distritos de riego ubicados en la cuenca, y se realiza la caracterización de los períodos de sequía hidrológica mediante el Índice Hidrológico de Sequía (SDI). Finalmente, se hace una evaluación del impacto que han tenido los períodos deficitarios de agua en la producción agrícola de los distritos de riego, y se anotan las conclusiones correspondientes a este capítulo.

3.1. Las sequías en el pasado y sus efectos en la población

Los estados y municipios que conforman la cuenca del río Balsas, al igual que muchas otras áreas de la República Mexicana, se han visto históricamente afectadas por las sequías recurrentes. Entonces, para conocer al menos someramente los efectos que han tenido las sequías registradas históricamente la cuenca del río Balsas, es preciso remontarse en el tiempo a través de la revisión de los registros y publicaciones periódicas –como son los diarios y boletines, por ejemplo– que dan cuenta de los acontecimientos sucedidos en torno a la ocurrencia de la sequía o a la falta de agua en épocas pasadas, cuando las condiciones de humedad no han sido suficientes para abastecer las necesidades de la población y del sector agropecuario, principalmente.

Así, en la Tabla 3.1 se presenta un resumen de los eventos de sequía ocurridos en los estados y municipios que conforman la cuenca del río Balsas, durante el período que comprende de 1868 a 1977. Para elaborar esta tabla se realizó un extracto de las recopilaciones hechas por Padilla y Rodríguez (1980) y Castorena (1980), ambos referidos en Florescano (2000); asimismo, se contrastó la información correspondiente al siglo XX (1950-1977) con los datos del Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana editado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2001). Cabe mencionar que en esta tabla se incluyen los eventos en los cuales las fuentes consultadas mencionan que ciertas áreas, municipios o estados completos que se ubican en la cuenca del río Balsas resultaron afectados por: sequía, falta de agua, escasez de lluvias y heladas; contemplando aquéllos eventos en los que el fenómeno en cuestión afectó a toda la República Mexicana o a la mayor parte del territorio nacional.

Tabla 3. 1 Sequías registradas históricamente en estados y municipios que conforman la Cuenca del Río Balsas.

Año	Mes	Área afectada	Características	Efectos
1868	Mayo-Julio	Oaxaca	Sequía general en todo el estado	Cosechas afectadas
1877	Agosto	Tacámbaro, Mich.	Falta de lluvias	Se pierde la tercera parte de las cosechas
1877	Sep.	Ario y Zitácuaro, Mich.	Escasez de lluvias	Se pierde la mitad de las cosechas

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Año	Mes	Área afectada	Características	Efectos
1882	Jul.-Sep.	Centro y suroeste del país	Falta de lluvias. Sequía en localidades tradicionalmente lluviosas	Malas cosechas en general
1883	Mayo-Sep.	Huetamo, Mich.	Falta de lluvias	Alza en el precio de los cereales. Se exenta de impuestos el maíz que se introduce al distrito de Huetamo.
1884	Jun.-Sep.	Todo el interior del país	Falta de lluvias en la temporada	Pérdida casi total de las cosechas. Carestía de artículos de primera necesidad.
1885	Mayo-Jul.	Oaxaca, Puebla	Falta de lluvias y helada tardía	Pérdida de las sementeras (semillas sembradas) de maíz.
1885	Jul.-Ago.	Oaxaca	Sequía	Los habitantes de los tres valles de la entidad llegan a la ciudad en busca de trabajo y semillas. El maíz sube de precio.
1891		Casi todo el país	Escasez de lluvias todo el año	Malas cosechas. Milpas raquíticas. Muerte de ganado.
1892		Todo el país	Sequía extraordinaria	No hay cosechas. La población padece hambre. Se decreta libre importación de maíz y frijol. El perjuicio en el ganado es grave en casi todo el país.
1894	Ene.-Jul.	Distrito de Huauchinango, Pue.	Escasez de lluvias	Se prevén muy malas cosechas. Escasez de cereales. Descontento de la población
1895	Mar.-Sep.	Valle de Tehuacán, Pue.	Nada de lluvias y heladas tempranas	Pérdida de las cosechas de temporal. El maíz sube de precio.
1896	Junio	Michoacán	Ausencia de lluvias. Empieza a llover en julio.	Se afecta el rendimiento de cosechas. Hay plagas.
1896	Junio	Taxco y Apizaco, Tlax.	Falta de lluvias. No hay agua para el regadío.	Pérdida de las cosechas de temporal
1904	Julio	Michoacán	Falta de lluvias (20 días sin llover)	Los animales mueren de sed
1905	Ago.-Sep.	Oaxaca	Escasez de agua	Malas cosechas
1905	Agosto	Michoacán	Escasez de lluvias. Casi no llovió en agosto	Pérdida de la cosecha de maíz
1905	Octubre	Huamantla, Tlax.	Escasez de lluvias	Pérdida casi completa de las sementeras
1906	Junio	Sierra de Puebla	Lluvias tardías y luego exceso de lluvias	Malas cosechas
1906	Ago.-Sep.	Puebla	Ausencia de lluvias	Pérdida de gran parte de la cosecha de maíz y cebada.

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Año	Mes	Área afectada	Características	Efectos
				Aumento en los precios
1908	Sep.	Interior del país	Mala temporada de lluvias. Heladas.	Pérdida parcial de las cosechas. No se llenan presas y bordos.
1909	Octubre	Estado de México	Escasez de lluvias más heladas.	Las cosechas son escasas.
1909	Jul.-Ago.	Tlaxcala	Escasez de lluvias y presencia de heladas.	Pérdida de las cosechas.
1918	Agosto	Guerrero	Las lluvias son escasas	De no llover se prevé pérdida de cosechas
1919	Agosto	Oaxaca	Deja de llover	El maíz se ha visto afectado
1919	Agosto	Guerrero	La estación de lluvias es corta	Pueden perderse las cosechas si no llueve
1921	Julio	Guerrero	Estación de lluvias escasas	Se afecta la producción agrícola. El año anterior se perdieron las cosechas
1922	Junio	Puebla	Sequía que amenaza a los cereales	Temperaturas elevadas. Lluve en los últimos días del mes
1922	Sep.	Tlaxcala, Puebla	Sequía. La falta de lluvias dura 25 días	Las cosechas se perjudican en 20%
1923	Agosto	Oaxaca	Pocas lluvias	Cosechas pobres
1924	Agosto	Oaxaca	Sequía	Reducción en la cosecha de maíz
1925	Junio	Todo el país	Intensa sequía	Las siembras corren peligro de perderse. Sólo llueve en el altiplano central
1926	Junio	Oaxaca	Ausencia de lluvias	Escasez y subida de precio del maíz
1932	Junio	Todo el país	Escasez de lluvias	Las siembras tempranas se resintieron y las tardías se perdieron
1932	Julio	Michoacán	Prolongada sequía. Intenso calor desde mayo	Pérdida de la mayoría de los sembradíos de maíz. Los cereales suben de precio. Mortandad de ganado.
1933	Junio	Oaxaca	Intensa sequía	Se pierden las cosechas de maíz y frijol con la consecuente alza de precios
1935	Mayo	Todo el país, excepto una porción de Veracruz y Campeche	Prolongada sequía	Los ríos y las presas se secan. Pérdidas en agricultura y ganadería.
1938	Agosto	Oaxaca	Sequía intensa	Las cosechas se pierden. El kilo del maíz sube de precio y se piensa que aumentará aún más.
1943	Agosto	Guerrero y Morelos	Sequía generalizada	Se teme por las cosechas. En el resto del país las lluvias y siembras son escasas.
1957	Sep.	Oaxaca	Sequía intensa	Se pierden las cosechas y se pide

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Año	Mes	Área afectada	Características	Efectos
				excedentes de granos a Chiapas
1958	Abril-May.	Nacional	Sequía prolongada	Se calculan daños en agricultura y ganadería por 150 millones de pesos y se espera que aumenten 100 millones más.
1960	Junio	Nacional	Gran sequía en casi todo el país	Peligran los cultivos y la ganadería
1960	Junio	Michoacán	No llueve en esta entidad	Miles de cabezas de ganado perdidas. Se afecta el cultivo del maíz.
1962	Junio	Nacional	Acentuada sequía	A pesar de la sequía el país cuenta con suficiente agua almacenada para afrontar la situación.
1969	Junio	Centro-Occidente. Michoacán	Sequía, pese al alto promedio de lluvia de la región	La lluvia se infiltra en el suelo por la porosidad de éste. El precio del agua para la población sube.
1969	Julio	Guerrero y Oaxaca	Intensa sequía, pero comienza a llover en los últimos días del mes	Pérdidas de 400 mil toneladas de maíz temporalero.
1970	Mayo	Nacional	Acentuada sequía	Se busca dar empleo en las zonas de desastre. Se organiza un plan de lucha contra la sequía.
1977	Agosto-Sep.	Puebla	Prolongada sequía	Pérdidas de cultivos básicos (maíz, frijol, cebada).
1980		Morelos	Sequía	Campesinos afectados al siniestrarse miles de hectáreas
1987		Oaxaca	Sequía	Pérdidas de cultivos en millones de pesos
2005		Varios municipios de Guerrero, Puebla y Tlaxcala	Sequía	Pérdidas de cultivos en 16,347 hectáreas que fueron indemnizadas por la SAGARPA con un monto total de 10 millones de pesos.
2007		Charapán, Mich.	Sequía	Se pierden 384 hectáreas de maíz que fueron indemnizadas por la SAGARPA con 215 mil pesos.
2008		Jilotlán de los Dolores, Jal.	Sequía	Se pierden varios tipos de cultivos en 1,889 hectáreas, indemnizadas por la SAGARPA con un monto total de 1.7 millones de pesos.
2009		Varios municipios de Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla	Sequía severa	Pérdidas de cultivos de maíz, sorgo, frijol, cebada y trigo en total de 82,704 hectáreas, las cuales fueron indemnizadas por la SAGARPA con un monto total de 75.5 millones de pesos. Los

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Año	Mes	Área afectada	Características	Efectos
		y Tlaxcala		estados más afectados son Puebla y Tlaxcala.
2010		Varios municipios de Guerrero, Jalisco, México, Puebla y Tlaxcala	Sequía	Se pierden 10,697 hectáreas de cultivos de maíz, por lo que la SAGARPA otorga una indemnización total de 9.3 millones de pesos. Los estados más afectados son Tlaxcala y Puebla.
2011		Varios municipios de Guerrero, Jalisco, México, Michoacán y Puebla	Sequía y helada	Pérdidas de cultivos de maíz y sorgo, principalmente, en un total de 23,123 hectáreas, que son indemnizadas por la SAGARPA con una erogación total de 30.8 millones de pesos. El estado más afectado es Guerrero.

Fuente: elaborada con información de Padilla y Rodríguez (1980) y Castorena (1980), referidos en Florescano (2000); complementada con información del Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED, 2001) y de la SAGARPA (2013).

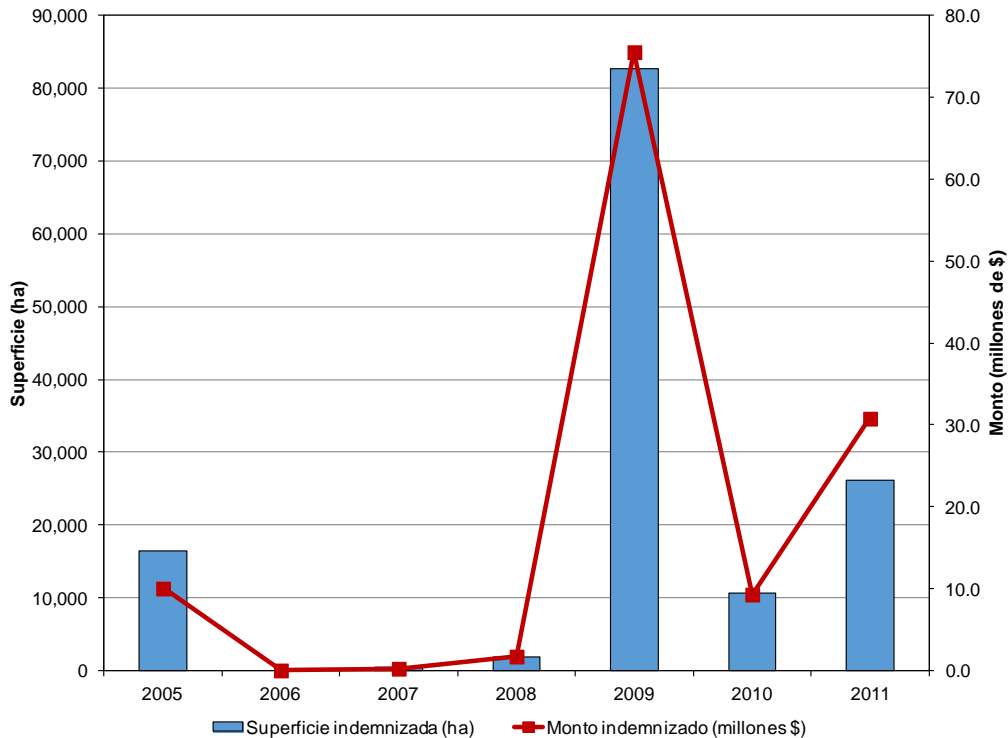
Como se puede observar en la Tabla 3.1, los eventos de sequía ocurridos en ciertas áreas de la cuenca del río Balsas han sido muy frecuentes en los últimos dos siglos, pero sus efectos reales –desde los puntos de vista económico, social y ambiental– son difíciles de cuantificar debido a que no se dispone de información precisa al respecto. En el estudio de la sequía, mientras más atrás en el tiempo se quiera ir, menos abundante y confiable es la información.

Se puede apreciar que los datos sobre las características y los efectos de cada evento de sequía –hasta antes de 1980– son muy genéricos en la mayoría de los casos; esto se debe a que las fuentes originales de donde los autores citados extrajeron la información fueron principalmente las noticias publicadas en los diarios circulantes de cada época (*El Monitor Republicano, El Economista Mexicano, El Sol, El Universal, Excelsior, La Prensa*, etc.) algunos de los cuales ya están descontinuados y otros continúan editándose hasta hoy día.

Lo que sí es posible observar con claridad, es que uno de los sectores más vulnerables ante la escasez y la falta de agua –como consecuencia de la sequía– ha sido y seguirá siendo el sector agropecuario. La sequía es, sin lugar a dudas, uno de los mayores flagelos para la agricultura, especialmente para la producción agrícola bajo condiciones de temporal, donde la lluvia es indispensable para obtener buenos rendimientos en las cosechas.

De acuerdo con la información obtenida de la SAGARPA, en los últimos siete años (2005-2011), la sequía ha ocasionado pérdidas totales en 138,144 hectáreas dentro del Consejo de Cuenca del Río Balsas, siendo los principales cultivos afectados –en orden de severidad de los impactos– los siguientes: maíz, sorgo, cebada, trigo y frijol. Estas pérdidas han significado una erogación total por concepto de indemnizaciones de 127.5 millones de pesos que han sido distribuidos en el mismo lapso por la SAGARPA tal como se ilustra en la Figura 3.1. En esta gráfica se puede observar que en el año 2009 ocurrió la sequía más severa de los últimos años, con pérdidas de cultivos superiores a las 80 mil hectáreas y pagos por indemnizaciones de más de 70 millones de pesos.

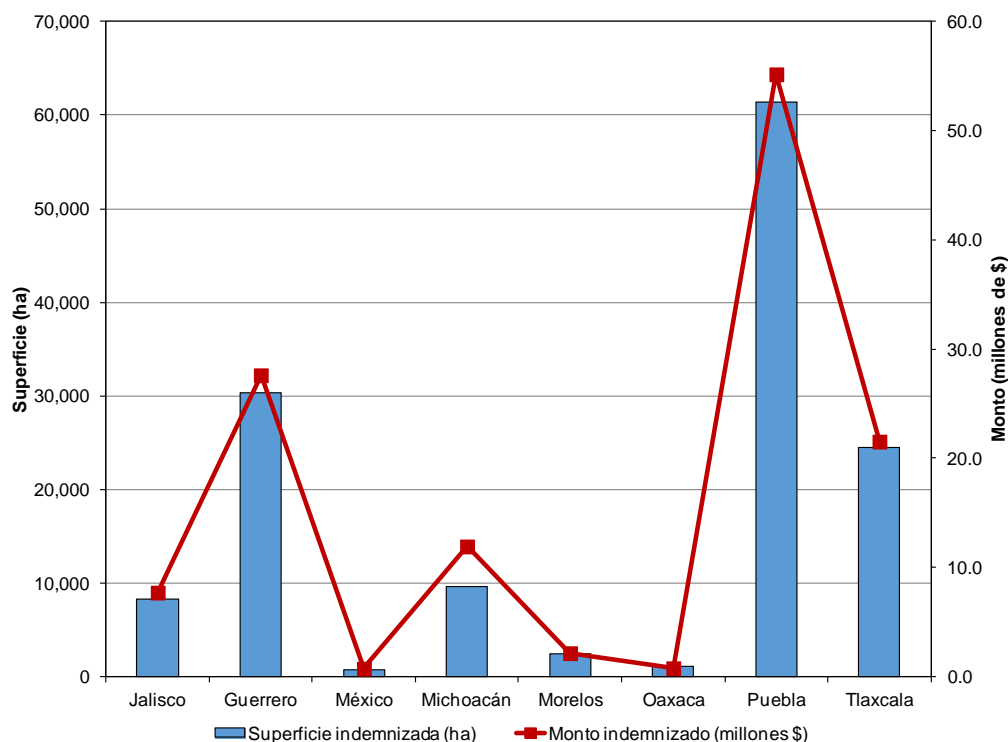
Figura 3. 1 Superficies de cultivos afectados por sequía y montos indemnizados por año en la Cuenca del Río Balsas (2005-2011).



Fuente: elaborada con información de SAGARPA.

Asimismo, en la Figura 3.2 se puede observar que los estados de la Cuenca más afectados por la pérdida de cultivos ocasionada como consecuencia de la sequía durante los últimos años (2005-2011) han sido –en orden de severidad– los siguientes: Puebla, Tlaxcala y Guerrero, con superficies afectadas superiores a las 30 mil hectáreas en cada uno de ellos. Y los estados menos afectados han sido Michoacán, Jalisco, Morelos, Oaxaca y México, con superficies indemnizadas menores que 10 mil hectáreas en cada uno de ellos. Se observa claramente que el estado más afectado ha sido Puebla, donde se perdieron más de 50 mil hectáreas de cultivos de maíz, frijol y cebada, principalmente, como consecuencia de la sequía durante los últimos siete años (sobre todo durante el año 2009, cuando se siniestraron casi 53 mil hectáreas, lo cual significó una indemnización por un monto total de 47.6 millones de pesos).

Figura 3. 2 Superficies de cultivos afectados por sequía y montos indemnizados por estado en la Cuenca del Río Balsas (2005-2011).



Fuente: elaborada con información de SAGARPA

Por otro lado, aunado a las pérdidas en la producción agrícola, la sequía significa falta de agua y alimento para el ganado, lo que trae como consecuencia la aparición de desnutrición, enfermedades y, en condiciones extremas, la muerte de los animales. Afortunadamente en el marco de la Cuenca del Río Balsas no se han reportado pérdidas de cabezas de ganado por sequía en los últimos años, aunque durante los siglos XIX y XX (específicamente en los años de 1891, 1892, 1932 y 1960) sí se tienen registros de muertes de animales como consecuencia de la escasez y falta de agua provocada por la sequía (ver Tabla 3.1).

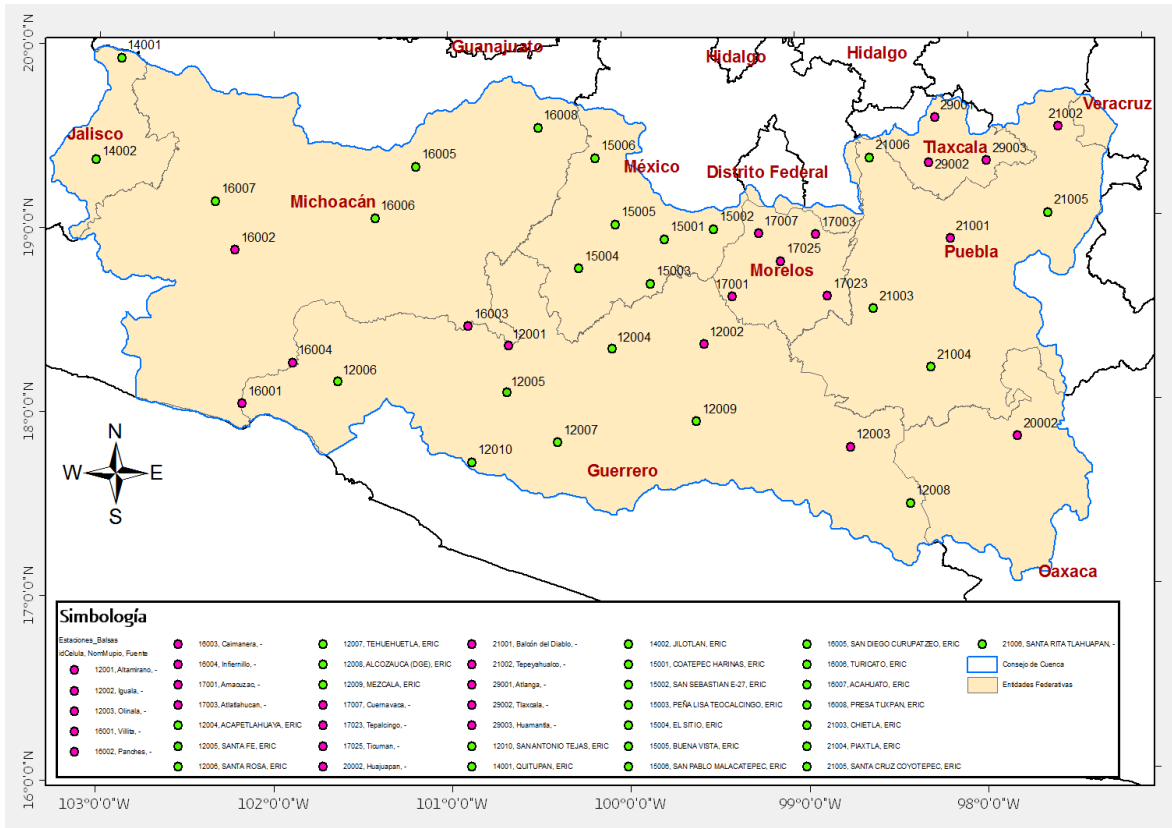
Finalmente, con respecto a los efectos de la sequía en la población, en la Tabla 3.1 se observa que afortunadamente en la cuenca del río Balsas no se han registrado efectos muy nocivos en los habitantes (tales como hambrunas, emigraciones o muerte de personas) como consecuencia de este fenómeno, ya que en realidad la mayoría de los períodos de sequía que ocurren son de corta duración (de uno a tres meses). Los efectos más notables son de tipo económico, derivados de las pérdidas de las cosechas y el consecuente aumento en los precios de los alimentos como resultado de la disminución en la oferta de granos básicos, principalmente.

3.2. Análisis y caracterización de las sequías meteorológicas

La sequía meteorológica se caracteriza por una ausencia prolongada, un déficit marcado o una débil distribución de precipitaciones con relación a la considerada como normal, y es la principal causa de que ocurran los demás tipos de sequía (agrícola, hidrológica y socioeconómica), de ahí la importancia de su estudio detallado.

Para realizar el análisis y caracterización de las sequías meteorológicas en la cuenca del río Balsas, se seleccionaron 40 estaciones climatológicas (Figura 3.3 y Tabla 3.2), de las cuales se obtuvieron los registros históricos de precipitación pluvial (los datos de 20 de ellas fueron proporcionados por el Organismo de Cuenca Balsas de la CONAGUA, y de las 20 restantes se obtuvieron del Extractor Rápido de Información Climatológica, ERIC III). Para la selección de las estaciones se tomaron como base los criterios siguientes: su ubicación geográfica (que estuvieran distribuidas a lo largo y ancho de la cuenca), la consistencia de los datos (que no tuvieran carencias considerables de datos por falta de registro en ciertos meses) y que tuvieran un período de registro de al menos 30 años.

Figura 3.3 Ubicación de las estaciones climatológicas representativas.



Fuente: elaborada con información de CONAGUA y ERIC III.

Tabla 3.2 Relación de estaciones climatológicas representativas.

Clave asignada	Nombre de la estación	Ubicación Geográfica			Período de registro	
		Entidad Federativa	Altitud (msnm)	Lat. (N)		Long. (O)
12001	Altamirano ¹	Guerrero	250.0	18.36	-100.66	1980-2012
12002	Iguala ¹	Guerrero	730.0	18.35	-99.55	1980-2012
12003	Olinalá ¹	Guerrero	1,336.0	17.78	-98.73	1980-2012
12004	Acapetlahuaya ²	Guerrero	1,292.0	18.34	-100.07	1980-2011
12005	Santa Fe ²	Guerrero	500.0	18.10	-100.68	1980-2010

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Clave asignada	Nombre de la estación	Ubicación Geográfica				Período de registro
		Entidad Federativa	Altitud	Lat.	Long.	
			(msnm)	(N)	(O)	
12006	Santa Rosa ²	Guerrero	500.0	18.17	-101.63	1980-2011
12007	Tehuacuetla ²	Guerrero	950.0	17.83	-100.39	1980-2011
12008	Alcozauca ²	Guerrero	1,360.0	17.47	-98.40	1980-2010
12009	Mezcala ²	Guerrero	500.0	17.93	-99.60	1980-2010
12010	San Antonio Tejas ²	Guerrero	1,900.0	17.72	-100.88	1980-2010
14001	Quitupan ²	Jalisco	1,660.0	19.93	-102.88	1980-2010
14002	Jilotlán ²	Jalisco	740.0	19.37	-103.02	1980-2009
15001	Coatepec Harinas ²	México	2,270.0	18.92	-99.77	1980-2009
15002	San Sebastian ²	México	2,045.0	18.97	-99.48	1980-2009
15003	Peña Lisa Teocalcingo ²	México	1,700.0	18.68	-99.85	1982-2009
15004	El Sitio ²	México	869.0	18.77	-100.26	1982-2009
15005	Buena Vista ²	México	1,865.0	19.01	-100.04	1982-2009
16001	Villita ¹	Michoacán	59.7	18.05	-102.18	1980-2012
16002	Panches ¹	Michoacán	206.6	18.88	-102.22	1980-2012
16003	Caimanera ¹	Michoacán	305.0	18.46	-100.89	1980-2012
16004	Infiernillo ¹	Michoacán	184.0	18.27	-101.89	1980-2012
16005	San Diego Curupatzco ²	Michoacán	1,444.0	19.33	-101.18	1980-2009
16006	Turicato ²	Michoacán	740.0	19.05	-101.42	1980-2010
16007	Acahuato ²	Michoacán	227.0	19.15	-102.33	1981-2010
16008	Presa Tuxpan ²	Michoacán	1,747.0	19.54	-100.48	1982-2010
17001	Amacuzac ¹	Morelos	997.8	18.61	-99.38	1980-2012
17003	Atlatlahucan ¹	Morelos	1,662.2	18.94	-98.90	1980-2012
17007	Cuernavaca ¹	Morelos	1,653.6	18.95	-99.23	1980-2012
17023	Tepalcingo ¹	Morelos	1,188.1	18.60	-98.84	1980-2012
17025	Ticuman ¹	Morelos	988.4	18.79	-99.10	1980-2012
20002	Huajuapán ¹	Oaxaca	1,639.6	17.81	-97.78	1980-2012
21001	Balcón del Diablo ¹	Puebla	2,120.0	18.90	-98.13	1980-2012
21002	Tepyahualco ¹	Puebla	2,486.0	19.49	-97.49	1980-2012
21003	Chietla ²	Puebla	1,117.0	18.53	-98.58	1980-2009
21004	Piaxtla ²	Puebla	1,119.0	18.20	-98.26	1980-2009
21005	Santa Cruz Coyotepec ²	Puebla	2,428.0	19.02	-97.57	1980-2009
21006	Santa Rita Tlahuapan ²	Puebla	2,609.0	19.35	-98.58	1980-2009

Clave asignada	Nombre de la estación	Ubicación Geográfica				Período de registro
		Entidad Federativa	Altitud	Lat.	Long.	
			(msnm)	(N)	(O)	
29001	Atlanga ¹	Tlaxcala	2,489.0	19.56	-98.20	1980-2012
29002	Tlaxcala ¹	Tlaxcala	2,281.0	19.31	-98.24	1980-2012
29003	Huamantla ¹	Tlaxcala	2,475.0	19.32	-97.91	1980-2012

Fuente: elaborada con: ¹Información proporcionada por el OC Balsas de la CONAGUA; ²Información del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III). *Clave de asignación propia, no oficial.

3.2.1. Comportamiento histórico de la lluvia

A partir de los registros mensuales de precipitación de las estaciones seleccionadas, se elaboró la Tabla 3.3, en la cual se puede observar que la variabilidad de la lluvia de una estación climatológica a otra es muy grande, pues se tienen estaciones donde la precipitación media mensual es superior a los 1,500 mm (Santa Rosa y San Antonio Texas, en el estado de Guerrero; y Peña Lisa Teocalcingo, en el estado de México), y otras donde la lluvia media apenas alcanza los 200 mm anuales (Atlanga, Tlaxcala y Huamantla, en el estado de Tlaxcala). Asimismo, los valores anuales máximos registrados varían desde aproximadamente 300 mm en las estaciones de Tlaxcala hasta más de 5,500 mm en la estación Peña Lisa Teocalcingo, ubicada en el estado de México. En general, el coeficiente de variación (C.V.) de la lluvia registrada en la mayoría de las estaciones es inferior al 30%, aunque existen estaciones con un coeficiente de variación superior al 40% (Acapetlahuaya y Santa Rosa, en el estado de Guerrero; Peña Lisa Teocalcingo, en el estado de México; y San Diego Curupatzeo en el estado de Michoacán), siendo la estación Peña Lisa Teocalcingo la que tiene el mayor coeficiente de variación (73.9%).

Tabla 3.3 Estadísticas básicas de precipitación pluvial de las estaciones climatológicas representativas.

Clave	Nombre de la estación	Media	Mediana	Máxima	Mínima	Desv. Est.	C.V.
		(mm)					(%)
12001	Altamirano ¹	1,029.9	1,014.9	1,402.3	686.3	182.3	17.7
12002	Iguala ¹	1,033.2	1,042.9	1,287.9	657.3	159.4	15.4
12003	Olinalá ¹	936.6	945.5	1,190.6	553.0	131.0	14.0
12004	Acapetlahuaya ²	823.0	862.2	1,759.9	263.7	334.6	40.6
12005	Santa Fe ²	1,091.9	1,102.3	1,661.9	656.6	213.6	19.6
12006	Santa Rosa ²	1,601.7	1,599.7	3,421.5	380.4	715.3	44.7
12007	Tehuohuetla ²	1,207.1	1,177.1	2,158.6	797.0	286.8	23.8
12008	Alcozauca ²	967.9	1,020.2	1,478.6	675.7	187.8	19.4
12009	Mezcala ²	695.3	695.6	1,130.8	195.9	220.0	31.6
12010	San Antonio Tejas ²	1,564.4	1,534.7	2,495.0	857.1	454.3	29.0
14001	Quitupan ²	787.3	752.1	1,229.3	458.6	152.7	19.4
14002	Jilotlán ²	803.5	909.0	1,329.3	351.0	269.6	33.6
15001	Coatepec Harinas ²	1,167.4	1,161.5	1,952.1	802.5	216.4	18.5
15002	San Sebastian ²	1,386.2	1,390.2	1,921.0	688.5	337.4	24.3

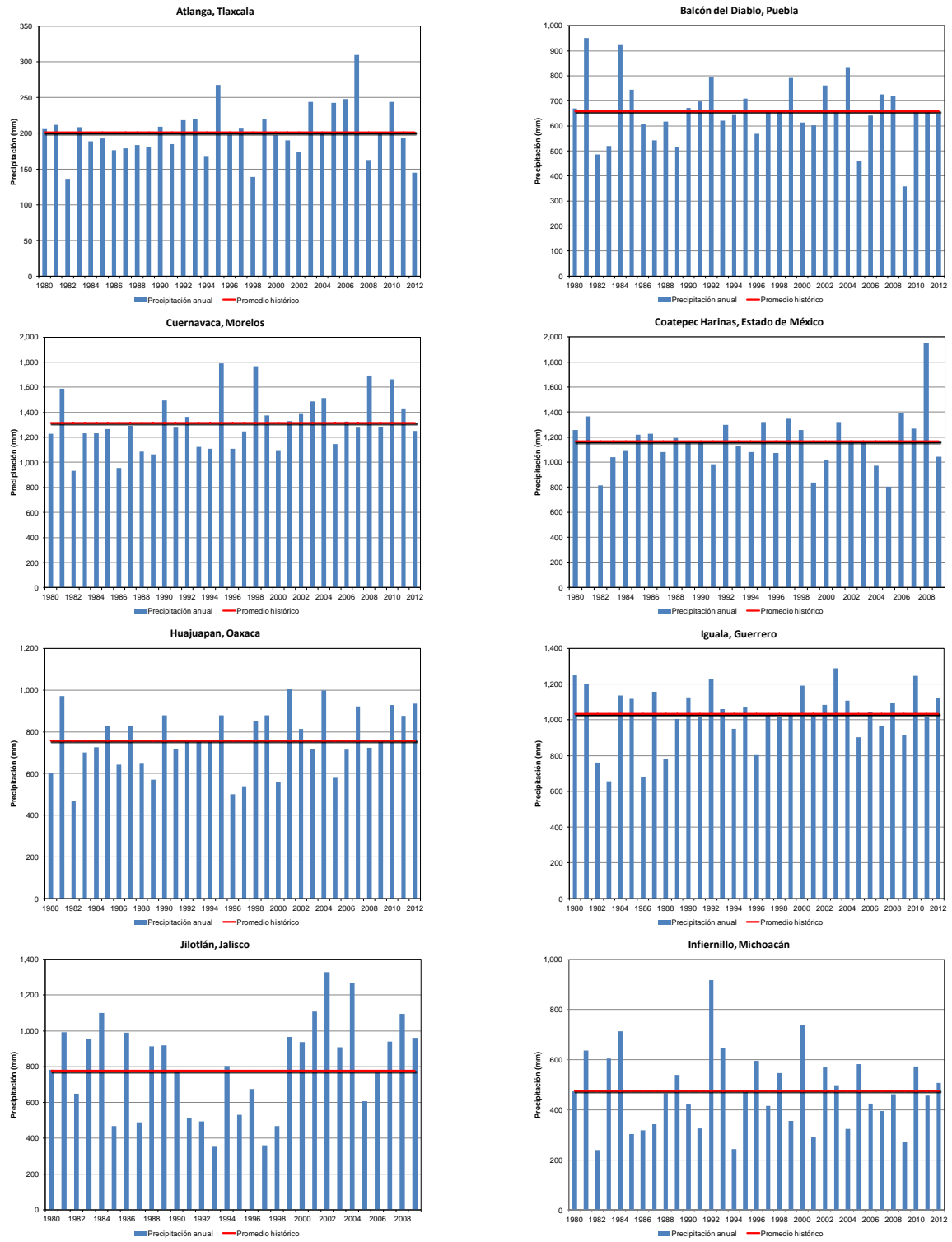
*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Clave	Nombre de la estación	Media	Mediana	Máxima	Mínima	Desv. Est.	C.V.
		(mm)					(%)
15003	Peña Lisa Teocalcingo ²	1,613.2	1,274.4	5,574.7	67.9	1,193.0	73.9
15004	El Sitio ²	1,213.3	1,206.8	2,114.0	771.8	250.5	20.7
15005	Buena Vista ²	1,339.4	1,339.4	1,660.5	1,008.0	178.8	13.4
16001	Villita ¹	1,274.3	1,215.5	2,118.7	729.6	371.4	29.1
16002	Panches ¹	658.0	641.3	1,052.5	465.4	138.4	21.0
16003	Caimanera ¹	915.1	871.9	1,397.4	561.5	188.6	20.6
16004	Infiernillo ¹	475.1	466.3	918.7	240.0	156.3	32.9
16005	San Diego Curupatzco ²	957.5	942.5	2,124.4	237.1	412.4	43.1
16006	Turicato ²	850.7	857.6	1,157.8	533.6	149.3	17.5
16007	Acahuato ²	994.1	994.3	1,368.8	616.0	186.2	18.7
16008	Presa Tuxpan ²	718.2	718.2	1,159.7	211.2	170.6	23.8
17001	Amacuzac ¹	1,000.5	969.5	1,470.5	630.5	204.9	20.5
17003	Atlatlahucan ¹	973.4	1,007.6	1,625.0	473.6	263.0	27.0
17007	Cuernavaca ¹	1,315.5	1,278.0	1,792.0	934.1	218.2	16.6
17023	Tepalcingo ¹	877.1	848.1	1,243.8	614.4	151.7	17.3
17025	Ticuman ¹	973.8	955.1	1,259.9	712.6	167.3	17.2
20002	Huajuapán ¹	758.8	758.8	1,007.3	469.3	147.4	19.4
21001	Balcón del Diablo ¹	678.8	659.1	951.1	357.6	139.6	20.6
21002	Tepeyahualco ¹	492.3	465.0	827.9	299.1	126.6	25.7
21003	Chietla ²	817.6	820.8	1,248.1	551.0	168.4	20.6
21004	Piaxtla ²	822.7	789.9	1,762.5	381.3	292.9	35.6
21005	Santa Cruz Coyotepec ²	616.7	582.6	951.0	454.0	125.2	20.3
21006	Santa Rita Tlahuapan ²	803.2	805.3	1,226.6	457.3	178.8	22.3
29001	Atlanga ¹	201.4	198.0	309.5	136.0	36.3	18.0
29002	Tlaxcala ¹	217.5	214.1	291.5	165.3	28.9	13.3
29003	Huamantla ¹	199.5	195.2	309.3	142.4	39.3	19.7

Fuente: elaborada con: ¹Información proporcionada por el OC Balsas de la CONAGUA; ²Información del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III). *Clave de asignación propia, no oficial.

En la Figura 3.4 se presentan, con fines ilustrativos, algunas gráficas que exhiben los registros mensuales de precipitación de ciertas estaciones climatológicas seleccionadas (una por cada entidad federativa que conforma la cuenca), las cuales son representativas de la región donde se ubican y permiten observar la gran variabilidad espacial y temporal de la lluvia que existe de una región a otra de la cuenca. Asimismo, las gráficas permiten observar los períodos deficitarios de lluvia con respecto al promedio histórico de cada una de ellas.

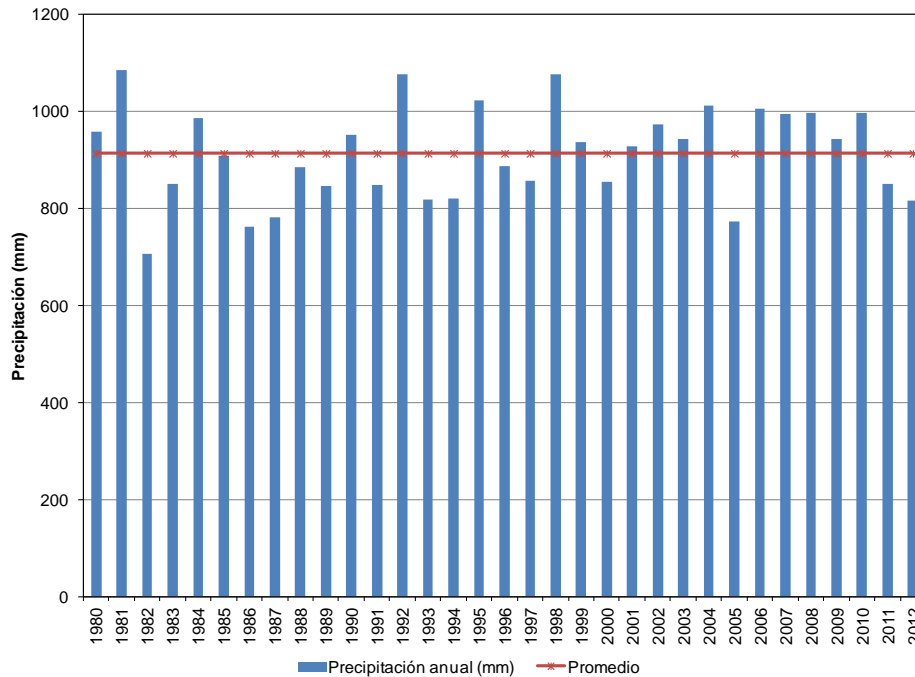
Figura 3. 4 Gráficas de precipitación pluvial de algunas estaciones meteorológicas seleccionadas.



Fuente: elaboradas con información proporcionada por el OC Balsas de la CONAGUA y el Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III).

Asimismo, con base en el promedio de los registros anuales de precipitación de todas las estaciones seleccionadas, se elaboró la Figura 3.5, en la cual se puede observar que en el período que comprende de 1980 a 2012, en la cuenca del río Balsas se ha registrado una precipitación promedio anual de 914.0 mm.

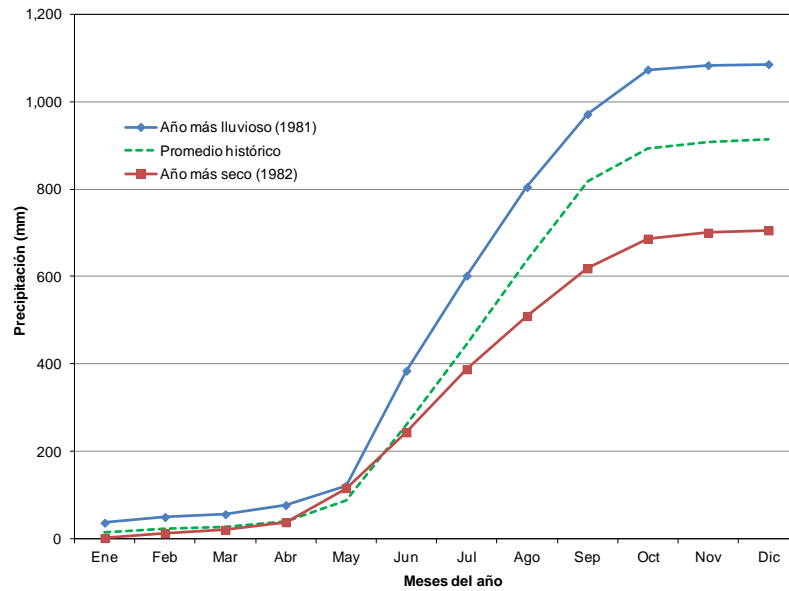
Figura 3.5 Comportamiento histórico de la precipitación total anual en la cuenca del río Balsas (1980-2012).



Fuente: elaborada con información del OC Balsas y ERIC III.

En la figura anterior se puede observar que en el lapso mencionado (1980-2012), ocurrieron 16 años con precipitación pluvial por debajo de la media, que representan el 48% del período de registro. El año más seco en las últimas tres décadas ha sido 1982 en el cual se registró una precipitación total anual de 705.7 mm, lo cual representa un déficit de 22.8% con respecto al promedio. El segundo y tercer años más secos fueron 1986 y 2005, con una precipitación anual de 762.9 y 773.8 mm, respectivamente, lo cual equivale a un déficit de 16.5% y 15.3% con relación al valor de la media histórica. En los demás años en que la precipitación ha sido inferior al promedio, el déficit de la lluvia no ha superado el 15%. Por el contrario, el año más lluvioso ha sido 1981, en el cual se registró una precipitación anual de 1,086 mm, es decir, un 18.8% superior al promedio; y le siguen en orden descendente 1992, 1998, 1995, 2004 y 2006, en todos los cuales se registró una lluvia superior a los mil milímetros anuales. En la Figura 3.6 se puede observar la precipitación mensual acumulada para el año más seco (1982) y el más húmedo (1981) en comparación con el promedio histórico.

Figura 3.6 Precipitación acumulada promedio y para los años más seco (1981) y más húmedo (1982) en la cuenca del río Balsas.



Fuente: elaborada con información del OC Balsas y ERIC III.

Para analizar y caracterizar detalladamente los períodos de sequía meteorológica registrados en cada una de las estaciones seleccionadas, se utiliza el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), el cual se describe a continuación.

3.2.2. Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

Este índice fue desarrollado por McKee y colaboradores en 1993, con el propósito de determinar a través del tiempo el déficit de lluvia para una región y en un período de tiempo dado. El SPI permite manipular diversas escalas de tiempo, por lo cual es posible identificar los impactos de la sequía en periodos de corto, mediano y largo plazos.

Estos períodos reflejan el impacto de la sequía sobre la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos: las condiciones de humedad del suelo responden a las anomalías pluviométricas en un intervalo de tiempo relativamente corto, mientras que los depósitos subterráneos, los cauces superficiales y el agua almacenada en presas, lagos y lagunas, reflejan tales anomalías a largo plazo, razón por la cual, originalmente, el SPI se calculaba para períodos de 3, 6, 12, 24 y 48 meses (McKee *et al.*, 1995). Así, por ejemplo, la escala temporal de 12 meses (mediano plazo, SPI-12) representa el comportamiento de la precipitación acumulada en el mes de interés y durante los 11 meses anteriores a éste.

Para el cálculo del SPI se requieren únicamente los registros históricos de precipitación del lugar que se desea estudiar. El procedimiento involucra el ajuste de las series históricas de precipitación mensual a la función de distribución probabilística Gamma, que de acuerdo con los autores citados, es la función de distribución que mejor ajuste ofrece en series de precipitación.

La distribución Gamma está definida por su frecuencia o función de densidad de probabilidad. Para cada registro de precipitación se determina su valor de probabilidad acumulada mediante la función de distribución Gamma incompleta. Dado que esta función de distribución no está definida para valores iguales a cero, es necesario estimar la probabilidad acumulada de los registros que tienen este valor. En una última fase, la probabilidad acumulada se transforma a la variable z de una función de distribución Normal estándar que tiene un valor promedio igual a cero y una varianza igual a uno, el valor resultante de esta transformación corresponde al valor del SPI.

Según Mckee *et al.* (1995), el SPI corresponde al número de desviaciones estándar que cada observación se desvía del promedio histórico, quedando éste último representado por cero. Los valores negativos del índice, representan el déficit de la precipitación y, de manera contraria, los valores positivos indican que la precipitación ocurrida fue superior al promedio histórico. Dado que el SPI está normalizado, los climas más húmedos y más secos se pueden representar de la misma forma y, con el uso de este indicador, también se puede hacer el seguimiento de los períodos húmedos. Los valores del SPI se clasifican tal como se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Interpretación de los valores del SPI.

Valor del SPI	Interpretación
2.0 ó sup.	Extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	Muy húmedo
1.0 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Casi normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente seco
-1.5 a -1.99	Muy seco
-2.0 ó inf.	Extremadamente seco

Fuente: Mckee *et al.* (1995).

De acuerdo con esta tabla, el criterio para definir un “evento de sequía” para cualquier escala de tiempo es que éste ocurra siempre que el SPI sea permanentemente negativo y alcance una intensidad de -1.0 ó menor; el fenómeno finaliza cuando el SPI se hace positivo. Cada fenómeno de sequía, por lo tanto, tiene una duración definida por su comienzo y su final, y una intensidad diferente para cada mes que dure el fenómeno. La magnitud de la sequía puede también ser la magnitud acumulada de la sequía y es el valor de la suma del SPI de todos los meses que dura el evento.

De esta manera, el análisis de frecuencia, duración e intensidad de los eventos de sequía ocurridos en la cuenca del río Balsas se llevó a cabo estimando valores del SPI en las estaciones climatológicas representativas (Tabla 3.3). El cálculo del SPI se realizó mediante el sistema de cómputo *SPI_SL_6.exe* desarrollado por Mckee y colaboradores (1993). Para tal propósito se emplearon series históricas de precipitación mensual acumulada del periodo comprendido de 1980 a 2012. La escala de tiempo considerada para el cálculo del SPI fue de 3 meses (corto plazo). En este caso, para definir los tipos de sequía con base en los valores del SPI, se utiliza la clasificación propuesta por el *Global Drought Monitor (GDM)*, la cual se muestra en el Tabla 3.5.

Tabla 3. 5 Clasificación de la sequía de acuerdo con los valores del SPI.

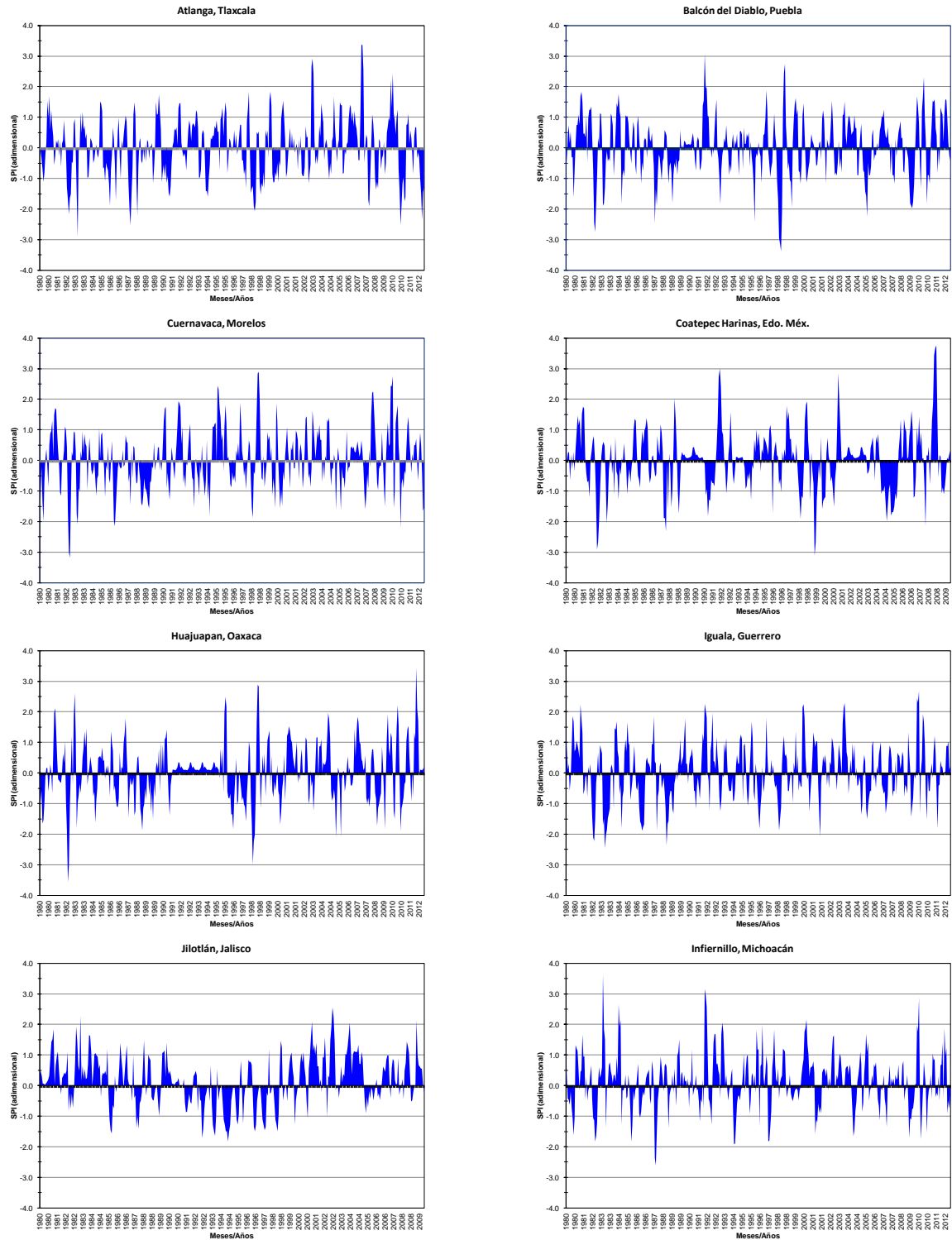
Categoría de sequía	Rango de SPI	Impactos potenciales
Condición normal seca	0 a - 0.4	
Condición anormal seca	-0.5 a - 0.7	Se presentan períodos cortos de lento crecimiento en cultivos y pastizales; el riesgo de incendios se presenta por encima de lo normal. Cuando este período concluye, existe un déficit de agua persistente; los cultivos y pastizales no se recuperan por completo.
Sequía moderada	-0.8 a -1.2	Se presentan daños a cultivos y pastizales; el riesgo de incendios es alto; las corrientes de agua, cuerpos de agua y pozos disminuyen sus niveles y comienza una escasez de agua.
Sequía severa	-1.3 a -1.5	Probables pérdidas en cultivos y pastizales; el riesgo de incendios es muy alto; la escasez de agua se incrementa.
Sequía extrema	-1.6 a -1.9	Pérdidas considerables en cultivos y pastizales; riesgo de incendios extremo; escasez de agua generalizada.
Sequía excepcional	< -2.0	Grandes pérdida extensivas en cultivos y pastizales; el riesgo de incendios es excepcional; hay escasez de agua en cuerpos de agua y pozos.

Fuente: adaptado del Global Drought Monitor (2002).

De acuerdo con esta tabla, se considera el inicio de un evento de sequía cuando los valores del SPI se presentan de manera continua por debajo de -0.5 (inclusive). La prolongación de estos valores a través del tiempo permite definir la duración del evento, dado que el fenómeno finaliza cuando el SPI alcanza valores superiores a -0.5. Cada evento de sequía, por lo tanto, tiene una duración definida por su comienzo y su final, y una intensidad diferente para cada mes que dure el fenómeno; la intensidad máxima es el valor mínimo del SPI registrado en el período de sequía.

De esta forma, con los valores mensuales obtenidos del SPI calculado a tres meses (corto plazo) se elaboraron las gráficas correspondientes a este indicador para algunas estaciones climatológicas representativas de la cuenca (una por cada entidad federativa), las cuales se presentan en la Figura 3.7. En estas gráficas se puede observar el comportamiento a través del tiempo (1980-2012) de los períodos secos y los períodos húmedos en cada una de las estaciones seleccionadas.

Figura 3.7 Gráficas del SPI-3 meses para estaciones climatológicas representativas de la cuenca del río Balsas (1980-2012).



Fuente: elaboración propia.

De igual forma, con base en los valores mensuales obtenidos del SPI calculado a 3 meses se clasificaron las sequías meteorológicas según su tipo para las mismas estaciones representativas ilustradas en la figura anterior, cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.6.

Tabla 3. 6 Clasificación de sequías según el SPI en estaciones climatológicas representativas de la cuenca del río Balsas.

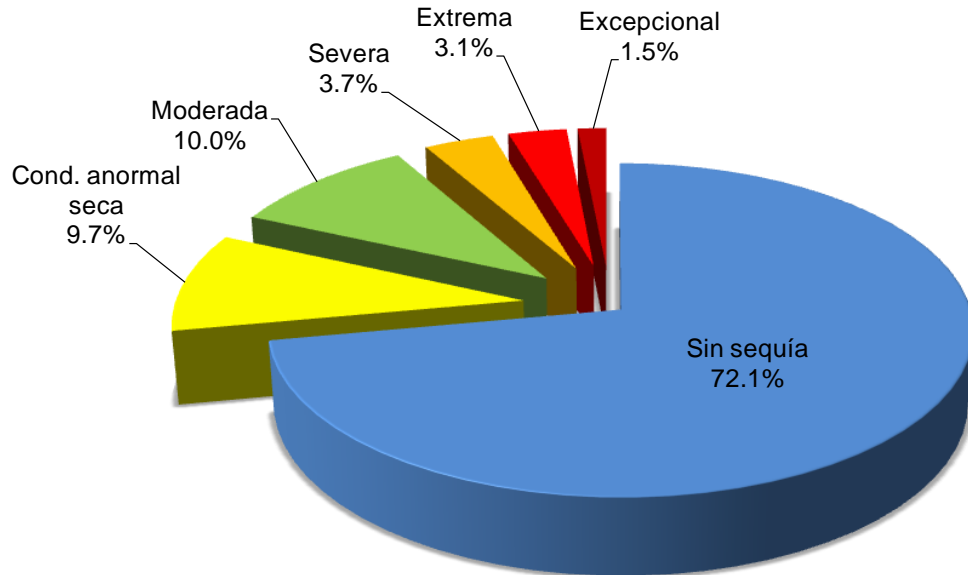
Estación	No. de meses con registro	Meses con sequía		No. de meses por tipo de sequía				
		No.	%	Condicíon anormal seca	Modera da	Severa	Extre ma	Excepcio nal
Atlanga, Tlax.	396	122	30.8	32	47	22	13	8
Balcón del Diablo, Pue.	396	120	30.3	41	50	4	15	10
Cuernavaca, Mor.	396	123	31.1	49	40	14	13	7
Coatepec Harinas, Edo. Méx.	396	106	26.8	29	41	16	12	8
Huajuapán, Oax.	396	118	29.8	33	53	13	12	7
Iguala, Gro.	396	124	31.3	53	34	16	15	6
Jilotlán, Jal.	396	81	20.5	35	20	22	4	0
Infiernillo, Mich.	396	90	22.7	34	30	10	14	2
Promedio	396	111	27.9	38	39	15	12	6

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en esta tabla, en todas las estaciones climatológicas analizadas el número de meses con sequía oscila entre el 20% y 31% del período de registro, teniendo como promedio 27.9%, el cual en realidad es muy bajo si se compara con los valores de otras estaciones ubicadas en estados del norte del país donde generalmente el número de meses secos para un período de registro dado es superior al 30%.

Con base en los valores promedio de la Tabla 3.6 se elaboró la Figura 3.8, en la cual se presenta la distribución porcentual de las sequías meteorológicas según su tipo para la cuenca del río Balsas. Se puede apreciar que en poco más del 72% del período de registro no se ha presentado ningún tipo de sequía; los tipos de sequía más frecuentes son la *sequía moderada* y la *condición anormal seca*, representando el 10% y 9.7% de los eventos registrados, respectivamente.

Figura 3. 8 Distribución porcentual de los meses por tipo de sequía meteorológica en la cuenca del río Balsas (1980-2012).



Fuente: elaboración propia.

Cuando ocurre la *condición anormal seca* (el primer peldaño en la escala de severidad de las sequías), se presentan períodos cortos de lento crecimiento en cultivos y pastizales, y el riesgo de incendios se presenta por encima de lo normal. Cuando este período concluye, existe un déficit de agua persistente, por lo que los cultivos y pastizales no se recuperan por completo. Por su parte las *sequías moderadas* ocasionan daños a los cultivos y pastizales; el riesgo de incendios es alto; las corrientes, cuerpos de agua y pozos disminuyen sus niveles y comienza una escasez del líquido vital; en otras palabras, aquí comienza a ocurrir la sequía agrícola e hidrológica.

Las sequías *severas*, *extremas* y *excepcionales* son mucho menos frecuentes, pues en conjunto ocupan solamente el 8.3% de los meses con sequía. Cuando ocurre una *sequía severa*, hay probables pérdidas en cultivos y pastizales, el riesgo de incendios es muy alto y la escasez de agua se incrementa. En los meses en que ocurre una *sequía extrema*, las pérdidas son considerables en cultivos y pastizales, el riesgo de incendios es extremo y hay una escasez de agua generalizada. Finalmente, si la sequía es de tipo *excepcional*, se tienen grandes pérdidas extensivas en cultivos y pastizales, el riesgo de incendios forestales es extraordinario y hay escasez del líquido vital en cuerpos de agua y pozos, es decir, el fenómeno pasa de ser una simple sequía meteorológica para convertirse en sequía agrícola, hidrológica y socioeconómica.

Ahora bien, ¿Cuál ha sido la frecuencia, duración e intensidad de los períodos de sequía registrados históricamente en las estaciones climatológicas representativas de la cuenca? Con los valores obtenidos del SPI, es posible conocer la frecuencia y la duración medias de cada período de sequía, así como los períodos máxima duración y la fecha de registro de intensidad máxima de la sequía, para cada estación meteorológica, cuyos valores se presentan en la Tabla 3.7.

Tabla 3. 7 Valores característicos de las sequías según el SPI en estaciones meteorológicas representativas de la cuenca del río Balsas

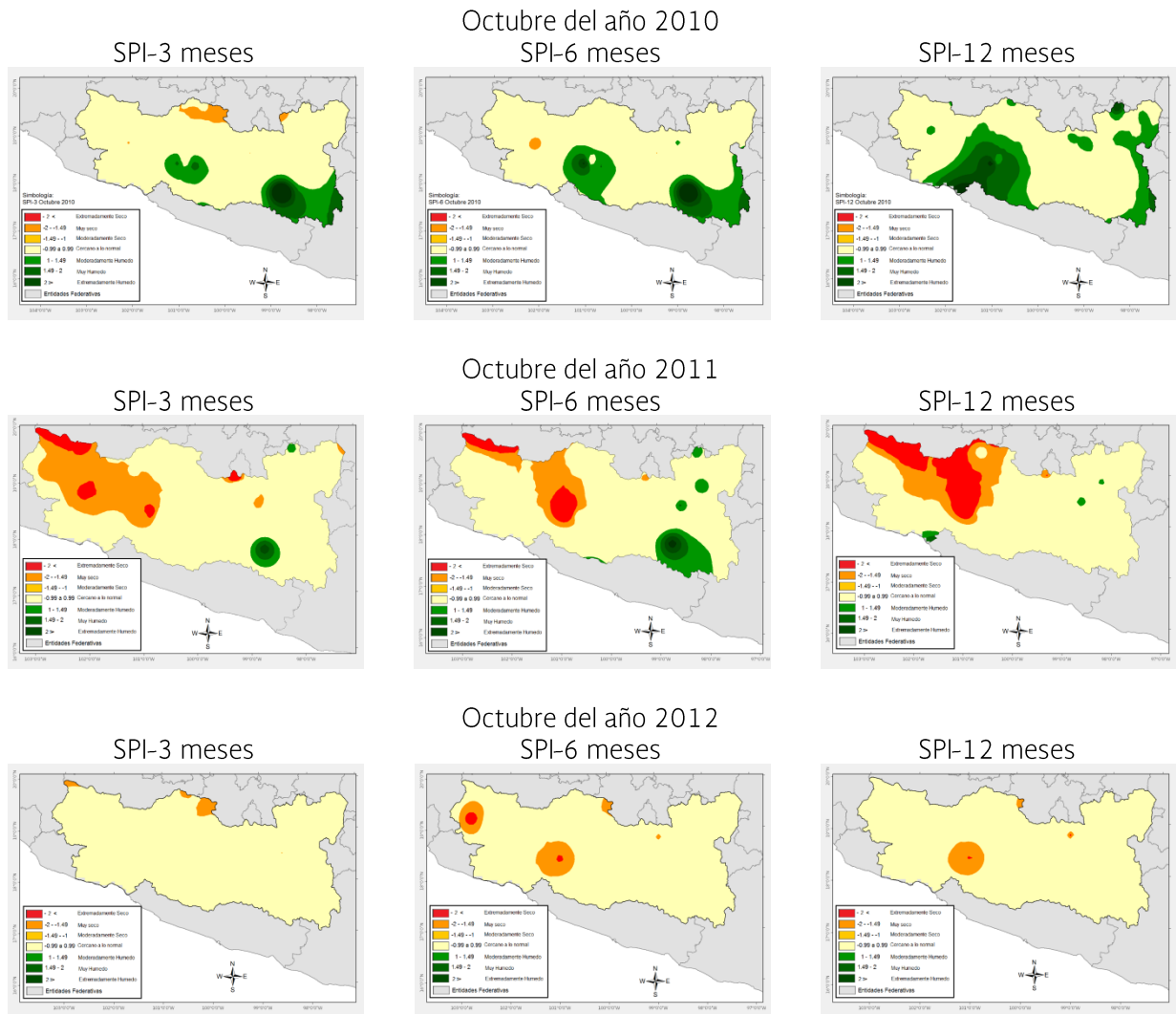
Estación	No. de períodos de sequía*	Frec. media (meses)	Durac. media (meses)	Período de máxima duración			Intensidad máxima	
				No. de meses	Fecha de inicio	Fecha de término	Valor del SPI	Fecha de registro
Atlanga, Tlax.	20	20	3.0	10	Ago. 1990	May. 1991	-2.9	Jun. 1983
Balcón del Diablo, Pue.	19	21	2.7	9	Jul. 2005	Mar. 2006	-3.4	Jul. 1998
Cuernavaca, Mor.	17	23	2.2	12	Oct. 1998	Sep. 1999	-3.2	Oct. 1982
Coatepec Harinas, Edo. Méx.	15	26	2.7	16	Ago. 2004	Nov. 2005	-3.1	Jun. 1999
Huajuapán, Oax.	15	26	2.7	8	Mar. 1996	Oct. 1996	-3.6	Ago. 1982
Iguala, Gro.	17	23	2.5	10	Ago. 1988	May. 1989	-2.5	Jul. 1983
Jilotlán, Jal.	11	36	2.7	9	May. 1994	Ene. 1995	-1.8	Oct. 1994
Infiernillo, Mich.	14	28	2.3	7	Jun. 2001	Dic. 2001	-2.6	Nov. 1987

*Períodos de sequía con duración mayor o igual a tres meses. Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se aprecia que, en lapso de 1980-2012, han ocurrido entre 11 y 20 períodos de sequía con duración mayor o igual a tres meses en todas las estaciones del estado. La frecuencia media varía de 20 a 36 meses de una estación a otra, lo cual indica que ocurre un evento de sequía cada 1.6 a 3 años en ciertas regiones de la cuenca, aunque realmente los períodos de sequía meteorológica son de muy corta duración, pues en promedio duran 2.3 meses; no obstante, han ocurrido períodos de máxima duración que van desde 7 hasta 16 meses, variando de una estación a otra.

Finalmente, para complementar y concluir el análisis de la sequía meteorológica realizado anteriormente, en la Figura 3.9 se presentan los mapas del SPI a 3, 6 y 12 meses correspondientes al mes de octubre (inicio del año agrícola) de los años 2010, 2011 y 2012 en la Cuenca del Río Balsas. En estos mapas es posible apreciar la distribución espacial de las zonas húmedas y secas dentro de la cuenca para cada uno de los meses y años mencionados. Se aprecia claramente que en el mes de octubre del año 2010 se presentó una condición de normalidad (color amarillo claro) en la mayor parte de la cuenca y de humedad (color verde en diferentes tonos) en algunas zonas de las subregiones hidrológicas Alto y Medio Balsas; comparativamente con el mes de octubre de 2011 donde se presentó alguna condición de sequía con diferentes grados, desde moderada hasta extrema (colores naranja y rojo), en áreas de la subregión hidrológica Bajo Balsas; y para el mes de octubre de 2012 predominó la condición de normalidad (color amarillo claro) en casi toda la cuenca con excepción de algunas zonas bien delimitadas de sequía (manchas naranjas y rojas).

Figura 3.9 Mapas del SPI a 3, 6 y 12 meses correspondientes al mes de octubre de los años 2010, 2011 y 2012 en la Cuenca del Río Balsas.



Fuente: elaborados con información del SMN.

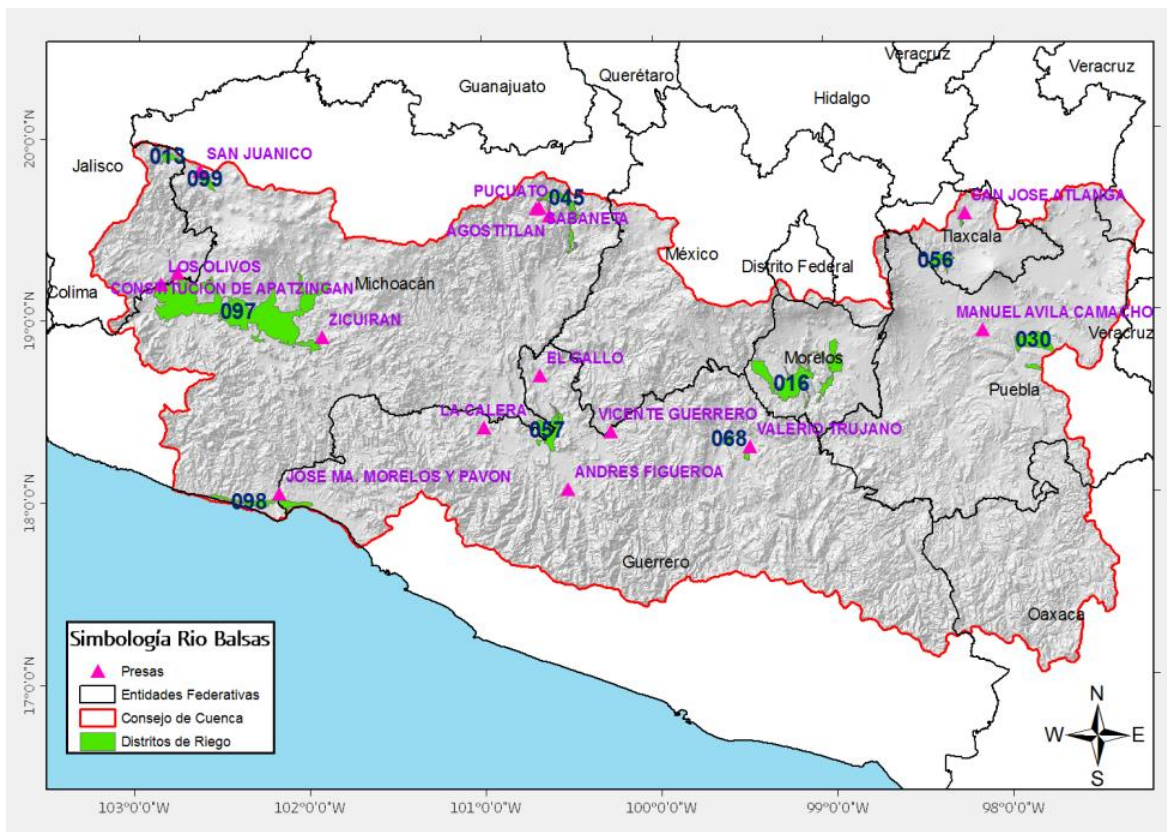
3.3. Análisis y caracterización de las sequías hidrológicas

La sequía hidrológica se refiere a la deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalses, acuíferos, lagos, etc.) con respecto a los niveles considerados como normales. Aunque la causa principal de la sequía hidrológica es la sequía meteorológica, lo cierto es que no existe una relación directa entre las cantidades de precipitación y la afluencia del agua en la superficie y en el subsuelo, debido a que la sequía hidrológica puede demorarse durante meses después del inicio de la escasez pluviométrica o, si las lluvias retornan en poco tiempo, puede ser que no llegue a manifestarse.

El análisis de las sequías hidrológicas puede realizarse en dos vertientes: con base en el estudio de las aguas subterráneas y con base en el análisis de las aguas superficiales. Cuando se trata de las aguas subterráneas, el indicador más directo de la sequía es la baja en los niveles piezométricos, que revela el desequilibrio entre las entradas al acuífero y las extracciones. En el caso de las aguas superficiales, la sequía se puede evaluar a través del estudio de la información hidrológica histórica relativa al escurrimiento en ríos y aportaciones a las presas de almacenamiento.

Es importante mencionar que en el presente estudio no se realiza el análisis de las aguas subterráneas, debido a que no se cuenta con información suficiente, confiable y actualizada (evolución de los niveles piezométricos a través del tiempo, principalmente) que permita hacer la evaluación del fenómeno de manera precisa. Por tal motivo, en este documento se hace únicamente el análisis y caracterización de los parámetros de las sequías hidrológicas relacionados con las aguas superficiales. Para ello, se analizan los escurrimientos históricos de algunos de los ríos más importantes del estado (Atoyac, Balsas, Tepalcatepec, Pucuateo, Sabaneta, Agostitlán, etc.), cuyas aguas son captadas en presas de almacenamiento (Manuel A. Camacho, San José Atlanga, Agostitlán, etc.) que tienen como principal finalidad el uso agrícola en los distritos de riego de la cuenca, las cuales se distribuyen tal como se muestra en la Figura 3.10. Cabe mencionar que en este estudio solamente se toman en cuenta las presas de almacenamiento que abastecen de agua a los distritos de riego y que son controladas por la CONAGUA.

Figura 3. 10 Ubicación de las presas de almacenamiento analizadas.



Fuente: adaptado de CONAGUA (2010).

De la misma manera, en la Tabla 3.8 se presenta la relación de distritos de riego ubicados en la cuenca del río Balsas, con sus respectivos ríos y presas de almacenamiento que constituyen sus principales fuentes de abastecimiento, cuyas aportaciones de agua (entradas registradas a las presas en las

estaciones hidrométricas respectivas) son analizadas en este apartado. En la misma tabla se anotan algunos datos básicos de las presas como son su capacidad de almacenamiento y el período de registro de aportaciones y almacenamientos de agua que cada una de ellas tiene.

Tabla 3. 8 Distritos de riego, ríos y presas de almacenamiento analizadas.

Distrito de riego	Corriente	Presa de almacenamiento		Cap. ^{1/} (hm ³)	Período de registro	
		Nombre oficial	Nombre común		Aportaciones	Almacenamientos
016 Estado de Morelos ^{2/}	Varias					
030 Valsequillo, Pue.	Río Atoyac	Manuel A. Camacho	Valsequillo	400.0	1947-2012	1978-2012
045 Tuxpan, Mich.	Río Pucuat	Pucuat	Pucuat	11.3	1951-2012	1978-2012
	A. Sabaneta	Sabaneta	Sabaneta	5.3	1951-2011	2000-2012
	Río Agostitlán	Agostitlán	Mata de Pinos	16.5	1954-2012	1978-2012
056 Atoyac-Zahuapan, Tlax.	Río Alto Atoyac	San José Atlanga	Atlanga	54.5	1960-2012	1978-2012
057 Amuco-Cutzamala, Gro.	Río Ajuchitlán	Andrés Figueroa	Las Garzas	102.5	1976-2011	1992-2012
	Río Sultepec	Vicente Guerrero	Palos Altos	250.0	1962-2012	1978-2012
	Río Chiquito	La Calera	La Calera	22.0	1963-2012	1981-2012
	Río Cutzamala	El Gallo	El Gallo	410.5		1999-2012
068 Tep.-Quechultenango, Gro.	Río Tepecuacuilco	Valerio Trujano	Tepecuacuilco	39.4	1953-2012	1978-2012
097 Lázaro Cárdenas, Mich.	Río Tepalcatepec	Const. de Apatzingán	Chilatán	450.0	1949-2012	1992-2012
	Río Zicuirán	Zicuirán	La Peña	50.0	1958-2012	2000-2012
	Río Otates	Los Olivos	Los Olivos	20.0	1962-2012	2000-2012
098 José Ma. Morelos, Mich.	Río Balsas	José Ma. Morelos y Pavón	La Villita	510.0	1980-2012	1981-2012
099 Quitupan-La Magdalena, Mich.	Río Tepalcatepec	San Juanico	La Laguna	60.0		1978-2012

Notas: ^{1/}Capacidad de almacenamiento al Nivel de Aguas Máximas Ordinario (NAMO); ^{2/}Este distrito de riego no tiene presas de almacenamiento, sólo tiene derivaciones directas de ríos. Fuente: elaborado con información de OC Balsas, Gerencia de Distritos de Riego y Sistema de Seguridad de Presas de la CONAGUA.

3.3.1. Comportamiento histórico de las aportaciones de agua a las presas de almacenamiento

En la Tabla 3.9 se presenta un resumen de las estadísticas básicas de los registros de aportaciones históricas de las presas de almacenamiento analizadas. En esta tabla se puede apreciar que los volúmenes de aportaciones varían mucho de una presa a otra, siendo la presa José Ma. Morelos (La Villita) la que tiene el promedio más alto (12,955.5 hm³/año), en contraste con la presa Sabaneta que sólo tiene una aportación media anual de 5.1 hm³/año. Asimismo, se observa que la presa La Calera es

la que presenta la mayor variabilidad en las aportaciones, con un coeficiente de variación de 100.5%, y le siguen la presa Agostitlán y Pucuat, cuyos coeficientes de variación son de 81.6% y 57.4%, respectivamente. Para el resto de las presas, en general, el coeficiente de variación es igual o inferior al 50%.

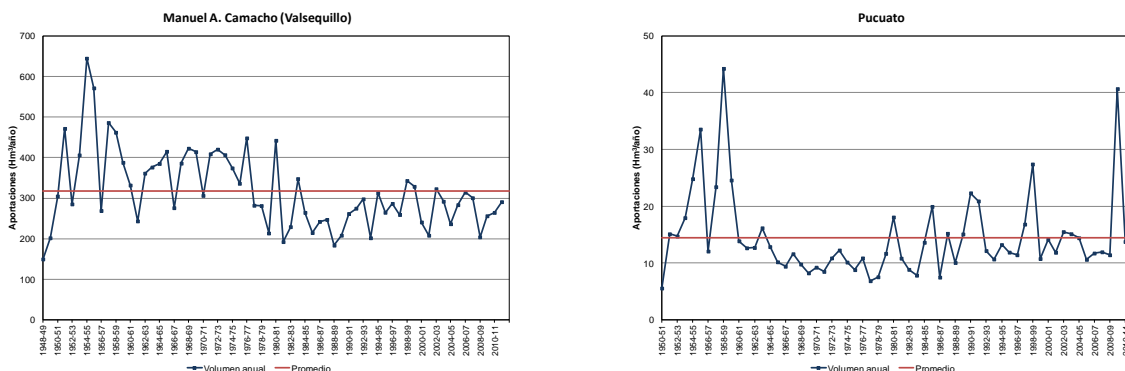
Tabla 3.9 Estadísticas básicas de las aportaciones a las presas de almacenamiento.

Presas de almacenamiento	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Desv. Estándar	C.V.
	(hm ³ /año)					(%)
Manuel A. Camacho	322.8	295.8	673.2	161.5	101.8	31.5
Pucuat	14.5	12.1	45.6	4.1	8.3	57.4
Sabaneta	5.1	4.1	15.0	0.6	3.2	63.2
Agostitlán	32.7	24.9	157.9	14.1	26.7	81.6
San José Atlanga	17.9	14.8	60.4	7.7	9.2	51.1
Andrés Figueroa	502.7	489.2	951.8	42.2	189.4	37.7
Vicente Guerrero	403.8	390.7	937.3	190.0	141.9	35.1
La Calera	1,157.4	840.5	7,842.9	206.6	1,163.5	100.5
Valerio Trujano	54.1	50.5	154.3	21.3	23.6	43.5
Const. de Apatzingán	1,095.8	1,028.8	2,016.0	313.5	369.1	33.7
Zicuirán	118.1	116.9	262.3	34.5	48.1	40.8
Los Olivos	56.3	50.8	140.7	16.0	27.0	47.9
José Ma. Morelos	12,955.5	12,941.1	24,415.0	8,413.5	3,106.4	24.0

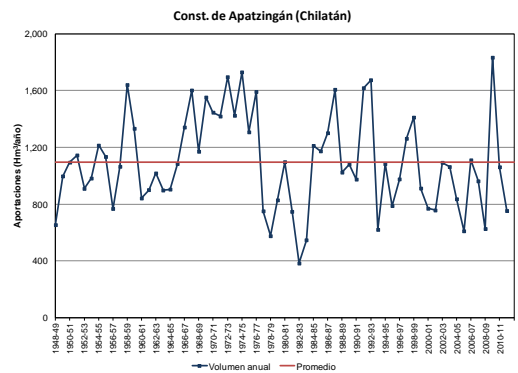
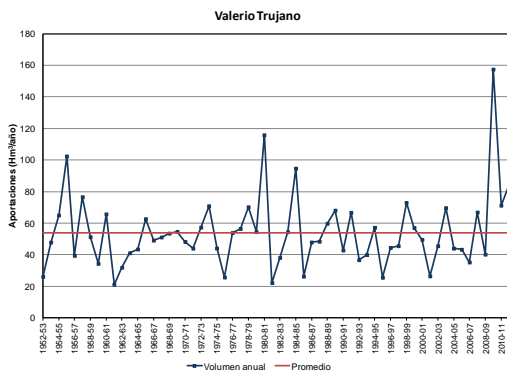
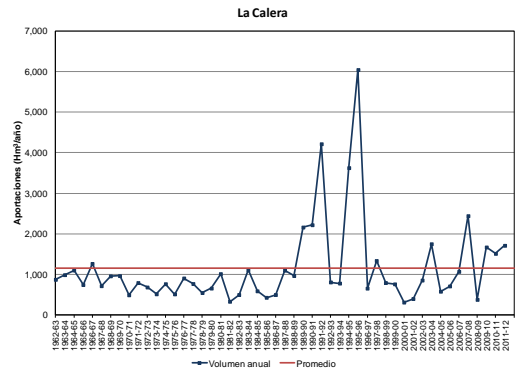
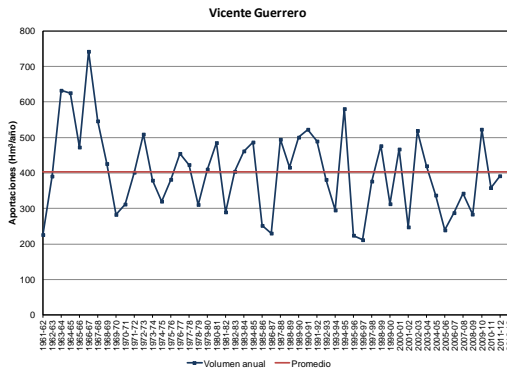
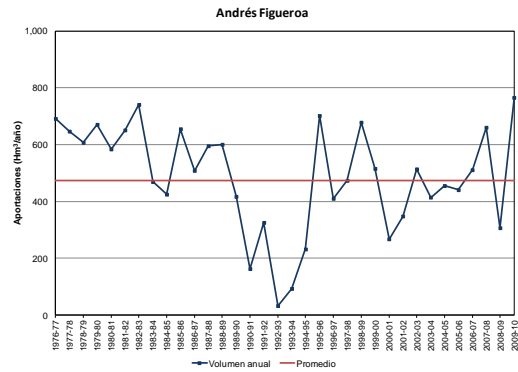
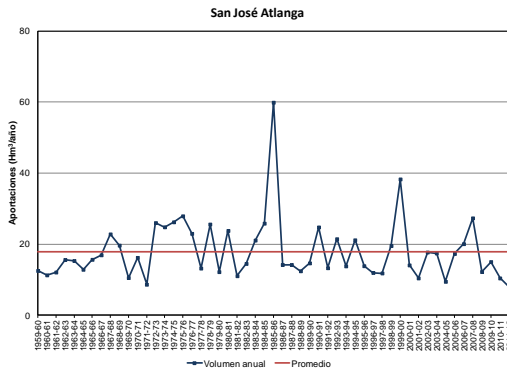
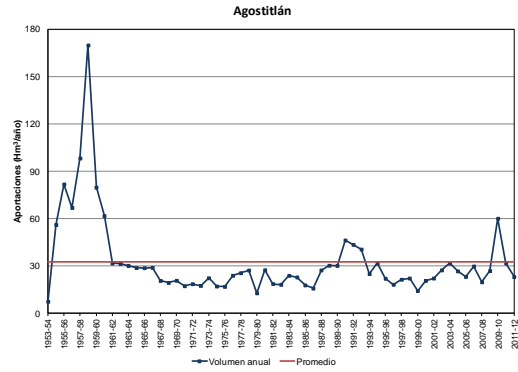
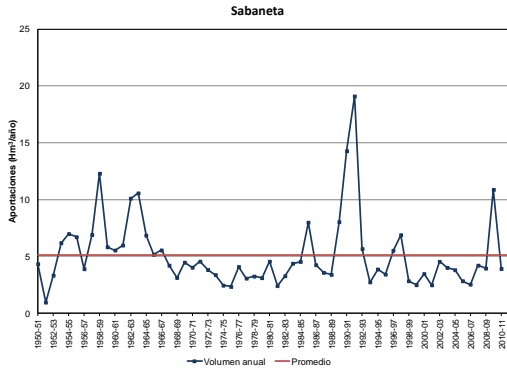
Fuente: elaborado con información de OC Balsas y Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

A partir de los registros mensuales de aportaciones a las presas de almacenamiento seleccionadas, se elaboraron las gráficas que se muestran en la Figura 3.11, en las cuales se puede observar la variabilidad temporal de dichas aportaciones y los períodos deficitarios con respecto al promedio histórico en cada una de ellas. En estas gráficas es posible observar que los escurrimientos que ingresan a las distintas presas ubicadas en la cuenca del río Balsas no tienen un patrón común, sino que cada una de ellas exhibe un comportamiento particular que no guarda una relación específica con las demás, lo cual indica la gran variabilidad que existe en los escurrimientos de una subcuenca a otra. Por otro lado, se puede observar que en algunas presas (Manuel A. Camacho, Agostitlán y Zicuirán) ha existido una clara tendencia hacia la disminución de las aportaciones en los últimos años.

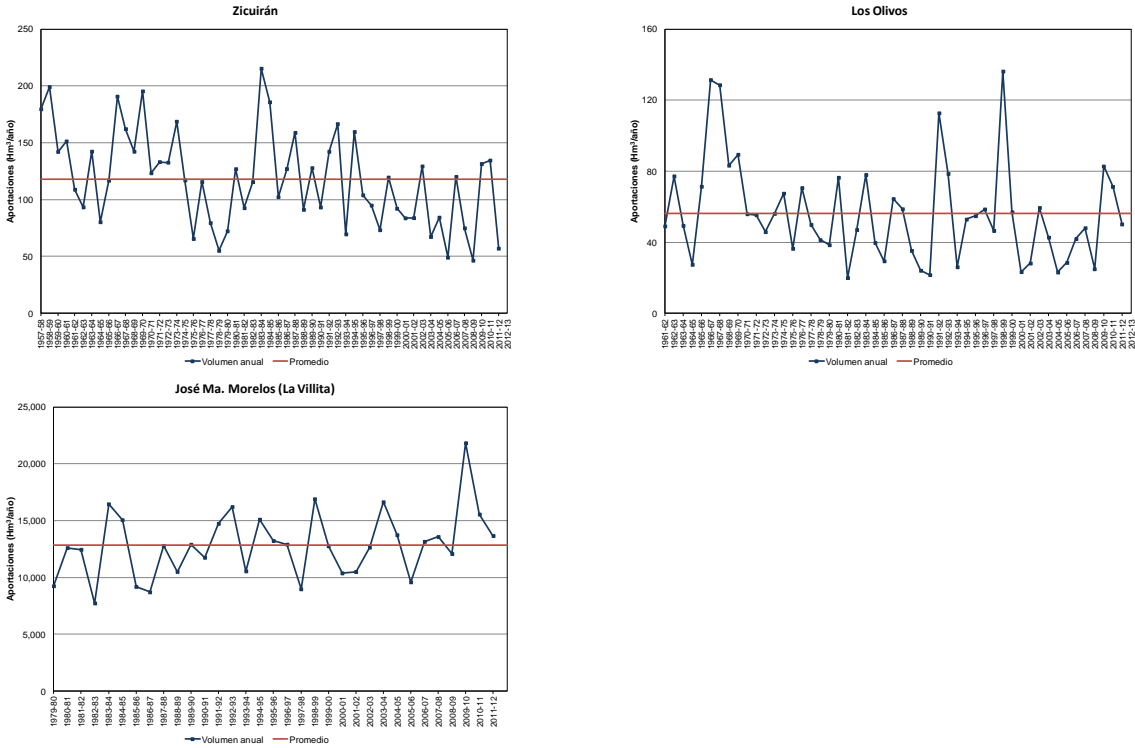
Figura 3.11 Gráficas de aportaciones históricas de agua a las presas de almacenamiento.



Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas



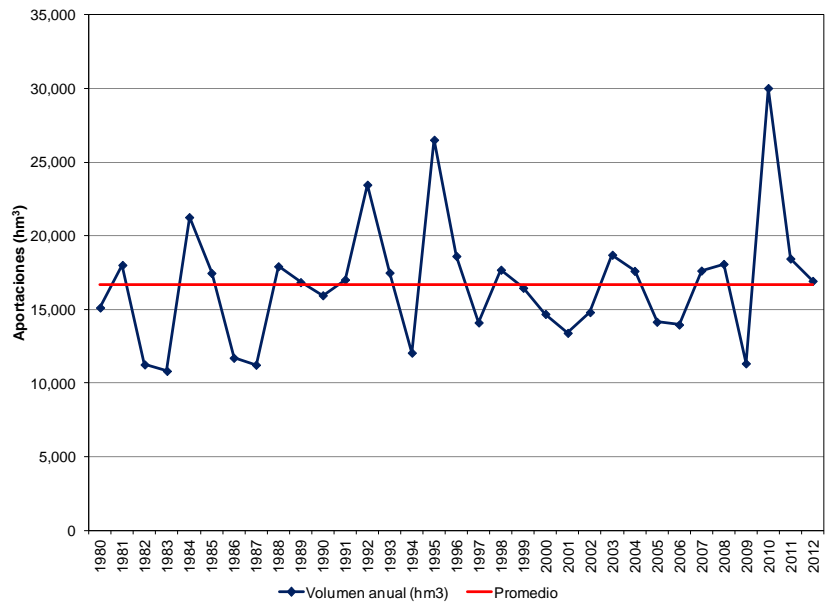
Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas



Fuente: elaboradas con información del OC Balsas y la Gerencia de Distritos de Riego de CONAGUA.

Con base en la sumatoria de las aportaciones anuales de todas y cada una de las presas analizadas (para el período comprendido de 1980 a 2012, el cual es común a todas las presas), se elaboró la Figura 3.12, en la cual se puede observar que en el lapso mencionado se ha registrado en la cuenca del río Balsas una aportación promedio anual de 16,933 hm³.

Figura 3. 12 Comportamiento histórico de las aportaciones de agua a las principales presas de riego en la cuenca del río Balsas (1980-2012).



Fuente: elaborada con información del OC Balsas de la CONAGUA.

En esta figura se puede observar que en el lapso mencionado, ocurrieron 15 años con aportaciones por debajo de la media, que representan el 45.4% del período de registro. El año con menores aportaciones en las últimas tres décadas ha sido 1983 en el cual se registró una aportación total anual de 10,821.9 hm³, lo cual representa un déficit de -35.2% con respecto al promedio. El segundo y tercer años más secos fueron 1987 y 1982 y, con una aportación anual de 11,237.7 y 11,259.0 hm³, respectivamente, lo cual equivale a un déficit de -32.7% y -32.2% con relación al valor de la media histórica. En los demás años en que las aportaciones han sido inferiores al promedio, el déficit de escurrimientos no ha superado el -30% (a excepción del año 2009). Los años más secos desde el punto de vista hidrológico, ocurren justo después de los años más secos desde la perspectiva meteorológica, como es el caso de los años 1982, 1983, 1986 y 1987 que fueron en los que se registraron las menores precipitaciones.

Por el contrario, el año con mayores aportaciones de agua a las presas de almacenamiento ha sido 2010, en el cual se registró una aportación total anual de 30,026 hm³, que representa casi un 80% más que el promedio histórico.

Para analizar y caracterizar detalladamente los períodos de sequía hidrológica registrados en cada una de las presas de almacenamiento, se utiliza el Índice Hidrológico de Sequía (SDI), el cual se describe a continuación.

3.3.2. Índice Hidrológico de Sequía (SDI)

Este índice fue desarrollado por Nalbantis y Tsakiris (2008) con el propósito de determinar a través del tiempo el déficit de caudales (escurrimientos) para una corriente y en un período de tiempo dado. De acuerdo con su metodología, la relación de sequía entre cuatro aspectos, severidad-duración-frecuencia-área, se reduce a solo dos, severidad vs frecuencia.

Se supone que en una serie de tiempo de volúmenes de escurrimiento mensuales $Q_{i,j}$ disponibles donde i denota el año hidrológico y j el mes dentro de este. Basado en esta serie se obtiene:

$$V_{i,k} = \sum_j^{3k} Q_{i,j} \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad j = 1, 2, \dots, 12 \quad k = 1, 2, 3, 4 \quad (3.1)$$

Donde $V_{i,k}$ es el volumen de escurrimiento acumulado para el i -ésimo año hidrológico y el k -ésimo periodo de referencia.

Con base en el volumen de escurrimiento acumulado $V_{i,k}$ el SDI es definido por cada periodo de referencia k de un i -ésimo año hidrológico como se muestra:

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,j} - \bar{V}_k}{S_k} \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (3.2)$$

Donde \bar{V}_k es la media y S_k la desviación estándar de los volúmenes de escurrimiento acumulados del periodo de referencia k , tal como los estimados en un periodo largo de tiempo.

Al utilizar el logaritmo natural para una normalización sencilla, el índice SDI se define como:

$$SDI_{i,k} = \frac{y_{i,j} - \bar{y}_k}{S_{y,k}} \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad k = 1, 2, 3, 4 \quad (3.3)$$

Donde:

$$y_{i,k} = \ln(V_{i,k}) \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad k = 1, 2, 3, 4 \quad (3.4)$$

Y $y_{i,k}$ son los logaritmos naturales de escurrimiento acumulado con media \bar{V}_k y desviación estándar $S_{y,k}$.

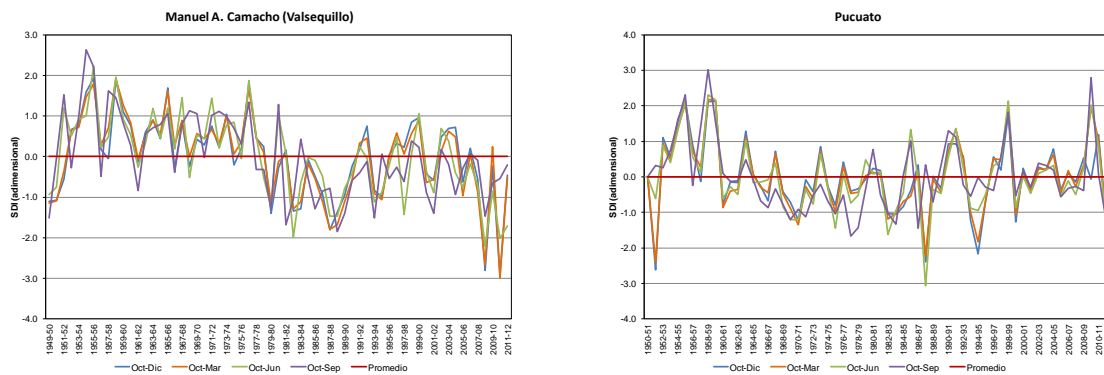
De igual forma, al igual que la metodología del SPI para la obtención del índice de sequía meteorológica, la clasificación por categorías del SDI se muestra en el Tabla 3.10.

Tabla 3. 10 Interpretación de los valores del SDI.

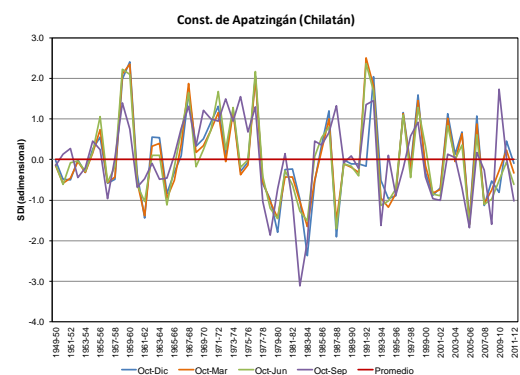
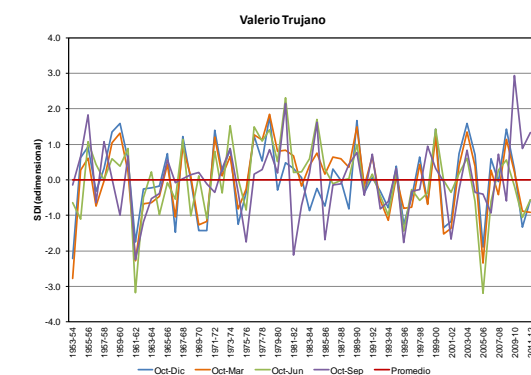
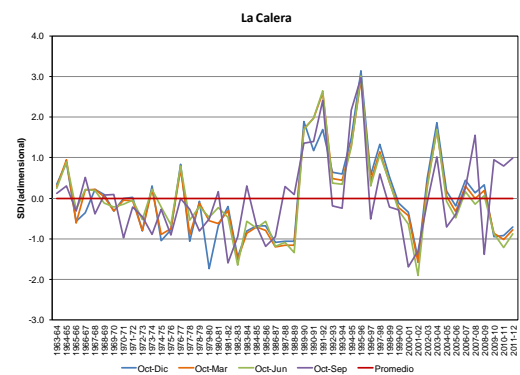
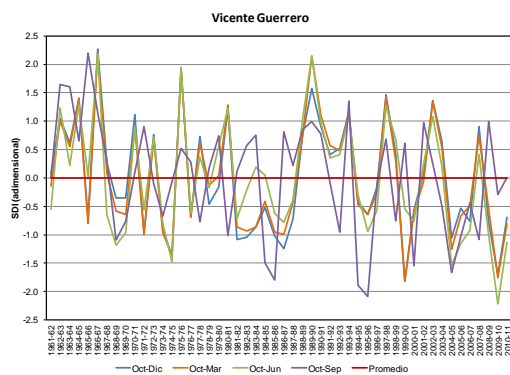
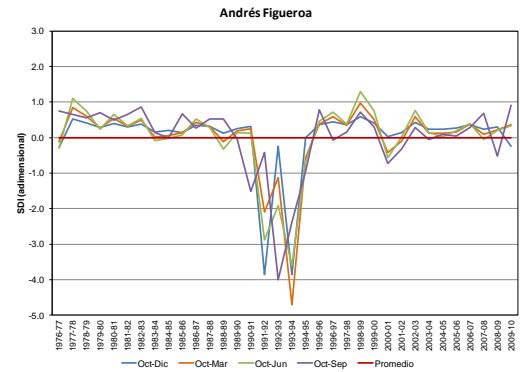
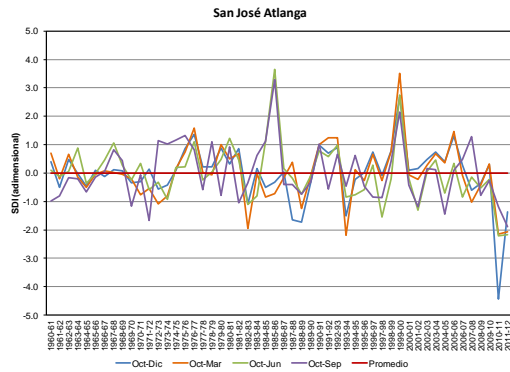
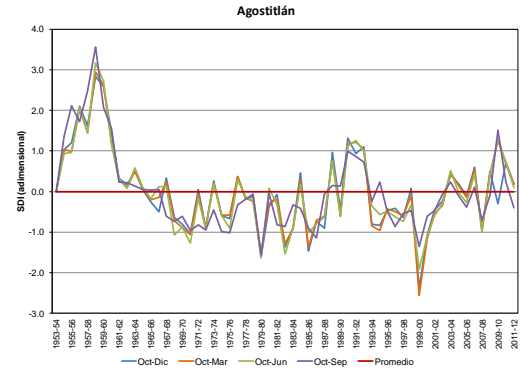
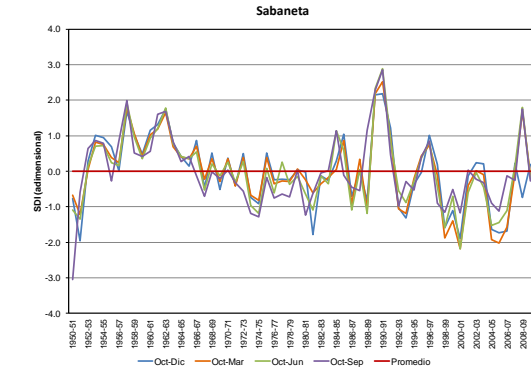
Estado	Valor del SDI	Interpretación	Probabilidad (%)
0	$SDI \geq 0$	Sin sequía	50.5
1	$-1.0 \leq SDI < 0.0$	Sequía ligera	34.1
2	$-1.5 \leq SDI < -1.0$	Sequía moderada	9.2
3	$-2.0 \leq SDI < -1.5$	Sequía severa	4.4
4	$SDI < -2.0$	Sequía extrema	2.3

De esta forma, con base en las definiciones y parámetros descritos anteriormente, se realizó el cálculo del SDI con base en las aportaciones históricas de agua para cada una de las presas de almacenamiento analizadas, tomando en cuenta la sumatoria de los datos de aportaciones para cuatro períodos de cada año hidrológico: octubre-diciembre, octubre-marzo, octubre-junio y octubre-septiembre. Es importante recordar que el año hidrológico en México inicia el 1 de octubre de cada año y termina el 30 de septiembre del año siguiente. Los resultados obtenidos se presentan de manera gráfica en la figura 3.13.

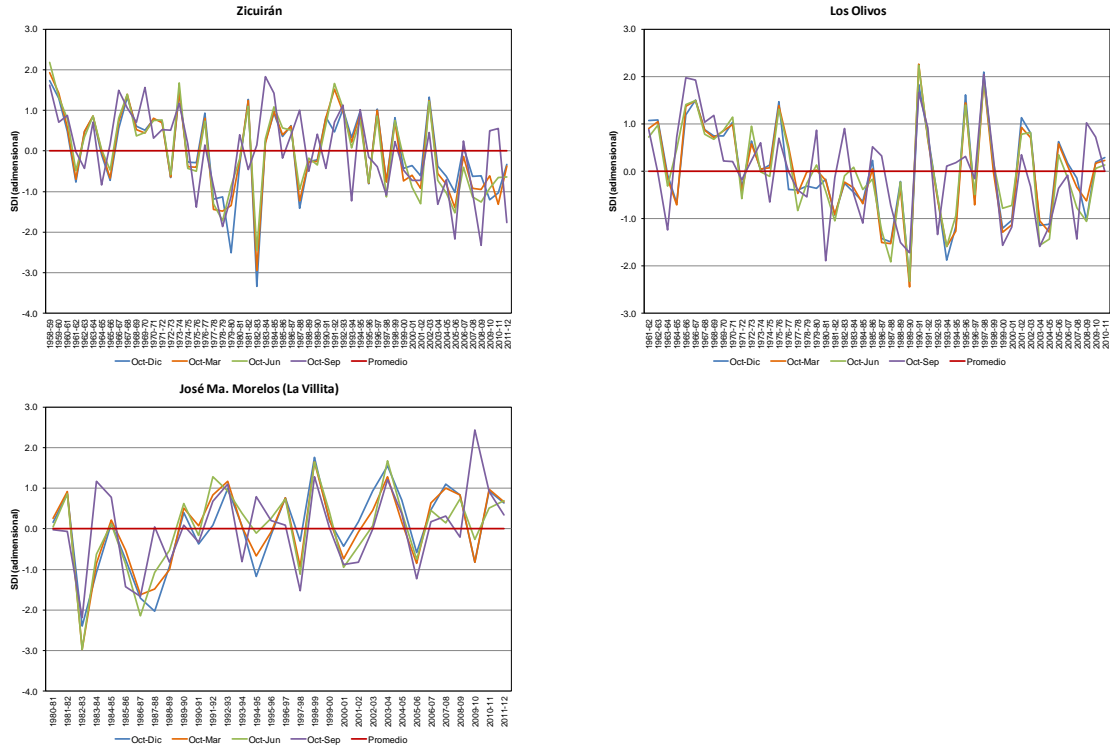
Figura 3. 13 Gráficas del Índice Hidrológico de Sequía (SDI) para cada una de las presas de almacenamiento analizadas.



Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas



Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas



Fuente: elaboradas con información del OC Balsas y la Gerencia de Distritos de Riego de CONAGUA.

En estas gráficas se puede apreciar que el comportamiento del SDI es muy variable en cada una de las presas analizadas, lo cual obedece, evidentemente, a la variabilidad de las aportaciones de agua registradas en cada una de ellas. Asimismo, es posible observar que la mayor parte de las sequías registradas son ligeras ($-1.0 \leq SDI < 0.0$) y moderadas ($-1.5 \leq SDI < -1.0$), y las sequías severas ($-2.0 \leq SDI < -1.5$) y extremas ($SDI < -2.0$) son menos frecuentes.

En la Tabla 3.11 se presenta una caracterización detallada de las sequías hidrológicas según su tipo. En esta tabla se observa que en todas las presas analizadas la proporción de años con algún tipo de sequía es variable de una presa a otra: la presa que registra el mayor porcentaje de años con sequía es Pucuate (59.0%), y la que tiene la menor proporción de años secos es Andrés Figueroa (35.3%). En todas las presas analizadas el porcentaje de años con sequía severa es igual o inferior al 8.0% del período de registro, y el porcentaje de años con sequía extrema es igual o inferior al 3.7% (a excepción de la presa Andrés Figueroa cuyo porcentaje de años con sequía extrema es de 5.9%). Inclusive, hay presas como Manuel A. Camacho, Pucuate, Agostitlán, San José Atlanga, La Calera y Los Olivos, en las cuales nunca se ha registrado una sequía extrema.

Tabla 3. 11 Clasificación de sequías hidrológicas en la cuenca del río Balsas.

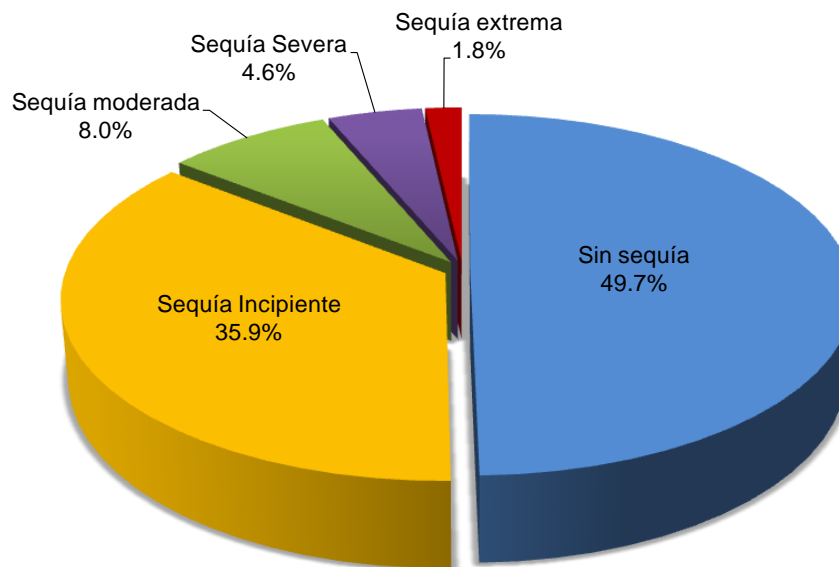
Presa de almacenamiento	No. años con registro	No. años con sequía		No. de años por tipo de sequía			
		No.	%	Incipiente	Moderada	Severa	Extrema
Manuel A. Camacho	63	35	55.6	25	6	4	0
Pucuate	61	36	59.0	27	8	1	0
Sabaneta	60	35	58.3	28	6	0	1
Agostitlán	58	35	60.3	31	3	1	0

Presa de almacenamiento	No. años con registro	No. años con sequía		No. de años por tipo de sequía			
		No.	%	Incipiente	Moderada	Severa	Extrema
San José Atlanga	52	29	55.8	22	5	2	0
Andrés Figueroa	34	12	35.3	9	0	1	2
Vicente Guerrero	50	22	44.0	12	5	4	1
La Calera	49	28	57.1	23	3	2	0
Valerio Trujano	59	30	50.8	22	2	4	2
Const. de Apatzingán	63	28	44.4	18	4	4	2
Zicuirán	54	24	44.4	14	6	2	2
Los Olivos	50	24	48.0	13	7	4	0
José Ma. Morelos	32	13	40.6	8	2	2	1
Promedio	53	27	51.2	19	4	2	1

Fuente: elaboración propia.

Al promediar los porcentajes por tipo de sequía registradas en todas las presas analizadas, se obtiene la Figura 3.14, en la cual se puede observar que a nivel de la cuenca del río Balsas, en casi el 50% de los años con registro no ha existido sequía hidrológica de ningún tipo; en el 36% de los años se han registrado sequías de tipo incipiente; 8% de las sequías han sido moderadas; 4.6% han sido sequías severas; y sólo 1.8% en promedio han sido sequías extremas.

Figura 3. 14 Distribución porcentual de los años por tipo de sequía hidrológica en la cuenca del río Balsas.



Fuente: elaboración propia.

Asimismo, en la Tabla 3.12 se presentan los períodos de sequía hidrológica más prolongados que se han registrado en cada presa de almacenamiento, así como los años más secos y el tipo de sequía correspondiente. Se puede observar que los períodos de sequía más prolongados varían desde 3 años (presa José Ma. Morelos) hasta 21 años (presa Agostitlán), aunque, como ya se mencionó, son sequías en su mayor parte de tipo incipiente. Igualmente, se observa que los años más secos no necesariamente se ubican dentro del período de sequía más prolongado de cada presa.

Tabla 3. 12 Períodos de sequía hidrológica más prolongados y años más secos registrados en cada presa de almacenamiento.

Presa	No. años con registro	Sequía más prolongada			Año más seco	
		Año inicial	Año final	Duración (años)	Año	Tipo de sequía
Manuel A. Camacho	63	1985	1994	10	1989	Severa
Pucuateo	61	1965	1980	16	1978	Severa
Sabaneta	60	1973	1980	8	1951	Extrema
Agostitlán	58	1968	1987	21	1980	Severa
San José Atlanga	52	1961	1966	6	2012	Severa
Andrés Figueroa	34	1990	1995	6	1993	Extrema
Vicente Guerrero	50	2005	2009	5	2001	Severa
La Calera	49	1971	1980	10	1997	Extrema
Valerio Trujano	59	1962	1965	4	1962	Extrema
Const. de Apatzingán	63	1978	1984	7	1983	Extrema
Zicuirán	54	2004	2009	6	2009	Extrema
Los Olivos	50	2004	2009	6	1982	Severa
José Ma. Morelos	32	1981	1983	3	1983	Extrema

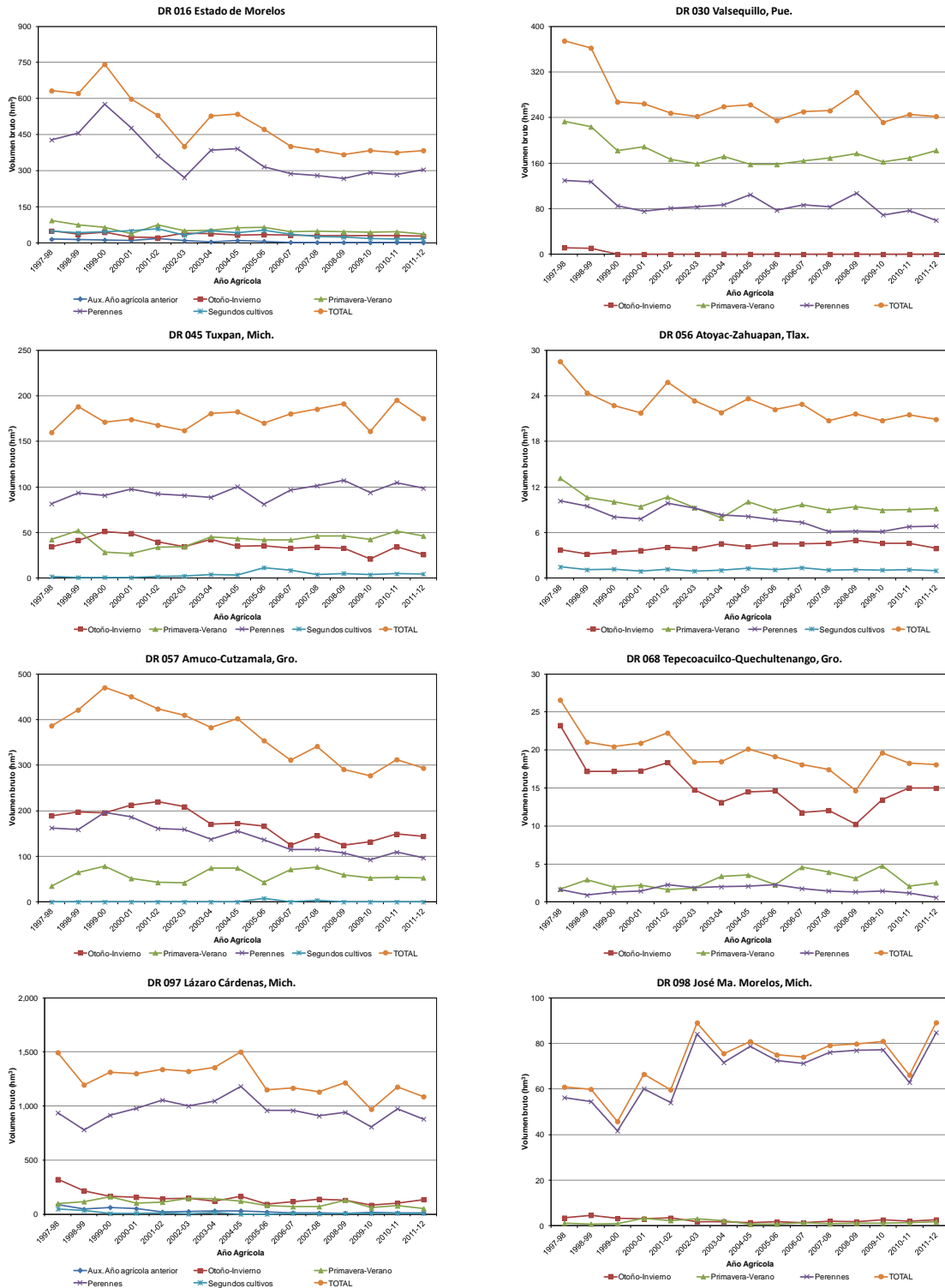
Fuente: elaboración propia.

Finalmente, cabe mencionar que los únicos dos años en que ha coincidido el hecho de que se haya registrado algún tipo de sequía hidrológica (desde incipiente hasta extrema) en todas y cada una de las presas analizadas, han sido 2002 y 2009.

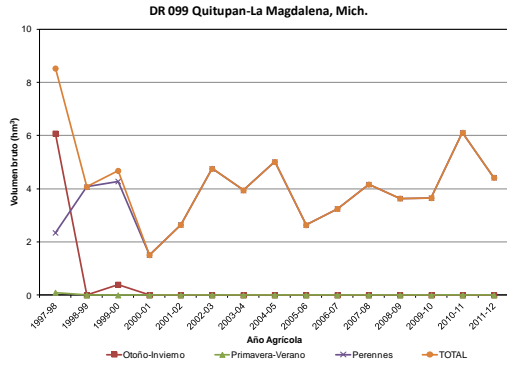
3.4. Impacto de las sequías hidrológicas en los distritos de riego

La variabilidad de las aportaciones de agua a las presas de almacenamiento y la presencia de períodos deficitarios como consecuencia de las sequías hidrológicas, ha repercutido sin lugar a dudas en los volúmenes que se tienen disponibles para irrigación en los distritos de riego de la Cuenca. De esta manera, en los últimos quince años agrícolas (1997-98 a 2011-12), los volúmenes utilizados para riego en la mayoría de los distritos de la cuenca han tenido una clara tendencia hacia la disminución, tal como se ilustra en la Figura 3.15. En las gráficas mostradas en esta figura, se observa claramente que, con excepción de los distritos de riego 045 Tuxpan y 098 José Ma. Morelos, Michoacán, todos los demás distritos de riego han registrado una tendencia hacia la baja en lo que se refiere a los volúmenes destinados a la irrigación de los cultivos en los distintos ciclos agrícolas (auxilios del año agrícola anterior; otoño-invierno; primavera-verano; perennes; y segundos cultivos). Los distritos de riego más afectados en este sentido han sido: 016 Estado de Morelos; 030 Valsequillo, Puebla; 057 Amuco-Cutzamala y 068 Tepeacoacuilco-Quechultenango, ambos en el estado de Guerrero.

Figura 3. 15 Variabilidad del volumen bruto utilizado para irrigación, por ciclo agrícola, en los distritos de riego de la Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).



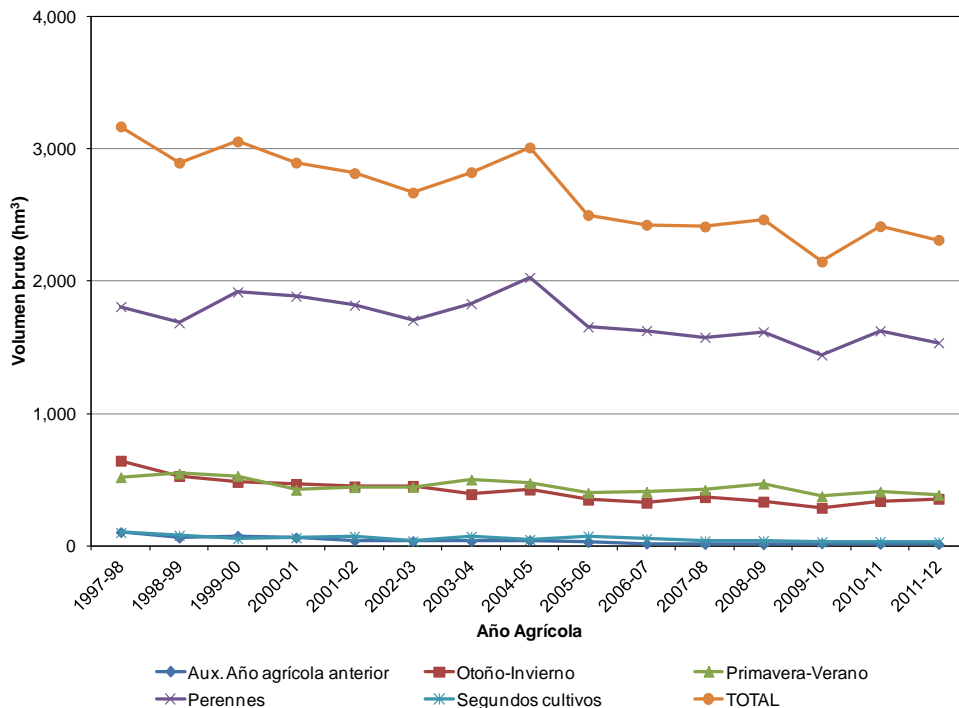
Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas



Fuente: elaboradas con información del OC Balsas y la Gerencia de Distritos de Riego de CONAGUA.

Como consecuencia de lo anterior, a nivel de la Cuenca, al hacer la sumatoria de los volúmenes brutos utilizados para irrigación en todos los distritos de riego, también se observa una clara tendencia hacia la disminución durante los últimos quince años agrícolas, tal como se ilustra en la Figura 3.16. El volumen bruto total utilizado para riego en el último año agrícola (2011-12) es de 2,313.4 hm³, el cual es inferior en un 30% al volumen utilizado hace quince años (año agrícola 1997-98) que fue de 3,171.7 hm³.

Figura 3. 16 Volumen bruto total utilizado para irrigación, por ciclo agrícola, en los distritos de riego de la Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).



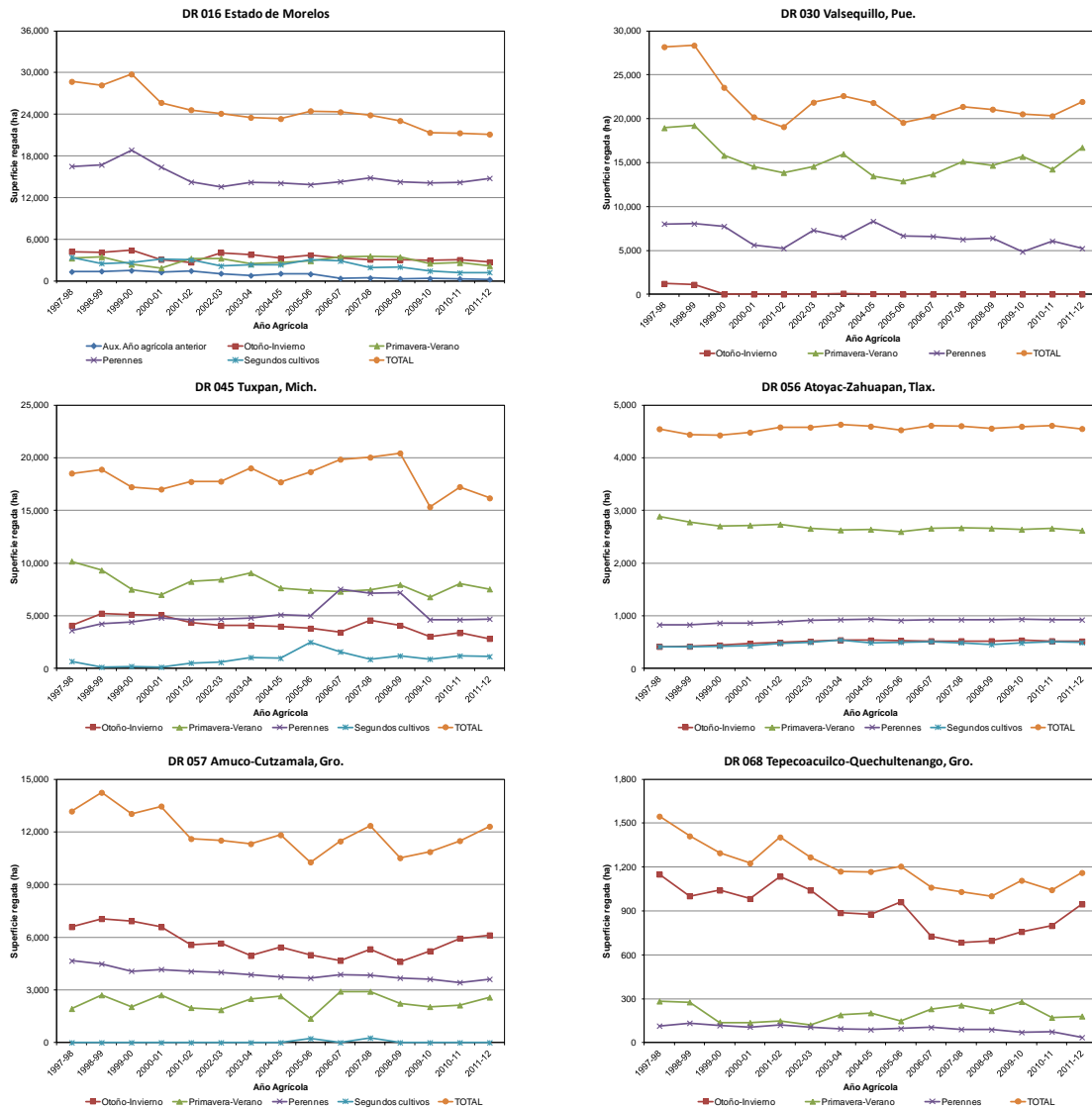
Fuente: elaborada con información del OC Balsas y la Gerencia de Distritos de Riego de CONAGUA.

Evidentemente, estas disminuciones en los volúmenes disponibles para riego, repercuten directamente en las superficies irrigadas de los cultivos para los distintos ciclos agrícolas, tal como se muestra en la Figura 3.17, donde es posible apreciar que en la mayoría de los distritos de riego (con excepción de los distritos 056 Atoyac-Zahuapan, Tlaxcala; 097 Lázaro Cárdenas y 098 José María Morelos, Michoacán)

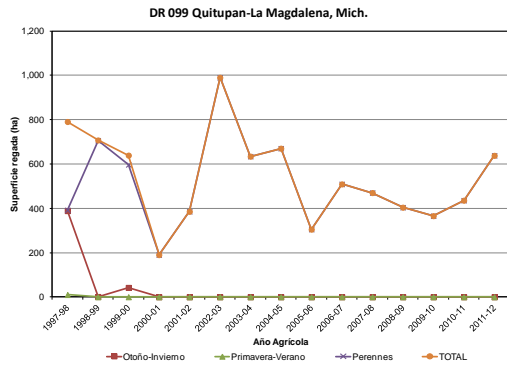
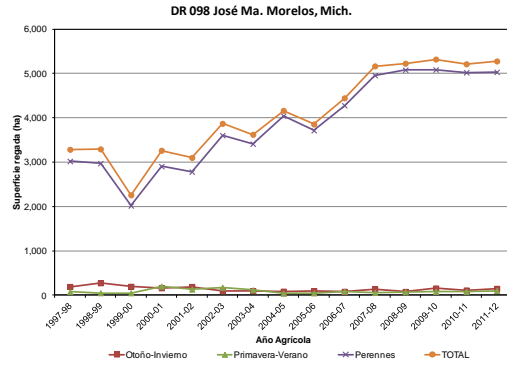
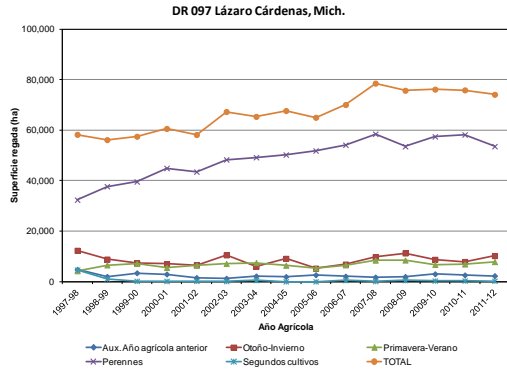
Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

se ha registrado una tendencia hacia la baja en lo que se refiere a superficies regadas. Los distritos de riego más afectados en este sentido han sido: 016 Estado de Morelos; 030 Valsequillo, Puebla; 057 Amuco-Cutzamala y 068 Tepecoacuilco-Quechultenango, ambos en el estado de Guerrero.

Figura 3. 17 Variabilidad de las superficies irrigadas, por ciclo agrícola, en los distritos de riego de la Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).



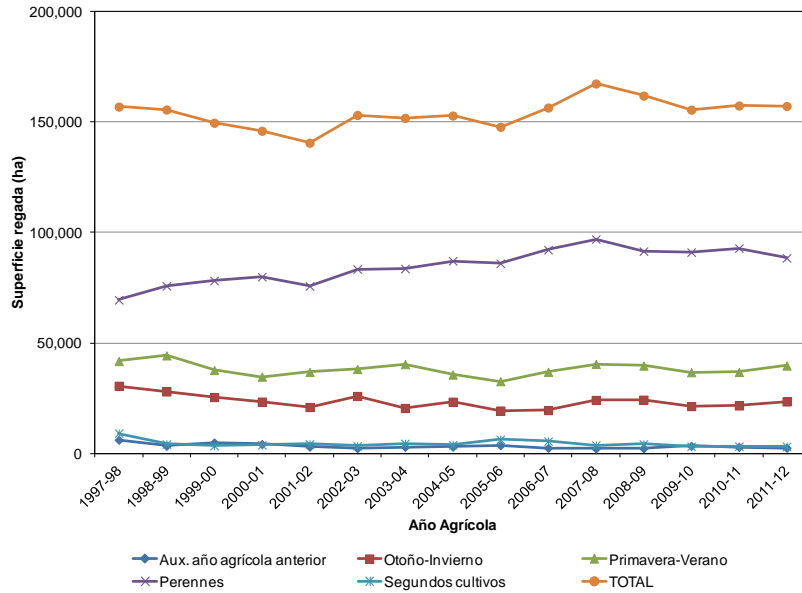
Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas



Fuente: elaboradas con información del OC Balsas y la Gerencia de Distritos de Riego de CONAGUA.

En este orden de ideas, a nivel de la Cuenca, al hacer la sumatoria de las superficies irrigadas en todos los distritos de riego, existe una aparente paradoja que contrasta con los datos anteriores, pues se observa una ligera tendencia hacia el aumento en la superficie regada total (Figura 3.18), lo cual se explica por el aumento de la superficie irrigada de cultivos perennes (limón, mango, pastos, etc.) principalmente en los distritos de riego 097 Lázaro Cárdenas y 098 José María Morelos, Michoacán, los cuales no han sido afectados por las sequías en los últimos años. Sin embargo, es posible observar que las superficies irrigadas correspondientes a los demás ciclos agrícolas (auxilio del año agrícola anterior; otoño-invierno; primavera-verano; y segundos cultivos) han registrado una tendencia hacia la baja, como consecuencia de la disminución de dichas superficies en la mayoría de los distritos de riego de la cuenca. Para ilustrarlo con datos, basta decir que en el año agrícola 1997-98 se regaron un total de 87,513 hectáreas en los ciclos de cultivo mencionados (sin incluir cultivos perennes), y para el año agrícola 2011-12 dicha superficie irrigada disminuyó a 68,765 hectáreas (sin incluir cultivos perennes), lo cual significó una disminución del 21% en ese lapso.

Figura 3. 18 Superficie total irrigada, por ciclo agrícola, en los distritos de riego de la Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).



Fuente: elaborada con información del OC Balsas y la Gerencia de Distritos de Riego de CONAGUA.

3.5. Conclusiones del capítulo

En la cuenca del río Balsas han ocurrido eventos de sequía desde siempre, y sus efectos han sido básicamente de tipo económico: pérdidas de cosechas en la agricultura, muerte de ganado y alzas de precios en los productos agropecuarios como consecuencia de la disminución de la oferta de los mismos.

Las sequías meteorológicas son recurrentes pero en su mayoría son moderadas y de corta duración (de uno a tres meses), por lo que sólo ocasionalmente afectan a los cultivos de temporal. Igualmente, las sequías hidrológicas han sido frecuentes pero son principalmente incipientes y moderadas, y sus efectos se reflejan en las disminuciones de la producción agrícola bajo condiciones de riego, sin llegar a afectar el abastecimiento de agua a la población y a los servicios públicos básicos.

No obstante, los efectos que puede tener en el futuro una sequía sobre la sociedad son hasta cierto punto impredecibles, pues no se conoce a ciencia cierta cuál sería la severidad y duración de un fenómeno posterior. Tal como lo afirma elocuentemente Gill:

“El hecho de saber que han ocurrido sequías en el pasado realmente no nos dice mucho acerca de la próxima sequía... la naturaleza de las últimas 10 sequías no nos dice nada acerca de la gravedad de la próxima, que podría ser la más severa que jamás se hubiera visto.” (Gill, 2008, p. 123).

Sin embargo, aunque es cierto que no es posible prever con precisión los impactos de una sequía en el futuro, también es verdad que el conocimiento, análisis y comprensión de las sequías históricas registradas y de sus efectos, pueden ser de utilidad para anticiparse a los impactos de las sequías ulteriores, para lo cual es necesario plantearse las interrogantes apropiadas (Wilhite, 1991):

- ¿Qué pasaría si aquí y ahora se presentara una sequía como la peor registrada?
- ¿Quiénes o cuáles son los mayores usuarios del agua y qué impactos resentirían?
- ¿De dónde obtendríamos el agua y cómo se impactaría nuestro abastecimiento en el caso de una sequía extrema?
- ¿Cuáles y cuántos serían los impactos hidrológicos, agrícolas y socioeconómicos asociados con la ocurrencia de la sequía?
- ¿Qué hacer y cómo prepararse para afrontar la próxima sequía?

Por ello, como una forma de dar respuesta a las preguntas anteriores, en los capítulos siguientes se plantean una serie de medidas de mitigación y estrategias de respuesta para gestionar el riesgo de sequía y mitigar sus impactos en el futuro.

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD ANTE LA SEQUÍA

En términos generales, la vulnerabilidad es el grado en el que un sistema es susceptible a efectos adversos, en este caso, a la sequía. El concepto está ligado a las personas (comunidad) y por lo tanto es específico a un territorio y al grupo humano que lo habita. Así, el presente capítulo tiene como propósito realizar el análisis de la vulnerabilidad ante la sequía en el marco de la Cuenca del Río Balsas, con base en la premisa de que una estrategia de adaptación al fenómeno debe partir del diagnóstico de vulnerabilidad, el cual facilita la propuesta de acciones que se reflejen en una reducción significativa del riesgo. No obstante, no hay una fórmula o metodología universalmente aceptada para cuantificar la vulnerabilidad de la estructura socioeconómica de una región a los eventos de sequía o déficit hídrico, por lo que existe espacio para definir o elegir la que más convenga en cada caso. Así, en el presente documento se utilizan dos metodologías:

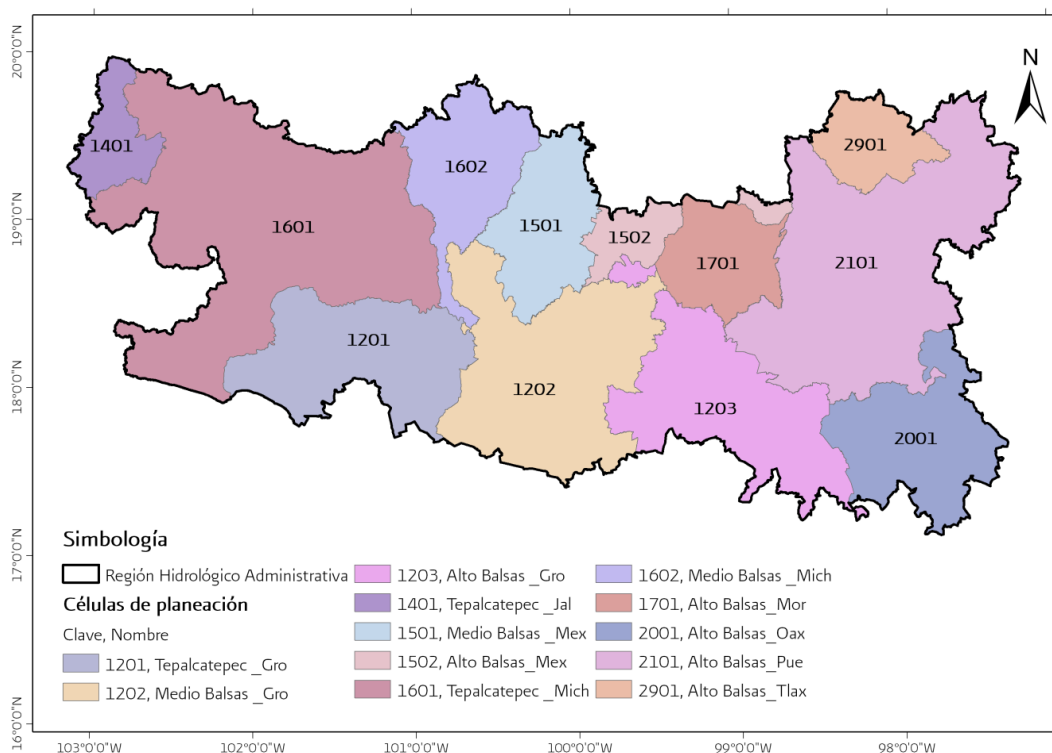
- a) La primera de ellas fue desarrollada por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) y ha sido aplicada en México por la CONAGUA (2012). Esta metodología tiene como propósito la identificación espacial y jerarquización de las áreas geográficas (en este caso las “células de planeación”) que tienen una mayor vulnerabilidad ante la sequía, tomando en cuenta aspectos económicos y sociales. El conocimiento de estas regiones permite identificar aquellas áreas en que resulta prioritario realizar e implementar medidas preventivas y de mitigación de las sequías, así como esfuerzos de adaptación que aumenten su grado de resiliencia.
- b) La segunda metodología fue propuesta por la propia CONAGUA (2012) y 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.

A continuación se describen detalladamente ambas metodologías y se presentan los resultados derivados de su aplicación en la Cuenca del Río Balsas.

4.1. Análisis de la vulnerabilidad por células de planeación

En el análisis de vulnerabilidad que se realiza enseguida, se utiliza el concepto de “célula de planeación”, el cual se define como un área geográfica constituida por un conjunto de municipios que pertenecen a una sola entidad federativa dentro de los límites de una subregión hidrológica (CONAGUA, 2012). En México existen un total de 168 células de planeación en todo el territorio nacional, y la Cuenca del Río Balsas se ha subdividido en un total de 12 células de planeación: Alto Balsas_Oax, Alto Balsas_Tlax, Alto Balsas_Pue, Alto Balsas_Mor, Alto Balsas_Mex, Alto Balsas_Gro, Medio Balsas_Mex, Medio Balsas_Gro, Medio Balsas_Mich, Tepalcatepec_Mich, Tepalcatepec_Gro y Tepalcatepec_Jal (Figura 4.1 y Tabla 4.1). En el Anexo 5 se incluye la agrupación de municipios que comprenden a cada una de las células y estados.

Figura 4. 1 Células de planeación de la Cuenca del Río Balsas.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2012).

Tabla 4. 1 Células de planeación de la Cuenca del Río Balsas.

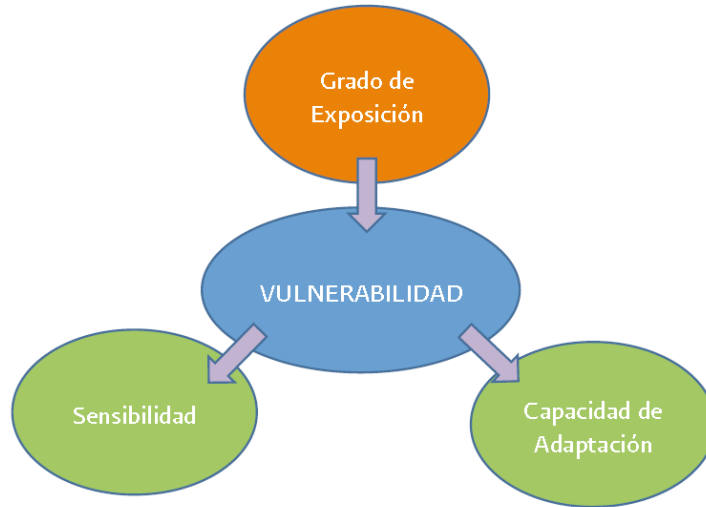
Clave	Célula de planeación	Área (km ²)	Entidad federativa	Número de municipios	Superficie de la Cuenca (%)
1201	Tepalcatepec_Gro	9,905.53	Guerrero	4	8.5
1202	Medio Balsas_Gro	14,186.96	Guerrero	18	12.2
1203	Alto Balsas_Gro	11,246.64	Guerrero	23	9.7
1401	Tepalcatepec_Jal	2,906.91	Jalisco	3	2.5
1501	Medio Balsas_Mex	6,163.43	México	17	5.3
1502	Alto Balsas_Mex	2,535.34	México	16	2.2
1601	Tepalcatepec_Mich	25,481.98	Michoacán	32	22.0
1602	Medio Balsas_Mich	6,729.51	Michoacán	13	5.8
1701	Alto Balsas_Mor	4,861.89	Morelos	33	4.2
2001	Alto Balsas_Oax	8,424.00	Oaxaca	78	7.3
2101	Alto Balsas_Pue	20,078.54	Puebla	127	17.3
2901	Alto Balsas_Tlax	3,493.42	Tlaxcala	56	3.0
Total		116,014.16		420	100.0

Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2012).

Según el IPCC (2007), la vulnerabilidad está en función de tres factores, tal como se ilustra en la Figura 4.2:

- a) Grado de exposición
- b) Sensibilidad
- c) Capacidad de adaptación

Figura 4. 2 Factores que determinan la vulnerabilidad.



Fuente: adaptado de IPCC (2007).

Enseguida se describe cada uno de los factores mencionados y la manera en que se interpretaron para valorar la vulnerabilidad ante las sequías en la Cuenca del Río Balsas.

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, 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 (G_e) se interpreta como la relación entre la brecha hídrica al año 2030 (B_{2030}) y la oferta sustentable (O_s), es decir:

$$G_e = \frac{D_{2030} - O_s}{O_s} = \frac{B_{2030}}{O_s} \quad (4.1)$$

Donde:

- G_e = Grado de exposición, adimensional;
- D_{2030} = Demanda de agua al año 2030, hm³/año;

O_s = Oferta sustentable de agua, hm³/año;

B_{2030} = Brecha hídrica al año 2030, hm³/año.

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 año 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. En la Tabla 4.2 se presenta la relación entre la brecha hídrica al 2030 en relación con la oferta sustentable de agua, lo que se ha definido como el *Factor 1a*.

Tabla 4. 2 Factor 1a: relación brecha hídrica 2030/oferta sustentable.

Célula de planeación	Recurso renovable (hm ³)		Capacidad instalada (hm ³)		Cálculo de brecha				Factor 1a	
	Subt.	Sup.	Subt.	Sup.	Oferta	Demanda	Brecha neg.	Brecha positiva	Brecha / recurso	Normalización
Tepalcatepec_Gro	69.6	439.5	8.7	386.0	394.6	452.8	-58.2	58.2	0.11	0.05
Medio Balsas_Gro	491.2	574.1	32.9	483.4	516.3	738.7	-222.4	222.4	0.21	0.08
Alto Balsas_Gro	32.4	289.5	8.2	80.5	88.7	143.0	-54.3	54.3	0.17	0.07
Tepalcatepec_Jal	11.6	320.9	8.0	6.7	14.7	19.7	-5.0	5.0	0.02	0.01
Medio Balsas_Mex	9.8	244.3	2.6	207.7	210.4	270.4	-60.0	60.0	0.24	0.10
Alto Balsas_Mex	0.0	284.4	0.0	158.4	158.4	196.3	-38.0	38.0	0.13	0.05
Tepalcatepec_Mich	863.7	13,203.4	320.6	2,185.8	2,506.5	2,912.2	-405.8	405.8	0.03	0.01
Medio Balsas_Mich	39.9	282.1	15.7	249.8	265.5	309.0	-43.5	43.5	0.14	0.05
Alto Balsas_Mor	1,111.6	626.5	528.2	325.3	853.5	983.4	-129.9	129.9	0.07	0.03
Alto Balsas_Oax	49.3	70.5	7.8	57.6	65.3	73.5	-8.2	8.2	0.07	0.03
Alto Balsas_Pue	928.1	1,179.9	764.0	805.9	1,569.9	1,981.2	-411.3	411.3	0.20	0.08
Alto Balsas_Tlax	267.7	207.5	158.5	186.8	345.2	439.6	-94.4	94.4	0.20	0.08

Notas: Subt. = subterráneo; Sup. = superficial. Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2012).

Cabe mencionar que, dado que cada uno de los factores propuestos en esta metodología se presentan con diferentes unidades, se realizó una normalización estándar de los mismos mediante la siguiente ecuación general de normalización:

$$Z_j^{norm} = \frac{Z_j - Z_{min}}{Z_{max} - Z_{min}} \quad (4.2)$$

Donde:

Z_j^{norm} = Valor normalizado del factor analizado, adimensional;

Z_j = Valor natural del factor analizado, adimensional;

Z_{min} = Valor mínimo del factor analizado, adimensional;
 Z_{max} = Valor máximo del factor analizado, adimensional.

Por otra parte, se analizó la frecuencia histórica de las sequías durante los años 2010 y 2011 que reporta el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) 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. Los valores particulares de la frecuencia de sequías por tipo (*Factor 1b*) para cada célula de planeación de la Cuenca del Río Balsas se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Factor 1b: frecuencia de sequías por tipo.

Célula de planeación	Frecuencia de sequías por tipo* (SMN: 2010 y 2011)						Total	Norma lización
	AH	H	L	A	S	SL		
Tepalcatepec_Gro	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Medio Balsas_Gro	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Alto Balsas_Gro	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Tepalcatepec_Jal	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Medio Balsas_Mex	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Alto Balsas_Mex	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Tepalcatepec_Mich	0	1	0	0	0	0	0	1.0
Medio Balsas_Mich	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Alto Balsas_Mor	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Alto Balsas_Oax	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Alto Balsas_Pue	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Alto Balsas_Tlax	0	0	0	0	0	0	0	0.0

Notas: *Tipos de impacto de acuerdo a la clasificación de la intensidad de la sequía: A = Agrícola; H = Hidrológica; S = Corto período (típicamente < 6 meses): impacto en agricultura y pastizales; L = Largo período (típicamente > 6 meses): impacto en la hidrología y ecología. Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2012).

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 (*Factor 2a*): 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 para el año 2030, de acuerdo con las estimaciones de CONAPO. Asimismo, 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 (PIB) nominal generado en las células de planeación para el año 2010 (INEGI, 2011), el cual corresponde al *Factor 2b*. Los valores de estos factores se presentan en la Tabla 4.4.

Célula de planeación	Factor 2a - Población		Factor 2b - PIB	
	Población 2030 (hab)	Normalización	PIB nominal (miles \$)	Normalización
Tepalcatepec_Gro	148,455	0.01	5,477,580	0.00
Medio Balsas_Gro	861,170	0.06	33,308,166	0.02
Alto Balsas_Gro	620,297	0.04	25,842,813	0.01
Tepalcatepec_Jal	30,447	0.00	2,214,950	0.00

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Medio Balsas_Mex	635,189	0.04	39,552,947	0.02
Alto Balsas_Mex	523,948	0.04	34,299,003	0.02
Tepalcatepec_Mich	1,743,439	0.12	98,646,643	0.05
Medio Balsas_Mich	554,372	0.04	31,142,052	0.01
Alto Balsas_Mor	2,096,085	0.14	126,137,949	0.06
Alto Balsas_Oax	405,338	0.03	14,524,679	0.01
Alto Balsas_Pue	4,942,662	0.33	271,545,820	0.13
Alto Balsas_Tlax	1,406,928	0.10	58,122,688	0.03

Tabla 4. 4 Factores 2a y 2b: Población al año 2030 y Producto Interno Bruto (PIB).

Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2012).

Asimismo, 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, el cual se denomina como *Factor 2c*, y sus valores para cada célula de planeación se presentan en la Tabla 4.5.

Tabla 4. 5 Factor 2c: Impacto económico en la agricultura.

Célula de planeación	Impacto en la agricultura	
	\$	Normalización
Tepalcatepec_Gro	2,995,040	0.00
Medio Balsas_Gro	129,959,043	0.05
Alto Balsas_Gro	27,431,637	0.01
Tepalcatepec_Jal	6,375,765	0.00
Medio Balsas_Mex	124,120,166	0.05
Alto Balsas_Mex	81,099,899	0.03
Tepalcatepec_Mich	2,264,526,904	0.87
Medio Balsas_Mich	238,019,666	0.09
Alto Balsas_Mor	665,112,344	0.25
Alto Balsas_Oax	18,423,213	0.01
Alto Balsas_Pue	617,595,189	0.24
Alto Balsas_Tlax	119,456,360	0.05

Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2012).

4.1.3. Capacidad de adaptación (Factor 3)

Esta componente se refiere a la resiliencia de la región ante condiciones de sequía, es decir, al potencial de adaptarse al estrés impuesto por las sequías. Como consecuencia 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, como para las zonas de riego y parques industriales.

La 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). Los 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 considera de manera particular el grado de sobre-explotación por célula de planeación (hm^3). Las cifras de sobreexplotación utilizadas para estimar la capacidad de adaptación para cada célula de planeación se muestran en la Tabla 4.6.

Tabla 4. 6 Factor 3a: Sobreexplotación de acuíferos.

Célula de planeación	Sobreexplotación de acuíferos	
	Volumen (hm^3)	Normalización
Tepalcatepec_Gro	0.0	0.00
Medio Balsas_Gro	1.3	0.00
Alto Balsas_Gro	4.8	0.00
Tepalcatepec_Jal	3.5	0.00
Medio Balsas_Mex	0.0	0.00
Alto Balsas_Mex	0.0	0.00
Tepalcatepec_Mich	0.0	0.00
Medio Balsas_Mich	0.0	0.00
Alto Balsas_Mor	3.3	0.00
Alto Balsas_Oax	0.0	0.00
Alto Balsas_Pue	82.4	0.08
Alto Balsas_Tlax	0.0	0.00

Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2012).

4.1.4. Índice global de sequías

Después de estimar y normalizar los valores de los factores propuestos, se asumieron 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 12 células de planeación de la Cuenca, las cuales se clasificaron en cinco niveles de vulnerabilidad:

- Muy alta
- Alta
- Media
- Baja
- Muy Baja

Los resultados correspondientes a cada una de las células de planeación se presentan en la Tabla 4.7 y se ilustran de manera gráfica en la Figura 4.3.

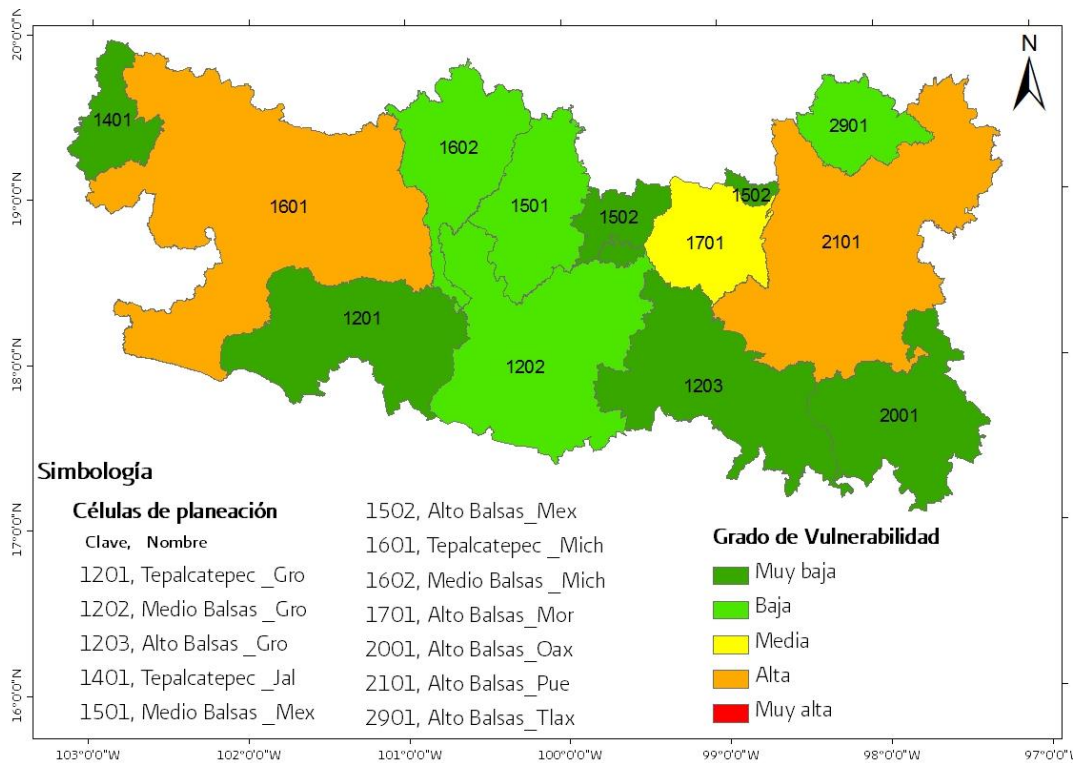
Tabla 4. 7 Cálculo global del grado de vulnerabilidad en las células de planeación.

Célula de planeación	Exposición		Sensibilidad			Adaptación	Suma pesada	Factor global normalizado	Grado de vulnerabilidad
	1a	1b	2a	2b	2c	3a			
Tepalcatepec_Gro	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.010	0.020	Muy Baja
Medio Balsas_Gro	0.08	0.00	0.06	0.02	0.05	0.00	0.035	0.071	Baja

Célula de planeación	Exposición		Sensibilidad			Adaptación 3a	Suma pesada	Factor global normalizado	Grado de vulnerabilidad
	1a	1b	2a	2b	2c				
Alto Balsas_Gro	0.07	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.023	0.047	Muy Baja
Tepalcatepec_Jal	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003	0.005	Muy Baja
Medio Balsas_Mex	0.10	0.00	0.04	0.02	0.05	0.00	0.034	0.070	Baja
Alto Balsas_Mex	0.05	0.00	0.04	0.02	0.03	0.00	0.023	0.047	Muy Baja
Tepalcatepec_Mich	0.01	0.10	0.12	0.05	0.87	0.00	0.191	0.390	Alta
Medio Balsas_Mich	0.05	0.00	0.04	0.01	0.09	0.00	0.033	0.067	Baja
Alto Balsas_Mor	0.03	0.00	0.14	0.06	0.25	0.00	0.082	0.167	Media
Alto Balsas_Oax	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.012	0.023	Muy Baja
Alto Balsas_Pue	0.08	0.00	0.33	0.13	0.24	0.08	0.143	0.293	Alta
Alto Balsas_Tlax	0.08	0.00	0.10	0.03	0.05	0.00	0.042	0.085	Baja

Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2012).

Figura 4.3 Grado de vulnerabilidad ante las sequías en la Cuenca del Río Balsas.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2011).

Como se puede observar en la Figura 4.3, en la cuenca del río Balsas no existen áreas con vulnerabilidad *muy alta* ante las sequías. Las células de planeación que presentan mayor vulnerabilidad son Tepalcatepec_Mich y Alto Balsas_Pue, con un grado de vulnerabilidad *alta*. Estas dos células de planeación abarcan en conjunto 159 municipios que corresponden a los estados de Michoacán (32) y Puebla (127), y ocupan una superficie de 45,560 km², que equivale al 39.2% de la superficie total de la cuenca.

Enseguida se encuentra, con un grado de vulnerabilidad *media*, la célula de planeación Alto Balsas_Mor, la cual abarca 33 municipios del estado de Morelos que comprenden una superficie de 4,862 km² (4.2% del área total). Y finalmente se tienen el resto de las células de planeación que presentan un grado de vulnerabilidad baja (Medio Balsas_Gro, Medio Balsas_Mex, Medio Balsas_Mich y Medio Balsas_Tlax) y muy baja (Tepalcatepec_Gro, Alto Balsas_Gro, Tepalcatepec_Jal, Alto Balsas_Mex y Alto Balsas_Oax), las cuales ocupan en conjunto una superficie de 65,592 km², que equivale al 56.5% de la superficie total de la cuenca.

4.2. Análisis de la vulnerabilidad del sector hídrico

Para el análisis de la vulnerabilidad del sector hídrico ante las sequías se construyeron cinco indicadores que están relacionados con la gestión y el uso del agua y que se considera reflejan en mayor medida las causas de la vulnerabilidad del sector hídrico para la Cuenca del Río Balsas. Su construcción parte de datos de la CONAGUA y de un razonamiento en el que los datos tienen una historia, son dinámicos, pueden cambiar con decisiones o políticas y reflejan en alguna medida aspectos de la vulnerabilidad física, económica y social (Tabla 4.8).

Tabla 4. 8 Indicadores para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía.

Indicador	Definición	Fórmula	Rango del índice
Grado de presión sobre el recurso hídrico (G_p), %	Porcentaje del volumen de agua concesionado para usos consuntivos (V_c), en hm ³ , con respecto al volumen total de agua renovable (V_r), en hm ³ .	$G_p = \frac{V_c}{V_r} * 100$	0 - 1 (0% = 0 y 100% = 1)
Sobreexplotación de acuíferos (S_a), %	Porcentaje del número de acuíferos sobreexplotados (A_s) con relación al número total de acuíferos (A_t).	$S_a = \frac{A_s}{A_t} * 100$	0 - 1 (0% = 0 y 100% = 1)
Volumen de agua residual tratada (V_t), hm ³	Relación entre el volumen de agua residual municipal tratada (V_r), en hm ³ , y el volumen total concesionado para abastecimiento público urbano (V_p), en hm ³ .	$V_t = 1 - \frac{V_r}{V_p}$	0 - 1

Indicador	Definición	Fórmula	Rango del índice
Tarifa de consumo de agua en ciudades (T_c), \$/m ³	Relación entre la tarifa de agua potable en ciudades (T_a), en \$/m ³ , con respecto al precio de producción (P_p), en \$/m ³ . Se usa como año base el 2009 y se considera como precio supuesto de producción 25 \$/m ³ .	$T_c = 1 - \frac{T_a}{P_p}$	0 - 1
Productividad del agua en la agricultura (P_a), kg/m ³	Relación entre la masa de alimentos producidos (M_a), en kg, con respecto al volumen de agua utilizado (V_a), en m ³ . Se usa como año base el 2009 y se supone un valor óptimo de 3 kg/m ³ , considerando el caso del maíz (FAO, 2003).	$P_a = 1 - \frac{M_a}{V_a}$	0 - 1

Fuente: adaptado de CONAGUA (2012).

Para la aplicación de los indicadores anteriores se consideró la información que proporciona la CONAGUA en su publicación anual Estadísticas del Agua del México, con énfasis en la visión de la región hidrológico-administrativa IV Balsas, desde el año 2003 hasta el 2012. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.9. Los indicadores se promediaron para obtener el índice de vulnerabilidad del recurso hídrico para la Cuenca. El valor alcanzado en el rango de valores de los índices entre cero (mínimo) al 1 (máximo), indica el grado de vulnerabilidad del sector hídrico ante sequías.

Tabla 4.9 Evolución de los índices de vulnerabilidad ante la sequía en la Cuenca del Río Balsas (2002-

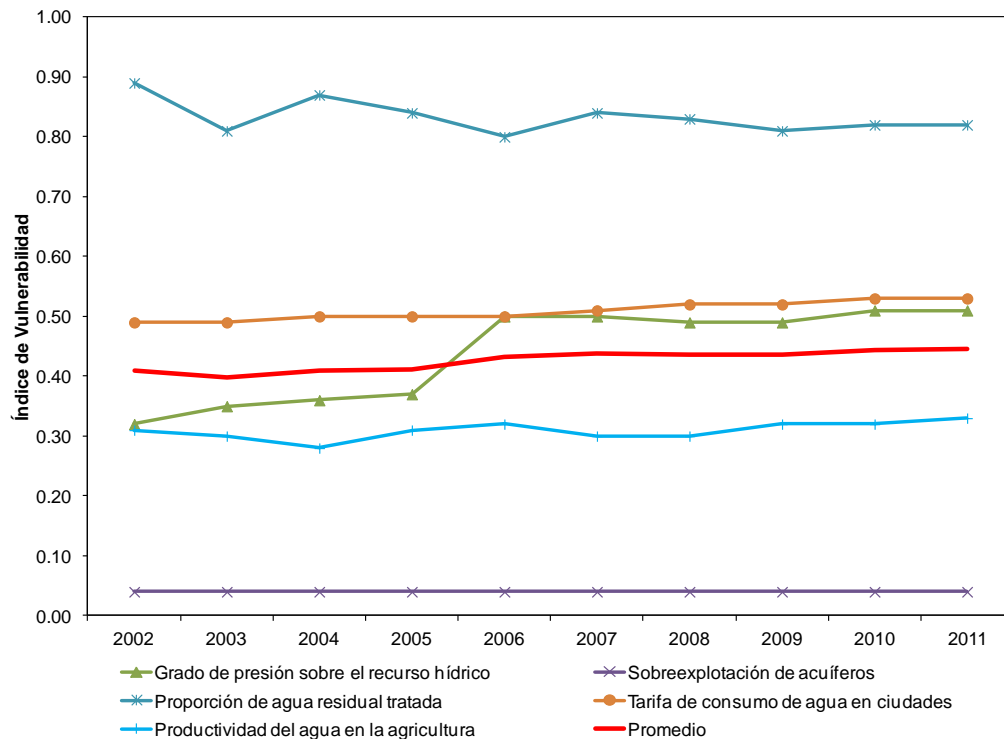
Indicador	Año									
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Grado de presión sobre el recurso hídrico	0.32	0.35	0.36	0.37	0.50	0.50	0.49	0.49	0.51	0.51
Sobreexplotación de acuíferos	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Proporción de agua residual tratada	0.89	0.81	0.87	0.84	0.80	0.84	0.83	0.81	0.82	0.82
Tarifa de consumo de agua en ciudades	0.49	0.49	0.50	0.50	0.50	0.51	0.52	0.52	0.53	0.53
Productividad del agua en la agricultura	0.31	0.30	0.28	0.31	0.32	0.30	0.30	0.32	0.32	0.33
Promedio	0.41	0.40	0.41	0.41	0.43	0.44	0.44	0.44	0.44	0.45

2011).

Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2012).

Con base en los valores de los indicadores de la Tabla 4.9, se obtuvo la Figura 4.4 en la cual se puede observar la tendencia del índice promedio de vulnerabilidad ante sequías para la Cuenca del Río Balsas. La gran disponibilidad de agua en la región hace que su vulnerabilidad ante sequías sea relativamente baja (variando de 0.41 a 0.45 en el período de 2002 a 2011); sin embargo, debido a que su tendencia va en aumento, y ante los posibles efectos del cambio climático se podría esperar que esta situación se agudice si no se inician acciones en materia de tratamiento y de productividad del agua.

Figura 4. 4 Evolución de los índices de vulnerabilidad ante la sequía en la Cuenca del Río Balsas (2002-2009)



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2012).

La problemática que caracteriza a esta región (baja cobertura de agua potable y saneamiento en zonas rurales, baja eficiencia en el uso del agua para riego, sobreexplotación de los acuíferos, etc.) requiere de la implementación de tecnología para aumentar la proporción de agua tratada en las ciudades y así frenar el deterioro de los acuíferos. Se estima que para el año 2030, la población ascienda a poco más de 13 millones de habitantes (un 21% más que la actual). De continuar la tendencia presente de manejo del recurso en la región, se acentuará el rezago en los servicios básicos en el medio rural y el incipiente saneamiento continuará impactando en la calidad de vida de la población y en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. El incremento en la explotación de los acuíferos de algunas ciudades intensificará la sobreexplotación y competencia entre usuarios agrícolas, público urbano e industriales. Las bajas eficiencias con que operan los distritos de riego y organismos operadores continuarán generando dispendio del recurso, problemas de competencia e incremento en los costos de operación, lo que limitará el desarrollo de otras actividades productivas.

Entonces, para reducir los impactos de las sequías, es necesario fortalecer e implementar estrategias de respuesta y medidas de mitigación que reduzcan los efectos ante la disminución de disponibilidad del recurso en el corto y largo plazos, tal como se describe detalladamente en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5. ETAPAS, INDICADORES Y UMBRALES DE LA SEQUÍA

En el presente capítulo se describen las etapas de la sequía que se utilizan para clasificar el grado de intensidad del fenómeno y se presenta el protocolo para la declaración de emergencia por sequía de acuerdo con los *Lineamientos* publicados por la CONAGUA en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 22 de noviembre de 2012. Asimismo, se proponen los indicadores y los umbrales de sequía hidrológica a aplicar en cada sistema de explotación –en este caso para cada distrito de riego–, en función de las características del mismo y de los datos disponibles en cada uno de ellos. Para la selección de indicadores se ha tenido en cuenta la disponibilidad y agilidad de actualización de los datos, que condicionan la periodicidad de los informes de estado. Por ello, se han considerado como posibles indicadores las aportaciones de agua a las presas de almacenamiento y los volúmenes de los embalses, principalmente. Por la escasez de datos referentes a los niveles de las aguas subterráneas se ha desestimado considerar la evolución de los acuíferos como indicador representativo de la evolución de la sequía hidrológica en la Cuenca.

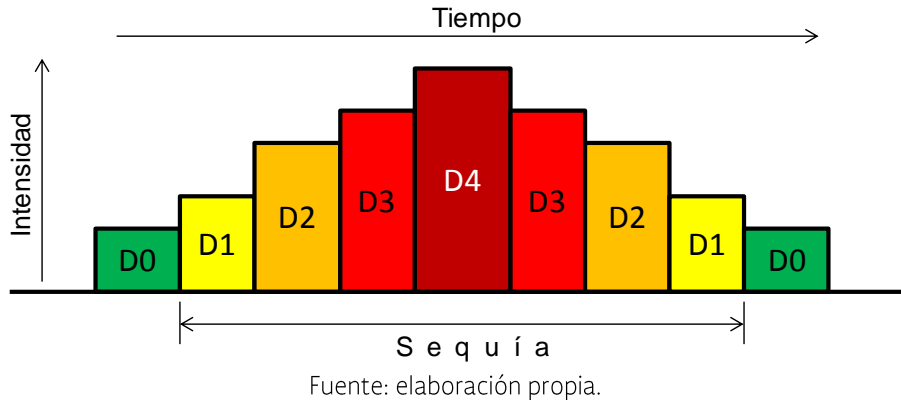
5.1. Etapas de la sequía

De acuerdo con los estándares internacionales y con los “*Lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía...*”, publicados en el DOF el 22 de noviembre de 2012, las etapas de la sequía están determinadas por sus rangos de intensidad, los cuales son: Anormalmente Seco (D0), Sequía Moderada (D1), Sequía Severa (D2), Sequía Extrema (D3) y Sequía Excepcional (D4), cuyas características son las siguientes:

- **Anormalmente Seco (D0):** Se trata de una condición de sequedad, no es un tipo de sequía. Se presenta al principio o cuando no haya sequía. Al principio de la sequía: debido a la sequedad de corto plazo hay retraso de la siembra de cultivos anuales, limitado crecimiento de los cultivos o pastos, riesgo de incendios por arriba del promedio. Al concluir la sequía: déficit persistente de agua, pastos o cultivos no recuperados completamente.
- **Sequía Moderada (D1):** Cuando se presentan algunos daños a los cultivos y pastos, alto riesgo de incendios, niveles bajos en arroyos, embalses y pozos, escasez de agua. Se requiere uso de agua restringida de manera voluntaria.
- **Sequía Severa (D2):** Existe en el momento que se dan probables pérdidas en cultivos o pastos, muy alto riesgo de incendios, la escasez de agua es común. Se recomienda se impongan restricciones de uso del agua.
- **Sequía Extrema (D3):** Se dan mayores pérdidas en cultivos o pastos, peligro extremo de incendio, la escasez de agua o las restricciones de su uso se generalizan.
- **Sequía Excepcional (D4):** Se presentan pérdidas excepcionales y generalizadas de los cultivos o pastos, riesgo de incendio excepcional, escasez de agua en los embalses, arroyos y pozos, se crean situaciones de emergencia debido a la ausencia de agua.

En la Figura 5.1 se ilustra de manera gráfica la evolución de la intensidad de la sequía a través del tiempo conforme a las etapas descritas.

Figura 5. 1 Esquema ilustrativo de la evolución de la intensidad de la sequía en sus diferentes etapas.



Asimismo, en la Tabla 5.1 se presentan los valores convencionales de la sequía en función del déficit de agua.

Tabla 5. 1 Valores convencionales de la sequía en función del déficit de agua.

Etapa	Reducción en el suministro
Anormalmente seco	5% a 10%
Sequía moderada	10% a 20%
Sequía severa	20% a 25%
Sequía extrema	35% a 50%
Sequía excepcional	más de 50%

Fuente: elaboración propia.

Con base en estas etapas, la CONAGUA ha determinado los indicadores y los criterios técnicos que utilizará para considerar una emergencia por la ocurrencia de sequía, tal como se especifica en el apartado siguiente.

5.2. Protocolo para la declaración de emergencia por sequía

De acuerdo con los *Lineamientos de sequía* referidos anteriormente (DOF, 22 de noviembre de 2012), para que la CONAGUA determine la existencia de una emergencia por sequía, llevará a cabo los análisis y un dictamen de sus registros climatológicos e hidrométricos utilizando como indicadores el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Índice Hidrológico de Sequías (SDI). Sin embargo, a futuro la propia dependencia podrá utilizar otros métodos o índices con reconocimiento nacional e internacional, mismos que estén vigentes y sean viables de aplicar. Cuando esto ocurra, la CONAGUA reemplazará los anteriores y los dará a conocer conforme a la normatividad vigente.

En el artículo tercero de los *Lineamientos* citados, se especifica que el criterio para considerar la existencia de una emergencia por sequía será cuando en el SDI o SPI se determine una clasificación de **sequía severa** (Tabla 5.2).

Tabla 5. 2 Clasificación de etapas de la sequía y valores de los indicadores SPI y SDI correspondientes a cada etapa.

Etapa de sequía	Estado	Valores de los indicadores	
		SPI	SDI
Anormalmente seco	D0	-0.5 a -0.7	-0.5 a -0.9
Sequía moderada	D1	-0.8 a -1.2	-1.0 a -1.4
Sequía severa	D2	-1.3 a -1.5	-1.5 a -1.9
Sequía extrema	D3	-1.6 a -2.0	-2.0 a -2.4
Sequía excepcional	D4	<-2.0	<-2.4

Fuente: elaboración propia.

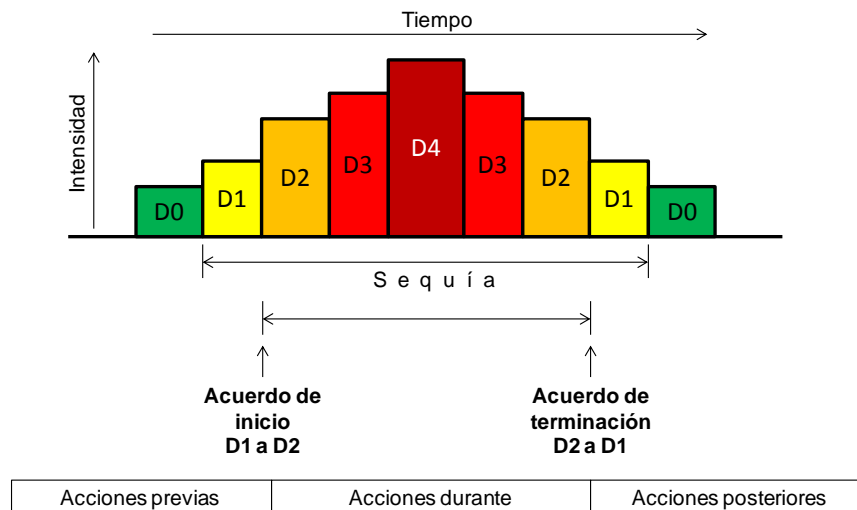
Para otros índices de análisis, la CONAGUA se reserva el derecho de determinar un nivel de sequía equivalente al anterior para emitir el “Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía”; asimismo, se reserva el derecho de evaluar la sequía basándose en la información meteorológica, climatológica e hidrológica histórica y en curso obtenida de la red nacional que se encuentra bajo su administración.

En el artículo cuarto de los *Lineamientos de sequía* se establece que el “Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía” será el acto mediante el cual la CONAGUA determinará que una o varias cuencas hidrológicas o acuíferos se encuentran ante la presencia de una situación natural anormal generada por una sequía severa.

La misma dependencia determinará a través del Acuerdo referido la extensión territorial de afectación, así como las medidas para enfrentar este fenómeno. El seguimiento de la emergencia y su conclusión será realizado en cualquier momento por la CONAGUA, apoyándose en el monitoreo de las condiciones hidrometeorológicas.

Dicha Comisión dará por concluida la vigencia del “Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía” mediante la expedición de otro Acuerdo de Carácter General, donde señalará que ha dejado de surtir los efectos la sequía severa ante la población (Figura 5.2).

Figura 5. 2 Esquema ilustrativo del momento de expedición de los Acuerdos de inicio y término de la emergencia por sequía.



Fuente: elaboración propia.

Asimismo, en el artículo quinto de los *Lineamientos de sequía* se especifica que cuando la CONAGUA emita el “Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía”, como parte de las acciones para enfrentar el fenómeno natural, los usuarios de las aguas nacionales podrán implementar medidas preventivas y de mitigación que se proponen en los mismos *Lineamientos* a efecto de hacer un uso eficiente del agua durante la contingencia. Igualmente, los usuarios de las aguas nacionales podrán tomar medidas adicionales a las indicadas en dicho documento.

Ahora bien, es importante tomar en cuenta que el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Índice Hidrológico de Sequías (SDI) son buenos indicadores para caracterizar el fenómeno de la sequía desde el punto de vista físico (meteorológico e hidrológico, respectivamente) y son útiles para declarar la emergencia por la ocurrencia de sequía, pero no son totalmente adecuados para realizar la planeación de la gestión de la sequía.

Para fines de planeación del uso del agua en los diferentes sistemas hidráulicos e hidrológicos, lo más conveniente es utilizar, en complemento con el SPI y el SDI, lo que se conoce como *índices de estado*, los cuales se describen a continuación.

5.3. El sistema de indicadores y definición de umbrales

Los indicadores a emplear en cada sistema hidráulico o hidrológico de uso del agua dependen de las características del mismo y de los datos disponibles en cada uno de ellos. Para la selección y aplicación de indicadores se debe tener en cuenta la disponibilidad, oportunidad y agilidad de actualización de los datos, así como su calidad, que condiciona la periodicidad de los informes de estado. Por ello, para el caso de la Cuenca del Río Balsas, se consideran como posibles indicadores los siguientes:

- Aportaciones de agua a las presas de almacenamiento (registros de escurrimientos de los ríos que las abastecen)
- Volumen de almacenamiento en las presas
- Información hidrométrica (estaciones de aforo)
- Información pluviométrica (estaciones climatológicas)

Por la escasez de datos referentes a los niveles de las aguas subterráneas en la Cuenca se ha desestimado considerar la evolución de los acuíferos como indicador representativo de la evolución de sequía en la cuenca.

Con el fin de hacer comparables los datos recogidos en diferentes sistemas de distribución se establece lo que se conoce como *índice de estado*, que tomando los valores medios, máximos y mínimos del indicador elegido en cada caso, transforma la medición en un valor adimensional que varía entre 0 y 1.

Relacionando este indicador al fenómeno de la sequía, en términos de las condiciones actuales de la fuente de suministro, y con el sentido de prevención y preparación a los usos del agua en el periodo que inicia, considerando un posible déficit o demanda no suministrada, y también la probabilidad de que esas condiciones deficitarias se prolonguen en el tiempo, los diferentes niveles de sequía se clasifican de la siguiente manera:

- **Estado de normalidad:** implica que los indicadores de sequía están por encima de los valores medios registrados en las series históricas de los indicadores.
- **Estado de prealerta:** se activa cuando los indicadores descienden por debajo de los valores medios históricos, por lo que es conveniente extremar el control.

- **Estado 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.
- **Estado de emergencia:** se activa cuando es ineludible la aplicación de medidas extraordinarias.

De esta manera, en complemento al SDI, a partir de la zonificación en sistemas de explotación, para cada uno de los indicadores se proponen cuatro niveles de alerta de sequía, estableciéndose éstos en función del denominado “Índice de estado I_e ”, teniendo en cuenta que:

- 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, se ajustará más convenientemente, en principio, a la situación real de la zona de sequía seleccionada, si bien, deben tenerse en cuenta también los valores máximos y mínimos históricos, tal y como queda reflejado en las fórmulas del I_e .
- La conveniencia 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 adopta 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:

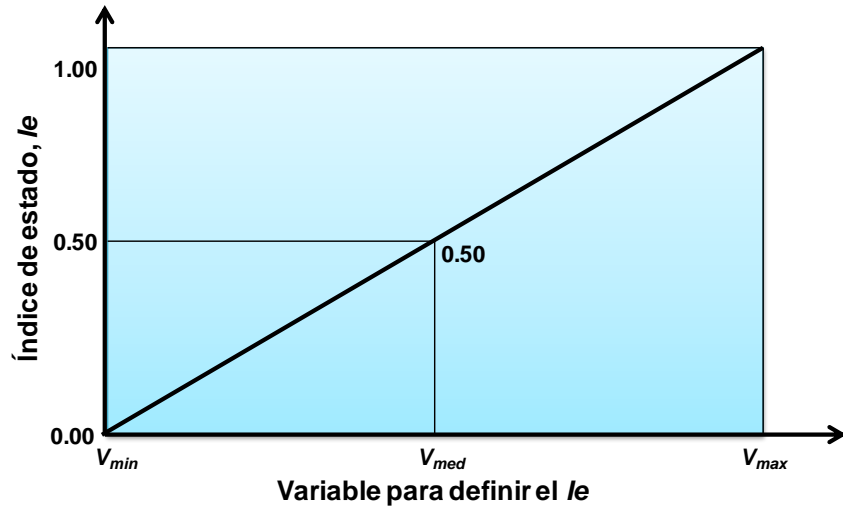
$$\text{Si } V_i \geq V_{med} : I_e = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{V_i - V_{med}}{V_{max} - V_{med}} \right] \quad (5.1)$$

$$\text{Si } V_i < V_{med} : I_e = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{V_i - V_{min}}{V_{med} - V_{min}} \right] \quad (5.2)$$

Donde:

- V_i : Valor de la medida obtenida en el mes de seguimiento
- V_{med} : Valor medio en el periodo histórico
- V_{max} : Valor máximo en el periodo histórico
- V_{min} : Valor mínimo en el periodo histórico

Figura 5.3 Elementos para la definición del índice de estado (I_e).



Fuente: adaptado de Ministerio de Medio Ambiente de España (2005).

Tal como se desprende de la Figura 5.3, cuando el valor de la medida V_i está comprendido entre la media de la serie y su valor máximo, el índice dará una cifra que oscilará entre 0.5 y 1, mientras que en el caso de que la medida V_i sea inferior al valor medio, lo hará entre 0 y 0.5.

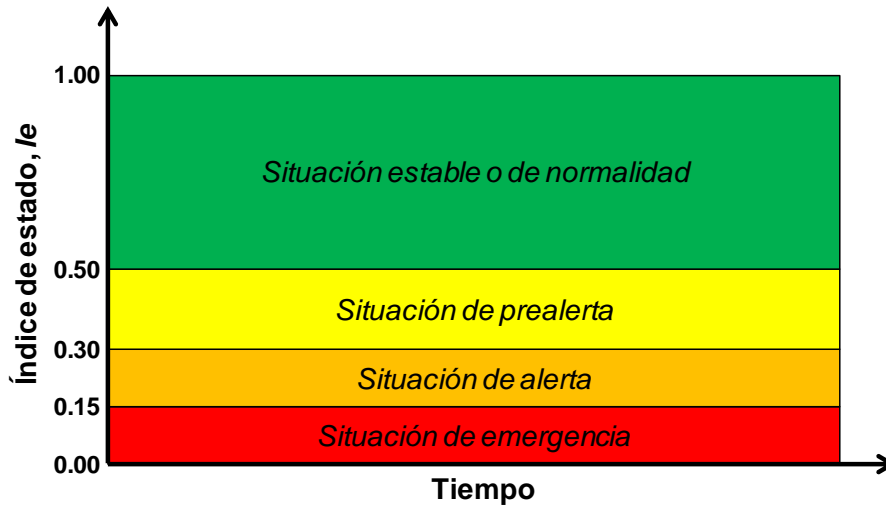
El rango de valores del I_e , que como se ha señalado, va de 0 a 1, se discretizará convencionalmente, en principio, a efectos de diagnóstico de la situación de sequía, en los cuatro niveles que se presentan en la Tabla 5.3 y en la Figura 5.4.

Tabla 5.3 Valores del índice de estado (I_e) y niveles de sequía correspondientes.

Valor del índice	Nivel	Situación
$I_e > 0.50$	Verde	Estable o de normalidad
$0.50 \geq I_e > 0.30$	Amarillo	Prealerta
$0.30 \geq I_e > 0.15$	Naranja	Alerta
$I_e \leq 0.15$	Rojo	Emergencia

Fuente: adaptado de Ministerio de Medio Ambiente de España (2005).

Figura 5. 4 Clasificación convencional del índice de estado, en función de su valor adimensional.



Fuente: adaptado de Ministerio de Medio Ambiente de España (2005).

En función de los datos disponibles para cada sistema de abastecimiento se calcula el I_e . Para ello se toman como valores medios, máximos y mínimos los resultantes del estudio de los escurrimientos en el caso de los sistemas no regulados, o los resultantes de los niveles y aportaciones a los embalses si el sistema es regulado. Si el sistema depende tanto de recursos regulados como de no regulados, o cuando dependiendo de recursos regulados, sea necesario distinguir entre volumen de embalse y aportaciones al mismo, se construirá un *índice mixto* que ponderará ambos componentes.

Así, con el fin de conocer el I_e de un sistema no regulado, se utilizan los valores de las aportaciones en la estación de aforos que haya sido seleccionada como representativa del sistema.

En el caso de sistemas regulados, el cálculo de los indicadores, se realiza a partir de los datos recogidos en el embalse o embalses que caracterizan la cuenca o el sistema hidráulico, partiendo de los datos de nivel de embalse al inicio de cada mes, para obtener de ahí el *índice de embalse*, I_{emb} , y con los valores de aportación mensual, obtener el respectivo *índice de escurrimiento* (I_f), procediendo a determinar los valores medio, máximo y mínimo que definan el I_e mixto o compuesto de todo el sistema de suministro de agua.

Como se ha mencionado, en el caso de un sistema dependiente del volumen y la aportación al embalse, el indicador final se compone de las dos variables, las aportaciones al embalse, a partir de las cuales se obtiene el *Índice de escurrimiento* (I_f), y el volumen de agua embalsada al inicio de cada mes, del que se obtiene el *Índice de embalse* (I_{emb}). El indicador final es, por tanto, un índice mixto (*Índice de estado mixto*, IEM), vinculado a la aportación media anual del embalse (A_m):

$$IEM = \left[I_{emb} * \left(\frac{1}{2} * \frac{V_{útil}}{A_m} \right) \right] + \left[I_f * \left(1 - \left(\frac{1}{2} * \frac{V_{útil}}{A_m} \right) \right) \right] \quad (5.3)$$

Donde:

I_{EM}	= Índice de estado mixto, adim.
I_{emb}	= Índice de embalse, adim.
I_f	= Índice de escurrimiento, adim.
$V_{\text{útil}}$	= Volumen de almacenamiento útil, hm ³
A_m	= Aportación media anual de agua, hm ³

El índice de escurrimiento, I_f , es un índice de estado que se calcula, teniendo en cuenta las aportaciones mensuales al embalse. En cuanto al índice de embalse, I_{emb} , es un índice de estado que se calcula teniendo en cuenta el nivel del embalse al inicio de cada mes.

En el caso en que el sistema se caracterice por la aportación de una estación de aforo determinada y el volumen de un embalse, el índice de estado mixto se calcula de forma similar a lo explicado, pasando el índice de escurrimiento a determinarse a partir de las aportaciones registradas mensualmente en la estación de aforos considerada para el sistema en estudio.

De esta forma, para un sistema hidráulico-hidrológico de uso del agua, donde la fuente de suministro es un embalse o sistema de embalses alimentados por corrientes superficiales, la determinación para cada uno de los embalses del I_{EM} , aportará elementos comparables y dimensionalmente homogéneos, que ayudarán al análisis global del sistema y a la planeación de los volúmenes a asignar para los diversos usos demandantes, en función de la situación actual de esas fuentes de suministro, que a su vez reflejarán tanto el acontecer natural, dado por las lluvias y el escurrimiento, como los resultados del manejo y gestión inmediatamente previas, dado por los volúmenes disponibles.

5.4. Indicadores y umbrales de sequía para los distritos de riego

Sin lugar a dudas, los sistemas de explotación y aprovechamiento de agua con fines agrícolas más importantes dentro de la Cuenca del Río Balsas, son los distritos de riego. Estos son las áreas agrícolas establecidas mediante decreto o acuerdo presidencial, y que están conformados por una o varias superficies previamente delimitadas y dentro de cuyo perímetro se ubica la zona de riego; además, cuentan con las obras de infraestructura hidráulica, aguas superficiales y del subsuelo, así como con sus vasos de almacenamiento, su zona federal, de protección y demás bienes y obras conexas, pudiendo establecerse también con una o varias unidades de riego.

Como ya se mencionó en el Capítulo 1 de este documento, dentro del ámbito de la Cuenca del Río Balsas se encuentran nueve distritos de riego que cubren una superficie física total de 235,588 hectáreas, y regable de 199,530 hectáreas, en los cuales se proporciona el servicio de riego a 64,758 usuarios organizados en asociaciones civiles.

Para fines de planeación del uso del agua en los distritos de riego, al inicio del año agrícola (que coincide con el inicio del año hidrológico, es decir, el primer día de octubre de cada año), y en función del comportamiento que hayan tenido las variables hidrológicas en el periodo inmediato anterior, se proponen los volúmenes a extraer de las fuentes de abastecimiento —embalses y acuíferos— para los diversos usos.

Si las presas están llenas o tienen un volumen disponible suficiente, se espera que toda la demanda normal del periodo que inicia se pueda suministrar sin problemas; así, los diversos usos y usuarios del agua podrán planear un aprovechamiento completo, en función de sus necesidades, sin restricciones importantes, más que las impuestas por el propio sistema: capacidad de los canales y sistemas de bombeo, superficies a beneficiar, calendarios de riego, demandas domésticas e industriales, etc. No obstante, cuando los volúmenes disponibles no sean suficientes para garantizar un suministro completo

de la demanda, porque los escurrimientos captados en el embalse disten de ser los requeridos, entonces se establecerán restricciones, tan leves o fuertes como el déficit que se prevea en volumen.

Así, en la Tabla 5.4 se proponen las metas de reducción de la demanda de agua que se extraerá de las presas de almacenamiento de los distritos de riego en función de los valores del índice de estado registrados al inicio del año agrícola (1° de octubre).

Tabla 5.4 Metas de reducción de la demanda de agua en las presas de los distritos de riego en función

Índice de estado (I_e)	Situación	Meta de reducción de demanda	Carácter de las acciones
$I_e > 0.50$	Estable o de normalidad	Normal, sin restricciones	Voluntarias
$0.50 \geq I_e > 0.30$	Prealerta	10 a 20%	Algunas medidas de racionamiento obligatorias
$0.30 \geq I_e > 0.15$	Alerta	20 a 35%	Medidas de racionamiento obligatorias
$I_e \leq 0.15$	Emergencia	Superior a 35%	Medidas de racionamiento obligatorias

del valor del índice de estado al inicio del año agrícola.

Fuente: adaptada de CONAGUA (2012).

Para los requerimientos y usos establecidos de agua, y que cuenten con una concesión formal, en función de los volúmenes demandados, se define el siguiente orden de prioridad:

1. Uso doméstico o público-urbano
2. Uso agrícola y ganadero
3. Uso industrial
4. Uso ambiental (caudal ecológico)
5. Uso recreativo

En función de las metas de reducción de la demanda y del orden de prioridad de los usos mencionados anteriormente, se deberá calcular, de conformidad con los volúmenes de consumo para los diferentes usos que existan en el ámbito de cada distrito de riego, los porcentajes de reducción para cada uso que totalicen la meta de ahorro esperada para cada etapa.

Posteriormente, será posible extender el cálculo con un mayor detalle, hasta que se puedan definir los porcentajes de reducción para los grupos que en su caso conformen a cada uso.

Al final, se sugiere que para cada uno de los usuarios de las aguas nacionales se defina el porcentaje de reducción que corresponderá a la severidad y duración de la sequía. Cabe aclarar que se podrá contar con una combinación de criterios para establecer los grupos, como son: consumos históricos, censos de número de habitantes por vivienda y zonas económicas, además de otros que se desarrollen con base en estudios regionales sobre hábitos de consumo y posibilidades de reducción.

De esta manera, con el propósito de apoyar y facilitar la planeación del uso del agua en los distritos de riego, a continuación se presentan para cada distrito los indicadores y umbrales de sequía hidrológica a utilizar en cada una de sus fuentes de abastecimiento, en función de los índices de estado registrados al inicio del año agrícola para cada una de ellas, de acuerdo con la información disponible. Asimismo, con la finalidad de ubicar contextualmente los datos calculados, se presenta una breve descripción de las

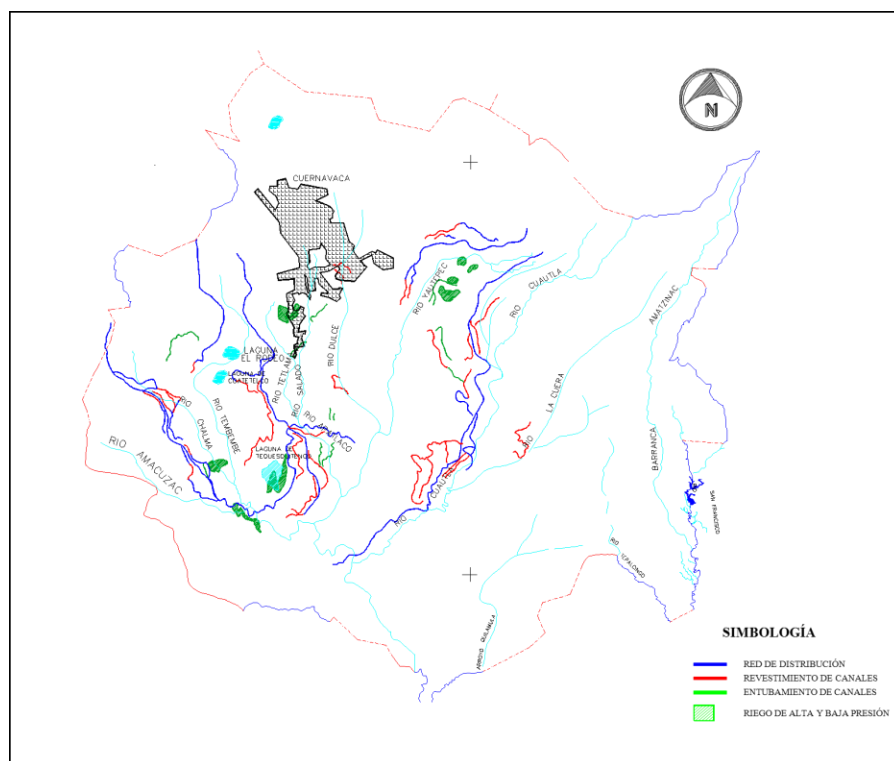
principales características de cada distrito de riego (antecedentes, ubicación, superficies y usuarios, principales cultivos, módulos que lo conforman y fuentes de abastecimiento).

5.4.1. Distrito de riego 016 Estado de Morelos

Antecedentes: se estableció como distrito de riego por acuerdo presidencial de fecha 30 de septiembre de 1953 y publicado en el DOF el 14 de noviembre del mismo año por la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos. Inició su operación en 1956.

Ubicación: abarca parte de 21 municipios del estado de Morelos: Coatlán del Río, Puente de Ixtla, Zacatepec, Jojutla, Cuernavaca, Cuautla, Jantetelco, Ciudad Ayala, Tetecala, Xochitepec, Jiutepec, Tlaltzapán, Yecapixtla, Jonacatepec, Amacuzac, Temixco, Emiliano Zapata, Tlaquiltenco, Zacualpan, Tepalcingo y Tlayacapan. Forma parte específicamente de la cuenca del río Amacuzac (Figura 5.5).

Figura 5.5 Croquis del distrito de riego 016 Estado de Morelos.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2008).

Superficies y usuarios: cuenta con una superficie dominada de 33,768 hectáreas y regable de 28,657 hectáreas que pertenecen a 15,391 usuarios. Aproximadamente el 80% de la superficie regable pertenece a usuarios ejidatarios y el 20% restante corresponde a pequeños propietarios.

Principales cultivos: caña de azúcar, maíz grano, arroz, ejote, cebolla, calabaza.

Módulos que conforman el distrito: Módulo 1. Usuarios de Riego del Río Chalma, Revolución del Sur, A.C.; Módulo 2. Asociación de Usuarios del Alto Apatlaco A.C.; Módulo 3. Unión de Usuarios Cuenca de las Fuentes A.C.; Módulo 4. Organización de Usuarios Agrosiglo XXI, A.C.; y Módulo 5. Gral. Eufemio Zapata Salazar, A.C.

Fuentes de abastecimiento: las fuentes principales de abastecimiento de agua las constituyen las derivaciones de los ríos Chalma, Tetlama, Apatlaco, Yautepec, Dulce, Cuautla, Ayala y Amacuzac; así como las aguas del río Tembembe que se almacenan en la presa El Rodeo.

Indicadores y umbrales de sequía hidrológica: se trata de un sistema de irrigación cuyos aprovechamientos de agua provienen de derivaciones de ríos que en su mayoría no están regulados por presas de almacenamiento (con excepción del río Tembembe, cuyas aguas se almacenan en la presa El Rodeo). Por ello, en este caso, el indicador de sequía hidrológica más adecuado para la planeación es el Índice de escurrimiento (I_e), calculado para cada uno de los ríos que abastecen al distrito. Sin embargo, no se cuenta con información de registros históricos de aforos en los ríos, por lo cual no es posible determinar el indicador mencionado. Entonces, dado que sólo se tienen datos históricos de almacenamientos mensuales de la presa El Rodeo, se ha calculado únicamente el Índice de embalse (I_{emb}) para esta presa.

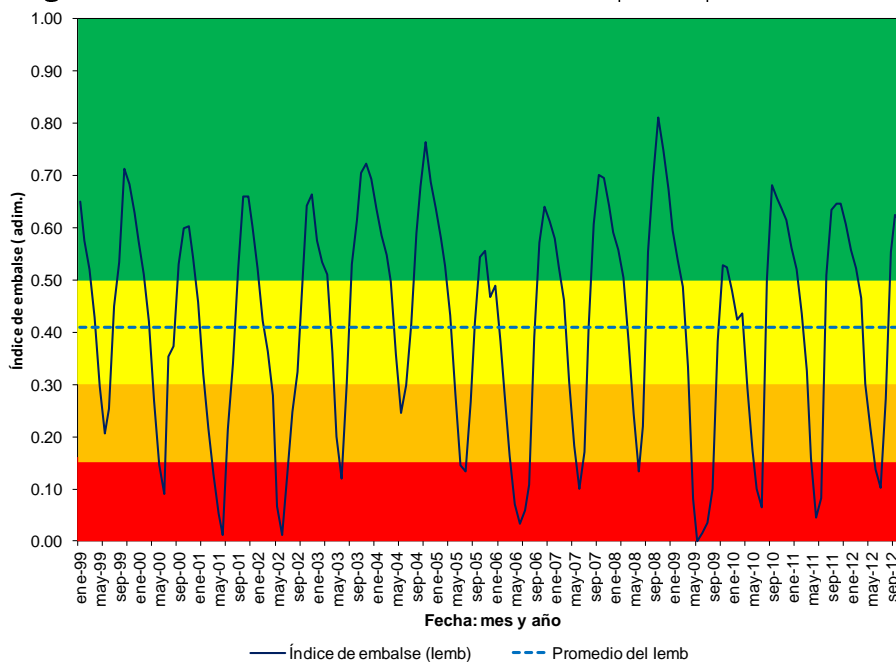
De esta manera, en la Tabla 5.5 y Figura 5.6 se presenta la evolución del índice de embalse para la presa El Rodeo. En la Tabla 5.5 se puede observar que en el período de registro (1995 a 2012) al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), la presa se ha encontrado en un estado de normalidad (color verde, $I_{emb} > 0.50$) la gran mayoría de las veces (73%); pero han existido algunos años (17%) en los que la situación de la presa ha sido un estado de prealerta (color amarillo, $0.50 \geq I_{emb} > 0.30$). Por ello, se considera que en esta presa sólo en casos excepcionales será necesario imponer restricciones en la demanda de agua y 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.

Tabla 5. 5 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa El Rodeo.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1995-96	0.67	0.64	0.59	0.54	0.51	0.42	0.31	0.19	0.12	0.20	0.28	0.48
1996-97	0.54	0.59	0.54	0.50	0.40	0.31	0.18	0.15	0.10	0.11	0.31	0.33
1997-98	0.48	0.51	0.46	0.37	0.31	0.20	0.12	0.05	0.00	0.05	0.17	0.49
1998-99	0.73	0.79	0.72	0.65	0.57	0.52	0.43	0.30	0.21	0.25	0.45	0.53
1999-00	0.71	0.68	0.63	0.57	0.51	0.42	0.27	0.15	0.09	0.35	0.37	0.53
2000-01	0.60	0.60	0.54	0.46	0.32	0.22	0.13	0.05	0.01	0.21	0.34	0.52
2001-02	0.66	0.66	0.60	0.52	0.42	0.36	0.28	0.07	0.01	0.13	0.25	0.32
2002-03	0.50	0.64	0.66	0.57	0.53	0.51	0.36	0.20	0.12	0.30	0.53	0.62
2003-04	0.70	0.72	0.69	0.64	0.59	0.55	0.50	0.36	0.25	0.30	0.42	0.59
2004-05	0.68	0.76	0.69	0.64	0.58	0.53	0.43	0.28	0.15	0.13	0.27	0.42
2005-06	0.54	0.56	0.47	0.49	0.38	0.28	0.16	0.07	0.03	0.06	0.11	0.39
2006-07	0.57	0.64	0.61	0.58	0.52	0.46	0.31	0.18	0.10	0.17	0.41	0.61
2007-08	0.70	0.69	0.64	0.59	0.56	0.51	0.38	0.24	0.13	0.22	0.55	0.70
2008-09	0.81	0.75	0.67	0.60	0.54	0.49	0.33	0.08	0.00	0.02	0.03	0.10
2009-10	0.38	0.53	0.52	0.48	0.42	0.44	0.29	0.17	0.10	0.07	0.50	0.68
2010-11	0.66	0.64	0.61	0.56	0.52	0.44	0.33	0.16	0.05	0.08	0.51	0.63
2011-12	0.65	0.65	0.61	0.56	0.52	0.47	0.30	0.22	0.14	0.10	0.27	0.55

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5.6 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa El Rodeo.



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

5.4.2. Distrito de riego 030 Valsequillo, Pue.

Antecedentes: fue establecido mediante acuerdo presidencial el 21 de febrero de 1939; posteriormente se definieron sus límites a través del acuerdo presidencial de fecha 22 de noviembre de 1944, publicado en el DOF el 13 de diciembre del mismo año. Inició su operación en el año de 1946.

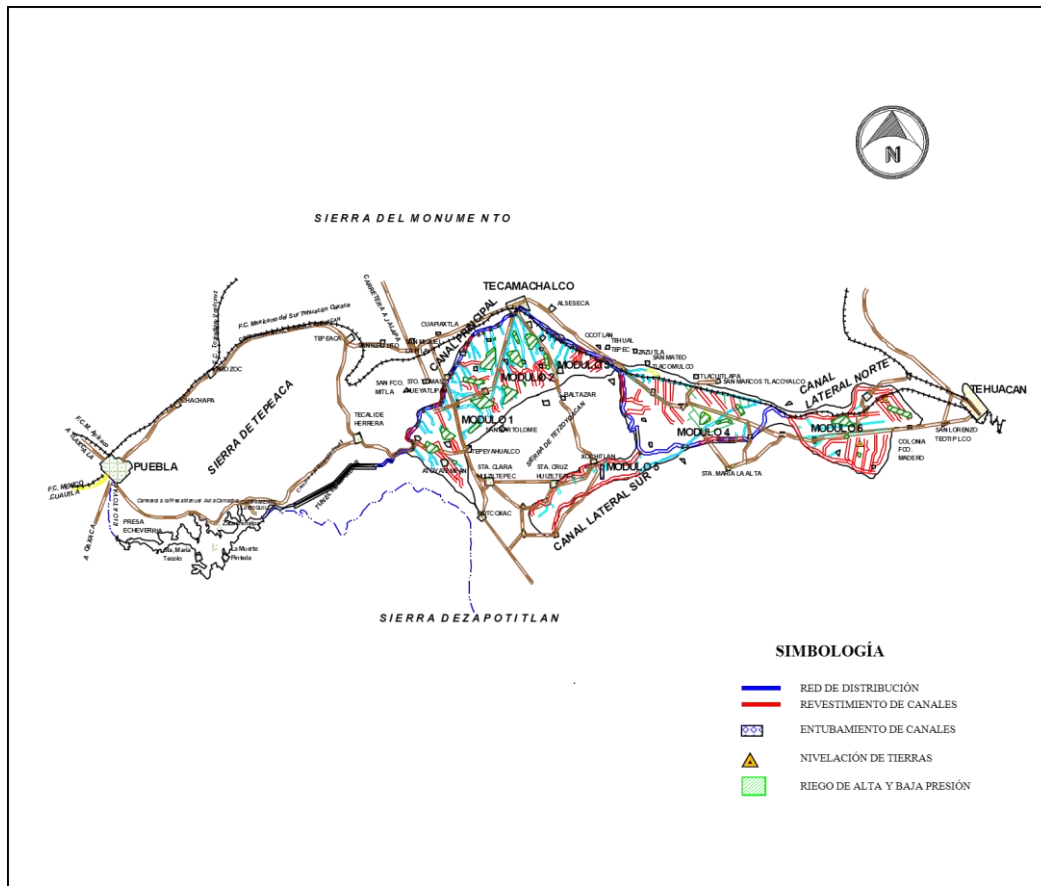
Ubicación: se localiza en la parte centro-sureste del estado de Puebla, ocupando parte de 17 municipios: Atoyatempan, Hueyotlipan, Huitziltepec, Tecali, Tepeyahualco, Tlalnepantla, Huixcolotla, Tochtepec, Yehualtepec, Tecamachalco, Tlacotepec, Xochitlán, Tepanco, Molcaxac, Tehuacán, Miahuatlán y Cuapiaxtla (Figura 5.7).

Superficies y usuarios: abarca una superficie dominada de 33,210 hectáreas y regable de 32,801 hectáreas repartidas en 16,225 usuarios de riego. Aproximadamente el 41% de la superficie regable pertenece a usuarios ejidatarios y el 59% restante corresponde a pequeños propietarios.

Principales cultivos: maíz, frijol, chile seco y alfalfa.

Módulos que conforman el distrito: Módulo 1. Luciano M. Sánchez, A.C.; Módulo 2. Lázaro Cárdenas, A.C.; Módulo 3. Manuel Ávila Camacho, A. C.; Módulo 4. Tlacotepec de Benito Juárez, A. C.; Módulo 5. Gral. Emiliano Zapata, A. C.; y Módulo 6. Adolfo López Mateos, A. C.

Figura 5.7 Croquis del distrito de riego 030 Valsequillo, Puebla.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2008).

Fuentes de abastecimiento: su fuente principal de abastecimiento la constituyen las aguas del río Atoyac que se almacenan en la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo). Una segunda fuente de abastecimiento de agua para riego es el agua subterránea, misma que se aprovecha mediante una cantidad importante de pozos profundos.

Indicadores y umbrales de sequía hidrológica: dado que se trata de un sistema de riego regulado por una presa de almacenamiento (Manuel Ávila Camacho), el indicador de sequía hidrológica se compone de dos variables: las aportaciones de agua al embalse, a partir de las cuales se determina el Índice de Escurrimiento (I_f), y el volumen de agua almacenada al inicio de cada mes, del cual se obtiene el Índice de Embalse (I_{emb}). El indicador final es, por tanto, el Índice de Estado Mixto (IEM), en el que se ponderan los dos índices antes referidos, tal como se explicó en incisos anteriores.

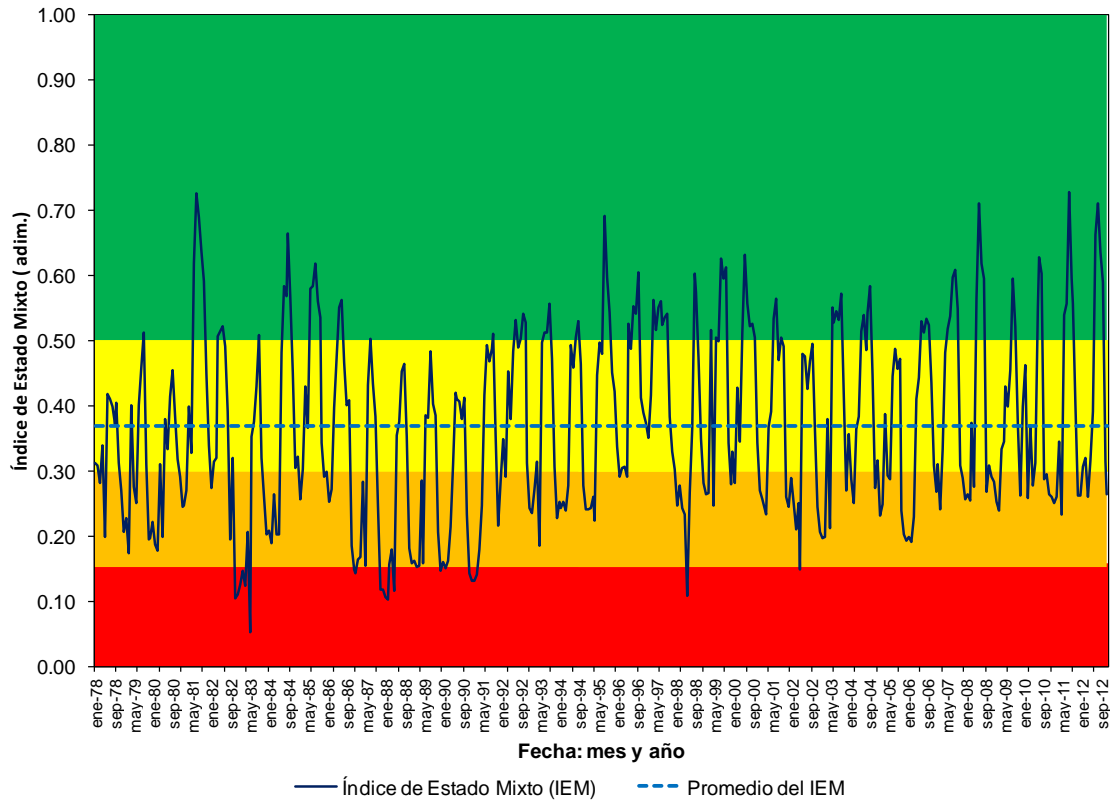
En la Tabla 5.6 y en la Figura 5.8 se resume la evolución del índice de estado para la presa Manuel Ávila Camacho. En la tabla se puede observar que en el período de 1978 a 2012, al inicio de cada año agrícola (1° de octubre), la presa se ha encontrado en un estado de normalidad (color verde, $IEM > 0.50$) la mayoría de las veces (51%); pero han existido varios años (40%) en los que la situación de la presa ha sido un estado de prealerta (color amarillo, $0.50 \geq IEM > 0.30$), y unos pocos años (8%) en los que se ha presentado un estado de alerta (color naranja, $0.30 \geq IEM > 0.15$). En estos últimos casos es necesario imponer restricciones en la demanda de agua (con una meta de reducción de 20 a 35%), y poner en marcha medidas de conservación del recurso agua y de gestión de la demanda que permitan su mantenimiento con aplicación de las medidas de ahorro pertinentes.

Tabla 5. 6 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Manuel Ávila Camacho.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1978-79	0.41	0.31	0.27	0.21	0.23	0.17	0.40	0.28	0.25	0.40	0.46	0.51
1979-80	0.31	0.19	0.20	0.22	0.19	0.18	0.31	0.20	0.38	0.33	0.42	0.46
1980-81	0.38	0.32	0.29	0.25	0.25	0.27	0.40	0.33	0.62	0.73	0.69	0.64
1981-82	0.59	0.45	0.34	0.27	0.31	0.32	0.51	0.51	0.52	0.49	0.39	0.20
1982-83	0.32	0.10	0.11	0.13	0.15	0.12	0.21	0.05	0.35	0.38	0.43	0.51
1983-84	0.32	0.26	0.20	0.21	0.19	0.27	0.20	0.20	0.48	0.58	0.57	0.66
1984-85	0.57	0.45	0.31	0.32	0.26	0.30	0.43	0.37	0.58	0.58	0.62	0.56
1985-86	0.54	0.34	0.29	0.30	0.25	0.27	0.40	0.47	0.55	0.56	0.47	0.40
1986-87	0.41	0.19	0.15	0.14	0.16	0.17	0.28	0.15	0.43	0.50	0.43	0.38
1987-88	0.25	0.12	0.12	0.11	0.10	0.16	0.18	0.12	0.36	0.38	0.45	0.47
1988-89	0.35	0.18	0.16	0.16	0.15	0.15	0.29	0.16	0.39	0.38	0.48	0.40
1989-90	0.38	0.21	0.15	0.16	0.15	0.16	0.21	0.31	0.42	0.41	0.41	0.38
1990-91	0.41	0.23	0.14	0.13	0.13	0.14	0.18	0.25	0.42	0.49	0.47	0.49
1991-92	0.51	0.35	0.22	0.29	0.35	0.29	0.45	0.38	0.48	0.53	0.49	0.50
1992-93	0.54	0.53	0.31	0.24	0.24	0.27	0.32	0.19	0.50	0.51	0.51	0.56
1993-94	0.47	0.31	0.23	0.25	0.24	0.25	0.24	0.28	0.49	0.46	0.51	0.53
1994-95	0.47	0.28	0.24	0.24	0.24	0.26	0.22	0.45	0.50	0.48	0.69	0.60
1995-96	0.54	0.45	0.42	0.34	0.29	0.30	0.31	0.29	0.53	0.49	0.55	0.54
1996-97	0.60	0.41	0.39	0.38	0.35	0.42	0.56	0.52	0.55	0.56	0.52	0.54
1997-98	0.54	0.38	0.33	0.30	0.25	0.28	0.24	0.23	0.11	0.27	0.37	0.60
1998-99	0.57	0.47	0.35	0.28	0.26	0.27	0.52	0.25	0.50	0.50	0.63	0.60
1999-00	0.61	0.34	0.28	0.33	0.28	0.43	0.34	0.51	0.63	0.56	0.52	0.53
2000-01	0.51	0.34	0.27	0.26	0.24	0.23	0.37	0.39	0.53	0.56	0.47	0.51
2001-02	0.49	0.26	0.24	0.29	0.25	0.21	0.25	0.15	0.48	0.48	0.43	0.47
2002-03	0.49	0.36	0.24	0.21	0.20	0.20	0.38	0.21	0.55	0.53	0.55	0.53
2003-04	0.57	0.42	0.27	0.36	0.29	0.25	0.37	0.38	0.52	0.54	0.49	0.54
2004-05	0.58	0.45	0.27	0.32	0.23	0.25	0.39	0.29	0.29	0.45	0.49	0.46
2005-06	0.47	0.24	0.20	0.19	0.20	0.19	0.23	0.41	0.44	0.53	0.51	0.53
2006-07	0.53	0.44	0.31	0.27	0.31	0.24	0.33	0.48	0.52	0.54	0.60	0.61
2007-08	0.55	0.31	0.29	0.26	0.27	0.25	0.38	0.28	0.56	0.71	0.62	0.60
2008-09	0.27	0.31	0.29	0.28	0.25	0.24	0.33	0.35	0.43	0.40	0.45	0.60
2009-10	0.52	0.38	0.26	0.40	0.46	0.26	0.37	0.28	0.31	0.55	0.63	0.60
2010-11	0.29	0.30	0.26	0.26	0.25	0.26	0.35	0.23	0.54	0.56	0.73	0.60
2011-12	0.56	0.40	0.26	0.26	0.31	0.32	0.26	0.32	0.39	0.66	0.71	0.64

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 8 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Manuel Ávila Camacho.



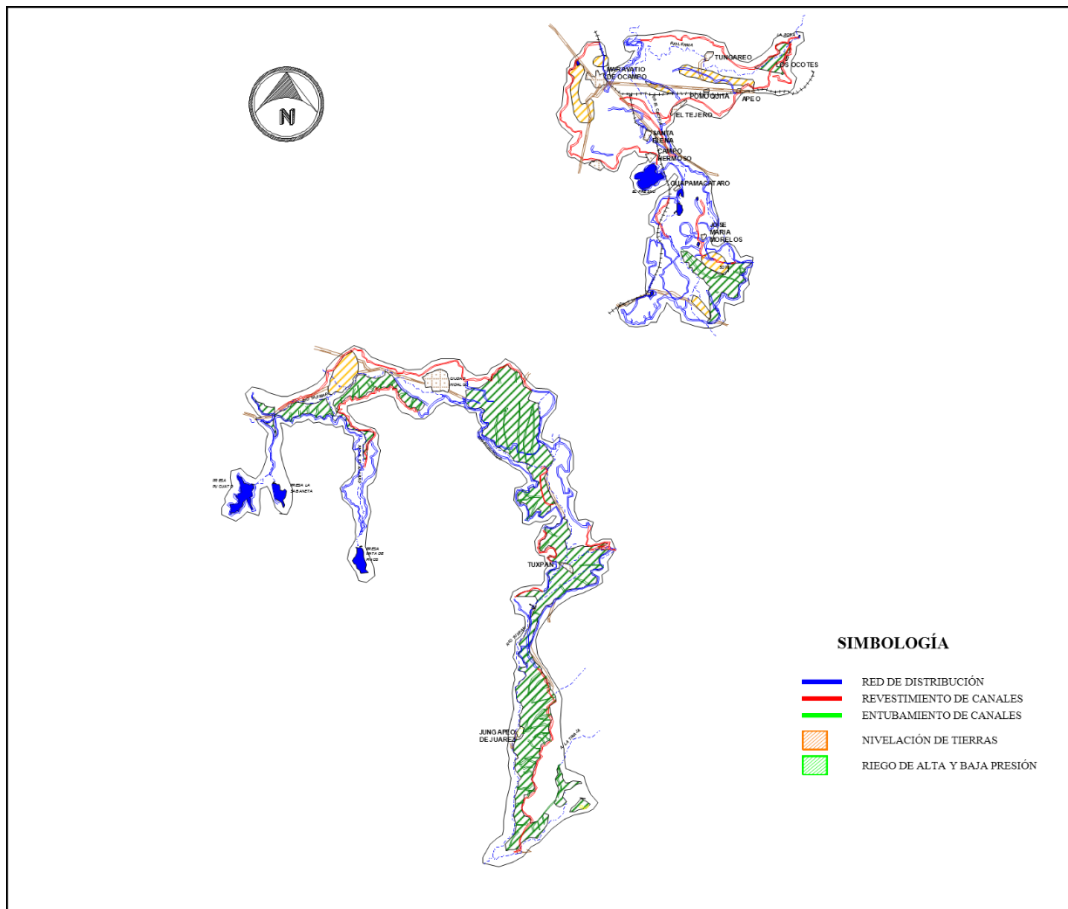
Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

5.4.3. Distrito de riego 045 Tuxpan

Antecedentes: este distrito de riego no tiene decreto de creación y/o delimitación; sin embargo, cuenta con un acuerdo de establecimiento y operatividad. Está conformado por dos unidades de riego: la unidad Maravatío, que inició su operación en el año de 1933, y la unidad Hidalgo, que lo hizo en 1952.

Ubicación: se localiza en la parte oriente del estado de Michoacán y abarca ocho municipios, que son: Maravatío, Contepec, Senguio, Hidalgo, Irimbo, Tuxpan, Zitácuaro y Jungapeo (Figura 5.9).

Figura 5. 9 Croquis del distrito de riego 045 Tuxpan, Mich.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2008).

Superficies y usuarios: cuenta con una superficie dominada de 19,489 hectáreas y regable de 19,489 hectáreas que pertenecen a 7,428 usuarios. Aproximadamente el 68% de la superficie regable pertenece a usuarios ejidatarios y el 32% restante corresponde a pequeños propietarios.

Principales cultivos: maíz, trigo, guayabo, avena forrajera, fresa, tomate, chayote, jitomate y gladiola.

Módulos que conforman el distrito: la Unidad Maravatío está compuesta por los siguientes módulos de riego: Módulo 1 Derivaciones Directas del Río Lerma Melchor Ocampo, A.C.; Modulo 2 Laguna San José del Fresno, en el Municipio de Maravatio, Mich., A.C.; Modulo 3 La Presa del Tercer Mundo –antes Chincua– A.C.; y la Unidad Hidalgo abarca los siguientes módulos: Módulo 4 Taximaroa-Pucuat-Sabaneta-Agostitlán, A.C.; Modulo 5 Los Zarcos, A.C.; Modulo 6 Santiago Tuxpan, A. C.; y Modulo 7 Canoas-Huanguitio, A.C.

Fuentes de abastecimiento: las principales fuentes de abastecimiento las constituyen las aguas que se almacenan en las presas Agostitlán, Pucuat, Sabaneta, Laguna del Fresno, Tercer Mundo, Torre Blanca y La Cortina; así como derivaciones de los ríos Lerma, Taximaroa, Tuxpan y Puerco, además manantiales y aguas del subsuelo.

Indicadores y umbrales de sequía hidrológica: en este caso, dado que se trata de un sistema de riego regulado por varias presas de almacenamiento, el indicador final de la sequía hidrológica que se

utiliza es el Índice de Estado Mixto (IEM), el cual ha sido calculado para cada una de las tres principales presas de almacenamiento: Agostitlán, Pucuatón y Sabaneta, mediante el procedimiento descrito en incisos anteriores.

Así, en la Tabla 5.7 y en la Figura 5.10 se presenta la evolución del Índice de Estado Mixto para la presa Agostitlán, la cual es la más grande del distrito de riego, con una capacidad útil de 15.3 hm³. En la Tabla 5.7 se puede observar que en el período de 1978 a 2012, al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), esta presa se ha encontrado en un estado de normalidad (color verde, IEM > 0.50) la mayoría de las veces (70%); pero han existido varios años (26%) en los que la situación de la presa ha sido un estado de alerta (color naranja, 0.30 ≥ IEM > 0.15), y solamente en un año agrícola (1990-00) ha ocurrido una situación de emergencia (color rojo, IEM ≤ 0.15). Cuando sucede este último caso es ineludible la imposición de restricciones en la demanda de agua (con una meta reducción superior al 35%) y la aplicación de medidas extraordinarias, además de las propias medidas de conservación del recurso y de gestión de la demanda de agua.

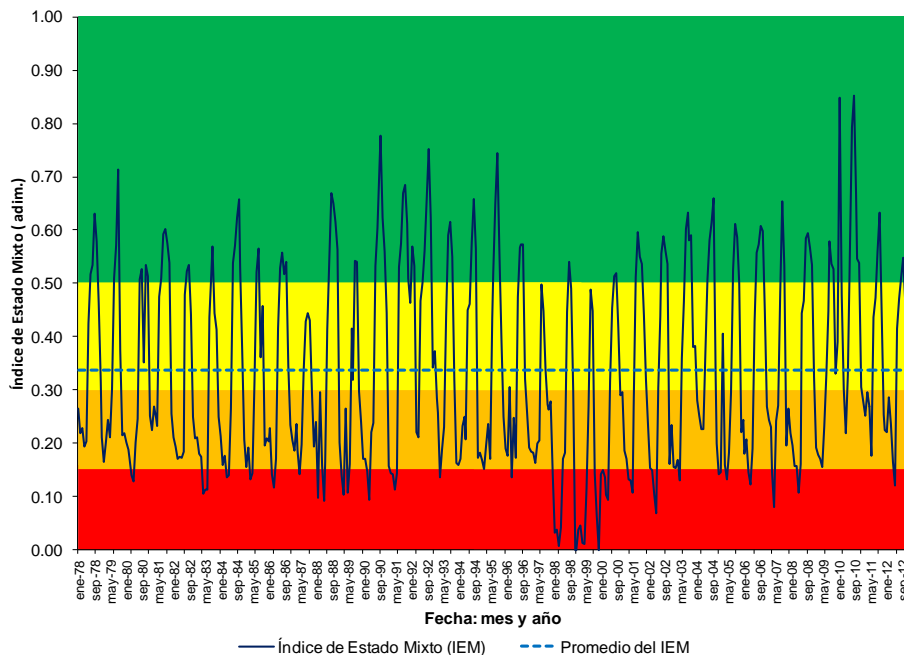
Tabla 5.7 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Agostitlán.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1978-79	0.58	0.46	0.32	0.21	0.17	0.20	0.24	0.21	0.30	0.51	0.57	0.71
1979-80	0.38	0.21	0.22	0.20	0.19	0.17	0.14	0.13	0.20	0.25	0.51	0.53
1980-81	0.35	0.54	0.51	0.25	0.22	0.27	0.25	0.23	0.47	0.51	0.59	0.60
1981-82	0.57	0.54	0.26	0.21	0.19	0.17	0.17	0.17	0.18	0.48	0.52	0.53
1982-83	0.44	0.25	0.21	0.21	0.18	0.17	0.11	0.11	0.11	0.44	0.52	0.57
1983-84	0.44	0.41	0.25	0.21	0.16	0.18	0.14	0.14	0.27	0.54	0.57	0.62
1984-85	0.66	0.53	0.38	0.21	0.16	0.19	0.13	0.14	0.32	0.52	0.56	0.36
1985-86	0.46	0.20	0.21	0.20	0.23	0.14	0.12	0.17	0.41	0.53	0.56	0.52
1986-87	0.54	0.35	0.23	0.21	0.19	0.24	0.19	0.14	0.20	0.34	0.43	0.44
1987-88	0.43	0.30	0.19	0.24	0.10	0.30	0.16	0.09	0.17	0.41	0.54	0.67
1988-89	0.65	0.61	0.56	0.20	0.14	0.10	0.27	0.11	0.16	0.42	0.32	0.54
1989-90	0.54	0.30	0.24	0.17	0.17	0.15	0.09	0.22	0.24	0.53	0.60	0.72
1990-91	0.78	0.62	0.56	0.44	0.16	0.14	0.14	0.11	0.14	0.53	0.58	0.67
1991-92	0.69	0.61	0.51	0.46	0.57	0.53	0.22	0.21	0.47	0.50	0.56	0.66
1992-93	0.75	0.62	0.34	0.37	0.29	0.26	0.14	0.19	0.23	0.44	0.59	0.61
1993-94	0.55	0.32	0.16	0.16	0.17	0.23	0.25	0.21	0.45	0.46	0.58	0.66
1994-95	0.56	0.17	0.18	0.17	0.15	0.20	0.24	0.17	0.44	0.52	0.65	0.75
1995-96	0.56	0.39	0.25	0.19	0.18	0.31	0.14	0.25	0.17	0.48	0.57	0.57
1996-97	0.57	0.32	0.26	0.19	0.18	0.18	0.16	0.20	0.21	0.50	0.45	0.34
1997-98	0.27	0.26	0.28	0.14	0.03	0.04	0.01	0.04	0.17	0.18	0.45	0.54
1998-99	0.49	0.30	0.00	0.00	0.04	0.05	0.01	0.01	0.11	0.27	0.49	0.45
1999-00	0.14	0.06	0.00	0.14	0.15	0.14	0.10	0.09	0.32	0.45	0.51	0.52
2000-01	0.42	0.29	0.30	0.19	0.17	0.13	0.13	0.11	0.27	0.51	0.60	0.55
2001-02	0.54	0.44	0.32	0.23	0.15	0.15	0.10	0.07	0.30	0.44	0.56	0.59
2002-03	0.56	0.54	0.16	0.23	0.16	0.15	0.17	0.13	0.36	0.47	0.60	0.63
2003-04	0.58	0.59	0.38	0.38	0.28	0.25	0.23	0.23	0.37	0.51	0.58	0.61
2004-05	0.66	0.33	0.20	0.14	0.15	0.41	0.16	0.13	0.18	0.30	0.53	0.61

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2005-06	0.59	0.50	0.22	0.24	0.18	0.21	0.15	0.12	0.19	0.43	0.56	0.57
2006-07	0.61	0.60	0.45	0.27	0.24	0.23	0.15	0.08	0.24	0.27	0.48	0.65
2007-08	0.53	0.20	0.27	0.22	0.20	0.16	0.16	0.11	0.16	0.44	0.47	0.58
2008-09	0.59	0.57	0.54	0.32	0.19	0.18	0.17	0.16	0.23	0.33	0.45	0.58
2009-10	0.54	0.53	0.33	0.39	0.85	0.48	0.30	0.22	0.33	0.56	0.79	0.85
2010-11	0.67	0.55	0.54	0.31	0.28	0.25	0.30	0.27	0.18	0.44	0.47	0.56
2011-12	0.63	0.44	0.25	0.23	0.22	0.29	0.24	0.16	0.12	0.41	0.47	0.51

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 10 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Agostitlán.



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

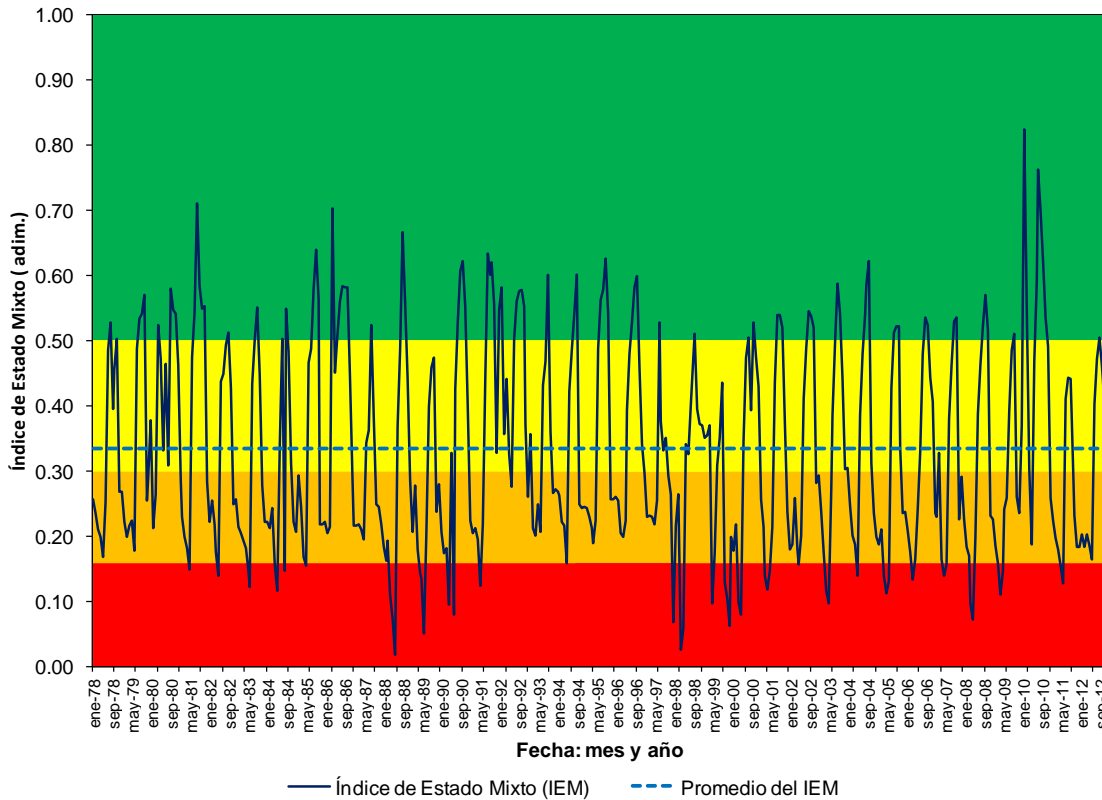
Asimismo, en la Tabla 5.8 y en la Figura 5.11 se resume la evolución del IEM para la presa de almacenamiento Pucuat, la cual es la segunda en tamaño en el distrito de riego, con una capacidad útil de 9.1 hm³. En esta presa se observa un comportamiento del IEM similar al de la presa Agostitlán: en el mes de octubre de cada año (inicio del año agrícola) la mayor parte de las veces (68%) la presa ha estado en una situación estable o de normalidad (color verde, IEM > 0.50); pero hay varios años (29%) en los que ha prevalecido el estado de prealerta (color amarillo, 0.50 ≥ IEM > 0.30) y el estado de alerta (color naranja, 0.30 ≥ IEM > 0.15), y solamente en un año agrícola (1990-00) ha ocurrido una situación de emergencia (color rojo, IEM ≤ 0.15). Entonces, cuando sucede el estado de alerta es necesario imponer restricciones en la demanda de agua (con una meta de reducción de 20 a 35%) y poner en marcha medidas de conservación del recurso y de gestión de la demanda; y en los casos de emergencia es ineludible la reducción de la demanda (con una meta superior a 35%) y la aplicación de medidas extraordinarias de ahorro de agua.

Tabla 5.8 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Pucuató.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1978-79	0.46	0.50	0.27	0.27	0.22	0.20	0.22	0.22	0.18	0.49	0.53	0.54
1979-80	0.57	0.25	0.29	0.38	0.21	0.26	0.52	0.47	0.33	0.46	0.31	0.58
1980-81	0.55	0.54	0.46	0.29	0.23	0.20	0.18	0.15	0.47	0.54	0.71	0.58
1981-82	0.55	0.55	0.28	0.22	0.25	0.22	0.18	0.14	0.44	0.45	0.49	0.51
1982-83	0.43	0.25	0.26	0.21	0.21	0.19	0.18	0.15	0.12	0.43	0.50	0.55
1983-84	0.45	0.28	0.22	0.22	0.21	0.24	0.16	0.12	0.34	0.50	0.15	0.55
1984-85	0.48	0.31	0.22	0.21	0.29	0.25	0.17	0.15	0.47	0.49	0.58	0.64
1985-86	0.56	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.70	0.45	0.51	0.56	0.58	0.58
1986-87	0.58	0.45	0.29	0.22	0.22	0.22	0.21	0.20	0.34	0.36	0.53	0.38
1987-88	0.25	0.25	0.22	0.18	0.16	0.19	0.11	0.07	0.02	0.37	0.49	0.67
1988-89	0.56	0.44	0.29	0.21	0.28	0.18	0.14	0.14	0.05	0.21	0.40	0.46
1989-90	0.47	0.24	0.28	0.21	0.17	0.18	0.10	0.33	0.08	0.43	0.53	0.61
1990-91	0.62	0.55	0.40	0.22	0.20	0.21	0.20	0.12	0.22	0.45	0.63	0.60
1991-92	0.62	0.56	0.33	0.55	0.58	0.36	0.44	0.33	0.28	0.50	0.56	0.58
1992-93	0.58	0.55	0.37	0.26	0.36	0.21	0.20	0.25	0.21	0.43	0.47	0.60
1993-94	0.36	0.27	0.27	0.27	0.26	0.22	0.22	0.16	0.42	0.48	0.54	0.60
1994-95	0.25	0.24	0.25	0.24	0.23	0.21	0.19	0.22	0.49	0.56	0.58	0.63
1995-96	0.54	0.26	0.26	0.26	0.25	0.21	0.20	0.22	0.39	0.48	0.53	0.58
1996-97	0.60	0.46	0.34	0.30	0.23	0.23	0.23	0.22	0.25	0.53	0.38	0.33
1997-98	0.35	0.29	0.26	0.07	0.22	0.26	0.03	0.06	0.34	0.33	0.40	0.48
1998-99	0.51	0.40	0.37	0.37	0.35	0.36	0.37	0.10	0.17	0.31	0.35	0.44
1999-00	0.13	0.11	0.06	0.20	0.18	0.22	0.10	0.08	0.34	0.47	0.50	0.39
2000-01	0.53	0.47	0.43	0.26	0.21	0.14	0.12	0.15	0.22	0.44	0.54	0.54
2001-02	0.52	0.37	0.24	0.18	0.19	0.26	0.18	0.16	0.20	0.41	0.49	0.55
2002-03	0.54	0.52	0.28	0.29	0.24	0.17	0.12	0.10	0.27	0.39	0.50	0.59
2003-04	0.54	0.44	0.30	0.31	0.25	0.20	0.19	0.14	0.39	0.48	0.54	0.59
2004-05	0.62	0.31	0.24	0.20	0.19	0.21	0.14	0.11	0.13	0.43	0.51	0.52
2005-06	0.52	0.34	0.24	0.24	0.21	0.18	0.13	0.16	0.24	0.33	0.48	0.54
2006-07	0.52	0.44	0.41	0.24	0.23	0.33	0.17	0.14	0.16	0.38	0.46	0.53
2007-08	0.54	0.23	0.29	0.23	0.18	0.17	0.10	0.07	0.20	0.39	0.46	0.52
2008-09	0.57	0.52	0.23	0.23	0.19	0.16	0.11	0.15	0.24	0.26	0.39	0.49
2009-10	0.51	0.26	0.24	0.37	0.82	0.55	0.30	0.19	0.47	0.59	0.76	0.70
2010-11	0.62	0.54	0.49	0.26	0.22	0.20	0.18	0.15	0.13	0.41	0.44	0.44
2011-12	0.37	0.23	0.18	0.18	0.20	0.18	0.20	0.19	0.16	0.40	0.47	0.50

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 11 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Pucuató.



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Finalmente, en la Tabla 5.9 y Figura 5.12 se presenta la evolución mensual del IEM para la presa Sabaneta, cuya capacidad útil es de 5.3 hm³. El registro de aportaciones y almacenamientos de esta presa comprende del año 2000 al 2011, por lo cual sólo es posible calcular los índices de estado para este período. En la Tabla 5.9 se puede apreciar que al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), en esta presa se ha presentado una situación estable o de normalidad (color verde, IEM > 0.50) la mayor parte de las veces (54%); aunque en el resto de los años (46%) ha prevalecido el estado de prealerta (color amarillo, 0.50 ≥ IEM > 0.30). Por ello, en esta presa sólo en casos excepcionales será necesario imponer restricciones en la demanda de agua y poner en marcha medidas de conservación del recurso y de gestión de la demanda.

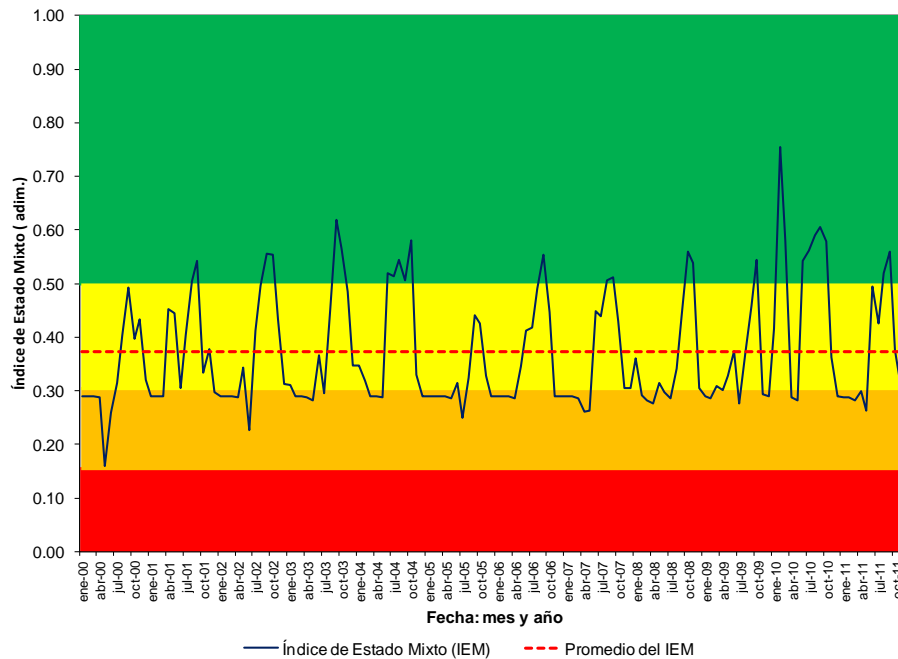
Tabla 5. 9 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Sabaneta.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2000-01	0.40	0.43	0.32	0.29	0.29	0.29	0.45	0.44	0.30	0.40	0.50	0.54
2001-02	0.33	0.38	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.34	0.23	0.41	0.50	0.56
2002-03	0.55	0.43	0.31	0.31	0.29	0.29	0.29	0.28	0.37	0.29	0.45	0.62
2003-04	0.57	0.48	0.35	0.35	0.32	0.29	0.29	0.29	0.52	0.51	0.54	0.51
2004-05	0.58	0.33	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.31	0.25	0.32	0.44
2005-06	0.42	0.33	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.35	0.41	0.42	0.49	0.55
2006-07	0.45	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.26	0.26	0.45	0.44	0.51	0.51

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2007-08	0.43	0.31	0.30	0.36	0.29	0.28	0.28	0.31	0.30	0.29	0.34	0.44
2008-09	0.56	0.54	0.31	0.29	0.29	0.31	0.30	0.33	0.37	0.28	0.37	0.46
2009-10	0.55	0.29	0.29	0.42	0.75	0.58	0.29	0.28	0.54	0.56	0.59	0.61
2010-11	0.58	0.36	0.29	0.29	0.29	0.28	0.30	0.26	0.50	0.43	0.52	0.56

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 12 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Sabaneta.



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

5.4.4. Distrito de riego 056 Atoyac-Zahuapan, Tlax.

Antecedentes: este distrito no cuenta con un decreto de creación; se fue estableciendo como juntas de agua organizadas por usuarios, que con el paso del tiempo se extendieron a todo el distrito de riego. De esta manera, su operación, conservación y administración estaba a cargo de las juntas de agua, según decreto formulado por el Poder Ejecutivo de fecha 19 de diciembre de 1947.

Ubicación: el distrito de riego se localiza en la parte sureste del estado de Tlaxcala, en los municipios de Tlaxcala, Panotla, Ixtacuixtla, Tetlatlahuca, Nativitas, Lardizábal, San Martín Texmelucán, Atlangatepec, Domingo Arenas y Xaltocan (Figura 5.13).

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

valores mensuales se presentan en la Tabla 5.10 y Figura 5.14.

Como se puede observar en la Tabla 5.10, en esta presa han predominado las condiciones de estado de normalidad (color verde, IEM > 0.50) al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), pues en el 77% de los meses se ha presentado esta condición. No obstante, también han existido algunos meses de octubre en los cuales ha ocurrido una situación de prealerta (color amarillo, $0.50 \geq \text{IEM} > 0.30$), aunque son los menos (23%). Por lo anterior, se considera que en este distrito de riego sólo en casos excepcionales será necesario imponer restricciones en la demanda de agua y poner en marcha medidas de conservación del recurso y de gestión de la demanda.

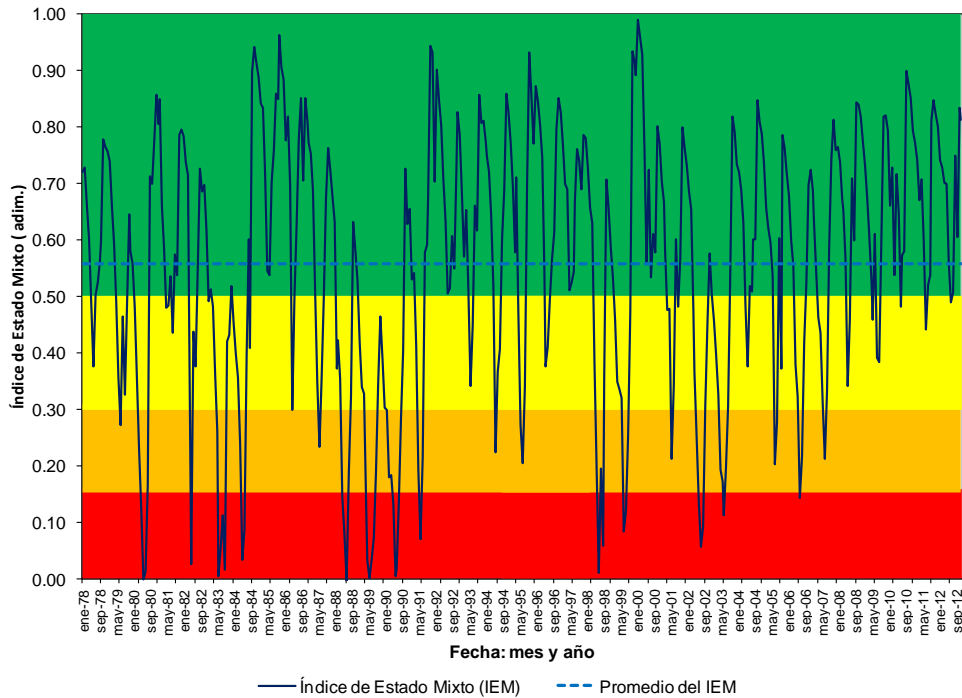
Tabla 5.10 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa San José Atlanga.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1978-79	0.60	0.78	0.76	0.76	0.74	0.66	0.59	0.49	0.36	0.27	0.46	0.33
1979-80	0.49	0.64	0.58	0.56	0.48	0.36	0.23	0.12	0.00	0.01	0.17	0.71
1980-81	0.70	0.78	0.86	0.81	0.85	0.66	0.59	0.48	0.48	0.54	0.44	0.58
1981-82	0.54	0.79	0.80	0.78	0.74	0.71	0.48	0.03	0.44	0.38	0.55	0.73
1982-83	0.69	0.70	0.62	0.49	0.51	0.48	0.36	0.26	0.01	0.05	0.11	0.02
1983-84	0.42	0.43	0.52	0.45	0.40	0.36	0.24	0.03	0.09	0.40	0.60	0.41
1984-85	0.90	0.94	0.91	0.89	0.84	0.83	0.71	0.55	0.54	0.70	0.76	0.86
1985-86	0.85	0.96	0.91	0.89	0.78	0.82	0.70	0.30	0.50	0.63	0.78	0.85
1986-87	0.71	0.85	0.81	0.77	0.75	0.69	0.51	0.35	0.23	0.36	0.50	0.67
1987-88	0.76	0.72	0.68	0.63	0.37	0.42	0.35	0.15	0.08	0.00	0.19	0.32
1988-89	0.63	0.58	0.53	0.42	0.34	0.33	0.13	0.03	0.00	0.03	0.07	0.19
1989-90	0.35	0.46	0.39	0.30	0.30	0.18	0.18	0.13	0.00	0.02	0.13	0.28
1990-91	0.41	0.73	0.63	0.66	0.53	0.54	0.41	0.19	0.07	0.22	0.58	0.59
1991-92	0.68	0.94	0.93	0.70	0.90	0.85	0.80	0.71	0.63	0.51	0.51	0.61
1992-93	0.55	0.72	0.83	0.79	0.69	0.57	0.65	0.51	0.34	0.45	0.66	0.62
1993-94	0.86	0.81	0.81	0.77	0.75	0.72	0.64	0.52	0.22	0.37	0.41	0.60
1994-95	0.69	0.86	0.82	0.77	0.69	0.58	0.71	0.47	0.27	0.20	0.34	0.69
1995-96	0.93	0.86	0.77	0.87	0.85	0.80	0.75	0.54	0.38	0.41	0.49	0.57
1996-97	0.61	0.80	0.85	0.83	0.77	0.70	0.69	0.51	0.52	0.54	0.67	0.76
1997-98	0.74	0.69	0.79	0.78	0.73	0.66	0.63	0.39	0.20	0.01	0.20	0.06
1998-99	0.36	0.71	0.66	0.59	0.53	0.46	0.35	0.34	0.32	0.08	0.12	0.25
1999-00	0.47	0.93	0.91	0.89	0.99	0.96	0.93	0.77	0.56	0.72	0.53	0.61
2000-01	0.58	0.80	0.77	0.70	0.67	0.58	0.48	0.48	0.21	0.34	0.60	0.48
2001-02	0.57	0.80	0.76	0.73	0.69	0.66	0.48	0.37	0.25	0.14	0.06	0.09
2002-03	0.31	0.45	0.58	0.50	0.46	0.40	0.33	0.19	0.17	0.11	0.20	0.31
2003-04	0.54	0.82	0.79	0.73	0.72	0.69	0.63	0.48	0.38	0.52	0.51	0.60
2004-05	0.60	0.85	0.81	0.79	0.74	0.66	0.62	0.60	0.54	0.20	0.28	0.60
2005-06	0.37	0.79	0.76	0.72	0.68	0.60	0.56	0.38	0.32	0.14	0.22	0.42
2006-07	0.52	0.70	0.72	0.69	0.63	0.55	0.46	0.44	0.31	0.21	0.33	0.59
2007-08	0.74	0.81	0.76	0.77	0.74	0.67	0.65	0.57	0.34	0.46	0.71	0.60
2008-09	0.84	0.84	0.82	0.77	0.73	0.68	0.60	0.52	0.46	0.61	0.39	0.38

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2009-10	0.60	0.82	0.82	0.79	0.66	0.73	0.54	0.72	0.65	0.48	0.57	0.58
2010-11	0.90	0.88	0.85	0.79	0.77	0.74	0.67	0.71	0.60	0.44	0.52	0.54
2011-12	0.81	0.85	0.82	0.80	0.74	0.73	0.70	0.70	0.56	0.49	0.51	0.75

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 14 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa San José Atlanga.



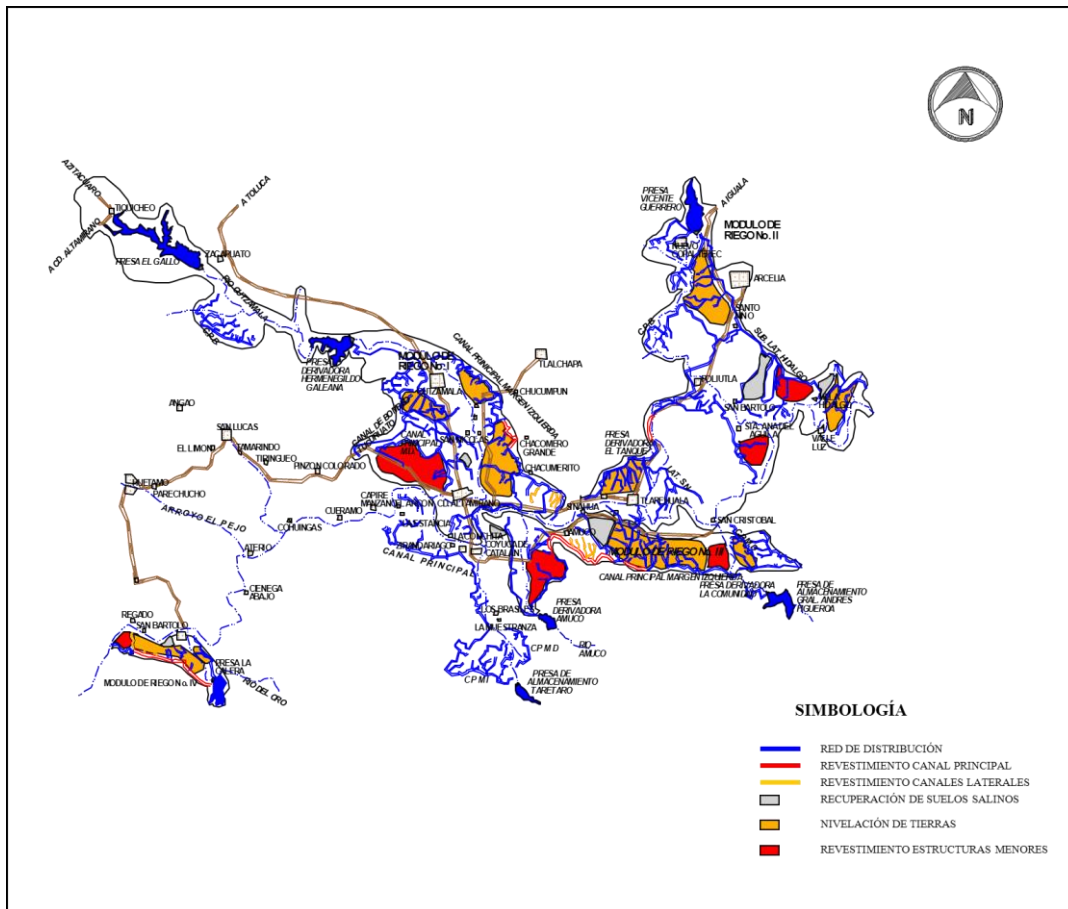
Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

5.4.5. Distrito de Riego 057 Amuco-Cutzamala, Gro.

Antecedentes: entró en operación en el año de 1953; declarándose como de utilidad pública el distrito de riego Hermenegildo Galeana por decreto presidencial publicado en el DOF el 5 de septiembre de 1985.

Ubicación: se localiza en la parte centro-norte del estado de Guerrero; se distribuye en 11 municipios que son: Pungarabato, Coyuca de Catalán, Arcelia, Ajuchitlán, Cutzamala, Tlalchapa, San Miguel Totolapan, Tlapehuala y Zirándaro, en Guerrero; San Lucas en el estado de Michoacán y Tlatlaya en el estado de México (Figura 5.15).

Figura 5. 15 Croquis del distrito de riego 057 Amuco-Cutzamala, Gro.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2008).

Superficies y usuarios: abarca una superficie total de 27,600 hectáreas, de las cuales 27,487 hectáreas corresponden a la superficie regable que se distribuyen entre 4,665 usuarios. Aproximadamente el 74% de la superficie regable pertenece a usuarios ejidales y el restante 26% a pequeños propietarios.

Principales cultivos: maíz, melón, sorgo, mango, pepino, jitomate, pastos.

Módulos que conforman el distrito: Módulo 1. Asociación de Usuarios Hermenegildo Galeana, A.C.; Módulo 2. Asociación de Usuarios Módulo II Presa Vicente Guerrero, A.C.; Módulo 3. Asociación de Usuarios de Tierra Caliente Andrés Figueroa, A.C., Módulo 4. Asociación de Usuarios Presa La Calera Zirándaro, A.C.; Módulo 5. Asociación de Usuarios Módulo de Riego Sureste de Michoacán, A.C.; y Módulo 6. Asociación de Usuarios del Sistema de Riego Amuco, A.C.

Fuentes de abastecimiento: la fuente principal de abastecimiento de agua la constituyen las aguas que se almacenan en las presas Vicente Guerrero, Andrés Figueroa, La Calera y El Gallo; así como las aguas del río Amuco, las cuales se aprovechan mediante derivación y plantas de bombeo.

Indicadores y umbrales de sequía hidrológica: en este caso se trata de un sistema de irrigación regulado por cuatro presas de almacenamiento (Vicente Guerrero, Andrés Figueroa, La Calera y El Gallo), por lo cual el indicador de sequía hidrológica más adecuado para la planeación es el Índice de

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Estado Mixto (IEM), el cual ha sido calculado para cada una de las presas de almacenamiento mencionadas.

De esta manera, en lo concerniente a la presa Vicente Guerrero, la cual es la más grande del distrito con una capacidad de almacenamiento útil de 209 hm³, en la Tabla 5.11 y Figura 5.16 se presenta la evolución mensual del IEM. En la Tabla 5.11 se puede apreciar que al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), en esta presa se ha presentado una situación estable o de normalidad (color verde, IEM > 0.50) la gran mayoría de las veces (80%); aunque en el resto de los años (20%) ha prevalecido el estado de prealerta (color amarillo, 0.50 ≥ IEM > 0.30). Por ello, sólo en casos excepcionales será necesario imponer restricciones en la demanda de agua y poner en marcha medidas de conservación del recurso y de gestión de la demanda en esta presa. Sin embargo, se observa que durante los meses de marzo, abril y mayo de cada año agrícola predominan los estados de alerta (color naranja, 0.30 ≥ IEM > 0.15) y emergencia (color rojo, IEM ≤ 0.15), en cuyo caso es ineludible la aplicación de medidas extraordinarias de ahorro del recurso.

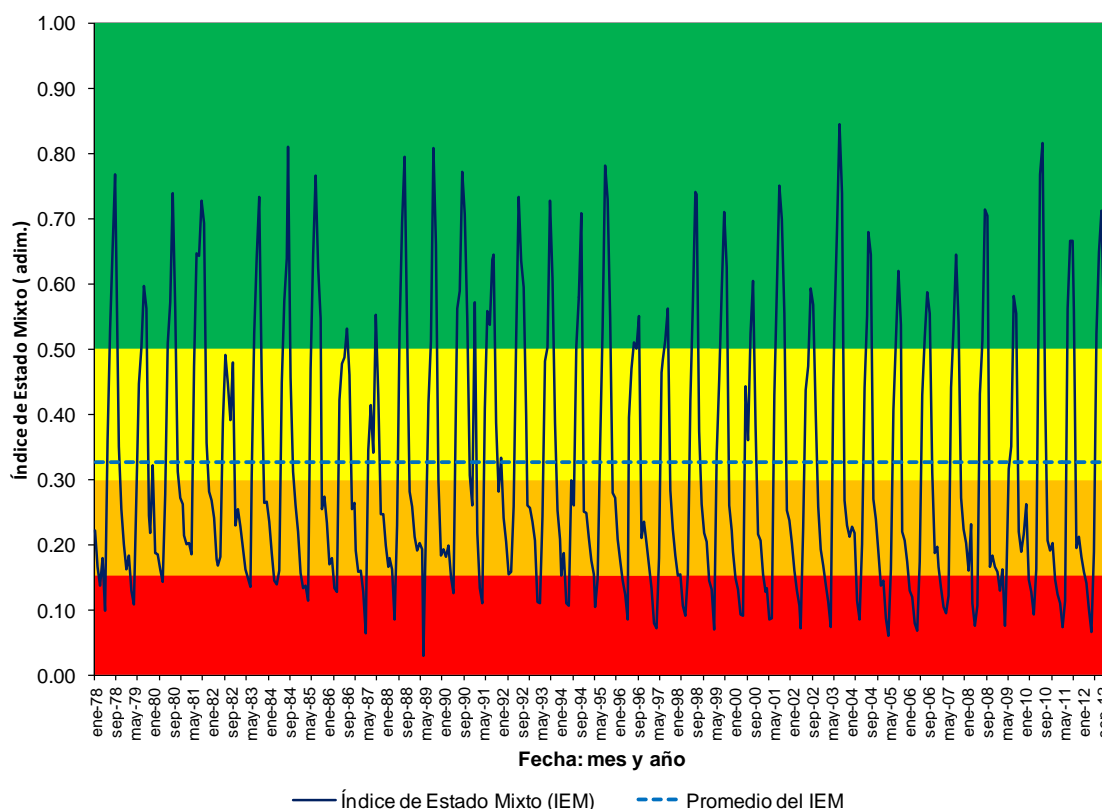
Tabla 5.11 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Vicente Guerrero.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1978-79	0.64	0.35	0.26	0.20	0.16	0.18	0.13	0.11	0.28	0.45	0.50	0.60
1979-80	0.56	0.25	0.22	0.32	0.19	0.19	0.16	0.14	0.28	0.51	0.57	0.74
1980-81	0.56	0.31	0.27	0.26	0.21	0.20	0.20	0.19	0.47	0.65	0.64	0.73
1981-82	0.69	0.36	0.28	0.27	0.24	0.18	0.17	0.18	0.39	0.49	0.45	0.39
1982-83	0.48	0.23	0.25	0.23	0.20	0.16	0.15	0.14	0.30	0.52	0.64	0.73
1983-84	0.45	0.26	0.27	0.24	0.19	0.15	0.14	0.16	0.45	0.58	0.64	0.81
1984-85	0.46	0.31	0.26	0.22	0.16	0.13	0.14	0.11	0.47	0.64	0.77	0.63
1985-86	0.55	0.26	0.27	0.23	0.17	0.18	0.13	0.13	0.42	0.48	0.49	0.53
1986-87	0.46	0.26	0.27	0.19	0.16	0.16	0.13	0.06	0.35	0.42	0.34	0.55
1987-88	0.43	0.25	0.25	0.20	0.17	0.18	0.16	0.09	0.23	0.53	0.69	0.80
1988-89	0.53	0.28	0.26	0.21	0.19	0.20	0.19	0.03	0.22	0.42	0.51	0.81
1989-90	0.66	0.30	0.18	0.19	0.18	0.20	0.15	0.13	0.43	0.56	0.59	0.77
1990-91	0.71	0.55	0.31	0.26	0.57	0.22	0.13	0.11	0.41	0.56	0.54	0.64
1991-92	0.65	0.39	0.28	0.33	0.24	0.20	0.16	0.16	0.26	0.51	0.73	0.64
1992-93	0.60	0.40	0.26	0.26	0.24	0.21	0.11	0.11	0.24	0.48	0.50	0.73
1993-94	0.61	0.39	0.25	0.21	0.15	0.19	0.11	0.11	0.30	0.26	0.51	0.58
1994-95	0.71	0.25	0.25	0.21	0.18	0.15	0.10	0.15	0.35	0.53	0.78	0.73
1995-96	0.55	0.28	0.27	0.21	0.18	0.15	0.12	0.08	0.40	0.47	0.51	0.50
1996-97	0.55	0.21	0.23	0.20	0.17	0.13	0.08	0.07	0.18	0.46	0.48	0.52
1997-98	0.56	0.28	0.22	0.18	0.15	0.15	0.11	0.09	0.15	0.42	0.57	0.74
1998-99	0.74	0.37	0.26	0.22	0.20	0.15	0.13	0.07	0.34	0.45	0.59	0.71
1999-00	0.63	0.26	0.22	0.19	0.15	0.13	0.09	0.09	0.44	0.36	0.52	0.61
2000-01	0.38	0.22	0.21	0.16	0.13	0.13	0.09	0.09	0.43	0.59	0.75	0.70
2001-02	0.55	0.25	0.24	0.20	0.16	0.13	0.11	0.07	0.23	0.44	0.47	0.59
2002-03	0.57	0.40	0.26	0.19	0.17	0.14	0.11	0.07	0.44	0.54	0.69	0.85
2003-04	0.74	0.27	0.23	0.21	0.23	0.22	0.11	0.09	0.20	0.44	0.55	0.68

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2004-05	0.64	0.27	0.24	0.19	0.14	0.15	0.09	0.06	0.16	0.41	0.51	0.62
2005-06	0.54	0.22	0.21	0.17	0.13	0.12	0.08	0.07	0.17	0.43	0.52	0.59
2006-07	0.55	0.31	0.19	0.20	0.17	0.13	0.11	0.09	0.12	0.44	0.53	0.65
2007-08	0.54	0.27	0.22	0.20	0.16	0.23	0.11	0.08	0.11	0.43	0.51	0.72
2008-09	0.70	0.17	0.18	0.17	0.16	0.13	0.16	0.08	0.14	0.32	0.35	0.58
2009-10	0.56	0.22	0.19	0.22	0.26	0.15	0.13	0.09	0.16	0.59	0.77	0.82
2010-11	0.44	0.21	0.19	0.20	0.15	0.12	0.11	0.07	0.11	0.56	0.67	0.67
2011-12	0.56	0.19	0.21	0.18	0.16	0.14	0.10	0.07	0.19	0.52	0.65	0.71

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 16 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Vicente Guerrero.



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Por otra parte, en lo relativo a la presa Andrés Figueroa, la cual es la segunda más grande del distrito con una capacidad de almacenamiento útil de 86.5 hm³, en la Tabla 5.12 y Figura 5.17 se presenta la evolución mensual del IEM. En la Tabla 5.12 se puede apreciar que al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), en esta presa se ha presentado una situación estable o de normalidad (color verde, IEM > 0.50) la gran mayoría de las veces (83%); aunque han ocurrido algunos años en que se ha presentado el estado de prealerta (color amarillo, 0.50 ≥ IEM > 0.30), de alerta (color naranja, 0.30 ≥ IEM > 0.15) y de emergencia (color rojo, IEM ≤ 0.15). Es importante observar que durante los meses desde enero hasta mayo de todos los años agrícolas han predominado los estados de emergencia, en cuyo caso es

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

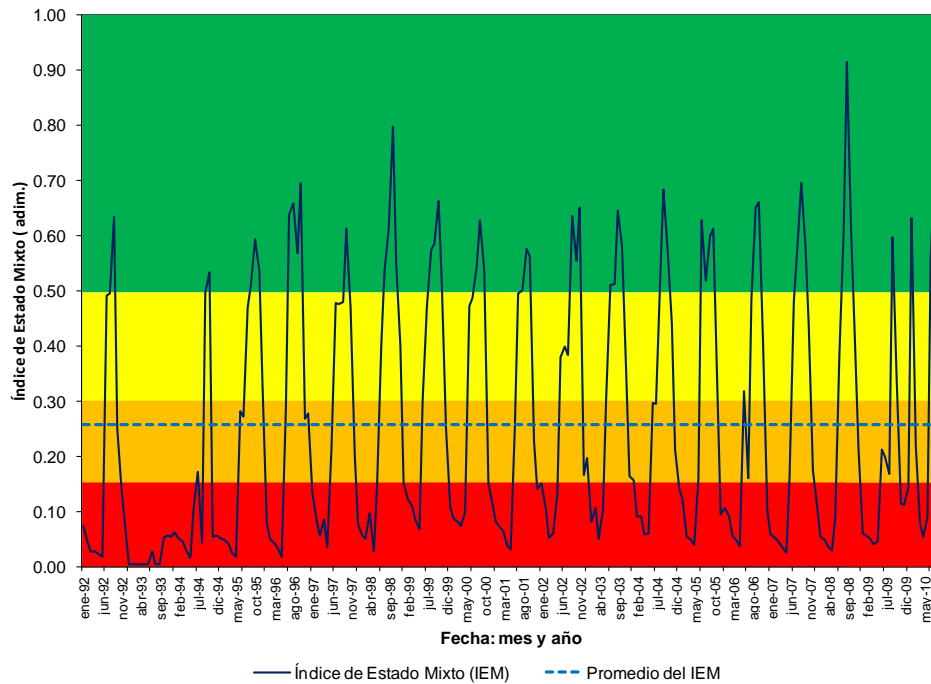
ineludible la imposición de restricciones en la demanda de agua y la aplicación de medidas extraordinarias de ahorro del recurso.

Tabla 5. 12 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Andrés Figueroa.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1992-93	0.25	0.14	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01
1993-94	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.03	0.02	0.11	0.17	0.04	0.50
1994-95	0.53	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02	0.28	0.27	0.47	0.51
1995-96	0.59	0.54	0.33	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02	0.29	0.64	0.66	0.57
1996-97	0.70	0.27	0.28	0.13	0.08	0.06	0.08	0.04	0.21	0.48	0.48	0.48
1997-98	0.61	0.47	0.20	0.08	0.06	0.05	0.10	0.03	0.15	0.40	0.54	0.61
1998-99	0.80	0.55	0.40	0.15	0.12	0.11	0.09	0.07	0.30	0.47	0.57	0.59
1999-00	0.66	0.52	0.25	0.11	0.09	0.08	0.07	0.10	0.47	0.49	0.54	0.63
2000-01	0.54	0.15	0.12	0.08	0.07	0.06	0.04	0.03	0.26	0.50	0.50	0.58
2001-02	0.56	0.23	0.14	0.15	0.11	0.05	0.06	0.13	0.38	0.40	0.38	0.64
2002-03	0.56	0.65	0.17	0.20	0.08	0.11	0.05	0.10	0.31	0.51	0.51	0.65
2003-04	0.58	0.41	0.16	0.16	0.09	0.09	0.06	0.06	0.30	0.30	0.52	0.68
2004-05	0.57	0.44	0.21	0.14	0.12	0.06	0.05	0.04	0.16	0.63	0.52	0.60
2005-06	0.61	0.31	0.09	0.11	0.09	0.06	0.05	0.04	0.32	0.16	0.49	0.65
2006-07	0.66	0.40	0.10	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.17	0.48	0.57	0.69
2007-08	0.58	0.44	0.17	0.13	0.06	0.05	0.04	0.03	0.09	0.39	0.61	0.91
2008-09	0.61	0.44	0.21	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05	0.21	0.20	0.17	0.60
2009-10	0.34	0.11	0.11	0.14	0.63	0.22	0.08	0.06	0.09	0.56	0.74	0.74

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 17 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Andrés Figueroa.



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

En este orden de ideas, en la Tabla 5.13 y Figura 5.18 se presenta la evolución mensual del IEM para la presa de almacenamiento La Calera, la cual es la tercera en tamaño en el distrito, con una capacidad útil de tan sólo 8.4 hm³. En la Tabla 5.13 es posible observar que al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), en esta presa se ha presentado una situación estable o de normalidad (color verde, IEM > 0.50) el 48% de las veces; pero en el resto de los años (52%) se ha presentado el estado de prealerta (color amarillo, 0.50 ≥ IEM > 0.30), y el estado de alerta (color naranja, 0.30 ≥ IEM > 0.15). Asimismo, se puede observar claramente que durante los meses que van desde noviembre hasta junio de todos los años agrícolas, predomina el estado de emergencia (color rojo, IEM ≤ 0.15), por lo que es imprescindible hacer un manejo adecuado del agua en esta presa, aplicando de manera permanente medidas de conservación del recurso y de gestión de la demanda que permitan el ahorro del vital líquido.

Tabla 5. 13 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa La Calera.

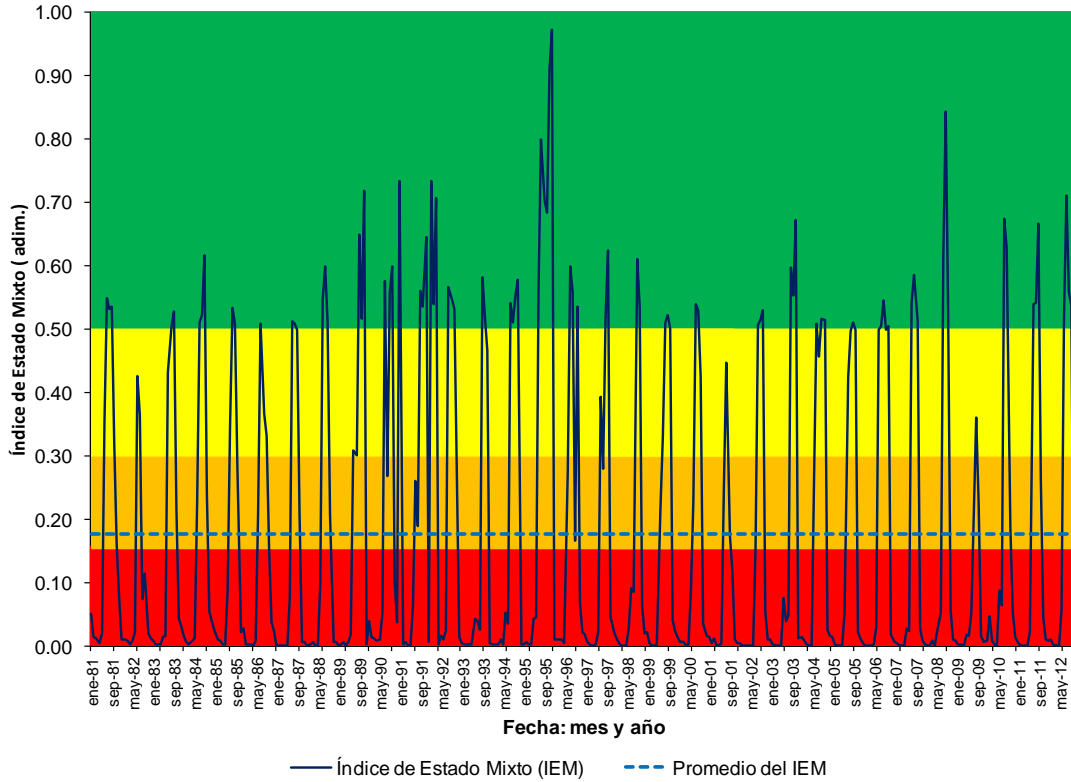
Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1981-82	0.32	0.16	0.08	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.43	0.37	0.07
1982-83	0.12	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.43	0.50	0.53
1983-84	0.22	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.23	0.51	0.52	0.62
1984-85	0.24	0.05	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.09	0.35	0.53	0.51
1985-86	0.28	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.21	0.51	0.37	0.33
1986-87	0.15	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.51	0.51	0.50
1987-88	0.21	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.10	0.55	0.60	0.51
1988-89	0.21	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.31	0.30	0.65
1989-90	0.52	0.72	0.00	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.58	0.27	0.56
1990-91	0.60	0.10	0.04	0.73	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.26	0.19	0.56

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1991-92	0.54	0.65	0.01	0.73	0.54	0.71	0.00	0.02	0.01	0.02	0.57	0.55
1992-93	0.53	0.27	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.02	0.58
1993-94	0.52	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.04	0.54	0.51
1994-95	0.55	0.58	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.04	0.56	0.80	0.70
1995-96	0.68	0.91	0.97	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.28	0.60	0.56	0.17
1996-97	0.54	0.07	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.39	0.28	0.52
1997-98	0.62	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.09	0.61
1998-99	0.53	0.06	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.33	0.51	0.52
1999-00	0.50	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.09	0.23	0.54	0.53
2000-01	0.42	0.04	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.25	0.45	0.17
2001-02	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.51	0.52
2002-03	0.53	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.04	0.05	0.60
2003-04	0.55	0.67	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.26	0.51	0.46	0.52
2004-05	0.51	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.42	0.50	0.51
2005-06	0.50	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.50	0.51	0.54
2006-07	0.50	0.50	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.54	0.59
2007-08	0.51	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.05	0.61	0.84
2008-09	0.52	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.05	0.21	0.36
2009-10	0.22	0.02	0.01	0.01	0.05	0.01	0.00	0.00	0.09	0.06	0.67	0.63
2010-11	0.19	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.54	0.54	0.67
2011-12	0.26	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.52	0.71	0.56

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 18 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa La Calera.



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Finalmente, con respecto a la presa El Gallo, al igual que con las presas anteriores, el indicador de sequía hidrológica más adecuado para la planeación es el Índice de Estado Mixto (IEM). Sin embargo, no se cuenta con información de aportaciones de agua a la presa, por lo que no es posible calcular el Índice de Ecurrimiento (I_f), necesario para determinar el IEM. Por tal motivo, el indicador que se utiliza en este caso es el Índice de Embalse (I_{emb}), el cual se determina a partir de los registros históricos de almacenamientos mensuales en la presa.

De esta manera, en la Tabla 5.14 y Figura 5.19 se presenta la evolución del índice de embalse para la presa El Gallo. En la Tabla 5.14 se puede observar que en el período de registro que tiene (1999 a 2012), al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), la presa se ha encontrado en un estado de normalidad (color verde, $I_{emb} > 0.50$) durante todos los años. Por tal motivo, se considera que en esta presa sólo en casos excepcionales será necesario imponer restricciones en la demanda de agua y 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.

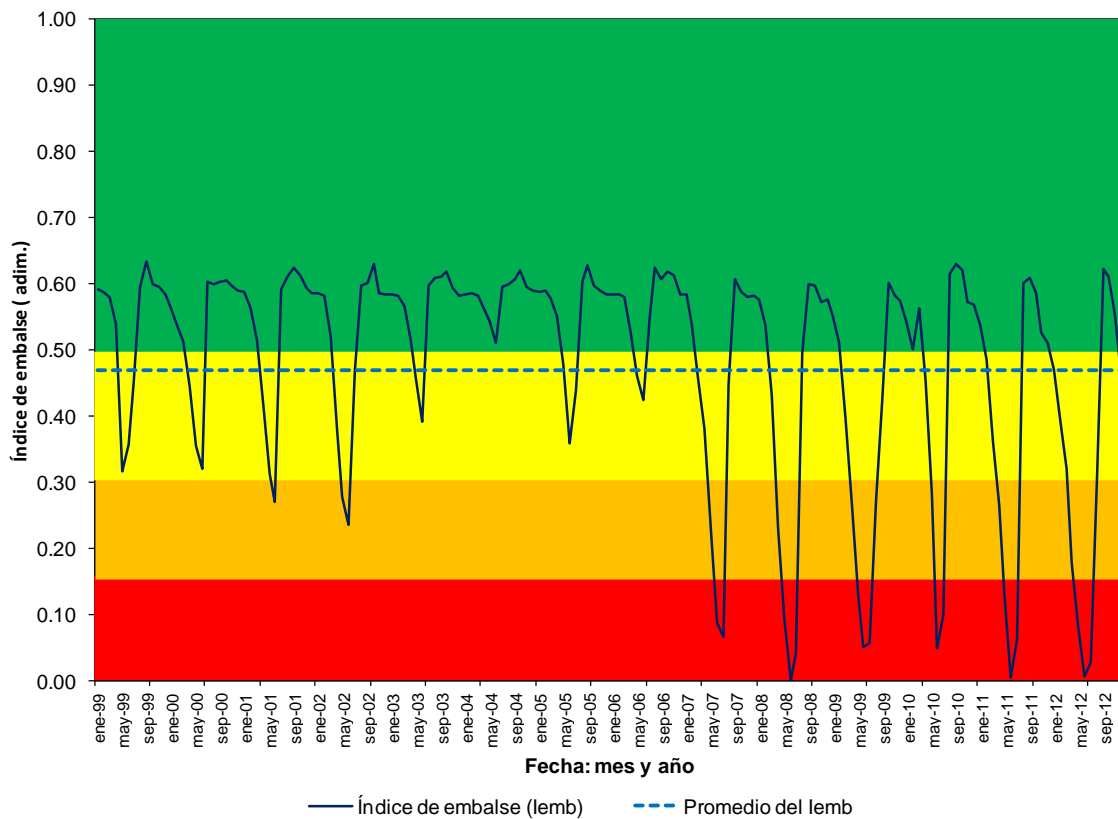
Tabla 5. 14 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa El Gallo.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1999-00	0.60	0.59	0.58	0.56	0.54	0.51	0.45	0.36	0.32	0.60	0.60	0.60
2000-01	0.60	0.60	0.59	0.59	0.56	0.52	0.42	0.31	0.27	0.59	0.61	0.63

2001-02	0.61	0.59	0.59	0.59	0.58	0.52	0.38	0.28	0.24	0.47	0.60	0.60
2002-03	0.63	0.59	0.58	0.58	0.58	0.57	0.52	0.46	0.39	0.60	0.61	0.61
2003-04	0.62	0.59	0.58	0.58	0.59	0.58	0.56	0.54	0.51	0.60	0.60	0.61
2004-05	0.62	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.55	0.48	0.36	0.44	0.60	0.63
2005-06	0.60	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.53	0.46	0.42	0.55	0.62	0.61
2006-07	0.62	0.61	0.58	0.58	0.54	0.46	0.38	0.23	0.09	0.07	0.45	0.61
2007-08	0.59	0.58	0.58	0.58	0.54	0.43	0.23	0.09	0.00	0.04	0.50	0.60
2008-09	0.60	0.57	0.58	0.55	0.51	0.40	0.27	0.13	0.05	0.06	0.27	0.43
2009-10	0.60	0.58	0.58	0.54	0.50	0.56	0.45	0.28	0.05	0.10	0.61	0.63
2010-11	0.62	0.57	0.57	0.54	0.49	0.36	0.27	0.13	0.00	0.06	0.60	0.61
2011-12	0.59	0.53	0.51	0.47	0.39	0.32	0.18	0.08	0.01	0.03	0.31	0.62

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 19 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa El Gallo.



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

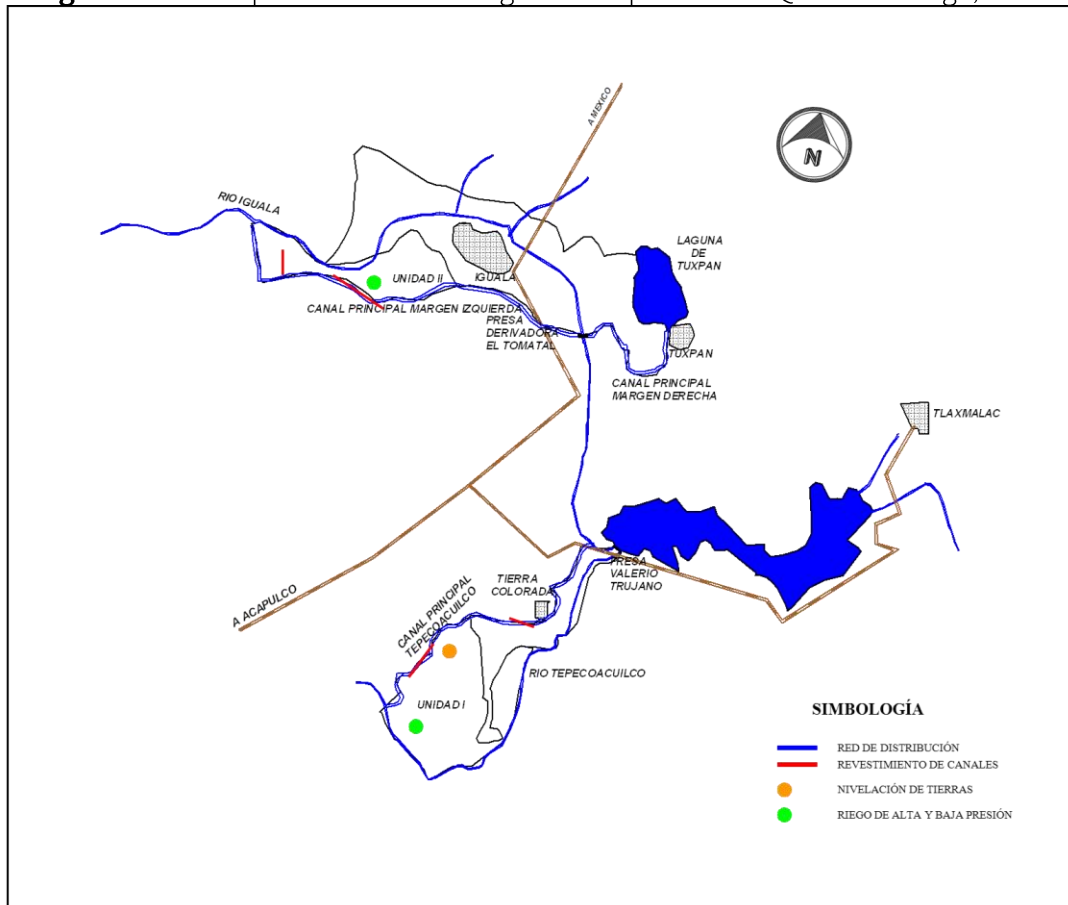
5.4.6. Distrito de Riego 068 Tepecoacuilco-Quechultenango, Gro.

Antecedentes: entró en operación en el año de 1964, estableciéndose como distrito de riego por acuerdo presidencial el día 2 de marzo de 1965 y publicado en el DOF el 19 de marzo del mismo año.

Ubicación: se localiza en la parte noreste del estado de Guerrero, en los municipios de Tepecoacuilco,

Iguala, Cocula y Teloapan (Figura 5.20).

Figura 5. 20 Croquis del distrito de riego 068 Tepecoaluilco-Quechultenango, Gro.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2008).

Superficies y usuarios: tiene una superficie dominada de 2,706 hectáreas y regable de 2,527 hectáreas que pertenecen a 650 usuarios de riego. Aproximadamente 68% de la superficie regable corresponde a usuarios ejidatarios y el 32% restante pertenece a pequeños propietarios.

Principales cultivos: maíz, okra, estropajo, mango, pápalo.

Módulos que conforman el distrito: Módulo 1. Valerio Trujano, A.C. y Módulo 2. Valle de Cocula, A.C.

Fuentes de abastecimiento: la fuente principal de abastecimiento la constituyen las aguas del río Tepecoacuilco que se almacenan en la presa Valerio Trujano; así como las aguas del río Ahuehuepan las cuales se aprovechan mediante derivación.

Indicadores y umbrales de sequía hidrológica: se trata de un sistema de riego regulado por una presa de almacenamiento (Valerio Trujano), por lo que el indicador de sequía hidrológica más adecuado para la planeación es el Índice de Estado Mixto (IEM), el cual involucra tanto las aportaciones de agua a la presa como los niveles de almacenamiento de la misma.

En este sentido, en la Tabla 5.15 y en la Figura 5.21 se resume la evolución del IEM para la presa de

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

almacenamiento Valerio Trujano, cuya capacidad útil es de 34.0 hm³. En la Tabla 5.15 se puede apreciar que en el mes de octubre de cada año (inicio del año agrícola correspondiente), la mayor parte de las veces (70%) la presa se ha encontrado en un estado de *prealerta* (color amarillo, $0.50 \geq IEM > 0.30$) y de *alerta* (color naranja, $0.30 \geq IEM > 0.15$), y sólo un 30% de los meses de octubre presentan una situación *estable o de normalidad* (color verde, $IEM > 0.50$). Por ello, cuando se activa el estado de *alerta*, es necesario imponer restricciones en la demanda de agua (con una meta de reducción de 20 a 35%) y 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.

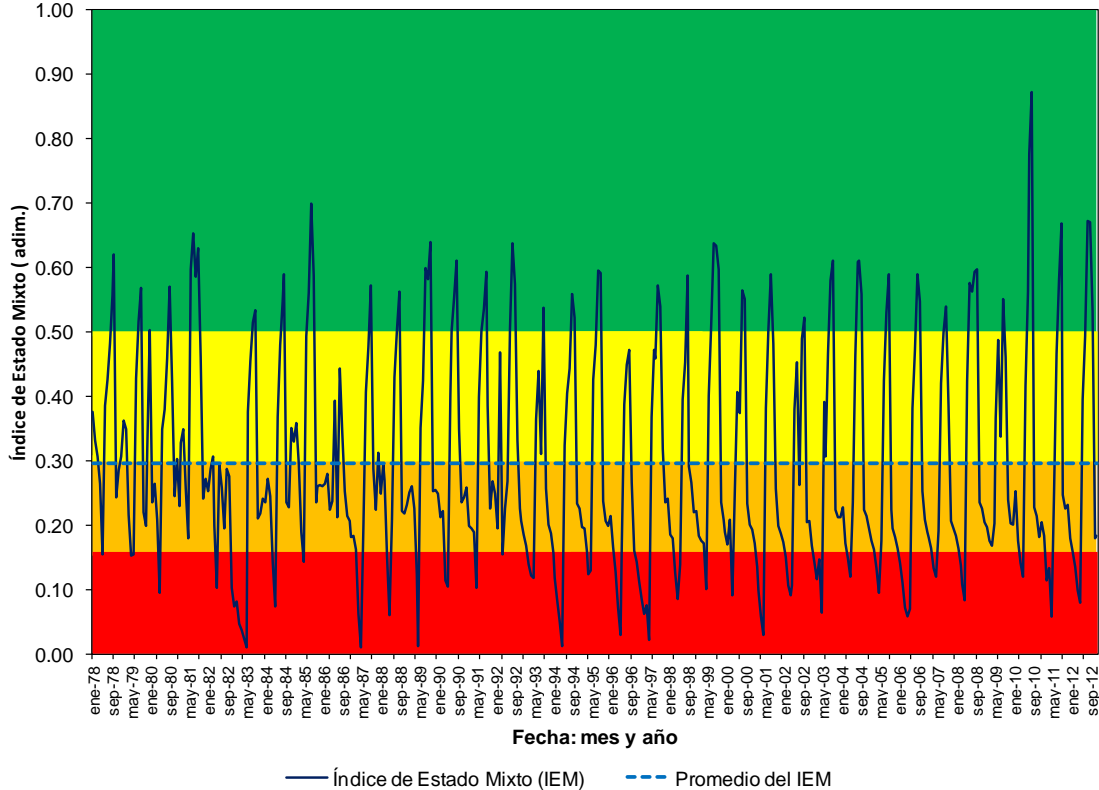
Tabla 5. 15 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Valerio Trujano.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1978-79	0.62	0.24	0.29	0.31	0.36	0.35	0.22	0.15	0.15	0.43	0.52	0.57
1979-80	0.22	0.20	0.32	0.50	0.24	0.26	0.21	0.10	0.35	0.38	0.46	0.57
1980-81	0.42	0.25	0.30	0.23	0.33	0.35	0.26	0.18	0.60	0.65	0.59	0.63
1981-82	0.46	0.24	0.27	0.25	0.29	0.31	0.20	0.10	0.30	0.26	0.20	0.29
1982-83	0.28	0.10	0.07	0.08	0.05	0.04	0.02	0.01	0.38	0.45	0.51	0.53
1983-84	0.21	0.22	0.24	0.24	0.27	0.25	0.14	0.07	0.37	0.48	0.55	0.59
1984-85	0.24	0.23	0.35	0.33	0.36	0.30	0.19	0.14	0.49	0.56	0.70	0.59
1985-86	0.24	0.26	0.26	0.26	0.26	0.28	0.22	0.24	0.39	0.21	0.44	0.34
1986-87	0.25	0.21	0.21	0.18	0.18	0.16	0.06	0.01	0.20	0.41	0.48	0.57
1987-88	0.29	0.22	0.31	0.25	0.30	0.27	0.15	0.06	0.21	0.43	0.50	0.56
1988-89	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.23	0.12	0.01	0.35	0.42	0.60	0.58
1989-90	0.64	0.25	0.25	0.25	0.21	0.22	0.11	0.11	0.40	0.50	0.55	0.61
1990-91	0.35	0.24	0.24	0.26	0.20	0.19	0.19	0.10	0.40	0.50	0.54	0.59
1991-92	0.39	0.23	0.27	0.25	0.20	0.47	0.15	0.23	0.27	0.50	0.64	0.57
1992-93	0.33	0.23	0.21	0.19	0.17	0.14	0.12	0.12	0.37	0.44	0.31	0.54
1993-94	0.26	0.20	0.19	0.16	0.12	0.08	0.05	0.01	0.32	0.41	0.44	0.56
1994-95	0.52	0.23	0.23	0.20	0.20	0.16	0.12	0.13	0.43	0.48	0.60	0.59
1995-96	0.24	0.21	0.20	0.22	0.17	0.13	0.07	0.03	0.17	0.39	0.45	0.47
1996-97	0.27	0.16	0.14	0.11	0.09	0.06	0.08	0.02	0.37	0.47	0.46	0.57
1997-98	0.54	0.32	0.24	0.24	0.19	0.18	0.13	0.09	0.14	0.40	0.45	0.59
1998-99	0.29	0.27	0.22	0.22	0.18	0.18	0.17	0.10	0.40	0.51	0.64	0.63
1999-00	0.60	0.24	0.21	0.19	0.17	0.21	0.09	0.25	0.41	0.37	0.56	0.55
2000-01	0.23	0.20	0.19	0.17	0.14	0.10	0.06	0.03	0.38	0.50	0.59	0.48
2001-02	0.26	0.20	0.19	0.17	0.15	0.11	0.09	0.11	0.38	0.45	0.26	0.49
2002-03	0.52	0.20	0.21	0.17	0.14	0.12	0.15	0.07	0.39	0.31	0.47	0.58
2003-04	0.61	0.22	0.21	0.21	0.23	0.17	0.15	0.12	0.23	0.46	0.61	0.61
2004-05	0.56	0.22	0.21	0.20	0.18	0.16	0.13	0.10	0.18	0.43	0.53	0.59
2005-06	0.22	0.20	0.18	0.16	0.14	0.11	0.07	0.06	0.07	0.38	0.47	0.59
2006-07	0.55	0.25	0.21	0.19	0.18	0.16	0.13	0.12	0.19	0.42	0.50	0.54
2007-08	0.39	0.21	0.20	0.18	0.16	0.14	0.11	0.08	0.42	0.58	0.56	0.59
2008-09	0.60	0.24	0.23	0.20	0.20	0.18	0.17	0.20	0.37	0.49	0.34	0.55

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2009-10	0.46	0.24	0.20	0.20	0.25	0.18	0.14	0.12	0.42	0.56	0.78	0.87
2010-11	0.23	0.21	0.18	0.20	0.18	0.11	0.13	0.06	0.25	0.47	0.58	0.67
2011-12	0.25	0.23	0.23	0.18	0.16	0.14	0.10	0.08	0.40	0.49	0.67	0.67

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 21 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Valerio Trujano.



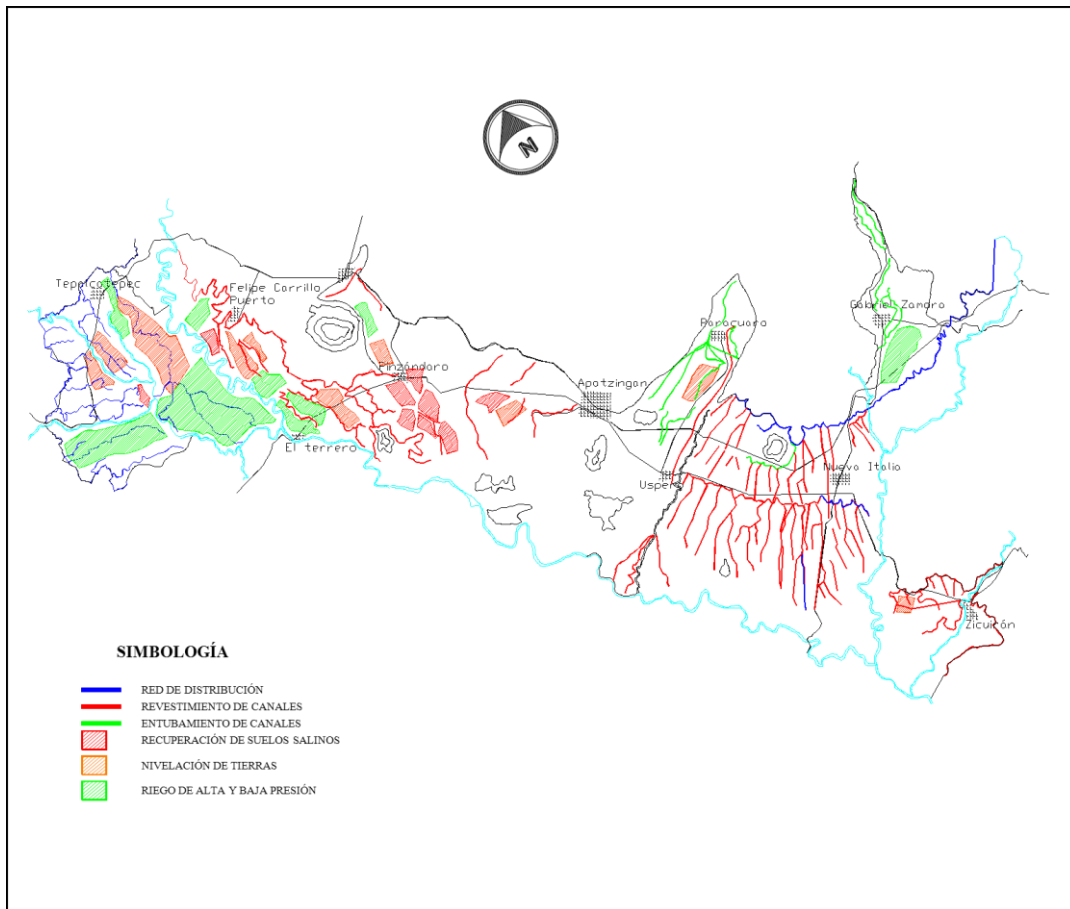
Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

5.4.7. Distrito de Riego 097 Lázaro Cárdenas, Mich.

Antecedentes: fue creado mediante acuerdo presidencial del 12 de abril de 1938 y publicado en el DOF el 17 de mayo del mismo año. Posteriormente se amplía el distrito en la margen derecha del río Tepalcatepec, por decreto presidencial del 12 de abril de 1984, publicado en el DOF el 16 de abril del mismo año.

Ubicación: se localiza en los municipios Francisco J. Mújica, Gabriel Zamora, La Huacana, Parácuaro, Apatzingán, Buena Vista, Aguililla y Tepalcatepec en el estado de Michoacán y Jilotlán en el estado de Jalisco (Figura 5.22).

Figura 5. 22 Croquis del distrito de riego 097 Lázaro Cárdenas, Mich.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2008).

Superficies y usuarios: cuenta con una superficie dominada de 97,595 hectáreas y regable de 73,830 hectáreas que se distribuyen entre 9,440 usuarios. Aproximadamente el 94% de la superficie regable pertenece a usuarios ejidatarios y el 6% restante corresponde a pequeños propietarios.

Principales cultivos: sorgo, maíz, pepino y otras hortalizas.

Módulos que conforman el distrito: Módulo 1. Asociación de Usuarios de Riego Lombardía, A.C.; Módulo 2. Asociación de Usuarios de Riego J. Trinidad Pérez Navarro, A.C.; Módulo 3. Asociación de Usuarios de Riego Benito Juárez, A.C.; Módulo 4. Asociación de Usuarios de Riego de la Presa Zicuirán, A.C.; Módulo 5. Asociación de Usuarios Parácuaro, A.C.; Módulo 5B, Asociación de Usuarios Presa Cancita, A.C.; Módulo 6. Asociación de Usuarios de Riego Manantiales de Apatzingán, A.C.; Módulo 7. Asociación de Usuarios del Módulo No. 7, de Buenavista Tomatlán, Mich., Ing. Elías Pérez Ávalos, A.C.; Módulo 8. Asociación de Usuarios de Riego del Valle de Tomatlán, A.C.; Módulo 9. Asociación de Usuarios Felipe Carrillo Puerto, A.C.; Módulo 10. Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 097 en Tepalcatepec, Mich., A.C.; Módulo 11. Asociación de Usuarios Lic. Natalio Vázquez Pallares, A.C.; y Módulo 12. Asociación de Usuarios Sistema 18 de Marzo, A.C.

Fuentes de abastecimiento: las fuentes principales de abastecimiento de agua las constituyen las aguas que se almacenan en las presas Constitución de Apatzingán (Chilatán), Zicuirán y Los Olivos; las aguas de los ríos Cupatitzio, Cajones, Cancita, Apatzingán y Buenavista que se aprovechan mediante

derivación.

Indicadores y umbrales de sequía hidrológica: en este caso se trata de un sistema de irrigación regulado por tres presas de almacenamiento (Constitución de Apatzingán, Zicuirán y Los Olivos), por lo cual el indicador de sequía hidrológica más adecuado para la planeación es el Índice de Estado Mixto (IEM), el cual ha sido calculado para cada una de las presas mencionadas.

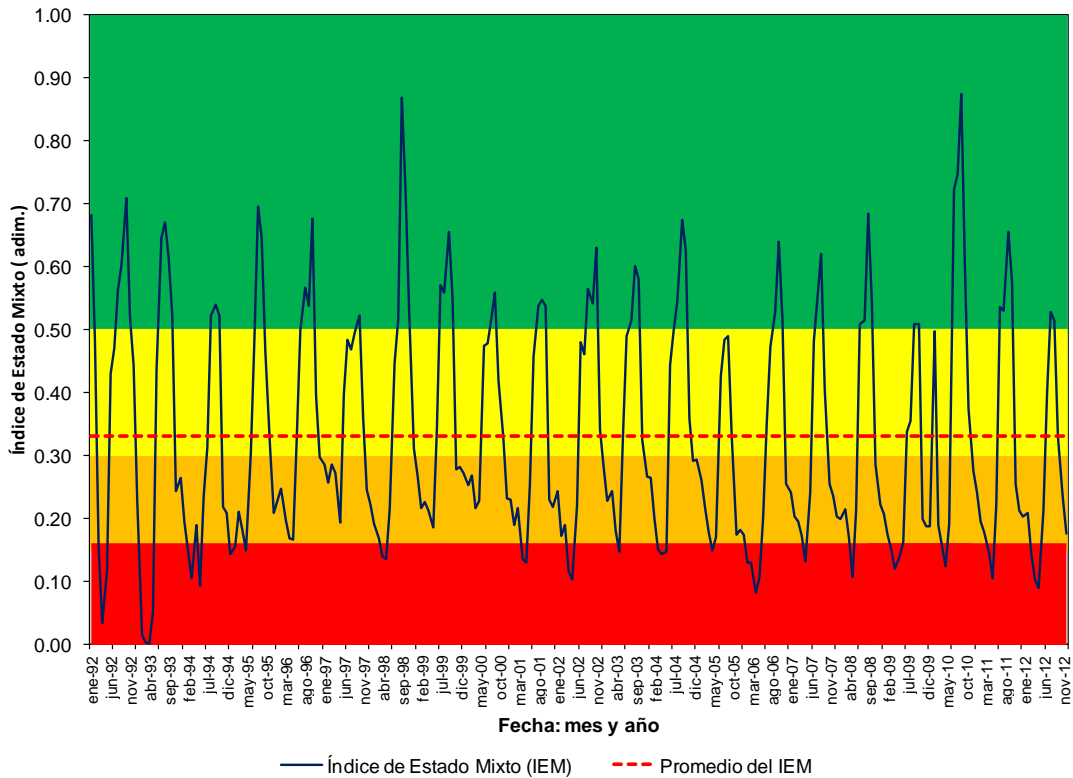
De esta forma, en la Tabla 5.16 y en la Figura 5.23 se resume la evolución del Índice de Estado Mixto para la presa Constitución de Apatzingán (Chilatán), cuya capacidad de almacenamiento útil es de 361.2 hm³. En la Tabla 5.16 se puede observar que en el período de registro (1992 a 2012), al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), la presa se ha encontrado en un estado de normalidad (color verde, IEM > 0.50) la mayoría de las veces (80%); pero han existido varios años (20%) en los que la situación de la presa ha sido un estado de prealerta (color amarillo, 0.50 ≥ IEM > 0.30). Por ello, se considera que en esta presa sólo en casos excepcionales será necesario imponer restricciones en la demanda de agua y 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.

Tabla 5. 16 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Constitución de Apatzingán (Chilatán).

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1992-93	0.71	0.52	0.44	0.23	0.01	0.00	0.00	0.05	0.44	0.65	0.67	0.61
1993-94	0.52	0.24	0.26	0.20	0.15	0.10	0.19	0.09	0.23	0.31	0.52	0.54
1994-95	0.52	0.22	0.21	0.14	0.16	0.21	0.18	0.15	0.30	0.49	0.70	0.65
1995-96	0.47	0.31	0.21	0.23	0.25	0.20	0.17	0.17	0.33	0.50	0.57	0.54
1996-97	0.68	0.39	0.30	0.29	0.26	0.29	0.27	0.19	0.40	0.48	0.47	0.50
1997-98	0.52	0.36	0.25	0.22	0.19	0.17	0.14	0.14	0.22	0.45	0.52	0.87
1998-99	0.72	0.53	0.31	0.27	0.22	0.23	0.21	0.19	0.34	0.57	0.56	0.66
1999-00	0.55	0.28	0.28	0.27	0.25	0.27	0.22	0.23	0.47	0.48	0.52	0.56
2000-01	0.42	0.33	0.23	0.23	0.19	0.22	0.14	0.13	0.25	0.46	0.54	0.55
2001-02	0.54	0.23	0.22	0.24	0.17	0.19	0.12	0.10	0.22	0.48	0.46	0.56
2002-03	0.54	0.63	0.34	0.28	0.23	0.24	0.18	0.15	0.33	0.49	0.51	0.60
2003-04	0.58	0.32	0.27	0.26	0.20	0.15	0.14	0.15	0.44	0.50	0.55	0.67
2004-05	0.63	0.36	0.29	0.29	0.26	0.22	0.18	0.15	0.17	0.43	0.48	0.49
2005-06	0.33	0.17	0.18	0.17	0.13	0.13	0.08	0.11	0.20	0.35	0.47	0.53
2006-07	0.64	0.52	0.26	0.24	0.20	0.20	0.17	0.13	0.24	0.48	0.55	0.62
2007-08	0.40	0.26	0.24	0.20	0.20	0.22	0.17	0.11	0.21	0.51	0.52	0.68
2008-09	0.54	0.29	0.22	0.21	0.17	0.15	0.12	0.14	0.16	0.34	0.36	0.51
2009-10	0.51	0.20	0.19	0.19	0.50	0.19	0.16	0.12	0.19	0.72	0.75	0.87
2010-11	0.60	0.37	0.28	0.24	0.19	0.18	0.15	0.10	0.22	0.54	0.53	0.65
2011-12	0.58	0.26	0.21	0.20	0.21	0.14	0.10	0.09	0.21	0.40	0.53	0.52

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 23 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Constitución de Apatzingán (Chilatán).



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Igualmente, en la Tabla 5.17 y Figura 5.24 se exhibe la evolución del IEM para la presa Zicuirán, cuya capacidad de almacenamiento útil es de 37.4 hm³. En la Tabla 5.17 se puede observar que en el período de registro de esta presa (2000 a 2012), al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), la presa se ha encontrado en un estado de normalidad (color verde, IEM > 0.50) durante todos los años. Por ello, sólo en casos excepcionales será necesario imponer restricciones en la demanda de agua y 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. Esto puede suceder, por ejemplo, durante los meses de enero a junio, donde predomina un estado de emergencia (color rojo, IEM ≤ 0.15), en cuyo caso es ineludible la aplicación de medidas extraordinarias.

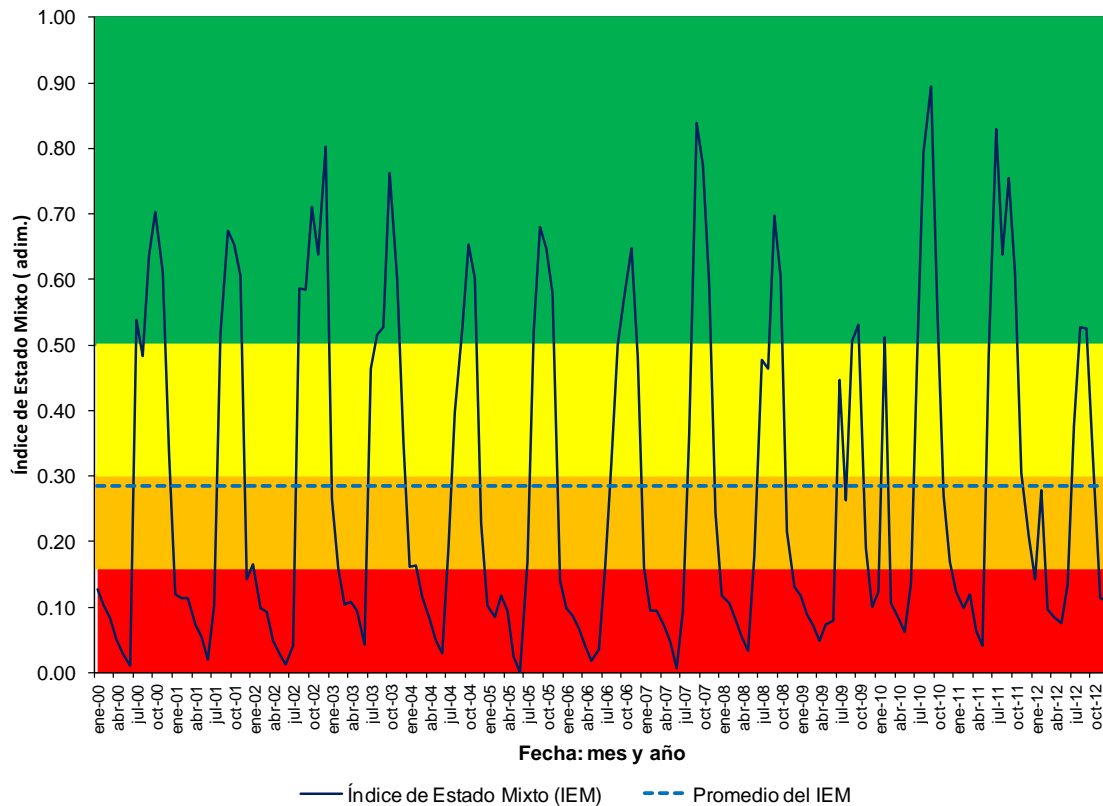
Tabla 5. 17 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Zicuirán.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2000-01	0.70	0.61	0.34	0.12	0.11	0.11	0.07	0.05	0.02	0.10	0.52	0.67
2001-02	0.65	0.61	0.14	0.17	0.10	0.09	0.05	0.03	0.01	0.04	0.59	0.58
2002-03	0.71	0.64	0.80	0.26	0.16	0.10	0.11	0.09	0.04	0.46	0.52	0.53
2003-04	0.76	0.60	0.35	0.16	0.16	0.12	0.08	0.05	0.03	0.19	0.40	0.53
2004-05	0.65	0.60	0.23	0.10	0.09	0.12	0.09	0.02	0.00	0.17	0.52	0.68
2005-06	0.65	0.58	0.14	0.10	0.09	0.07	0.04	0.02	0.03	0.16	0.32	0.50
2006-07	0.57	0.65	0.48	0.16	0.10	0.09	0.07	0.05	0.01	0.09	0.36	0.84

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2007-08	0.77	0.59	0.24	0.12	0.11	0.08	0.05	0.03	0.18	0.48	0.46	0.70
2008-09	0.60	0.22	0.13	0.12	0.09	0.07	0.05	0.07	0.08	0.45	0.26	0.51
2009-10	0.53	0.19	0.10	0.12	0.51	0.11	0.08	0.06	0.14	0.49	0.80	0.89
2010-11	0.56	0.27	0.17	0.12	0.10	0.12	0.06	0.04	0.49	0.83	0.64	0.76
2011-12	0.61	0.30	0.21	0.14	0.28	0.10	0.09	0.08	0.13	0.38	0.53	0.53

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5.24 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Zicuirán.



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

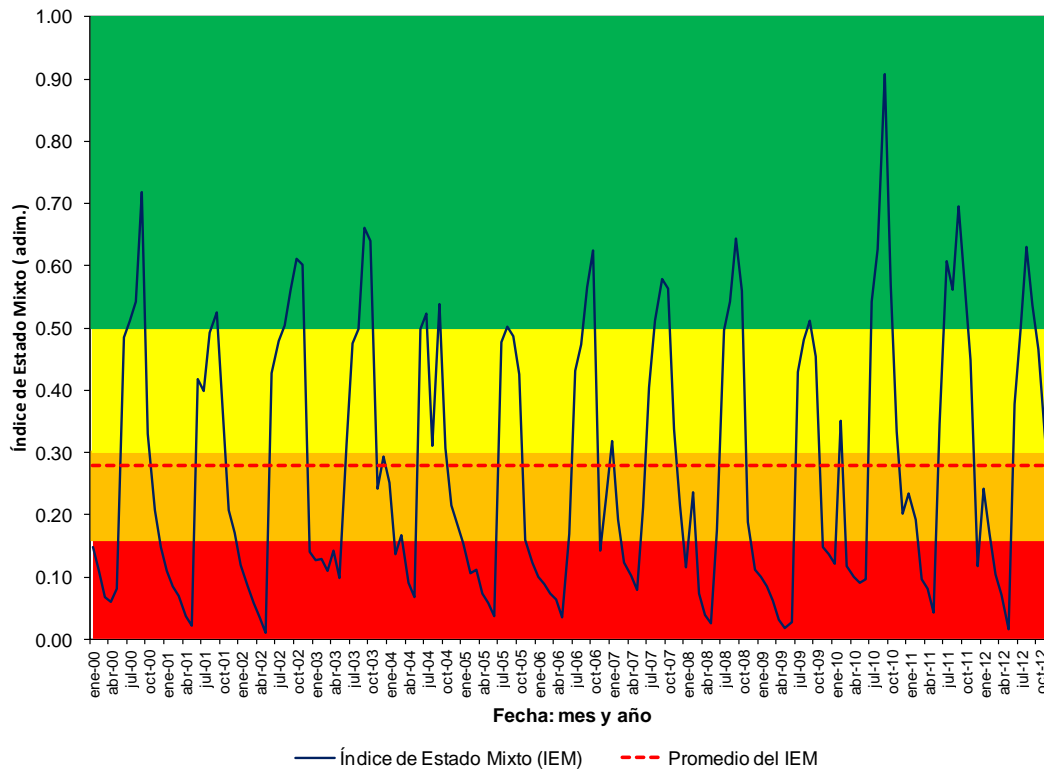
Por último, en la Tabla 5.18 y Figura 5.25 se exhibe la evolución del IEM para la presa Los Olivos, cuya capacidad de almacenamiento útil es de 20.2 hm³. En la Tabla 5.18 se puede observar que en el período de registro (2000 a 2012), al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), la presa se ha encontrado en un estado de normalidad (color verde, IEM > 0.50) y de prealerta (color amarillo, 0.50 ≥ IEM > 0.30). Por ello, se considera que en esta presa sólo en casos excepcionales será necesario imponer restricciones en la demanda de agua y 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. Esto puede suceder, por ejemplo, durante los meses de enero a mayo, donde predomina un estado de emergencia (color rojo, IEM ≤ 0.15), en cuyo caso es ineludible la aplicación de medidas extraordinarias.

Tabla 5. 18 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Los Olivos.

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2000-01	0.33	0.21	0.15	0.11	0.08	0.07	0.04	0.02	0.42	0.40	0.49	0.53
2001-02	0.37	0.21	0.17	0.12	0.09	0.06	0.03	0.01	0.43	0.48	0.50	0.56
2002-03	0.61	0.60	0.14	0.13	0.13	0.11	0.14	0.10	0.31	0.47	0.50	0.66
2003-04	0.64	0.24	0.29	0.25	0.14	0.17	0.09	0.07	0.50	0.52	0.31	0.54
2004-05	0.31	0.22	0.18	0.15	0.11	0.11	0.07	0.06	0.04	0.48	0.50	0.49
2005-06	0.43	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06	0.04	0.17	0.43	0.47	0.56
2006-07	0.63	0.14	0.23	0.32	0.19	0.12	0.10	0.08	0.21	0.40	0.51	0.58
2007-08	0.56	0.34	0.22	0.12	0.24	0.07	0.04	0.03	0.17	0.50	0.54	0.64
2008-09	0.56	0.19	0.11	0.10	0.08	0.06	0.03	0.02	0.03	0.43	0.48	0.51
2009-10	0.45	0.15	0.14	0.12	0.35	0.12	0.10	0.09	0.10	0.54	0.63	0.91
2010-11	0.57	0.33	0.20	0.24	0.19	0.10	0.08	0.04	0.35	0.61	0.56	0.69
2011-12	0.57	0.45	0.12	0.24	0.17	0.10	0.07	0.02	0.38	0.50	0.63	0.54

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 25 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa Los Olivos.



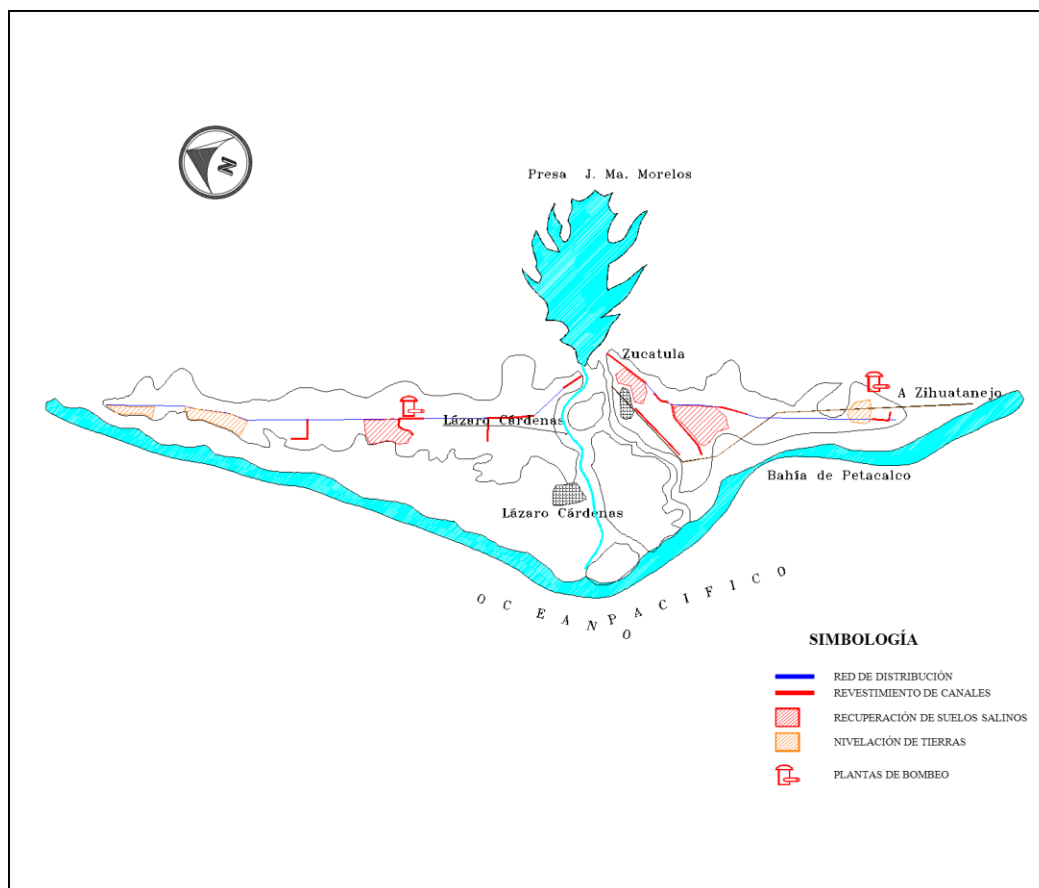
Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

5.4.8. Distrito de Riego 098 José Ma. Morelos, Mich.

Antecedentes: se estableció por decreto presidencial del 12 de marzo de 1973, publicado en el DOF el 3 de abril del mismo año. Entró en operación en el año de 1978.

Ubicación: se localiza en la parte sureste del estado de Michoacán y suroeste del estado de Guerrero, en los municipios de Lázaro Cárdenas y La Unión, respectivamente (Figura 5.26).

Figura 5. 26 Croquis del distrito de riego 098 José María Morelos, Mich.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2008).

Superficies y usuarios: domina una superficie total de 11,661 hectáreas de las cuales 6,938 hectáreas son regables y pertenecen a 1,728 usuarios. Aproximadamente el 75% de la superficie regable corresponde a usuarios ejidatarios y el 25% restante pertenece a pequeños propietarios.

Principales cultivos: mango, coco, papaya, plátano.

Módulos que conforman el distrito: Módulo 1. Fruticultores del Balsas Vicente Guerrero, A. C., en el estado de Guerrero; y Módulo 2. Asociación de Usuarios de la Unidad de Riego No. 2, en el estado de Michoacán.

Fuentes de abastecimiento: la fuente principal de abastecimiento de agua la constituyen las aguas del río Balsas que se almacenan en la presa José María Morelos (La Villita).

Indicadores y umbrales de sequía hidrológica: dado que se trata de un sistema de riego regulado por una presa de almacenamiento (José María Morelos), el indicador de sequía hidrológica más adecuado para la planeación es el Índice de Estado Mixto (IEM), en el que se ponderan los indicadores de escurrimiento (I_f) y de embalse (I_{emb}).

En la Tabla 5.19 y en la Figura 5.27 se resume la evolución del índice de estado para la presa José María Morelos (La Villita). En la tabla se puede observar que en el período de 1981 a 2012, al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), la presa se ha encontrado en un estado de normalidad (color verde, $IEM > 0.50$) la mayoría de las veces (51%); pero han existido varios años (23%) en los que la situación de la presa ha sido un estado de prealerta (color amarillo, $0.50 \geq IEM > 0.30$), y unos pocos años (19%) en los que se ha presentado un estado de alerta (color naranja, $0.30 \geq IEM > 0.15$) y de emergencia (color rojo, $IEM \leq 0.15$). Cuando ocurre la situación de alerta es necesario imponer restricciones en la demanda de agua (con una meta de reducción de 20 a 35%) y 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; y en casos de emergencia es ineludible la reducción en la demanda (superior al 35%) y la aplicación de medidas extraordinarias de ahorro del recurso.

Tabla 5. 19 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa José María Morelos (La Villita).

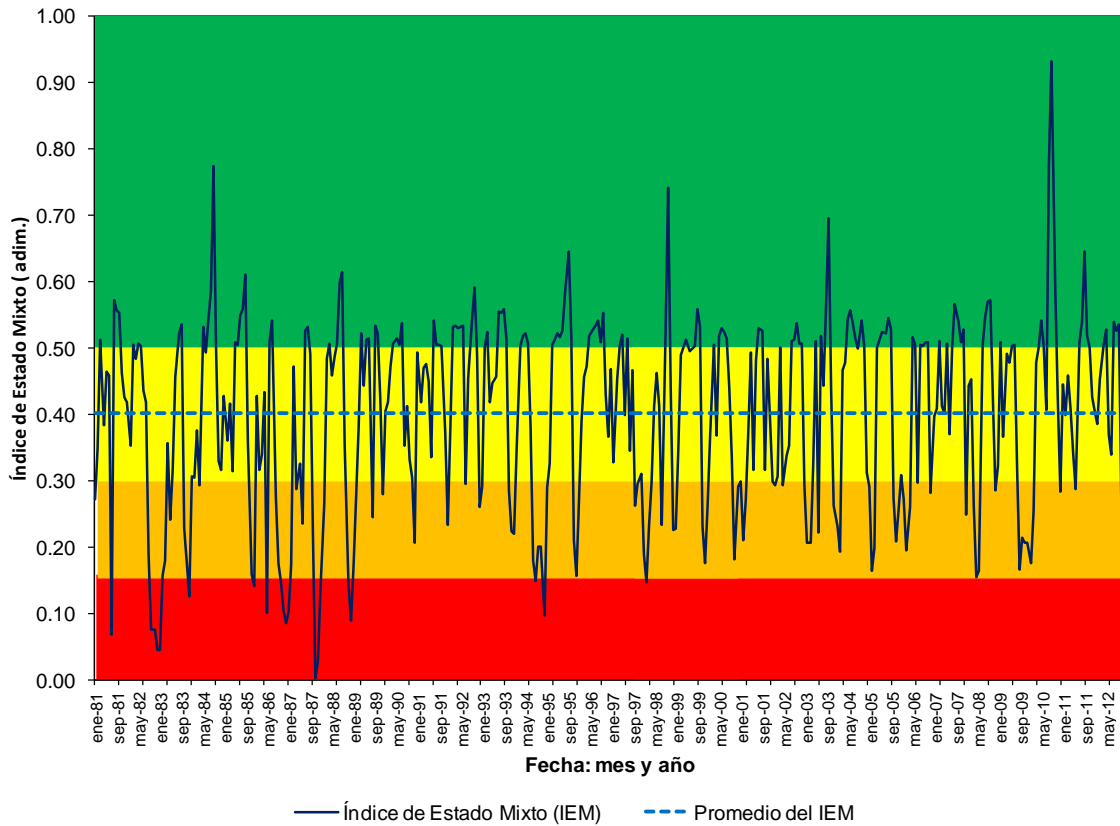
Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1981-82	0.55	0.46	0.43	0.42	0.35	0.51	0.48	0.51	0.50	0.44	0.42	0.19
1982-83	0.08	0.08	0.05	0.05	0.16	0.18	0.36	0.24	0.32	0.46	0.52	0.54
1983-84	0.23	0.18	0.13	0.31	0.31	0.38	0.29	0.53	0.49	0.54	0.59	0.77
1984-85	0.50	0.33	0.32	0.43	0.36	0.42	0.31	0.51	0.50	0.55	0.56	0.61
1985-86	0.36	0.16	0.14	0.43	0.32	0.34	0.43	0.10	0.51	0.54	0.27	0.18
1986-87	0.15	0.10	0.09	0.10	0.17	0.47	0.29	0.33	0.24	0.53	0.53	0.49
1987-88	0.23	0.00	0.03	0.13	0.27	0.48	0.51	0.46	0.49	0.51	0.60	0.62
1988-89	0.35	0.14	0.09	0.17	0.28	0.38	0.52	0.44	0.51	0.51	0.25	0.53
1989-90	0.52	0.42	0.28	0.41	0.42	0.47	0.51	0.51	0.51	0.54	0.35	0.41
1990-91	0.33	0.30	0.21	0.49	0.42	0.47	0.48	0.45	0.33	0.54	0.50	0.50
1991-92	0.50	0.37	0.23	0.38	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.30	0.46	0.54
1992-93	0.59	0.49	0.26	0.29	0.50	0.52	0.42	0.45	0.46	0.55	0.55	0.56
1993-94	0.51	0.29	0.23	0.22	0.35	0.50	0.52	0.52	0.51	0.38	0.18	0.15
1994-95	0.20	0.20	0.10	0.29	0.33	0.50	0.51	0.52	0.52	0.53	0.58	0.65
1995-96	0.51	0.21	0.16	0.27	0.39	0.46	0.47	0.52	0.53	0.53	0.54	0.51
1996-97	0.55	0.43	0.37	0.47	0.33	0.45	0.50	0.52	0.40	0.51	0.35	0.47
1997-98	0.26	0.30	0.31	0.19	0.15	0.23	0.30	0.41	0.46	0.41	0.23	0.52
1998-99	0.74	0.44	0.23	0.23	0.35	0.49	0.50	0.51	0.50	0.50	0.50	0.56
1999-00	0.53	0.23	0.18	0.26	0.37	0.51	0.37	0.52	0.53	0.52	0.51	0.44
2000-01	0.34	0.18	0.29	0.30	0.21	0.27	0.38	0.49	0.32	0.48	0.53	0.53
2001-02	0.32	0.48	0.39	0.30	0.29	0.31	0.50	0.29	0.34	0.35	0.51	0.51
2002-03	0.54	0.51	0.51	0.29	0.21	0.21	0.33	0.51	0.22	0.52	0.44	0.56
2003-04	0.70	0.44	0.26	0.23	0.19	0.47	0.48	0.54	0.56	0.54	0.51	0.50
2004-05	0.54	0.50	0.31	0.29	0.17	0.20	0.50	0.51	0.53	0.52	0.55	0.53

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2005-06	0.27	0.21	0.26	0.31	0.27	0.20	0.26	0.52	0.51	0.30	0.51	0.50
2006-07	0.51	0.51	0.28	0.40	0.41	0.51	0.41	0.40	0.51	0.37	0.50	0.57
2007-08	0.54	0.51	0.53	0.25	0.44	0.45	0.26	0.16	0.16	0.51	0.55	0.57
2008-09	0.57	0.43	0.29	0.32	0.51	0.37	0.49	0.48	0.50	0.50	0.32	0.17
2009-10	0.21	0.21	0.21	0.18	0.26	0.48	0.50	0.54	0.50	0.41	0.78	0.93
2010-11	0.59	0.42	0.28	0.45	0.40	0.46	0.41	0.34	0.29	0.51	0.54	0.64
2011-12	0.52	0.50	0.43	0.41	0.39	0.45	0.51	0.53	0.37	0.34	0.54	0.53

Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 27 Evolución del Índice de Estado Mixto (IEM) para la presa José María Morelos (La Villita).



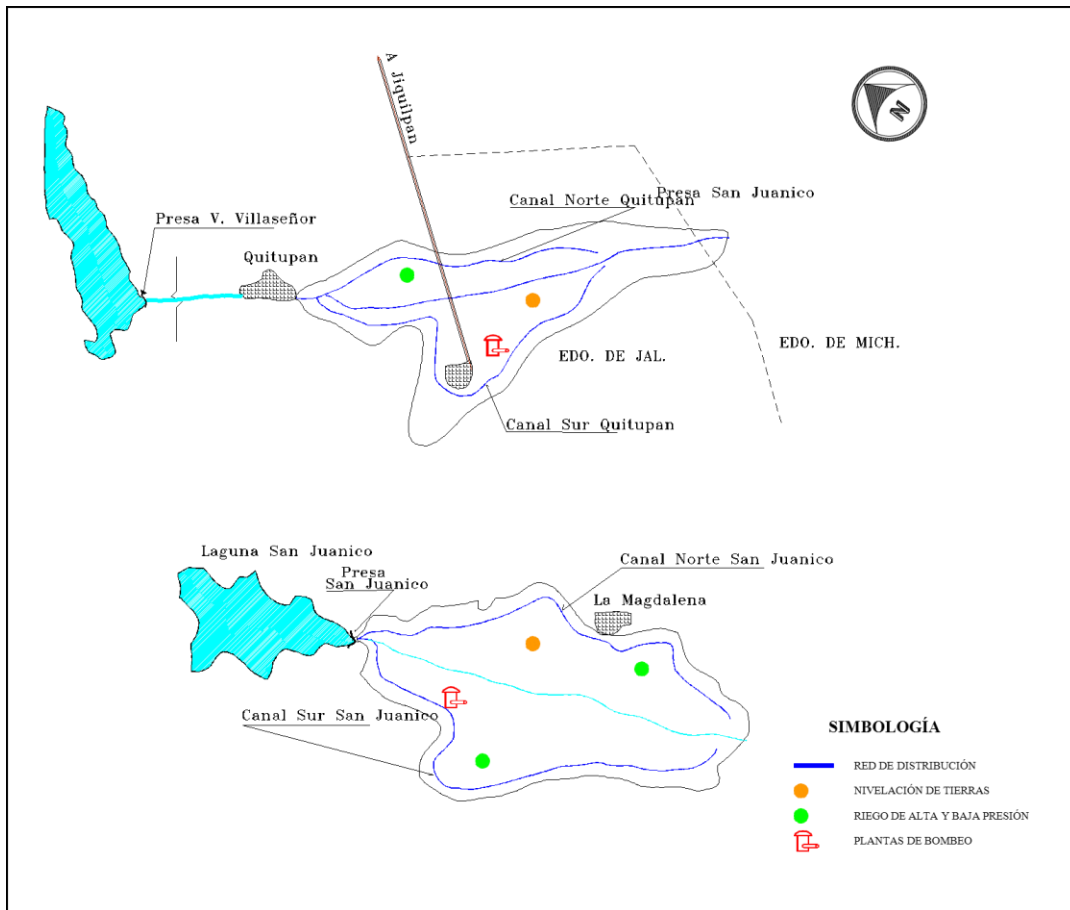
Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

5.4.9. Distrito de Riego 099 Quitupán-Magdalena, Mich.

Antecedentes: este distrito de riego no tiene decreto o acuerdo de establecimiento. Entró en operación en el año de 1950.

Ubicación: se localiza en la parte noroeste del estado de Michoacán, en los municipios de Cotija, Tocuambo y Tingüindín (Figura 5.28).

Figura 5. 28 Croquis del distrito de riego 099 Quitupán-La Magdalena, Mich.



Fuente: elaborado a partir de CONAGUA (2008).

Superficies y usuarios: tiene una superficie dominada de 3,555 hectáreas y regable de 3,555 hectáreas que se distribuyen entre 680 usuarios. Aproximadamente el 81% de la superficie regable pertenece a usuarios ejidatarios y el 19% restante corresponde a pequeños propietarios.

Principales cultivos: caña de azúcar y en menor escala cultivos como pepino, jitomate y aguacate.

Módulos que conforman el distrito: consta de un solo módulo, el Módulo 1. Asociación de Productores Agrícolas del Módulo la Magdalena, A.C.

Fuentes de abastecimiento: la corriente principal está constituida por el río Tepalcatepec que es la fuente de abastecimiento de la presa San Juanico, la cual abastece de agua para uso agrícola al módulo de riego.

Indicadores y umbrales de sequía hidrológica: se trata de un sistema de riego regulado por una presa de almacenamiento (San Juanico), por lo cual el indicador de sequía hidrológica más adecuado para la planeación es el Índice de Estado Mixto (IEM). Sin embargo, no se cuenta con información de aportaciones de agua a la presa, por lo que no es posible calcular el Índice de Esguerrimiento (I_f), necesario para determinar el IEM. Por tal motivo, el indicador que se utiliza es el Índice de Embalse (I_{emb}), el cual se determina a partir de los registros históricos de almacenamientos mensuales en la presa.

De esta manera, en la Tabla 5.20 y Figura 5.29 se presenta la evolución del índice de embalse para la presa San Juanico. En la Tabla 5.20 se puede observar que en el período de 1978 a 2012 al inicio de cada año agrícola (mes de octubre), la presa se ha encontrado en un estado de normalidad (color verde, $I_{emb} > 0.50$) la mayoría de las veces (59%); pero han existido varios años (32%) en los que la situación de la presa ha sido un estado de prealerta (color amarillo, $0.50 \geq I_{emb} > 0.30$), y sólo un año (octubre de 1982-83) en el que se ha presentado un estado de alerta (color naranja, $0.30 \geq I_{emb} > 0.15$). Por ello, se considera que en esta presa sólo en casos excepcionales será necesario imponer restricciones en la demanda de agua y poner en marcha medidas de conservación del recurso agua y de gestión de la demanda que permitan su mantenimiento con aplicación de las medidas de ahorro pertinentes.

Tabla 5. 20 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa San Juanico.

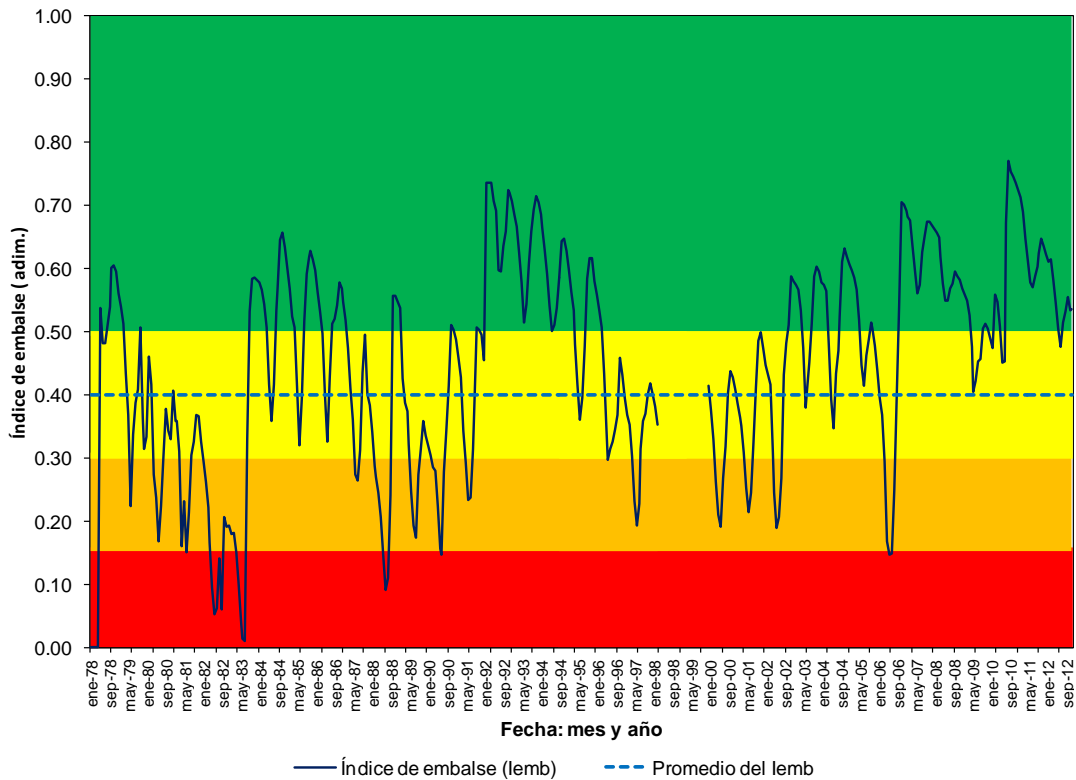
Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1978-79	0.60	0.61	0.59	0.56	0.54	0.51	0.43	0.37	0.22	0.34	0.39	0.41
1979-80	0.51	0.36	0.32	0.33	0.46	0.42	0.28	0.24	0.17	0.22	0.30	0.38
1980-81	0.34	0.33	0.41	0.36	0.36	0.31	0.16	0.23	0.15	0.21	0.31	0.33
1981-82	0.37	0.37	0.33	0.30	0.26	0.22	0.17	0.10	0.05	0.06	0.14	0.06
1982-83	0.21	0.19	0.19	0.18	0.18	0.15	0.10	0.04	0.02	0.01	0.33	0.53
1983-84	0.58	0.59	0.58	0.58	0.57	0.54	0.51	0.42	0.36	0.42	0.53	0.57
1984-85	0.65	0.66	0.63	0.60	0.57	0.52	0.51	0.41	0.32	0.40	0.52	0.59
1985-86	0.62	0.63	0.61	0.60	0.56	0.53	0.50	0.40	0.33	0.43	0.51	0.52
1986-87	0.54	0.58	0.57	0.55	0.52	0.47	0.41	0.36	0.28	0.26	0.31	0.44
1987-88	0.49	0.40	0.38	0.34	0.29	0.27	0.24	0.21	0.15	0.09	0.11	0.24
1988-89	0.56	0.56	0.55	0.54	0.43	0.39	0.37	0.32	0.25	0.19	0.17	0.28
1989-90	0.32	0.36	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.22	0.16	0.15	0.28	0.34
1990-91	0.41	0.51	0.50	0.49	0.46	0.43	0.34	0.29	0.23	0.24	0.32	0.44
1991-92	0.51	0.50	0.49	0.45	0.74	0.74	0.74	0.71	0.69	0.60	0.59	0.64
1992-93	0.66	0.72	0.72	0.71	0.69	0.67	0.63	0.58	0.51	0.54	0.61	0.66
1993-94	0.69	0.71	0.71	0.69	0.66	0.63	0.59	0.54	0.50	0.51	0.54	0.59
1994-95	0.64	0.65	0.63	0.60	0.56	0.53	0.48	0.42	0.36	0.40	0.48	0.58
1995-96	0.62	0.62	0.58	0.56	0.53	0.51	0.43	0.34	0.30	0.32	0.33	0.35
1996-97	0.37	0.46	0.43	0.40	0.37	0.35	0.30	0.23	0.19	0.23	0.32	0.36
1997-98	0.37	0.40	0.42	0.40	0.38	0.35	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1998-99	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1999-00	SD	SD	SD	0.41	0.38	0.33	0.26	0.21	0.19	0.27	0.32	0.40
2000-01	0.44	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35	0.31	0.25	0.21	0.25	0.32	0.41

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Año Agrícola	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2001-02	0.48	0.50	0.47	0.45	0.43	0.42	0.31	0.25	0.19	0.21	0.27	0.43
2002-03	0.48	0.51	0.59	0.58	0.57	0.57	0.53	0.47	0.38	0.41	0.45	0.51
2003-04	0.59	0.60	0.60	0.58	0.57	0.56	0.48	0.39	0.35	0.43	0.47	0.52
2004-05	0.61	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.57	0.52	0.45	0.41	0.46	0.49
2005-06	0.51	0.50	0.48	0.44	0.40	0.37	0.30	0.17	0.15	0.15	0.25	0.40
2006-07	0.54	0.71	0.70	0.69	0.68	0.68	0.64	0.60	0.56	0.57	0.63	0.65
2007-08	0.67	0.67	0.67	0.66	0.66	0.65	0.62	0.58	0.55	0.55	0.57	0.58
2008-09	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.53	0.48	0.41	0.42	0.45	0.46
2009-10	0.50	0.51	0.50	0.49	0.47	0.56	0.55	0.51	0.45	0.45	0.67	0.77
2010-11	0.75	0.75	0.74	0.72	0.71	0.69	0.65	0.61	0.58	0.57	0.59	0.60
2011-12	0.63	0.65	0.64	0.62	0.61	0.61	0.58	0.55	0.50	0.48	0.52	0.53

SD = Sin dato. Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

Figura 5. 29 Evolución del Índice de Embalse (I_{emb}) para la presa San Juanico.



Fuente: elaborada con información del OCRB y la Gerencia de Distritos de Riego de la CONAGUA.

CAPÍTULO 6. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA

La finalidad del Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas es precisamente anticiparse a las sequías, previendo soluciones para satisfacer las demandas, evitando situaciones de desabasto de agua y conflictos entre usuarios por el uso del vital líquido. El riesgo no puede eliminarse por completo pero este programa es útil para mitigar considerablemente sus efectos, para lo cual es necesario fortalecer e implementar medidas que reduzcan los impactos causados por el déficit hídrico en el corto y largo plazos. Así, este capítulo tiene como finalidad identificar aquellas acciones que pueden ser implementadas para afrontar adecuadamente las sequías y mitigar sus impactos en los diferentes sectores usuarios del agua.

6.1. Medidas para prevenir y mitigar los efectos de la sequía

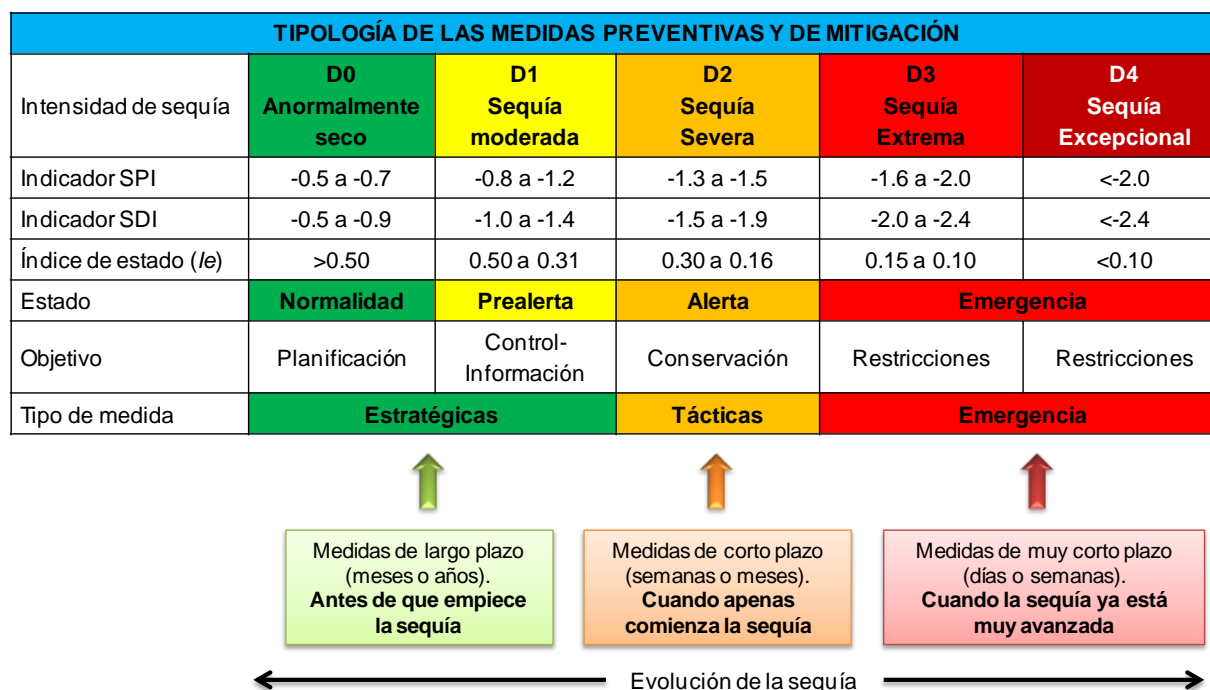
A continuación se presentan una serie acciones que pueden ser implementadas en el marco de la Cuenca para afrontar la sequía en tres sentidos: antes de que ocurra el fenómeno (medidas estratégicas), cuando apenas inicia (medidas tácticas), o cuando ya está presente (medidas de emergencia), tal como se describe a continuación:

- **Medidas estratégicas.** Este tipo de medidas son actuaciones a largo plazo (con duración de más de dos años) y generalmente son de carácter institucional e infraestructural, que forman parte de la planificación hidrológica (estructuras de almacenamiento y regulación, normativa y ordenación de usos).
- **Medidas tácticas.** Las medidas tácticas son actuaciones a corto plazo (con duración desde unos meses hasta dos años) planificadas y validadas con anticipación en el marco del programa de sequía. Se activarán en las fases de prealerta y alerta.
- **Medidas de emergencia.** Las medidas de emergencia son actuaciones a muy corto plazo (con duración de semanas o meses) y tienen como finalidad afrontar el déficit hídrico ocasionado por la sequía cuando ya está presente o cuando está muy avanzada, y variarán en función de la gravedad de la misma y su extensión o grado de afectación a la cuenca.

Es importante mencionar que la distinción entre las medidas estratégicas, las medidas tácticas y las medidas de emergencia depende de la sincronización y la forma en que el Consejo de Cuenca tiene la intención de ponerlas en práctica. Por ejemplo, la rehabilitación de pozos (es decir, la restauración de la producción de agua en los pozos a su forma más eficiente a través de diversos tratamientos y métodos), puede ser vista como una medida estratégica si se hace de forma rutinaria para asegurar que los pozos se encuentren en óptimas condiciones de operación cuando ocurra una sequía; o bien, también puede ser una medida táctica en caso de que se realice tras la declaración de una sequía; en última instancia, también puede ser una medida de emergencia si se realiza cuando la sequía ya está muy avanzada y se requiere extraer agua del subsuelo de manera urgente.

Para la clasificación de estas medidas se han tomado las cinco etapas de la sequía que están determinadas por sus rangos de intensidad (tal como se describió en el capítulo anterior), las cuales son: Anormalmente Seco (D0), Sequía Moderada (D1), Sequía Severa (D2), Sequía Extrema (D3) y Sequía Excepcional (D4). Igualmente, estas etapas se han equiparado con los cuatro niveles de estado de la sequía que son: *situación estable o de normalidad*, *situación de prealerta*, *situación de alerta* y *situación de emergencia*, tal como se ilustra en la Figura 6.1.

Figura 6. 1 Clasificación de las medidas preventivas y de mitigación de la sequía en función de la intensidad de la sequía y de los niveles de estado.



Fuente: elaboración propia.

Además de lo anterior, se especifica una base para la implementación de las acciones, distinguiendo aquellas por el lado de la **oferta** de agua, relacionadas con las obras y sistemas de distribución (Tabla 6.1); y por el lado de la **demanda** las que impactan el uso y consumo por parte de los usuarios (Tabla 6.2). Esto se conoce como la gestión o manejo de la oferta y la demanda de agua en condiciones de sequía.

Tabla 6. 1 Medidas preventivas y de mitigación de la sequía por el lado de la oferta de agua.

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
MONITOREO DE VARIABLES HIDROCLIMÁTICAS					
Mejorar la instrumentación para el monitoreo de variables	Red de estaciones climatológicas	Redistribuir y ampliar la red de estaciones climatológicas en la cuenca para tener un mejor monitoreo de las variables del tiempo atmosférico.	X		

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
hidroclimáticas	Bases de datos climatológicas	Integrar bases de datos climatológicas con la información generada por distintas instancias (SMN, INIFAP, Fundación Produce, etc.), para tener una mayor cobertura.	X		
	Red de estaciones hidrométricas	Ampliar y equipar la red de estaciones hidrométricas en la cuenca para tener un mejor monitoreo de los escurrimientos superficiales.	X		
	Red de estaciones piezométricas	Ampliar y equipar la red de estaciones piezométricas en la cuenca para tener un mejor monitoreo de los niveles freáticos de las aguas subterráneas.	X		
	Sistemas de alerta temprana	Desarrollar e implementar sistemas de alerta temprana de sequía que incluyan el monitoreo y la modelación de fenómenos hidrometeorológicos en tiempo real.	X	X	
SISTEMAS MUNICIPALES DE AGUA					
Mejorar el servicio de distribución de agua en los sistemas municipales	Sustitución de tuberías	Implementar programas de sustitución de tuberías obsoletas o en mal estado para prevenir pérdidas por fugas de agua en los sistemas de distribución municipales.	X		
	Reparación de fugas de agua	Reparar las fugas de los sistemas municipales de distribución de aguas.	X	X	
	Sistemas de medición	Mejorar e incrementar los sistemas de medición de agua para verificar los volúmenes utilizados y cobrar en función de los mismos.	X		
	Sistemas de tandeo de agua	Establecer sistemas de tandeos en el servicio de agua potable por sectores y usuarios.		X	X
	Tarifas de agua potable	Establecer tarifas para el pago de agua potable acordes con el costo real de suministro del servicio.	X		
	Incremento de precios del agua	Incrementar los precios por el consumo de agua de acuerdo con los volúmenes consumidos (a mayor volumen, mayor precio).		X	X
	Tratamiento de aguas residuales	Implementar programas para cambiar los sistemas tradicionales de tratamiento de aguas residuales municipales por otros más eficientes.	X		
	Distribución de agua	Disponer de un "stock" de pipas para el reparto de agua a la población en caso de emergencia.			X

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
	Convenios con embotelladoras	Establecer convenios con las grandes embotelladoras de agua para abastecer a la población en caso de emergencia.	X	X	X
	Inventario de recursos	Realizar y tener actualizado un inventario de los recursos humanos, materiales y financieros con los que se cuenta en un momento dado para afrontar una posible emergencia causada por sequía.	X	X	
Crear nuevas reservas de agua, conservar o ampliar las ya existentes	Reservas de agua	Establecer volúmenes de reserva de agua de las fuentes de abastecimiento (presas, acuíferos, etc.) para que sean destinados exclusivamente al uso público urbano en épocas de sequía.	X	X	X
	Nuevas fuentes de agua	Identificar y habilitar con infraestructura fuentes alternas de agua (como pueden ser los manantiales) para su aprovechamiento con fines domésticos.	X		
	Perforación de pozos profundos	Ubicar lugares estratégicos en zonas de libre alumbramiento para la perforación de pozos profundos que permitan extraer agua del subsuelo y abastecer a la población.	X	X	X
	Habilitación de pozos profundos	Identificar y habilitar pozos profundos que están deshabilitados (perforados pero no equipados o con equipos dañados) para restituir su capacidad de extracción de agua del subsuelo.	X	X	X
	Sistemas de captación de agua de lluvia	Implementar sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia en las ciudades y en comunidades rurales marginadas.	X		
	Recarga de acuíferos	Construir colectores en lugares estratégicos para la captación de aguas pluviales que pueden ser almacenadas o utilizadas para la recarga de acuíferos.	X		
	HIDROAGRÍCOLA				
Mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego	Revestimiento de canales principales	Incrementar la eficiencia de conducción primaria mediante el revestimiento o entubamiento de canales principales de riego para reducir pérdidas por infiltración o evaporación.	X		
	Revestimiento de canales secundarios	Incrementar la eficiencia de conducción secundaria mediante el revestimiento o entubamiento de canales secundarios de riego para reducir pérdidas por infiltración o	X		

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
		evaporación.			
	Políticas de operación de las presas	Establecer y aplicar políticas adecuadas para la operación de las presas de almacenamiento en función de los volúmenes almacenados al inicio del año agrícola.	X	X	
	Curvas de garantía de usuarios	Definir en los planes de riego curvas de garantía para usuarios agrícolas del agua de acuerdo con los volúmenes disponibles en las fuentes de abastecimiento.	X	X	
	Medición del agua	Mejorar e incrementar los sistemas de medición de agua en los pozos agrícolas para verificar la extracción de volúmenes de los acuíferos.	X		
Crear nuevas reservas de agua, conservar o ampliar las ya existentes	Perforación de pozos profundos	Ubicar lugares estratégicos en zonas de libre alumbramiento para la perforación de pozos profundos con fines agrícolas.	X	X	X
	Habilitación de pozos profundos	Identificar y habilitar pozos profundos que están deshabilitados (perforados pero no equipados o con equipos dañados) para restituir su capacidad de extracción de agua del subsuelo.	X	X	X
	Bordos de almacenamiento	Implementar un programa de construcción de pequeños bordos de almacenamiento de escurrimientos no concesionados.	X		
	Reúso de aguas tratadas	Construir la infraestructura necesaria para reusar el agua tratada de las PTAR en zonas de riego.	X		
	Recarga de acuíferos	Construir colectores en lugares estratégicos para la captación de aguas pluviales que pueden ser almacenadas o utilizadas para la recarga de acuíferos.	X		
	Sistemas de manejo de escurrimientos	Construir bordos de contorno (anti-erosivos) o terrazas para derivar el agua de escurrimientos, con fines de uso agrícola o pecuario.	X		
	Desazolve de cauces y presas	Realizar el desazolve de cauces de ríos, bordos y presas de almacenamiento para incrementar su capacidad hidráulica.	X		
CONSERVACIÓN AMBIENTAL					
Proteger y conservar el suelo y el agua	Obras de conservación de suelos y agua	Construir obras de conservación de suelos y aguas (zanjas de infiltración, diques, terrazas, gaviones, etc.) en las partes altas de la cuenca para disminuir la erosión del suelo e incrementar la recarga de los acuíferos.	X		

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
	Reforestación	Reforestar zonas que anteriormente estaban cubiertas de bosques y que han sido eliminados por diversos motivos (explotación maderera, ampliación de zonas agrícolas, incendios forestales, etc.) para restituir la capacidad de producción y almacenamiento de agua en las zonas boscosas.	X		
	Reservas de agua	Identificar reservas potenciales de agua para el medio ambiente y establecer caudales ecológicos.	X		
ASPECTOS NORMATIVOS E INSTITUCIONALES					
Implementar acciones y mecanismos normativos e institucionales que permitan realizar una mejor gestión del agua	Fortalecimiento de las Comisiones de Cuenca	Fortalecer los espacios denominados Comisiones de Cuenca, para que exista una mayor participación de los usuarios y tengan capacidad de tomar decisiones.	X		
	Participación federal, estatal y municipal	Promover mayor participación de las dependencias federales, estatales y municipales relacionadas con el ambiente en la vigilancia de las reservas naturales y en los cambios de uso del suelo.	X		
	Bancos de agua	Implementar un programa de establecimiento de bancos de agua y compra de derechos para recuperar y liberar volúmenes concesionados.	X		
	Convenio de distribución de aguas en la cuenca	Establecer un convenio entre los distintos usuarios de la cuenca, para definir año con año la distribución de las aguas superficiales en función de la disponibilidad.	X		
	Convenio para trasvases de agua entre cuencas	Establecer convenios con las cuencas vecinas para prever e implementar posibles trasvases de agua de una cuenca a otra en caso de emergencia por sequía.	X		
	Acuerdo con el Consejo de Cuenca del Valle de México	Establecer las medidas legales y administrativas para ponderar en función de la oferta de agua con que cuente el Sistema Cutzamala, el volumen de trasvase de agua a la cuenca del Valle de México, disminuyendo dicho volumen en caso de que exista sequía en la cuenca del río Balsas.	X		
	Cumplimiento de la LAN y aplicación de sanciones	Vigilar el cumplimiento de la Ley de Aguas Nacionales y aplicar las sanciones correspondientes en los aspectos relativos a: desperdicio y/o contaminación del agua; volúmenes concesionados y utilizados por los	X	X	X

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
		diferentes sectores; respeto a zonas de veda; y descarga de aguas residuales en cauces y ríos.			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. 2 Medidas preventivas y de mitigación de la sequía por el lado de la demanda de agua.

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
SISTEMAS MUNICIPALES					
Sensibilizar a la población sobre la importancia del pago, cuidado y preservación del agua	Campañas de sensibilización constante	Desarrollar campañas públicas de sensibilización constante para inducir a la población a que pague oportunamente por el servicio de agua recibido.	X	X	X
		Desarrollar campañas públicas de sensibilización constante para inducir a la población a que haga un buen uso y manejo del agua y a que evite su desperdicio y contaminación.	X	X	X
	Educación ambiental	Implementar talleres de educación ambiental no formal y cultura del agua para niños, jóvenes y adultos.	X		
	Programas e incentivos sociales	Crear programas e incentivos que induzcan a la sociedad a hacer un manejo adecuado de las aguas potables y residuales, y que les generen algún beneficio.	X		
	Folletos informativos	Publicar y distribuir folletos sobre técnicas de ahorro de agua y estrategias para la gestión de la sequía.		X	
	Reuniones y talleres	Organizar reuniones informativas y talleres sobre la sequía para el público y los medios de comunicación.			X
Promover la participación de la sociedad civil y organizada	Grupos no gubernamentales	Promover la participación de grupos interinstitucionales no gubernamentales en los programas ambientales, de ordenamiento territorial y de sequía.	X		

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
	Difusión de información	Promover la participación ciudadana en la recopilación y difusión de información sobre las nuevas circunstancias ante la sequía.		X	X
	Percepción pública	Rastrear la percepción pública y la efectividad de las medidas implementadas contra la sequía.	X	X	X
	Resolución de conflictos	Propiciar la resolución oportuna de conflictos que surjan por el uso del agua entre la población.		X	X
Propiciar la reducción del consumo de agua en los distintos usos	Metas de ahorro	Identificar usuarios de alto consumo de agua y establecer metas de ahorro.	X		
	Tomas de agua	Restringir la autorización de nuevas tomas de agua.		X	X
	Recargos	Implementar recargos por desperdicio de agua en las épocas de sequías.		X	X
	Riego de jardines	Prohibir o limitar el riego de jardines y parques públicos con agua potable.		X	X
	Lavado de vehículos	Prohibir o limitar el lavado de las flotas de vehículos de la ciudad o del municipio con agua potable.		X	X
	Lavado de banquetas	Prohibir o limitar el lavado de banquetas y calles con agua potable.		X	X
	Fuentes ornamentales	Apagar las fuentes de agua ornamentales en edificios y parques públicos.		X	X
	Dispositivos ahorradores	Instalar dispositivos ahorradores de agua en los baños de los edificios municipales, estatales y federales.	X		
RESIDENCIAL					
Reducir el consumo de agua en los hogares	Dispositivos ahorradores	Promover la instalación de dispositivos ahorradores de agua en grifos, regaderas, inodoros y mingitorios.	X		
	Tecnologías eficientes	Promover la sustitución de regaderas, inodoros, mingitorios y lavadoras tradicionales por modelos de bajo consumo de agua.	X		
	Reúso del agua	Promover el reúso de las aguas grises para el riego de jardines y otros usos.		X	X
	Reparación de fugas	Promover la reparación de fugas de agua en las instalaciones hidráulicas residenciales.		X	X
	Sistemas de aire acondicionado	Promover la reducción del uso de sistemas de aire acondicionado que utilizan agua fría.		X	X
	Riego de jardines	Limitar o prohibir el riego de jardines con agua potable.			X

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
	Lavado de autos	Limitar o prohibir el lavado de autos con agua potable.			X
	Lavado de banquetas	Limitar o prohibir el lavado de banquetas con agua potable.			X
	Llenado de albercas	Limitar o prohibir el llenado y uso de albercas.			X
	Nuevos jardines	Limitar o prohibir la plantación de nuevos jardines o vegetación paisajística			X
INDUSTRIAL Y COMERCIAL					
Reducir el consumo de agua en la industria y los comercios	Dispositivos ahorradores	Promover la instalación de dispositivos ahorradores de agua en equipos y aparatos que utilizan el vital líquido, así como en regaderas, inodoros y mingitorios.	X		
	Tecnologías eficientes	Promover la sustitución de tecnologías tradicionales utilizadas en procesos industriales que consumen mucha agua por modelos de bajo consumo.	X		
	Reúso del agua	Promover el reúso de las aguas grises en los procesos industriales y en el riego de jardines.		X	X
	Reparación de fugas	Promover la reparación de fugas de agua en las instalaciones hidráulicas industriales y comerciales.		X	X
	Sistemas de aire acondicionado	Promover la reducción del uso de sistemas de aire acondicionado que utilizan agua fría.		X	X
	Riego de jardines	Limitar o prohibir el riego de jardines y paisajes exteriores con agua de buena calidad.			X
	Fuentes ornamentales	Limitar o prohibir la operación de fuentes de agua ornamentales.			X
	Lavado de autos	Limitar o prohibir el lavado de automóviles, camiones y otros medios de transporte comerciales.			X
	Uso de agua reciclada	Promover que los centros comerciales de lavado de autos utilicen agua reciclada.		X	X
HIDROAGRÍCOLA					
Hacer un uso más racional y eficiente del agua en la agricultura de riego	Calendarización del riego	Programar el riego según la demanda de agua de los cultivos.	X		
	Riego por aspersión	Promover la sustitución de sistemas de riego tradicionales (gravedad) por sistemas de riego por aspersión.	X		
	Riego de alta precisión	Promover la sustitución de sistemas de riego por aspersión por sistemas de alta precisión (goteo, microaspersión, etc.).	X		

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
	Reducción del riego	Negociar que los regantes reduzcan voluntariamente el riego en aquellas zonas en las que sea probable que se vean afectados los usuarios domésticos.		X	X
	Uso de aguas residuales	Promover el uso de aguas residuales tratadas en la agricultura.	X	X	X
	Bancos de agua	Establecer bancos de agua para la venta voluntaria, transferencia o intercambio de este recurso.	X	X	
	Descanso voluntario	Establecer, junto con los bancos de agua, programas de descanso voluntario de la actividad agrícola.	X	X	
	Reconversión productiva	Cambiar el tipo de cultivo sembrado por otro de mayor productividad o que requiera menos agua.	X		
	Organización de usuarios	Promover la organización de los campesinos o pequeños productores para la gestión de apoyos gubernamentales para la tecnificación y modernización de sus sistemas de riego.	X		
Implementar buenas prácticas agrícolas en la agricultura de temporal	Labranza mínima	Eliminar el barbecho del suelo, sustituyéndolo por un paso de cincel o subsuelo en los terrenos compactados que lo requieran, para retener la humedad y controlar la erosión.	X		
	Labranza de conservación	Evitar la remoción del suelo y mantener la cobertura de los residuos del cultivo anterior para retener la humedad y controlar la erosión.	X		
	Captación de agua de lluvia "in situ" (en el sitio)	Levantar pequeños bordos de tierra a distancias regulares dentro del propio surco para formar microcuencas y captar el agua de los aguaceros.	X		
	Uso de biofertilizantes y composta	Utilizar biofertilizantes (productos elaborados a base de microorganismos que son benéficos para las plantas) y composta (residuos orgánicos desintegrados) en los cultivos, para disminuir el estrés hídrico y mejorar la absorción de nutrientes.	X		
	Uso de variedades resistentes a la sequía	Introducir gradualmente el uso de variedades de cultivos genéticamente modificados que son resistentes a la sequía.	X		

Objetivo	Medida	Descripción	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
	Rotación de cultivos	Alternar plantas de diferentes familias y con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante distintos ciclos, para evitar que el suelo se agote y se controlen mejor las plagas y las enfermedades.	X		
	Reconversión productiva	Cambiar el tipo de cultivo sembrado por otro de mayor productividad o bien, cambiar la actividad agrícola por actividad ganadera o forestal.	X		
	Sistemas agrosilvo-pastoriles	Utilizar la tierra para la producción concurrente de cultivos perennes (pastos, árboles frutales y arboles maderables), cultivos anuales y producción de animales, bajo un sistema de manejo integral.	X		

Fuente: elaboración propia.

Además de las medidas preventivas y de mitigación que se mencionan en las Tablas 6.1 y 6.2, se proponen otras de carácter general, con tendencia de largo plazo (medidas estratégicas), que pueden ser aplicadas a nivel nacional, como las siguientes:

- Promover que la CONAGUA asuma el control operativo y financiero de los organismos operadores de agua potable y saneamiento.
- Promover la modificación de la norma oficial mexicana NOM-011-CNA-2000 para que los cálculos de disponibilidad de los acuíferos se hagan con datos reales de volúmenes extraídos, y no con base en volúmenes concesionados.
- Implementar un programa de pago por servicios hidrológicos de la CONAGUA (conservar el suelo para mantener su capacidad de infiltración) similar al pago por servicios ambientales de la CONAFOR.
- Implementar mecanismos en la legislación vigente que permitan a la CONAGUA contar con volúmenes de reservas de agua para utilizarlos en épocas de sequía.
- Promover la creación de la Secretaría de Ordenamiento Territorial, de orden federal, para evitar que los municipios tengan el control en los cambios de uso del suelo que perjudican la recarga de acuíferos y afectan de manera drástica el ambiente.

6.2. Medidas para alcanzar la sustentabilidad hídrica en la cuenca

A raíz de la formulación de los Programas Hídricos Regionales (CONAGUA, 2012), se determinaron una serie de medidas, necesarias para alcanzar las condiciones sustentabilidad hídrica de las cuencas, es decir, las condiciones de equilibrio, en las que la demanda no supera a la oferta. Estos programas, enmarcados en la Agenda del Agua 2030 (AA2030), permitieron hacer una estimación de la brecha hídrica (la diferencia entre demanda y oferta, donde aquélla es mayor que ésta). Las medidas identificadas tienen como propósito el ahorro y recuperación de volúmenes de agua y están agrupadas en cuatro sectores:

- **Medidas para el sector oferta:** consisten básicamente en la construcción de nuevas obras de infraestructura para el aprovechamiento de agua superficial y subterránea, entre las que destacan: presas para irrigación, derivadoras, acueductos, pozos profundos, recarga artificial de acuíferos, cosecha de agua de lluvia, entre otras.
- **Medidas para el sector hidroagrícola:** están orientadas principalmente hacia la mejora de la productividad de las áreas de temporal y de riego mediante el uso de fertilizantes y plaguicidas, labranza óptima y uso de semillas mejoradas; y hacia la mejora de la eficiencia en el uso del agua de riego mediante el entubamiento y revestimiento de canales, la calendarización del riego y el cambio de los sistemas de riego tradicionales por otros más eficientes, entre otras.
- **Medidas para el sector industrial:** se enfocan hacia el uso de tecnologías eficientes para el ahorro de agua entre las que destacan: la lubricación en seco en la industria de bebidas, el enfriamiento en seco en generación de energía, el empaste de desechos en minería, la limpieza química y el enjuague con aire en la industria de bebidas; así como la reducción de fugas y el reúso de agua mediante la reutilización de condensados en la industria de papel y celulosa, y el reciclaje de agua tratada en la industria petroquímica; principalmente.
- **Medidas para el sector municipal:** están orientadas hacia el uso de tecnologías eficientes para el ahorro de agua en los hogares y en los centros públicos y comerciales, y consisten básicamente en la sustitución de inodoros, regaderas, grifos, mingitorios y lavadoras tradicionales por otros nuevos de menor consumo de agua; así como la reducción y reparación de fugas en las viviendas, en los centros públicos y comerciales, y en las redes de distribución municipales; y finalmente, el reúso de agua tratada en el riego de jardines y en inodoros domésticos.

Estas medidas, en general, la AA2030 las considera como las principales o más importantes, con cuya aplicación sería posible recuperar volúmenes de agua que actualmente se desperdician o subaprovechan, de tal manera que la cuenca tienda a alcanzar el equilibrio, es decir, a tener un consumo sustentable, sin comprometer el desarrollo actual, social y económico, ni el de las futuras generaciones.

Sin lugar a dudas, todas las medidas identificadas en la AA2030 son altamente útiles para prevenir y mitigar los efectos de la sequía, y de hecho, como se puede observar, la gran mayoría de ellas ya fueron consideradas dentro de las medidas de prevención y mitigación de la sequía que se determinaron como prioritarias para la Cuenca del Río Balsas, tal como se anotaron en el apartado anterior.

La AA2030, como instrumento de planeación hídrica de largo plazo, contempla desarrollos sexenales, consistentes y graduales en el cierre de la brecha, de tal manera que al final del horizonte de planeación, al año 2030, se alcance el equilibrio hasta donde sea posible. Desde luego, en muchas de las células de planeación sí es posible cerrar la brecha, pero persisten algunas en las que esto no se alcanza, porque es tal la demanda actual y futura, que aún con todos los esfuerzos en obras y en acciones no estructurales, quedan aún volúmenes deficitarios que no cierran. En el caso de la Cuenca del Río Balsas, sólo hay una célula de planeación que mantiene esta situación, que es la denominada Alto Balsas Guerrero (integrada por 23 municipios del estado de Guerrero).

La AA2030 parte de la información sobre el agua disponible para el 2006, y hace las proyecciones futuras para los años 2012, 2018, 2024 y 2030. Por ello, para fines de este PMPMS, los valores brecha

en que se fundamenta son los estimados para el año 2012, en el cual se calcula que la brecha hídrica (diferencia entre la demanda y la oferta) es de 919.11 hm³.

Así, las Tablas 6.3 y 6.4 muestran los valores de volumen anual que se estiman como posibles de aportar por cada medida (por el lado de la oferta y de la demanda, respectivamente), de las aplicables al Consejo de Cuenca del Río Balsas, para cerrar la brecha al 2030; es decir, considerando todo el horizonte de planeación, y realizando los proyectos e inversiones necesarios, estos valores son la contribución o volumen rescatado, con los que cada medida aporta al cierre de la brecha; desde luego, alcanzar estos valores implica un aumento gradual en todo el horizonte, de tal forma que al término del mismo, al brecha se cierre, donde esto es posible. Igualmente, en estas mismas Tablas se especifica si la medida en cuestión corresponde a una medida estratégica, táctica o de emergencia, tomando en cuenta las características de la tipología que se describió al inicio de este capítulo.

Tabla 6.3 Medidas para alcanzar la sustentabilidad hídrica en la Cuenca del Río Balsas, por el lado de la oferta.

Medida	Descripción	Contribución a la brecha (hm ³)	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Oferta					
Nuevas presas para riego	Proyectos de gran escala para irrigación, considera la distribución del agua de la presa a las hectáreas de riego.	218.27	X		
Nuevos pozos profundos	Perforación y equipo necesario de bombeo para pozos en acuíferos con disponibilidad.	17.17			X
Potencial subterráneo	Extracción de agua subterránea en acuíferos con disponibilidad y sin infraestructura planeada o construida de extracción.	57.71			X
Recarga de acuíferos	Recarga de acuíferos con agua de lluvia encauzando el agua hacia lagunas de infiltración sobre acuíferos sobre-explotados.	0.05	X		
Cosecha de agua de lluvia	Captación y recolección de agua de lluvia en los tejados de las viviendas rurales sin acceso actual a la red de agua potable.	0.48		X	
Reúso de agua tratada	Infraestructura necesaria para reusar el agua tratada de PTAR en zonas de riego.	13.30	X		
Desalinización por nanotecnología	Desalinización de agua de mar por nanotecnología, considerada únicamente en las células costeras.	7.8			X

Medida	Descripción	Contribución a la brecha (hm ³)	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Desalinización por osmosis inversa	Desalinización de agua de mar por ósmosis inversa, considerada únicamente en las células costeras.	7.8			X
Desalinización por Saltworks Technology	Desalinización de agua de mar por Saltworks Technology (asistida por el sol), considerada únicamente en las células costeras.	7.8			X
Total		330.87			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. 4 Medidas para alcanzar la sustentabilidad hídrica en la Cuenca del Río Balsas, por el lado de la demanda.

Medida	Descripción	Contribución a la brecha (hm ³)	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Sector Agropecuario					
Calendarización del riego	Reducción del consumo de agua detectando requerimientos de riego de acuerdo a las necesidades de los cultivos.	118.02	X		
Cambio de aspersión por alta precisión	Reducción del consumo de agua e incremento de productividad por sustitución de aspersores por alta precisión.	9.10	X		
Labranza óptima riego	Incremento de la productividad manteniendo nutrientes y agua en el suelo.	22.85		X	
Mejora de eficiencia primaria	Entubamiento o revestimiento de canales para reducir pérdidas por infiltración o evaporación.	10.46		X	
Mejora de eficiencia secundaria	Entubamiento o revestimiento de canales para reducir pérdidas por infiltración o evaporación.	20.92		X	
Riego de alta precisión	Reducción de consumo de agua e incremento de productividad por sustitución de riego rodado por goteo o cintilla.	126.41	X		

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Medida	Descripción	Contribución a la brecha (hm ³)	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Riego por aspersión	Reducción de consumo de agua e incremento de productividad por sustitución de riego rodado por aspersores.	55.03	X		
Subtotal		362.79			
Sector Industrial					
Limpieza química	Limpieza química de equipo de llenado de botellas en la industria de bebidas.	0.74		X	
Empaste de desechos	Solidificación de desechos en la extracción de minerales en la industria minera.	7.04		X	
Enfriamiento en seco	Sistemas de ventilación para enfriamiento de equipos en la generación de energía.	15.13		X	
Enjuague en seco	Enjuague y lavado de botellas con aire a presión en la industria de bebidas.	0.50			X
Reducción de fugas	Reparación de fugas de agua en la industria.	0.90			X
Reducción de presión de agua	Reducción de la presión en tuberías y reducción en pérdidas de red.	1.66			X
Reúso de condensados	Sistema de captura y condensación de vapor para utilización en otros procesos.	0.46		X	
Subtotal		26.43			
Sector Municipal					
Control de presión	Sectorización de la red municipal e implementación de control de presión en la red de distribución.	7.29		X	
Fugas comerciales	Reparación de fugas al interior de edificios comerciales (p.ej. fugas en inodoros, en conexiones internas, etc.).	1.18			X
Fugas domésticas	Reparación y prevención de fugas al interior de las viviendas (p. ej. fugas en inodoros, en conexiones internas, etc.).	0.68			X
Inodoro comercial –nuevo	Instalación de inodoros de doble descarga en nuevos edificios comerciales.	0.08		X	
Inodoro comercial – sustitución	Sustitución de inodoros tradicionales por equipos de doble descarga en el sector comercial.	2.11		X	
Inodoro doméstico –nuevo	Instalación de inodoros de doble descarga en nuevas viviendas.	0.41		X	

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

Medida	Descripción	Contribución a la brecha (hm³)	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Inodoro doméstico –sustitución	Sustitución de inodoros convencionales por modelos de doble descarga en el sector residencial.	6.22		X	
Llaves – nuevo	Instalación de grifos de bajo flujo en nuevas viviendas.	0.09		X	
Mingitorios sin agua	Instalación de mingitorios eficientes (sin uso de agua) en edificios comerciales y públicos.	4.62		X	
Regaderas –nuevo	Instalación de regaderas de bajo flujo en nuevas viviendas.	0.40		X	
Regaderas – sustitución	Sustitución de regaderas convencionales por modelos de bajo flujo.	16.05		X	
Reparación de fugas	Reparación de fugas en la red de distribución municipal primaria y secundaria.	31.40			X
Retención de humedad	Uso de técnicas de retención de humedad en el riego de jardines privados para disminuir el consumo.	0.02			X
Reúso de aguas grises domesticas	Instalación para permitir el reúso de aguas grises en inodoros domésticos.	0.68			X
Reúso de aguas en riego de parques	Transportación de aguas tratadas para el uso en riego de áreas verdes municipales.	0.23			X
Subtotal		71.47			
Total		460.69			

Fuente: elaboración propia.

El conjunto de medidas estructurales identificadas en los tres sectores (agropecuario, industrial y municipal) junto con las medidas para incrementar la oferta, contribuirán con un volumen de aproximadamente 791.06 hm³.

Como se ha mencionado, las diversas medidas pueden ser, indistintamente, de corto, mediano y largo plazo; en este sentido, su consideración está en función de la intensidad del fenómeno, de los impactos que cause, y de los recursos disponibles para invertir.

En estas tablas previas se hace un primer intento de ubicar cada medida en alguno de estos tres casos, a manera de propuesta, pero, como se menciona, esto puede variar según las condiciones específicas de cada lugar y de cada momento.

Por otro lado, estas contribuciones a la brecha hídrica están planteadas en términos de una evolución esperada de la oferta y de la demanda, así como de los proyectos y sus inversiones en el horizonte de planeación; es decir, se parte del supuesto, poco probable, de que las condiciones hidrometeorológicas

no tendrán variaciones apreciables; sin embargo, esto es muy poco factible. De hecho, como se ha mostrado en el capítulo sobre el desarrollo histórico de la sequía, los periodos tanto de déficit como de abundancia son parte de la variabilidad natural del clima, por lo que es de esperarse que en los siguientes años se presenten condiciones de déficit, como ha ocurrido naturalmente.

Durante los periodos de abundancia, las presas se llenan, los acuíferos se recargan, la agricultura de riego y la de temporal y sus actividades relacionadas prosperan y significan un fuerte desarrollo económico regional; pero en general estos periodos están intercalados con lapsos deficitarios donde las condiciones meteorológicas e hidrológicas no son tan favorables. Cuando se presenta un evento de déficit, también las condiciones cambian, pues la actividad agrícola disminuye, junto con las actividades relacionadas al sector. Como consecuencia de ello la economía declina y los productos agropecuarios se encarecen.

En términos de las medidas mencionadas, esto significa que, cuando hay eventos de sequía, además del déficit actual por el desequilibrio oferta/demanda, hay que afrontar el déficit adicional por la disminución de la lluvia y el escurrimiento; es decir, la brecha temporalmente se incrementa, lo cual implica mayor estrés hídrico y mayores impactos negativos. Por ello, debe tenerse presente que en tiempos de sequía, además del déficit ya presente, hay que considerar el déficit adicional, que puede significar el riesgo de una afectación a la población y sus actividades, así como al ambiente y el paisaje.

Todo lo aquí referido está en relación a las medidas estructurales necesarias para ahorrar agua y recuperar volúmenes, pero, como se ha mencionado y es una realidad, gran parte de los efectos de la sequía son consecuencias derivadas de la gestión del agua: si es la adecuada, no se evita el fenómeno pero sí se mitigan los impactos; si es deficiente, los conflictos pueden volverse difíciles de resolver y causar más daño que el fenómeno natural.

Desde este enfoque, en que el fenómeno natural es inevitable y que la mejor forma de afrontarlo es mediante la prevención, destacan las acciones no estructurales, de tipo administrativo, que resultan tanto o más importantes en su diseño, ejecución, implantación y seguimiento, tanto para cerrar la brecha como para mitigar los impactos en un evento de sequía.

La Tabla 6.5 muestra algunas de estas medidas, las más importantes, en relación a la demanda (dado que la oferta natural es poco variable o aumentable en estas condiciones), y que requieren una atención especial, pues su observancia puede significar la diferencia entre soportar la crisis con sus consecuencias, o manejar el riesgo para mitigar los impactos y lograr una recuperación apropiada.

Tabla 6. 5 Medidas administrativas adicionales relacionadas con la demanda.

Medida	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Adecuación de derechos		X	
Transferencias de derechos		X	
Caducidad de derechos		X	
Verificación de superficies, volúmenes concesionados y utilizados en distritos y unidades de riego		X	
Importaciones de agua, desde otras cuencas	X		
Socialización de impactos y costos vía aseguramiento		X	
Limitar las extracciones a lo asignado (menor a lo concesionado)			X
Medir y limitar los caudales y los volúmenes extraídos			X

Medida	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Reconversión de cultivos		X	
Definir y aplicar tarifas que hagan autofinanciable al sector hídrico		X	
Reglamentación		X	

Fuente: elaboración propia.

Estas medidas no estructurales, en principio también están diseñadas, dentro de la AA2030, como “Reformas del Agua”, y se refieren al conjunto de medidas que dan fundamento, cohesión y consistencia a las acciones estructurales, a efecto de obtener el máximo beneficio de las mismas. Por ello, también, en principio, están enfocadas a cerrar la brecha hídrica. No obstante, también adquieren su total validez en la aplicación para afrontar y superar los eventos de sequía, con los menores costos e impactos.

Entre otras acciones concretas, como parte de las medidas no estructurales, es necesario realizar lo siguiente:

- En términos de gobernabilidad, respetar y hacer respetar los acuerdos de los análisis técnicos del CTOOH, en cuanto a los volúmenes anuales asignados a extraer de los embalses para el riego agrícola.
- Medir los caudales y volúmenes, y que se ajusten a no más de lo concesionado y/o asignado.
- Mejorar la calidad y oportunidad de las alertas tempranas y el monitoreo meteorológico, para una activación oportuna de las medidas de los PMPMS, en las fases correspondientes.
- Impulsar el aspecto de la información y capacitación para cambios de actitud y de paradigmas respecto a la escasez de agua.
- Que la atención a la sequía, desde el enfoque preventivo, debe ser una política pública, no una reacción temporal; deben establecerse los lineamientos, las medidas y responsabilidades de todos los involucrados. En la medida en que el fenómeno se presente y se agrave, las medidas deben ser de observancia obligatoria, y la socialización de la mitigación de daños debe ser parte de esa política, vía los seguros.
- La reglamentación relativa a la sequía y déficit temporal de agua, debe ser considerada como parte intrínseca de los reglamentos de operación de los sistemas de uso del agua, especialmente en los grandes usuarios, como son los distritos de riego.
- También deben diseñarse medidas, estrategias y apoyos para las zonas de temporal durante los eventos de sequía, por su alta vulnerabilidad y exposición, así como por la importancia que tiene para una gran proporción del sector primario del país, que es de los más desprotegidos, y que debe verse como una política de justicia social.

6.3. Campaña pública de información y sensibilización

Una de las medidas no estructurales más importantes del PMPMS deberá ser la implementación de una campaña pública de sensibilización para inducir a la población a que haga un buen uso y manejo del

agua, que evite su desperdicio y contaminación, y que pague oportunamente por el servicio recibido.

Hay que remarcar que los usuarios del agua son responsables de cumplir los lineamientos u ordenanzas que derivan de este programa para las épocas de crisis. Por ello, se debe analizar la respuesta pública a este programa para hacer una retroalimentación. Es recomendable mantener un programa de educación en tiempos normales en el tema de las sequías, para esto se puede recurrir a los administradores del agua (Organismos Operadores de Agua Potable y Saneamiento, Asociaciones de Usuarios de Riego, Sociedades de Responsabilidad Limitada de los Distritos de Riego, Comisiones y Comités de Cuencas, COTAS, etc.).

En tiempos de emergencia se deberán publicar de manera constante notas de prensa y comunicados públicos sobre la situación, así como emitir campañas de ahorro por los distintos medios de comunicación, orientadas al uso racional del agua. Estas campañas incrementarán su intensidad al ir alcanzándose los umbrales de sequía. En ellas además de incluir el uso racional del agua, se deberá hacer referencia al estado ecológico de las masas de agua en general, solicitando la colaboración de los ciudadanos en los temas de conservación y, también, vigilancia de su medio ambiente.

Al mismo tiempo una vez declarada la situación de emergencia por sequía el Consejo de Cuenca incrementará la información a los usuarios de la situación real de la cuenca en cuanto a reservas de recursos, previsiones de restricciones y calidad del agua.

CAPÍTULO 7. PROGRAMA DE RESPUESTA A LAS ETAPAS DE LA SEQUÍA

Este capítulo tiene como finalidad disponer de un programa conciso sobre las acciones a implementar en cada etapa de la sequía en función del avance progresivo del fenómeno, las cuales pueden ser implementadas por los administradores y autoridades del agua (Consejo de Cuenca, Organismo de Cuenca y Organismos Operadores de Agua Potable, etc.) y por los propios usuarios (domésticos, agrícolas, industriales, etc.), ya sea de manera individual o colectiva, según sea el caso. Las medidas estratégicas, tácticas y de emergencia mencionadas en el capítulo anterior, constituyen la base de la prevención y mitigación de la sequía, pero es necesario anotar de manera específica las acciones de gestión del riesgo deben implementarse ante el avance progresivo del fenómeno, tal como se describe a continuación.

7.1. Acciones a implementar en cada etapa de la sequía

Las estrategias que se adopten para afrontar las sequías dependen principalmente de la fase en que el fenómeno se encuentre. En la Tabla 7.1 se presentan las etapas progresivas convencionalmente aceptadas (mismas que ya han sido descritas en capítulos anteriores), y se incluyen además de las acciones de gestión del riesgo que son competencia de los responsables de administrar el agua y las que corresponden a la participación de los usuarios, siendo este aspecto básico en el contexto general de acciones, ya que la participación social es un factor clave en que las acciones que se tengan que hacer resulten exitosas.

Cabe mencionar que en cada cambio de etapa de la sequía las acciones a aplicar así como las sanciones por su inobservancia son más rigurosas. Lo que se pretende es que se minimicen los impactos económicos, sociales y ambientales asociados al fenómeno y que se reduzcan o se eviten por completo los conflictos por el uso del agua entre los diferentes sectores de usuarios, garantizando en todo momento el abastecimiento del vital líquido para los usos más esenciales (consumo humano y uso doméstico).

Tabla 7. 1 Etapas progresivas de una sequía y acciones básicas para afrontarla en la Cuenca del Río Balsas.

Etapa de la sequía	Acciones de las autoridades	Acciones de los usuarios sectoriales e individuales	Recomendaciones
Anormalmente seco (D0) – Meta de reducción de la demanda*: menos de 10% – Carácter de las acciones: sin restricciones especiales.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Iniciar una campaña inicial de información: alerta para disminuir los usos no esenciales, y difusión de pronósticos y de acciones necesarias si la situación empeora. ✓ Levantar censos y elaborar estadísticas para conocer el uso y asignación del agua. ✓ Formular una propuesta para disminuir la asignación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los usuarios deben moderar su consumo de agua y restringir voluntariamente los usos no prioritarios. ✓ Los grandes usuarios deben elaborar y actualizar sus planes de contingencia. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar una campaña educativa para evitar el desperdicio del agua. ✓ Revisar las instalaciones y dispositivos de medición y control hidráulico para verificar que funcionen correctamente.

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Etapa de la sequía	Acciones de las autoridades	Acciones de los usuarios sectoriales e individuales	Recomendaciones
	a los usos secundarios.		
Sequía moderada (D1) – Meta de reducción de la demanda*: 10% a 20% – Carácter de las acciones: voluntarias.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensificar la campaña de información e incluir aspectos técnicos del problema. ✓ Formular la etapa inicial de racionamiento y darla a conocer al público. ✓ Permitir la aplicación del riego sólo en las horas de menor insolación. ✓ Restringir el consumo de agua para usos no prioritarios. ✓ Instrumentar las primeras medidas de multas por exceso o uso indebido del agua, con base en leyes y reglamentos. ✓ Prohibir el lavado de vehículos, banquetas y calles con agua de primer uso. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los usuarios comerciales e industriales deben instrumentar sus programas de acción, destacando entre ellos el reúso y/o recirculación del agua para sus procesos. ✓ Todos los usuarios deben sujetarse a las restricciones y prohibiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensificar la campaña informativa y educativa. ✓ Instalar dispositivos ahorradores de agua y mejorar los de control. ✓ Iniciar la aplicación de sanciones por uso excesivo o indebido; en caso de reincidencias, suspender temporalmente el servicio.
Sequía severa (D2) – Meta de reducción de la demanda*: 20% a 35% – Carácter de las acciones: algunas medidas de racionamiento obligatorias.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicar las medidas y programas de racionamiento, y las sanciones por su inobservancia. ✓ Realizar el suministro sólo para los usos esenciales, con estricto tandeo y restricciones en volumen. ✓ Intensificar y detallar la campaña de información, apoyada en todos los medios. ✓ Registrar permanentemente la evolución del estado de emergencia, y realizar pronósticos y evaluaciones todos los días para detectar cualquier variación. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los usuarios son conminados a apearse totalmente a las restricciones y racionamientos del programa de emergencia. ✓ Los usuarios domésticos deben instalar dispositivos ahorradores y equipos de bajo consumo. ✓ La vigilancia entre sectores y usuarios debe ser continua para evitar desperdicios y conflictos, tomas clandestinas y usos no autorizados. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incrementar las sanciones y restringir más el consumo. ✓ Autorizar sólo usos prioritarios con volúmenes mínimos. ✓ Si se detectan y persisten usos indebidos, se debe suspender el suministro, aplicar las sanciones y disminuir la dotación. ✓ Es obligatorio mejorar las instalaciones y dispositivos.

Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas

Etapa de la sequía	Acciones de las autoridades	Acciones de los usuarios sectoriales e individuales	Recomendaciones
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los grandes usuarios deben operar de acuerdo con sus programas de contingencia y se deben sujetar sólo a los volúmenes autorizados. 	
<p>Sequía extrema (D3) – Meta de reducción de la demanda*: 35% a 50% – Carácter de las acciones: medidas de racionamiento obligatorias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Todas las restricciones y racionamientos deben alcanzar su máxima intensidad; las dotaciones deben ser mínimas y acordes con los esquemas de prioridad, exclusivamente para los usos más elementales, sin excepción. ✓ Los tandeos deben observarse rigurosamente. La vigilancia debe ser extrema y continua sobre el funcionamiento de los sistemas de conducción, distribución y medición; cualquier anomalía debe atenderse de inmediato. ✓ Las contingencias ambientales deben atenderse de acuerdo con los ordenamientos de ley. ✓ Entran en función los programas de emergencia apoyados por todos los niveles de gobierno. ✓ La campaña de información, seguimiento y educación debe alcanzar su mayor 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Todos los usuarios deben ajustarse a su dotación y evitar que surjan conflictos entre ellos. ✓ Los usuarios deben cumplir estrictamente con el programa de racionamiento. ✓ Todo ahorro de agua es crucial, por lo que no debe haber desviaciones ni desperdicios. ✓ Los dispositivos de medición, control y uso deben funcionar en estado óptimo. ✓ Los usos no residenciales deben reducirse al mínimo o suspenderse. ✓ La recirculación, tratamiento y reúso de agua son importantes como opciones para elevar la disponibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicar sanciones y penas más severas; por faltas, la suspensión del servicio puede ser indefinida. ✓ La participación de los usuarios en el manejo, cuidado y vigilancia en el uso del agua son determinantes para evitar el aumento del problema y el eventual desastre.

Etapa de la sequía	Acciones de las autoridades	Acciones de los usuarios sectoriales e individuales	Recomendaciones
	intensidad y ser permanente.		
Sequía excepcional (D4) – Meta de reducción de la demanda*: más de 50% – Carácter de las acciones: medidas de racionamiento y control obligatorias.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El agua disponible debe asignarse únicamente para los usos más prioritarios y en cantidades muy limitadas. ✓ La asistencia social y los programas de emergencia deben ser constantes con el apoyo de las autoridades de todos los niveles. ✓ El agua debe distribuirse con el máximo de precaución para evitar pérdidas y conflictos. ✓ Es una etapa de espera hasta que las condiciones mejoren. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los usuarios deben utilizar el agua sólo para lo estrictamente autorizado y con el mínimo de volumen. ✓ No debe permitirse ningún exceso. ✓ Los usos más prioritarios deberán tener la menor dotación. ✓ Los excedentes deben distribuirse a los demás usuarios o ser almacenados para usarse en el futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicar una política de cero desperdicios y cero tolerancias. ✓ Los mecanismos de medición y control deben funcionar correctamente y supervisarse con frecuencia.

*Las metas de reducción de la demanda son valores indicativos que se deben ajustar en función de la oferta, la demanda y la vulnerabilidad de cada región o sistema de abastecimiento de agua. Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que el Consejo de Cuenca deberá hacer un seguimiento del efecto de las acciones propuestas para prever posibles cambios. Es substancial monitorear la percepción del público y la respuesta ante la sequía; la opinión pública se puede obtener de distintas formas (entrevistas, cuestionarios, redes sociales, etc.) durante e inmediatamente después del fenómeno. El monitoreo proporciona la información y los datos necesarios para enfocar el programa de gestión y las mejoras en las acciones para aumentar la eficacia del programa general. El monitoreo es tanto un proceso permanente de evaluación y un registro de datos de demanda y de lecciones aprendidas. Asimismo, las sanciones a aplicar por el mal uso, desperdicio o contaminación del agua, deben estar bien delineadas y ser comunicadas al público y a los usuarios en general, según el sector que corresponda.

A partir de estas consideraciones, es inobjetable que uno de los aspectos más importantes para afrontar las sequías es la organización firme y estrecha entre las diversas partes: los administradores del recurso y los usuarios. Como la sequía afecta a toda la sociedad, entonces también toda la sociedad debe involucrarse en buscar y encontrar opciones viables que permitan soportar el embate y mitigar sus efectos. Las sequías representan un peligro potencial para el aprovechamiento normal de los sistemas hídricos. Como desencadenantes de situaciones de escasez en los suministros de agua, deben ser objeto de gestión. Es necesario que la gestión de las sequías y la escasez hídrica involucren actuaciones de corto, mediano y largo plazos. Se requiere que dichas acciones estén vinculadas a la planificación de los sistemas hídricos que administran las organizaciones de usuarios de aguas, así como a la operación de los mismos.

En la medida en que las fases de la sequía son más severas, también son necesarios los requerimientos de información para mejorar las decisiones. Para estos requerimientos se incrementa la frecuencia y cantidad de la información relacionada con lluvias, temperaturas, almacenamientos, niveles del agua, volúmenes extraídos y demandados, etc. Así, la frecuencia de los datos llega a ser diaria e incluso horaria, y para ello es necesaria la participación de otras dependencias e incluso de la misma población civil. Para obtener la mayor utilidad de este proceso, la información debe fluir con oportunidad a través de cauces convenientemente establecidos, hasta llegar a las instancias de análisis y decisión. Los formatos, tiempos y formas de recopilación, envío, análisis, difusión y puesta en práctica de las decisiones debe estar especificada para cada nivel o fase de la emergencia; así, es la organización multidisciplinaria de la que forman parte todas las instituciones, dependencias y representantes de los usuarios, la que debe generar estos detalles, para cada caso y fase del fenómeno.

El *cuándo* está referido básicamente a la frecuencia con que se debe analizar la situación, lo cual a su vez depende de las condiciones o fases de la sequía: si el déficit no existe, una revisión de las condiciones hídricas generales cada seis meses será suficiente, sobre todo al inicio del ciclo agrícola-hidrológico, que es cuando se define y asignan los volúmenes por derecho, según sea la disponibilidad, las expectativas y los requerimientos y programas de los usuarios. Esto es, al 1° de octubre de cada año, con base en las condiciones imperantes, es cuando se hace la asignación anual. A fines de marzo se hace una revisión, para en su caso hacer los ajustes necesarios, ya sea a la baja con algunas restricciones por un comportamiento de la lluvia y el escurrimiento menores a lo esperado, y en general por la evolución completa del medio ambiente y del uso del agua, o bien a la alta, cuando las condiciones esperadas son superadas y se tiene oportunidad de realizar segundos cultivos, por ejemplo, o de destinar el agua disponible para otros usos como recarga de acuíferos, sustitución del bombeo, combate de malezas, etcétera.

En la etapa **anormalmente seco (D0)**, los análisis de detalle cada tres meses permitirán seguir de cerca la evolución del fenómeno y, eventualmente, avizorar incrementos en su gravedad. Cuando se detecta esta fase, en sus primeros síntomas, es oportuno activar la alerta temprana: avisar a todos los usuarios del riesgo cercano de una posible escasez, para que la población y las autoridades tengan oportunidad de tomar las precauciones necesarias. El principal indicador es cuando no se alcanza a cubrir el total de la demanda, y se presenta un déficit no mayor del 10% de la demanda media. Si esto ocurre, las dependencias e instituciones relacionadas con el problema deben hacer público tal hecho, además de que los representantes de cada sector usuario también lo hagan con sus respectivos representados, todo ello con el fin de poner sobre aviso a los usuarios de la posibilidad de que en un futuro cercano el déficit se incremente. Es la fase apropiada para revisar las estrategias disponibles, actualizarlas y ponerlas en condición de operar de inmediato. Los usos no prioritarios ni esenciales se limitan y se activa la campaña de ahorro.

En la etapa de **sequía moderada (D1)**, los análisis mensuales son suficientes para tomar las medidas pertinentes que permitan tener bajo control la situación. Aunque aún la situación no es tan difícil, pues el déficit no pasa del 20%, sí se debe tener presente el riesgo de incremento en la escasez y los consecuentes problemas. Por ello, las restricciones que se establecen deben atenderse puntualmente por todos los usuarios, e inician las sanciones por su no observancia. El racionamiento que inicia en esta etapa debe servir para estimular el ahorro, y los usos no prioritarios deben suspenderse totalmente.

Si el fenómeno está en la etapa de **sequía severa (D2)**, la situación de alarma generalizada obliga a hacer análisis semanales e incluso más frecuentes del desarrollo de la emergencia, ya que es preciso mayor detalle del comportamiento de la situación en general, tanto de demanda como de abasto, y la conveniencia y necesidad de conocer cómo evolucionan las condiciones ambientales es imprescindible para que las decisiones sean las más adecuadas. En esta fase, las condiciones de baja disponibilidad y el pronóstico poco favorable hacen que las restricciones se observen minuciosamente, y que las faltas se

sancionen indefectiblemente. Los métodos y mecanismos para ahorro de agua están en su totalidad activados, y sólo los usos esenciales están permitidos. La difusión y vigilancia de las disposiciones y la participación de los usuarios son cruciales para que las disposiciones oficiales tengan efecto y además son de carácter obligatorio.

En la etapa de **sequía extrema (D3)**, las condiciones imponen que la recopilación de información, su análisis y las decisiones a realizar sean diarios. El déficit va del 35 al 50% y es tal la gravedad de la emergencia que requiere la coordinación más estrecha y oportuna entre las diversas partes, para que de manera conjunta se tomen y ejecuten las decisiones que impidan más deterioro y el eventual colapso. En estas condiciones la tensión por la insuficiencia de agua es tan tirante que el riesgo de conflictos aumenta sensiblemente hasta convertirse en un potencial detonador que conduzca al caos, sobre todo cuando no se satisfacen los requerimientos mínimos para consumo humano. Esta es una situación muy delicada, donde la imparcialidad, justicia y equidad adquieren su mayor dimensión, y son más que indispensables para contener la inestabilidad social. Sin excepción, sólo los usos más prioritarios tienen asignación limitada, y es precisa una vigilancia estricta de su cumplimiento. La difusión informativa y de orientación permanente tiene un valor clave en las respuestas de la población a las estrategias implementadas por el organismo rector de atención del fenómeno.

Aunque no es admisible, porque no debiera llegarse a estos niveles de déficit, es posible alcanzar la etapa de **sequía excepcional (D5)**, cuando el déficit es superior al 50% de la demanda. En estos casos, lo más importante es proteger el consumo humano, y tener un cuidado extremo para que la situación no avance. Ello impone un seguimiento de la situación continuo y constante, con registros horarios y con la mayor expectativa en cuanto al pronóstico y evolución de las condiciones. En consecuencia, la difusión, vigilancia y control de los volúmenes que se usen y cómo se usen alcanzan su máxima expresión.

Quién debe realizar estas tareas también está en función del estado o etapa de la sequía. Para afrontar exitosamente la sequía debe haber una figura organizativa orientada exclusivamente hacia ese fin, conformada por un Grupo Técnico Directivo (GTD). En el caso del Consejo de Cuenca del Río Balsas, este GTD puede ser el propio Grupo Especializado en Ordenamiento (GEO) que ya está debidamente conformado y funcionando y que ha sido el responsable de elaborar el presente programa. Cada persona integrante de este grupo debe tener asignadas determinadas responsabilidades, adecuadas a su perfil, experiencia, capacidad y origen, y todos en conjunto deben aportar, integrar y analizar la información, de tal suerte que el resultado sea congruente, oportuno y útil para atender y afrontar los problemas que el fenómeno trae consigo.

No obstante, aunque la administración del recurso agua está reglamentada y es responsabilidad de CONAGUA, bajo la figura organizativa del Consejo de Cuenca y del Organismo de Cuenca, en condiciones de emergencia por sequía, es preciso que toda la sociedad se involucre, y más en especial los sectores usuarios. La participación social es un elemento clave para que las decisiones tengan éxito: si la población se mantiene al margen del problema, como simple espectador, y no hay una participación decidida y efectiva en cuidar un recurso común, no hay seguridad en el éxito de las medidas a tomar. Por ello, ante la presencia de una sequía severa, extrema o excepcional, todos los miembros de la sociedad se deben volver vigilantes, ejecutores, recopiladores e informadores de los aspectos de un fenómeno que afecta a la sociedad en su conjunto.

CAPÍTULO 8. SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Es muy importante realizar el seguimiento y evaluación de la aplicación o ejecución del PMPMS, para identificar con oportunidad los efectos adversos no previstos y permitir llevar a cabo las medidas adecuadas para evitarlos. Por ello, el presente capítulo se centra en el sistema de indicadores previsto para efectuar el seguimiento de la aplicación de las medidas del programa y sus efectos. El sistema de seguimiento tiene por objeto la comprobación del cumplimiento de las medidas preventivas y de mitigación de la sequía, previstas en este documento, así como la valoración de las desviaciones producidas y las propuestas para ajustar las medidas y determinaciones del programa o, en su caso, la propuesta de revisión del mismo.

La comprobación del cumplimiento de las medidas se efectúa a través del Sistema de Indicadores de Seguimiento, y la valoración de desviaciones y las propuestas de ajuste y revisión se efectúan a través del Informe de Seguimiento o Informe Post-sequía. A continuación se describen cada uno de ellos.

8.1. Sistema de indicadores de seguimiento

La función de los indicadores de seguimiento de un programa es tratar de ofrecer una imagen permanente de la evolución de los elementos más relevantes del mismo; constituyen, por tanto, una foto móvil –sección longitudinal- del desarrollo del programa. Los PMPMS presentan, a estos efectos, una característica diferenciada del resto de los programas, ya que su objeto es minimizar los efectos de un fenómeno recurrente, pero no permanente, por lo que el grueso de sus medidas (con excepción de las medidas estratégicas) es de aplicación temporal, no permanente.

El análisis finalista que buscan los indicadores de seguimiento se mantiene pero no está referido a una sucesión continua en el tiempo sino a una serie de episodios que se presentan de modo recurrente pero sin continuidad temporal. En la práctica, por tanto, los indicadores del PMPMS responden más a una sucesión de análisis diacrónicos de episodios diferenciados en el tiempo.

8.1.1. Características de los indicadores

Los indicadores de seguimiento, para cumplir eficazmente su función, deben reunir las siguientes características:

- Representar información relevante.
- Ser concretos.
- Ofrecer información cuantitativa, no sólo cualitativa.
- Requerir información fácilmente obtenible y sistematizable.

8.1.2. Tipos de indicadores

De acuerdo con el objeto del sistema de indicadores, es decir por su *finalidad*, los indicadores pueden agruparse en:

- *Indicadores de avance*, que reflejan el cumplimiento de las medidas preventivas y de mitigación del PMPMS.
- *Indicadores de efectos*, que reflejan los efectos de la aplicación del PMPMS.

- *Indicadores de eficiencia*, que reflejan el grado de cumplimiento de las metas y objetivos del PMPMS.

Por otro lado, de acuerdo con el *tipo de medidas* del PMPMS a las que se refieren, los indicadores pueden agruparse en:

- Indicadores del *ámbito de la previsión*
- Indicadores del *ámbito operativo*
- Indicadores del *ámbito organizativo y de gestión*

Entonces, con base en las clasificaciones anteriores, a continuación se presentan los indicadores que se proponen para realizar el seguimiento y evaluación del PMPMS.

8.1.3. Indicadores del ámbito de la previsión

Son los indicadores de análisis y monitoreo de las sequías, mencionados en el Capítulo 4 del presente programa. Los elementos sobre los que se conforman los indicadores, son aquellos cuyo estado es claramente indicativo de la proximidad, presencia y gravedad de la sequía (meteorológica e hidrológica) y de los que se dispone de la información necesaria. Estos elementos son los siguientes:

- La precipitación pluvial
- Los escurrimientos superficiales de los ríos
- Los niveles de almacenamiento en las presas

Con base en la información de las variables anteriores, los indicadores propuestos en el Capítulo 4 son los siguientes:

- Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)
- Índice Hidrológico de Sequías (SDI)
- Índices de Estado (I_e)
 - Índice de Escurrimiento (I_f)
 - Índice de Embalse (I_{emb})
 - Índice de Estado Mixto (IEM)

Como fuentes de información para establecer el sistema de indicadores se han utilizado las series históricas de precipitación proporcionadas por el SMN para estimar la sequía meteorológica mediante el SPI; y las series históricas de hidrometría (aportaciones de agua a las presas) facilitadas por el OC Balsas de la CONAGUA para estimar la sequía hidrológica mediante el SDI.

Para estimar los índices de estado (I_e) en el caso de los sistemas regulados (distritos de riego con presas de almacenamiento), se han utilizado los datos de volumen almacenado y de aportación de los embalses que caracterizan cada uno de los sistemas, mediante los cuales se determinó el Índice de Estado Mixto (IEM). En los sistemas no regulados o que no cuentan con información de almacenamientos o aportaciones de agua a las presas, se han considerado únicamente los datos disponibles ya sea de aportación o de almacenamiento, para determinar el Índice de Escurrimiento (I_f) o el Índice de Embalse (I_{emb}), según corresponda.

En todo caso, el sistema de indicadores debe adaptarse a las peculiaridades de cada sistema de explotación o abastecimiento de agua, considerando además los datos disponibles en cada uno de ellos.

Para cada indicador se establecen cuatro umbrales (normalidad, prealerta, alerta y emergencia) que enmarcan las fases progresivas de gravedad de la sequía (D0, D1, D2, D3 y D4):

- Situación estable o de normalidad
- Situación de prealerta
- Situación de alerta
- Situación de emergencia

8.1.4. Indicadores del ámbito operativo

Son los indicadores relacionados con las medidas operativas (preventivas y de mitigación) del PMPMS, que se subdividen en:

- Indicadores relativos al manejo de la oferta de agua
- Indicadores relativos al manejo de la demanda de agua

En la Tabla 8.1 se relacionan los indicadores propuestos para cada subámbito, indicando su finalidad (de avance, de efectos, de eficiencia).

Tabla 8. 1 Sistema de indicadores del ámbito operativo.

Ámbito	Finalidad	Indicador
Manejo de la oferta de agua	De avance	Activación o rehabilitación de infraestructuras en desuso que se puedan utilizar en situación de sequía (p. ej. pozos).
		Activación del uso de fuentes alternas de agua (p. ej. manantiales).
		Activación de medidas de emergencia (p. ej. uso de pipas).
		Activación del programa de intercambio de derechos de agua.
	De efectos	Volumen de reserva extraído de embalses.
		Volumen de reserva extraído de acuíferos.
		Volumen trasvasado hacia otras cuencas.
	De eficiencia	Relación entre volúmenes de reserva extraídos de embalses y volúmenes de reserva previstos para su utilización en sequías.
		Relación entre volúmenes de reserva extraídos de acuíferos y volúmenes de reserva previstos para su utilización en sequías.
Manejo de la demanda de agua	De avance	Realización de campañas de sensibilización.
		Aplicación de restricciones de usos del agua.
		Modificación temporal de tarifas y penalización de excesos.
	De efectos	Disminución del volumen suministrado al abastecimiento público por las medidas de mitigación (%).
		Disminución del volumen suministrado al riego por las medidas de mitigación (%).
		Incremento en recaudación por modificación de tarifas y penalización (%).
	De eficiencia	Relación entre la reducción total del volumen suministrado al abastecimiento público y el objetivo de reducción previsto en cada etapa de sequía.
Relación entre la reducción total del volumen suministrado al riego y el objetivo de reducción previsto en cada etapa de sequía.		

Fuente: elaboración propia.

8.1.5. Indicadores del ámbito organizativo y de gestión

Los indicadores de este ámbito pueden considerarse básicamente como indicadores de avance que reflejan si se han cumplido las previsiones del PMPMS, en cuanto a la creación de la estructura administrativa, a la disposición de medidas para el desarrollo del programa y a la realización de las actividades de seguimiento del mismo.

A estos efectos se proponen los indicadores siguientes:

- Creación de los órganos para la gestión y seguimiento previstos en el PMPMS.
- Nombramiento y asignación de personal y medios.
- Elaboración de reglamentos y protocolos de funcionamiento.
- Seguimiento de indicadores de previsión en situación de normalidad.
- Seguimiento de indicadores operativos en situaciones de emergencia.
- Redacción de informes postsequía.

8.2. Informe postsequía

Al finalizar una situación de sequía, sea cual sea la fase de máxima gravedad a la que haya llegado (severa, extrema o excepcional) se redactará un informe postsequía en el que se compruebe el cumplimiento de las medidas preventivas y de mitigación del PMPMS con base en los datos que aporta el sistema de indicadores, se valoren las desviaciones y se elaboren las propuestas correspondientes para resolverlos, que pueden derivar, en su caso, en una modificación o revisión del propio PMPMS.

8.3. Revisión y actualización del programa

La planeación para prevenir y mitigar sequías es más eficaz cuando se ve como un proceso continuo en lugar de un proceso discreto que resulta en un documento que será archivado y sólo revisado al inicio de una sequía. Por ello, se propone que el presente PMPMS sea revisado y actualizado de manera continua.

Se considera una *revisión* del PMPMS la introducción de cambios significativos en su organización o medidas de actuación.

Debe procederse a la revisión al menos en los casos siguientes:

- Cuando se redacte por primera vez y se detecten errores o inconsistencias significativas que requieran ser modificadas.
- Modificación sustantiva de los umbrales de indicadores y medidas de gestión como consecuencia de la consideración de modelos que tengan en cuenta el cambio climático.
- Modificación sustantiva de la información relativa a niveles de explotación de acuíferos.
- Cuando la magnitud de las desviaciones sea tal que obligue a introducir cambios sustanciales en los indicadores y cambios de previsión o en el programa de medidas del PMPMS.

Se considera una *actualización* del PMPMS la adaptación de aspectos muy concretos a las circunstancias de cada momento o la introducción de pequeños retoques que no afecten a los contenidos básicos.

Debe procederse a una actualización al menos en las circunstancias siguientes:

- Cuando haya cambios no significativos en el sistema de organización y seguimiento.
- Cuando existan cambios no significativos en el sistema de indicadores, umbrales y medidas.
- Cuando se hagan correcciones de errores mínimos o mejoras muy concretas del propio PMPMS.

8.4. Proceso de revisión pública

Es importante realizar un proceso de revisión pública para que la ejecución del PMPMS sea eficaz. Este proceso puede reducir futuras objeciones y conflictos durante los períodos de sequía y ayuda también a asegurar que el programa refleje los valores generales de los usuarios del agua. El Consejo de Cuenca del Río Balsas debe asegurarse que el PMPMS, una vez aprobado, esté disponible para revisión y comentarios públicos, y debe haber la suficiente apertura para hacerle las adecuaciones y/o modificaciones que sean pertinentes.

Para ello, se sugiere que el PMPMS además de ser publicado de manera impresa y en disco electrónico, esté disponible en un sitio Web, donde pueda ser consultado libremente por todos los interesados. También se pueden programar reuniones públicas para recibir retroinformación de los usuarios.

8.5. Necesidades de investigación identificadas

A lo largo del desarrollo del PMPMS se detectaron diversas lagunas de información y conocimiento sobre aspectos relacionados con la sequía que ameritan la realización de investigaciones específicas para subsanar las deficiencias encontradas. Aunque los estudios correspondientes para cubrir estas lagunas de información no pertenecen propiamente al ámbito de los PMPMS, se considera conveniente aprovechar la aprobación y ejecución de estos programas para, por una parte, llamar la atención sobre la importancia de cubrir estas carencias y, por otra, ir acumulando información que sirva de base experimental para la elaboración de esos estudios.

Con base en lo anterior, algunas de las principales líneas de investigación que se proponen son las siguientes:

- Generar diversos escenarios de sequías, es decir, modelar el posible comportamiento de los sistemas de abastecimiento de agua ante distintos grados de déficit hídrico.
- Intensificar y profundizar el estudio de los fenómenos naturales que explican la variabilidad climática (El Niño, La Niña, manchas solares, etc.) y su relación con la sequía.
- Realizar investigaciones sobre la evolución histórica y prehistórica de la sequía mediante métodos como la dendrocronología (estudio de los anillos de los árboles), o el estudio de las capas de hielo y los sedimentos.
- Investigar, más a fondo, la relación entre las sequías y los incendios forestales para prevenirlos oportunamente.
- Realizar estudios sobre la relación entre la calidad del agua de los ríos y acuíferos y los diferentes niveles de sequía.
- Proponer metodologías para estimar la vulnerabilidad social y sectorial el impacto de la sequía, así como estrategias para superar los daños en el menor tiempo y al menor costo posible.

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

- Efectuar estudios sobre la vulnerabilidad e impacto de la sequía a nivel de escala fina (municipios y comunidades), así como el diagnóstico sobre la gestión y el uso del agua en esos mismos niveles.
- Investigar los efectos de la sequía en diferentes grupos sociales, por ejemplo: según ocupación, nivel socioeconómico, etnia, etc., para seleccionar debidamente los “grupos objetivo”.
- Generar e implementar modelos de optimización de uso del agua, desde las fuentes de abastecimiento hasta los diversos usos, incluyendo costos del servicio, costos de oportunidad, tarifas que tiendan al autofinanciamiento, tarifas diferenciadas por sector y por volumen.
- Investigar sobre las mejores prácticas y métodos para fomentar la sensibilización y cultura del agua, impulsar el cambio de actitudes y la visión de usuarios comunes, respecto a la vulnerabilidad y limitación del agua disponible, de su cuidado, buen uso y costo.
- Investigar sobre los efectos benéficos de la sequía, es decir, identificar aquellos sectores de la economía y de la sociedad que, de alguna u otra manera, pueden beneficiarse de este fenómeno climatológico.
- Y, finalmente, desarrollar y/o adaptar tecnologías innovadoras para: captar, almacenar y potabilizar el agua en comunidades rurales marginadas; reutilizar, reciclar y redistribuir el agua en los hogares, en la industria y en la agricultura; y reducir el consumo de agua para hacer un uso más eficiente en los distintos usos.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES

Derivadas de los análisis realizados en el presente documento, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

La cuenca hidrológica del río Balsas es la más importante de la vertiente del Pacífico mexicano, tanto por su extensión territorial (más de 117 mil km²) como por el volumen de agua que escurre en su superficie (más de 24 mil hm³/año de escurrimientos vírgenes y retornos). No obstante, esta cuenca presenta una problemática compleja relacionada con la gestión y el uso del agua, pues aunque la precipitación media de la cuenca es superior a la media nacional (916 mm anuales), su distribución temporal, pero sobre todo la espacial, no es del todo favorable, ya que hay zonas con precipitaciones inferiores a 600 mm; además, existen áreas de zonas montañosas con fuertes restricciones para el aprovisionamiento de agua potable a sus pobladores, debido principalmente a la escasez del recurso y a su dificultad para extraerla, conducirla y distribuirla en forma económica. A lo anterior se suman los altos índices de marginación social en algunas zonas como es la porción del estado de Guerrero que pertenece a la subregión hidrológica Bajo Balsas, la cual tiene el grado de marginación más alto de la cuenca y es una de las áreas más marginadas del país.

La problemática que caracteriza a esta cuenca (baja cobertura de agua potable y saneamiento en zonas rurales, baja eficiencia en el uso del agua para riego, sobreexplotación de los acuíferos, etc.) requiere de la implementación de tecnología para aumentar la proporción de agua tratada en las ciudades y así frenar el deterioro de los acuíferos. Se estima que para el año 2030, la población ascienda a poco más de 13 millones de habitantes (un 21% más que la actual). De continuar la tendencia presente de manejo del recurso en la región, se acentuará el rezago en los servicios básicos en el medio rural y el incipiente saneamiento continuará impactando en la calidad de vida de la población y en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. El incremento en la explotación de los acuíferos de algunas ciudades intensificará la sobreexplotación y competencia entre usuarios agrícolas, público urbano e industriales. Las bajas eficiencias con que operan los distritos de riego y organismos operadores de agua potable continuarán generando dispendio del recurso, problemas de competencia e incremento en los costos de operación, lo que limitará el desarrollo de otras actividades productivas.

Todos los factores anteriores contribuyen en mayor o menor grado a que los diferentes sectores socioeconómicos de la cuenca sean vulnerables ante las sequías, sobre todo la población rural y el sector agropecuario, con los consecuentes impactos negativos que vienen aparejados con este fenómeno natural. En la cuenca del río Balsas han ocurrido eventos de sequía desde siempre, y sus efectos han sido básicamente de tipo económico: pérdidas de cosechas en la agricultura, muerte de ganado y alzas de precios en los productos agropecuarios como consecuencia de la disminución de la oferta de los mismos.

Las sequías meteorológicas son recurrentes pero en su mayoría son moderadas y de corta duración (de uno a tres meses), por lo que sólo ocasionalmente afectan a los cultivos de temporal. Igualmente, las sequías hidrológicas han sido frecuentes pero son principalmente incipientes y moderadas, y sus efectos se reflejan en las disminuciones de la producción agrícola bajo condiciones de riego, sin llegar a afectar el abastecimiento de agua a la población y a los servicios públicos básicos.

No obstante, los efectos que puede tener en el futuro una sequía sobre la sociedad son hasta cierto punto impredecibles, pues no se conoce a ciencia cierta cuál sería la severidad y duración de un fenómeno posterior. Por ello, para reducir los impactos de las sequías, es necesario fortalecer e

implementar medidas de mitigación y estrategias de respuesta que reduzcan los efectos ante la disminución de disponibilidad del recurso en el corto y largo plazos.

La finalidad del presente Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas es precisamente anticiparse a las sequías, previendo soluciones para satisfacer las demandas, evitando situaciones de desabasto de agua y conflictos entre usuarios por el uso del vital líquido. El riesgo no puede eliminarse por completo pero este programa es útil para mitigar considerablemente sus efectos. Así, en este documento se han identificado aquellas acciones que pueden ser implementadas para afrontar adecuadamente las sequías y mitigar sus impactos en los diferentes sectores usuarios del agua.

Se determinaron una serie acciones que pueden ser implementadas en el marco de la Cuenca para afrontar la sequía en tres sentidos: antes de que ocurra el fenómeno (medidas estratégicas), cuando apenas inicia (medidas tácticas), o cuando ya está presente (medidas de emergencia). Las diversas medidas pueden ser, indistintamente, de corto, mediano y largo plazo; su consideración está en función de la intensidad del fenómeno, de los impactos que cause, y de los recursos disponibles para invertir.

Muchas de las medidas propuestas en este programa son de tipo estructural y son necesarias para ahorrar agua y recuperar volúmenes; no obstante, como se ha visto históricamente y es una realidad, gran parte de los efectos de la sequía son consecuencias derivadas de la gestión del agua: si es la adecuada, no se evita el fenómeno pero sí se mitigan los impactos; si es deficiente, los conflictos pueden volverse irresolubles y causar más daño que el propio fenómeno natural.

Desde este enfoque, en el que el fenómeno natural es inevitable y la mejor forma de afrontarlo es mediante la prevención, destacan las acciones no estructurales, de tipo administrativo, que resultan tanto o más importantes en su diseño, ejecución, implantación y seguimiento, tanto para cerrar la brecha hídrica que existe actualmente (diferencia entre la demanda y la oferta) como para mitigar los impactos en un evento de sequía.

Entonces, se considera sumamente importante implementar oportunamente las diversas medidas preventivas y de mitigación que se recogen en este programa, así como realizar el seguimiento y evaluación de la aplicación o ejecución de las mismas, para identificar con oportunidad los efectos adversos no previstos y permitir llevar a cabo las medidas adecuadas para evitarlos.

La puesta en marcha de las distintas medidas preventivas y estrategias de mitigación que se proponen en este documento, así como la adecuada coordinación entre los distintos niveles de gobierno y la participación activa de la sociedad, sin lugar a dudas redundará en beneficios tangibles y en menores pérdidas económicas la próxima vez que ocurra una sequía.

BIBLIOGRAFÍA

- Cano, L. y Hernández, G. 2007. Las sequías en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Consultado en línea el 12 de abril de 2013 desde: <http://www.imta.mx/>
- Castorena, G. 1980. Las sequías en el siglo XX. En: Análisis histórico de las sequías en México. Secretaría de Recursos Hidráulicos-Comisión Nacional Hidráulica. pp. 59-61.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2001. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Secretaría de Gobernación. México, D.F. 226 pp.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2007. Fascículo Sequías. Secretaría de Gobernación. México, D.F. 36 pp.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2002. Norma oficial mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. SEMARNAT, DOF, 17 de abril. México, D.F.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2007. Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas que forman parte de la Región Hidrológica número 18 Balsas. SEMARNAT, DOF, 7 de diciembre. México, D.F.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010a. Acuerdo por el que se determina la circunscripción territorial de los organismos de cuenca de la Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT, DOF, 1 de abril. México, D.F.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010b. Documentos básicos de los consejos de cuenca. SEMARNAT. México, D.F. 80 pp.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010c. Estadísticas del agua en la cuenca del río Balsas. SEMARNAT, México, D.F. 170 pp.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2011a. Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Región Hidrológica número 18 Balsas. SEMARNAT, DOF, 26 de enero. México, D.F.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2011b. Decreto por el que se modifican los diversos por los que se constituyen reservas de aguas nacionales y se establece una veda en la Región Hidrológica número 18 Balsas. SEMARNAT, DOF, 22 de marzo. México, D.F.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2011c. Lineamientos que establecen la forma y condiciones a que se sujetará el aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales, así como el levantamiento y actualización de los padrones de usuarios, dentro de la zona de veda de la Región Hidrológica número 18 Balsas. SEMARNAT, DOF, 24 de junio. México, D.F.

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2011d. Inventario nacional de plantas municipales y de tratamiento de aguas residuales en operación. SEMARNAT. México, D.F. 404 pp.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2011e. Modificación al decreto de veda en la cuenca del río Balsas. SEMARNAT. México, D.F. 86 pp.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2012a. Ley de aguas nacionales y su reglamento. SEMARNAT. México, D.F.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2012b. Programa hídrico regional visión 2030. Región hidrológico-administrativa IV Baslas. SEMARNAT. México, D.F. 190 pp.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2012c. Estudios de investigación para caracterizar a las regiones del país en función del cambio climático, incluyendo los mapas asociados. IV Balsas. SEMARNAT. México, D.F. 60 pp.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2012d. Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México. SEMARNAT. México, D.F. 43 pp.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2010. Proyecciones de la población de México 2010-2050. Consultado en línea el 15 de mayo de 2013 desde: <http://www.conapo.gob.mx/>
- CWCB (Colorado Water Conservation Board). 2010. Municipal drought management plan. Guidance Document. Denver, CO. USA. 123 pp.
- CWCB (Colorado Water Conservation Board). 2011. Sample of a municipal drought management plan. City of Shallow Creek Fiction County. Denver, CO., USA. 124 pp.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. Gestión del riesgo de sequía y otros eventos climáticos extremos en Chile. FAO/Ministerio de Agricultura de Chile. Santiago, Chile. 117 pp.
- Florescano, E. 2000. Breve historia de la sequía en México. 2ª edición. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México, D.F. 252 pp.
- Gill, R. B. 2008. Las grandes sequías mayas: agua, vida y muerte. 1ª edición en español. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 562 pp.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2013a. Programas para la prevención y mitigación de sequías (documento de soporte teórico). SEMARNAT. Jiutepec, Morelos. 61 pp.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2013b. Guía para la formulación de programas de prevención y mitigación de sequías. SEMARNAT. Jiutepec, Morelos. 58 pp.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2012. La cuenca del río Balsas. Consultado en línea el 17 de mayo de 2013 desde: <http://www2.ine.gob.mx/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2004. Guía para la interpretación de cartografía: edafología. INEGI, Aguascalientes, México, 28 pp.

*Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la
Cuenca del Río Balsas*

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Censo de población y vivienda 2010. Consultado en línea el 20 de mayo de 2013 desde: <http://www.censo2010.org.mx/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2012. Sistema de cuentas nacionales de México: Producto Interno Bruto por entidad federativa 2007-2011. INEGI. Aguascalientes, Ags. 339 pp.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Summary for policymakers. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York, NY, USA.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base referencial mundial del recurso suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO. Roma. 117 pp.
- Martínez-Austria, P. 2007. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Vol. I. IMTA/SEMARNAT. Jiutepec, Morelos. 75 pp.
- McKee, T., N. Doesken y J. Kleist. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. American Meteorological Society, 9th Conference on Applied Climatology, pp. 233-236.
- Méndez, M. y V. Magaña. 2010. Regional aspects of prolonged meteorological droughts over Mexico and Central America. In: Journal of Climate, No. 23, pp. 1175-1188.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2005. Guía para la redacción de planes especiales de actuación en situación de alerta y eventual sequía. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General del Agua. Madrid, España.
- Nalbantis I. y G. Tsakiris. 2009. Assessment of hydrological drought revisited. In: Water Resources Management, Vol. 23, No. 5, pp. 881-897.
- NDMC (National Drought Mitigation Center). 2013. What is drought planning?. Consultado en línea el 25 de mayo de 2013 desde: <http://drought.unl.edu>
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1999. Sistemas de alerta temprana para casos de sequía y desertificación: papel de los servicios meteorológicos hidrológicos nacionales. OMM-No 96. Ginebra, Suiza. 12 pp.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2006. Vigilancia y alerta temprana de la sequía: conceptos, progresos y desafíos futuros. OMM-No 1006. Ginebra, Suiza. 24 pp.
- Ortega-Gaucin, D. 2012. Sequía en Nuevo León: vulnerabilidad, impactos y estrategias de mitigación. Instituto del Agua del Estado de Nuevo León. Apodaca, N.L. 222 pp.
- Paucic, A., W. 1980. Geografía general del estado de Guerrero. Gobierno del Estado de Guerrero. FONAPAS-GUERRERO. México, D.F. 326 pp.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2003. Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. SEMARNAT, DOF, 23 de abril. México, D.F.

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2009. Cambio climático: ciencia, evidencia y acciones. SEMARNAT. México, D.F. 81 pp.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2013. Seguimiento mensual de afectación por sequía. Consultado el 17 de mayo de 2013 desde: <http://smn.cna.gob.mx/>
- Tamayo, L. 2009. Geografía moderna de México. Trillas. México, D.F. 544 pp.
- Toledo, A. y L. Bozada. 2002. El delta del río Balsas. Medio ambiente, pesquerías y sociedad. INE-El Colegio de Michoacán, A.C. México, D.F. 294 pp.
- Velasco, I., L. Ochoa y C. Gutiérrez. 2005. Sequía, un problema de perspectiva y gestión. En: Región y Sociedad, Vol. XVII, No. 34. pp. 35-71.
- Wilhite, D. A. 1991. Drought planning: a process for state government. In: Water Resources Bulletin, AWRA, Vol. 27, No. 1. pp. 29-38.
- Wilhite, D. A. 1993. Preparing for drought: a guidebook for developing countries. Earth Watch Climate Unit. UNEP. Lincoln, NE., USA. 78 pp.
- Wilhite, D. A. 2000. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. In: Wilhite, D. A. (Ed.), *Drought: a global assessment*. Vol. I. Routledge. New York, N.Y., USA. pp. 3-18.
- Wilhite, D. A. 2011. Drought. In: Enciclopedia of Water Science, 2nd edition. Taylor and Francis. New York, N.Y., USA. pp. 215-217.
- Wilhite, D. A. y O. Vanyarkho. 2000. Drought: pervasive impacts of a creeping phenomenon. In: Wilhite, D. A. (Ed.), *Drought: a global assessment*. Vol. I. Routledge. New York, N.Y. USA. pp. 245-255.