

COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA

SUBCOORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA Y MECÁNICA DE RÍOS

Informe Final

(Primera Fase, Oct.-Dic. 2013)

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

Proyecto TH1332.5

Responsable: Dr. Israel Velasco

Colaborador: Dr. David Ortega Gaucin

Diciembre, 2013

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
III.	JUSTIFICACIÓN.....	5
IV.	METODOLOGÍA.....	8
V.	RESULTADOS.....	11
	Características físicas.....	12
	Ubicación y delimitación geográfica.....	12
	Fisiografía.....	16
	Tipos de suelos.....	17
	Usos del suelo y vegetación.....	19
	Climatología.....	20
	Hidrología superficial.....	25
	Balance hidrológico superficial.....	29
	Disponibilidad de aguas superficiales.....	30
	Hidrología subterránea.....	32
	Balance hidrológico subterráneo.....	33
	Disponibilidad de aguas subterráneas.....	35
	Usos del Agua.....	36
	Infraestructura hidráulica.....	40
	Características socioeconómicas.....	51
	Distribución de la población.....	51
	Población urbana y rural.....	53
	Proyección de la población.....	55
	Población económicamente activa (PEA).....	56
	Producto interno bruto (PIB).....	57
	Evolución del PIB e identificación de centros de actividades económicas en la región.....	59
	Otros indicadores socioeconómicos.....	59
	Aspectos normativos importantes.....	63
	Decretos y vedas para el aprovechamiento de aguas superficiales.....	63
	Acuerdo para la entrega de agua en bloque del Sistema Cutzamala a los gobiernos del Distrito Federal y Estado de México.....	66
	Problemática relevante identificada.....	69

Disponibilidad limitada y escasez de agua.....	69
Deficiencias en la prestación de servicios de agua	70
Marginación social	71
Contaminación del agua en cauces y acuíferos.....	71
Agotamiento y contaminación de los ecosistemas	72
Riesgos ambientales.....	73
Baja productividad del agua y rentabilidad de algunas actividades económicas	74
Gobernanza ineficaz del agua.....	74
Análisis de las sequías históricas y sus impactos.....	76
Las sequías en el pasado y sus efectos en la población.....	76
Análisis y caracterización de las sequías meteorológicas.....	82
Comportamiento histórico de la lluvia	85
Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).....	89
Análisis y caracterización de las sequías hidrológicas	96
Comportamiento histórico de las aportaciones de agua a las presas de almacenamiento....	99
Índice Hidrológico de Sequía (SDI).....	102
Impacto de las sequías hidrológicas en los distritos de riego.....	108
VI. CONCLUSIONES	113
VII. REFERENCIAS.....	115

I. INTRODUCCIÓN

La recurrencia de fenómenos meteorológicos adversos repercute negativamente en la producción agropecuaria y forestal, y en los ingresos de los productores del campo, principalmente. La sequía es uno de estos fenómenos, y se caracteriza por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal para una zona determinada; no presenta epicentro ni trayectorias definidas y tiende a extenderse de manera irregular a través del tiempo y del espacio, provocando que el agua disponible sea insuficiente para satisfacer las distintas necesidades humanas y de los ecosistemas (Wilhite, 2000; Heim, 2002; Boken, 2005).

La sequía es considerada como uno de los fenómenos naturales más complejos y que afecta a más personas en el mundo (Wilhite, 2000). Además de sus efectos directos en la producción, 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 (Seavoy, 1986; Florescano, 2000; Gill, 2008). A diferencia de otros desastres 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. La severidad de una sequía depende no solamente del grado de reducción de la lluvia, de su duración o de su extensión geográfica, sino también de las demandas del recurso hídrico para la permanencia de los sistemas naturales y para el desarrollo de las actividades humanas, razón por la cual es posible expresar el grado de severidad de la sequía en términos de sus impactos sociales y económicos (Boken, 2005).

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, 2007a), 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.

En los últimos años, en diversas partes del mundo –incluido nuestro país–, pareciera que las sequías son más recurrentes, persistentes y de mayores proporciones (Escalante y Reyes, 1998); además, los modelos climáticos muestran escenarios aún más severos para el siglo XXI. En México, donde la agricultura de riego y de temporal es una fuente importante de empleo y de ingreso económico, la sequía representa un alto riesgo para el sector ya que propicia severos desajustes a la economía regional y nacional, como ocurrió durante la sequía más reciente de 2011-2012, “la más severa de los últimos 70 años”, según apreciaciones de diversos actores (INEGI, 2011; CONAGUA, 2012a; SAGARPA, 2012).

Esta sequía generó pérdidas económicas en la producción agrícola que superaron los 16 mil millones de pesos –un mil 300 millones de dólares–, y se estima que las pérdidas totales en los diferentes sectores económicos equivalieron al 10% del producto interno bruto nacional; se calcula que alrededor de 48 millones de mexicanos padecieron las consecuencias del fenómeno en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, siendo un problema que afectó a dos de cada tres hectáreas cultivadas y ocasionó la muerte de miles de cabezas de ganado (INEGI, 2011).

En el año 2011 más del 80% del territorio nacional padecía algún grado de sequía, desde moderada hasta excepcional. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2012) corroboró este fenómeno en 1,213 municipios de México, lo que permitió aprobar la declaratoria de emergencia por desastre natural en 1,174 de éstos. A nivel de entidades federativas, 19 de los 32 estados de la república sufrieron los efectos de la peor sequía en décadas. Por su parte, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2012), informó que 64 de las 174 áreas naturales protegidas en México (36.8%), se encontraban en riesgo por la sequía que afectaba al país, y en ese mismo año (2011) México sufrió uno de los peores años en cuanto a incendios forestales. Durante 2012 y lo que va de 2013, gran parte de la república mexicana enfrenta todavía los estragos de una sequía que comenzó a gestarse a finales del año 2010 y cuyos efectos negativos aún persisten.

Ante esta situación, a principios de 2012 el Gobierno Federal de México a través de la CONAGUA, ordenó liberar 33,827 millones de pesos (unos 2,500 millones de dólares) para atender el escenario de sequía que afectaba al país, sobre todo en los estados del centro y norte. Los recursos gubernamentales fueron asignados particularmente a la rehabilitación y el reforzamiento de la infraestructura para el suministro de agua destinada al consumo humano, y para garantizar el abasto de alimentos a las poblaciones afectadas por la sequía.

Aunque los estados del territorio nacional que históricamente han sido más afectados por las sequías se ubican principalmente en el norte del país (Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Baja California, Sonora y Sinaloa), también han resultado afectadas las entidades federativas del centro-norte, centro-occidente y suroeste (Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Michoacán, México, Morelos, Oaxaca y Guerrero). A excepción de los estados del sureste (Tabasco, Chiapas, Yucatán, Campeche y Quintana Roo), todas las demás entidades federativas del país han tenido algún grado de afectación por sequía en las últimas cuatro décadas (CENAPRED, 2001).

En este contexto, el proyecto de investigación que se plantea en esta propuesta se enmarca dentro de la problemática actual que vive México con relación a la sequía, para lo cual se pretende analizar el caso específico de la cuenca del río Balsas, la cual ha sido muy poco estudiada en este aspecto. La gran mayoría de las investigaciones que se han realizado sobre sequía se ubican en las cuencas y estados del norte del país (ver, por ejemplo: Escalante y Reyes, 1998; Velasco, 2002; Bravo et al., 2006; Bravo et al., 2010; Sisto et al., 2011; Ortega-Gaucin, 2012; Ortega-Gaucin et al., 2012). Sin embargo, como se ha mencionado, la sequía también afecta otras regiones y entidades federativas, dentro de las cuales se encuentran las que pertenecen a la cuenca del río Balsas, la cual cubre una superficie de 117,305.9 kilómetros cuadrados equivalente al 6% del territorio nacional, y abarca parte de los estados de Morelos, Jalisco, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Puebla y Estado de México.

De manera específica, lo que se pretende con esta investigación es formular un plan de medidas preventivas y de mitigación de la sequía en la cuenca del río Balsas, que permita afrontar los embates del fenómeno con estrategias adecuadas y que contribuya a reducir la vulnerabilidad de los diferentes sectores usuarios del agua, así como las pérdidas económicas derivadas del déficit hídrico ocasionado por los períodos de sequía y el uso irracional del agua.

Y es que se debe considerar que aunque la última sequía en México se puede atribuir en su mayor

parte a la variabilidad climática natural, hay que tener en cuenta que los efectos del cambio climático global se irán sumando a los causados por esta variabilidad como lo demuestran estudios científicos realizados en los últimos años (por ejemplo, Martínez-Austria, 2007). En consecuencia, se estima que esta clase de escenarios se presenten cada vez con mayor frecuencia y, por ende, despierten mayor interés en la población y en las autoridades gubernamentales, de ahí la importancia de la planeación adecuada para afrontar el fenómeno.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Formular un plan de medidas preventivas y de mitigación de la sequía en la cuenca del río Balsas, que permita afrontar los embates del fenómeno con estrategias adecuadas y que contribuya a reducir la vulnerabilidad de los diferentes sectores usuarios del agua, así como las pérdidas económicas derivadas del déficit hídrico ocasionado por los períodos de sequía.

2.2. Objetivos Específicos

1. Realizar una caracterización física y socioeconómica de la cuenca del río Balsas, incluyendo un diagnóstico de la problemática relevante identificada en relación con el uso y manejo del agua en los diferentes sectores sociales.
2. Identificar y caracterizar los períodos de sequía meteorológica e hidrológica registrados históricamente en la cuenca, utilizando indicadores que permitan describir su duración, frecuencia, severidad y extensión espacial.
3. Realizar una revisión y análisis del impacto histórico de las sequías, así como de las medidas de mitigación implementadas en el pasado y su efectividad, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales.
4. Evaluar la vulnerabilidad actual de los diferentes sectores usuarios del agua ante la sequía, considerando aspectos sociales y económicos, principalmente.
5. Determinar una serie de estrategias de mitigación y respuesta que puedan implementarse antes y durante la sequía, con el propósito de prever soluciones para satisfacer las demandas de agua y evitar situaciones de desabasto y déficit hídrico.
6. Integrar un plan de medidas preventivas y de mitigación de la sequía en la cuenca del río Balsas, con base en los resultados obtenidos del cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos anteriores.
7. Presentar el plan ante autoridades y representantes de usuarios del agua en la cuenca para su revisión y evaluación respectiva, como una propuesta fundamentada, coherente y consistente para la prevención y mitigación de los efectos negativos de la sequía.

Cabe mencionar, que en el presente informe se incluyen únicamente los resultados correspondientes a los objetivos 1, 2 y 3, que comprenden la primera fase del proyecto (octubre a diciembre de 2013). En el siguiente informe se presentarán los resultados totales del proyecto, incluyendo los correspondientes a la segunda fase (enero a septiembre de 2014).

III. JUSTIFICACIÓN

Aunque la sequía es considerada como el riesgo natural que ocasiona más daños a la población mundial, paradójicamente es el que ha recibido la menor atención científica y política, lo cual se debe a las características tan particulares del fenómeno que han obstaculizado la realización de cálculos exactos, confiables y oportunos de sus efectos y de la gravedad de los mismos y, en última instancia, han impedido o limitado en gran manera la formulación de planes de contingencia por la mayoría de los gobiernos de los países afectados (Wilhite, 2000).

En México, la atención a la sequía en las últimas décadas se ha basado en un enfoque reactivo, donde lo primordial es la gestión de la crisis y no del riesgo. En nuestro país no se tiene un sistema nacional de monitoreo y alerta temprana de sequía; el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) utiliza los productos generados por el North American Drought Monitor (NADM), cuya utilidad es solo aplicable a escala continental, pero no a nivel regional, estatal o municipal. En México tampoco existe un organismo o dependencia gubernamental encargado exclusivamente de coordinar y gestionar los riesgos asociados con la sequía, como sí lo hay en otros países (por ejemplo, en Estados Unidos se tiene el National Drought Mitigation Center –NDMC–, creado en 1995, cuya misión es contribuir a que las personas e instituciones desarrollen e implementen medidas para reducir la vulnerabilidad de la sociedad ante la sequía, haciendo hincapié en la preparación para la gestión de riesgos en lugar de la gestión de crisis), y no existe una política nacional que exija a los gobiernos estatales establecer y poner en práctica planes y estrategias para reducir el riesgo de sequía.

Cuando ocurre una sequía severa, como sucedió en el año 2011, la primera reacción de los gobiernos de los estados afectados es la de solicitar la declaratoria de desastre natural por sequía ante la CONAGUA, con lo cual tienen acceso a los tradicionales apoyos federales del Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN). Aunque este fondo ha sido una buena fuente de financiamiento para atender las necesidades de emergencia causadas por sequía y otros desastres naturales a corto plazo, no es totalmente adecuado o suficiente como una estrategia integral para gestionar el riesgo de una sequía prolongada y generalizada, como la que ocurrió recientemente en el país. Igualmente, ante la emergencia causada por sequía, los gobiernos estatales tienden a implementar diversos “programas emergentes” de apoyo humanitario y agropecuario, entre los que se encuentran, por ejemplo: reparto de agua y despensas entre la población rural; apoyo para suplemento alimenticio del ganado; entrega de cheques o dinero en efectivo a los afectados; etc., los cuales no tienen un propósito de largo alcance bien definido y, por ende, no están diseñados como planes integrales con estrategias específicas que sean replicables en eventos futuros de sequía (Ortega-Gaucin, 2012).

Por lo anterior, es lamentable decir que en México, hasta el día de hoy, no se tiene un sistema de gestión para reducir el riesgo de sequía y de sus efectos colaterales, a pesar de la persistencia y recurrencia del fenómeno a través del tiempo. En nuestro país el gobierno y la población no se preparan para afrontar la sequía, sino que sólo reaccionan ante ella. Esto se debe probablemente a la complejidad del fenómeno que propicia la creencia errónea de que después de una sequía no ocurrirá otra igual o de mayores proporciones, y por ende –sobre todo en los países menos desarrollados– no es usual prepararse para su ocurrencia futura, que es una certeza (Wilhite, 1994). Entonces, es necesario realizar una evaluación integral de los riesgos y contar con un sistema de monitoreo y alerta temprana, así como disponer de planes integrales de prevención y mitigación de sequías a nivel de cuencas hidrológicas y entidades federativas, que permitan

reducir considerablemente los tiempos de respuesta y los costos incurridos en los daños y pérdidas innecesarias que pueden evitarse en gran medida. En otras palabras, es necesario gestionar los riesgos, no sólo los desastres (Zhang *et al.*, 2012).

No obstante, es importante mencionar que, afortunadamente, en México ya se están dando las primeras señales de cambio en el enfoque dado en la atención a la sequía: recientemente el gobierno federal a través de la CONAGUA publicó en el Diario Oficial de la Federación los “Lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía, así como las medidas preventivas y de mitigación, que podrán implementar los usuarios de las aguas nacionales para lograr un uso eficiente del agua durante sequía.” (DOF, 22 de noviembre de 2012). A partir de estos lineamientos, en febrero de 2013 se realizó la presentación oficial del Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE), el cual tiene como objetivo poner en marcha una serie de acciones preventivas y de mitigación con el propósito de reducir la vulnerabilidad de la población ante la sequía.

En este contexto, el presente proyecto de investigación está ampliamente relacionado con los objetivos del PRONACOSE y, en cierta manera, los resultados que se obtengan de este trabajo pueden contribuir a alcanzar las metas de dicho programa, pues la cuenca del río Balsas constituye el sistema hidrológico más importante del centro-occidente del país. Hasta el año 2010, esta cuenca tenía una población total de 10'990,154 habitantes, equivalente al 9.78% del total nacional, y en ella se generó un PIB de 822,805 millones de pesos, equivalentes al 5.94% del total nacional (INEGI, 2010). Sin embargo, la población de esta región hidrológica es una de las que tiene los más altos índices de marginación social, sobre todo en los municipios de los estados de Guerrero y Oaxaca (CONAPO, 2010), por lo que es altamente vulnerable ante el embate de fenómenos hidrometeorológicos extremos, como son las sequías e inundaciones.

Si bien es cierto que la precipitación media de la cuenca del río Balsas (930 mm) 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 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 (CONAGUA, 2010). 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.

Según la CONAGUA (2012b), se estima que en esta región hidrológica la demanda de agua actual es del orden de 7,659 millones de metros cúbicos, y para satisfacerla se cuenta con una infraestructura hidráulica cuya capacidad instalada aporta una oferta sustentable de agua de 6,988.3 millones de metros cúbicos. Pero también, parte de la demanda es abastecida de manera no sostenible provocando que los niveles de sobreexplotación sean del orden de 94 millones de metros cúbicos en los acuíferos, además no se deja escurrir un volumen para la preservación de los ecosistemas acuáticos de 573 millones de metros cúbicos. Al año 2030, este problema podría agudizarse debido al crecimiento de la demanda, la cual se estima podría ascender a 8,159.6

millones de metros cúbicos. Esto traerá consigo una brecha hídrica del orden de los 1,530.8 millones de metros cúbicos.

Entonces, para evitar conflictos sociales y pérdidas económicas derivadas del déficit hídrico ocasionado por una eventual sequía en esta cuenca, el objetivo principal de la planeación para prevenir y mitigar la sequía será preservar los servicios públicos esenciales y minimizar los efectos adversos de un suministro de agua de emergencia en las necesidades sociales, en las actividades económicas y en los recursos naturales. El plan de medidas preventivas y de mitigación de la sequía que se formulará en este proyecto, tendrá como propósito contribuir a eliminar la "crisis" de la respuesta ante 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.

IV. METODOLOGÍA

Para realizar el proyecto de investigación cuyo producto final será un Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del río Balsas, se utilizará la metodología propuesta por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2013), la cual es una adaptación de la metodología preparada por Colorado Water Conservation Board y AMEC Earth & Environmental (CWCB/AMEC, 2010) y se compone básicamente de 8 pasos o etapas. Cada una de estas etapas incluirá un proceso interactivo de consulta con técnicos, funcionarios y representantes del Organismo de Cuenca Río Balsas (OCRB) de la CONAGUA y del Consejo de Cuenca del Río Balsas (CCRB), lo cual facilitará la inclusión de diversos puntos de vista y enfoques para el desarrollo del plan, de tal manera que los objetivos y principios funcionales reflejen los valores de los administradores del agua y grupos de interés. A continuación se describe cada una de las etapas con sus actividades correspondientes.

1ª Etapa: Definición de objetivos y principios de operación del plan

Se definirá de inicio cuál es el objetivo general y los objetivos específicos del plan que se propone para atender las sequías. Esto proporcionará un marco de referencia para desarrollar y, en su caso, implementar el plan, evitando confusiones y que se pierda la meta deseada. En relación con los principios de operación, esto tiene mucho que ver con la organización administrativa y funcional de las instituciones encargadas de la administración del agua (OCRB, CCRB, Organismos Operadores de Agua Potable, Distritos de Riego, etc.), para lo cual será necesario documentarse para saber cómo operan en general, para que posteriormente se precise la funcionalidad del plan.

2ª Etapa: Caracterización de la cuenca hidrológica

Se realizará una caracterización física (fisiografía, climatología, usos del suelo, vegetación, hidrología, etc.) y socioeconómica (distribución de la población, índices y grados de marginación, actividades económicas, etc.) de la cuenca del río Balsas, mediante una recopilación, revisión, sistematización y análisis de información generada por distintas dependencias (CONAGUA, SEMARNAT, INEGI, INECC, CONAPO, SAGARPA, etc.). El análisis y sistematización de esta información, en conjunto con la revisión de otros estudios que hayan sido elaborados previamente, permitirá identificar la problemática más relevante en relación con la gestión y el uso del agua y elaborar un diagnóstico sobre la situación actual de los recursos hídricos y su manejo en la cuenca.

3ª Etapa: Análisis y caracterización de las sequías históricas

Se realizará el análisis y caracterización los períodos de sequía meteorológica e hidrológica registrados históricamente en la cuenca, utilizando indicadores que permitan describir su duración, frecuencia, severidad y extensión espacial. Para ello hará una recopilación, revisión, sistematización y análisis de información sobre registros históricos de: precipitación; caudales observados en estaciones hidrométricas; niveles de almacenamiento de las presas; y niveles de agua subterránea. Con esta información, calcularán los siguientes indicadores: Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), para analizar la sequía meteorológica (McKee et al., 1995); Índice Hidrológico de Sequía (SDI) para caracterizar la sequía hidrológica (Nalbantis, 2008); además, se calcularán otros índices de estado en embalses y corrientes.

4ª Etapa: Análisis del impacto histórico de las sequías

Se realizará un análisis del impacto histórico de las sequías, así como de las medidas de mitigación implementadas en el pasado y su efectividad, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales. Se verificará si existe documentación sobre los periodos de sequía históricos que sirva como referencia para precisar el impacto de las sequías en el pasado y sobre las medidas de mitigación o respuesta implementadas, con el propósito de evaluar su efectividad. Se hará una evaluación del suministro de agua a los diferentes sectores de la sociedad durante los periodos de sequía identificados, incluyendo una evaluación de la tecnología e infraestructura existente para abastecer de agua los distintos sectores (municipal, industrial, agrícola, entre otros). Además se realizará una evaluación histórica de la demanda de agua durante los periodos de sequía; se identificarán los cambios en la demanda por parte de los usuarios y los factores que los generaron, y se verificará si las medidas de respuesta a la sequía implementadas en el pasado contribuyeron con la reducción de la demanda.

5ª Etapa. Evaluación de la vulnerabilidad ante la sequía

Se evaluará la vulnerabilidad actual de los diferentes sectores usuarios del agua ante la sequía, considerando aspectos sociales y económicos, principalmente. Para ello, se realizará una evaluación general de la vulnerabilidad de la cuenca ante la sequía, para lo cual se adoptará el método propuesto por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007b; CONAGUA, 2011), cuyos conceptos y supuestos son probablemente los que mejor se adaptan a las condiciones del país. Además, se harán evaluaciones específicas de la vulnerabilidad ante la sequía de diferentes sectores usuarios del agua (agrícola, público urbano e industrial) para lo cual se utilizarán indicadores propuestos por la CONAGUA (2011 y 2012c). Con base en los resultados de aplicar los métodos anteriores y a partir de los resultados obtenidos en las dos etapas precedentes, se identificará con mayor detalle y precisión la vulnerabilidad ante la escasez del agua, la garantía y prioridad que se puede otorgar de la oferta en los diferentes sectores, así como el posible inicio de una sequía, los impactos potenciales y la severidad de los mismos. Esto servirá para que, cuando se identifiquen y seleccionen las medidas de mitigación y las estrategias a seguir, se busquen aquellas que atiendan con más efectividad o precisión la prevención, la atención o la emergencia ante la sequía.

6ª Etapa: Estrategias de mitigación y respuesta ante sequías

Se determinará una serie de estrategias de mitigación y respuesta que puedan implementarse antes y durante la sequía, con el propósito de prever soluciones para satisfacer las demandas de agua y evitar situaciones de desabasto y déficit hídrico. Para ello, en esta etapa se aplicarán de manera precisa los resultados obtenidos en las etapas anteriores y se utilizarán como apoyo las hojas de trabajo elaboradas por CWCB/AMEC (2010), las cuales se adaptarán a las condiciones específicas de la cuenca en estudio. Estos formatos permitirán definir los objetivos específicos que se requieren lograr en cada nivel o estado de sequía (moderada, severa, extrema o excepcional), lo cual conducirá en última instancia a plantear un programa detallado de medidas preventivas y de mitigación de la sequía, con fases y acciones específicas para cada estado de sequía.

7ª Etapa. Integración del plan de medidas preventivas y de mitigación de la sequía

Esta etapa se realizará la integración de los principales resultados obtenidos en las etapas anteriores en un documento coherente, consistente y factible de aplicarse realmente en las

condiciones específicas de la cuenca del río Balsas. Se integrará y estructurará de tal forma que presente los indicadores y resultados obtenidos en los pasos previos, incluyendo como capítulos: presentación y objetivo; programa de mitigación; programa de monitoreo con indicadores de la sequía; protocolo para declaración de sequía; programas de implementación del plan en cada nivel o etapa del fenómeno; seguimiento y efecto de las acciones y posibles cambios; y sanciones propuestas.

8ª Etapa. Presentación y divulgación del plan

La presentación del PMPMS se hará por diferentes medios (reuniones con el OCRB y CCRB, página web del IMTA, correo electrónico, etc.), con el propósito de someterlo al escrutinio público y tener la posibilidad de recibir comentarios y retroinformación sobre el mismo. En caso de ser necesario, se harán las modificaciones o adecuaciones que sean pertinentes antes de entregarlo en su versión final a las autoridades del OCRB y del CCRB para su valoración y, en su caso, implementación y actualización continua.

Finalmente, es importante mencionar que en el presente informe se incluyen únicamente los resultados correspondientes a las etapas 1, 2 y 3, que comprenden la primera fase del proyecto (octubre a diciembre de 2013). En el siguiente informe se presentarán los resultados totales del proyecto, incluyendo los correspondientes a la segunda fase (enero a septiembre de 2014).

V. RESULTADOS

5.1. Definición de objetivos y principios de operación del plan

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.

Los programas de gestión de la sequía son más eficaces cuando un comité específicamente orientado a la atención del fenómeno incluye a todos interesados (administradores y usuarios del agua), y estos participan durante todo el desarrollo e implementación del programa; para tal fin, un Grupo Técnico Directivo (GTD) puede ser la instancia más adecuada.

Entonces un requisito indispensable para la formulación del Plan de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en la Cuenca del Río Balsas (PMPMS-CRB), fue la conformación un equipo de planeación o GTD encargado de su elaboración.

No obstante, para evitar la formación de nuevos grupos de trabajo adicionales a los ya existentes, la Comisión de Operación y Vigilancia (COVI) del Consejo de Cuenca del Río Balsas acordó en su primera sesión el 23 de abril de 2013 que fuera el Grupo de Trabajo Especializado en Ordenamiento (GEO) –instalado el 30 de mayo de 2007 en la ciudad de Oaxaca, Oax. – el responsable del proceso de elaboración del PMPMS. Así, en su sesión 17ª efectuada el día 9 de mayo de 2013, el GEO acordó realizar sesiones extraordinarias para la integración del mencionado programa, el cual tiene los siguientes objetivos:

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.

5.2. Caracterización de la cuenca hidrológica del río Balsas

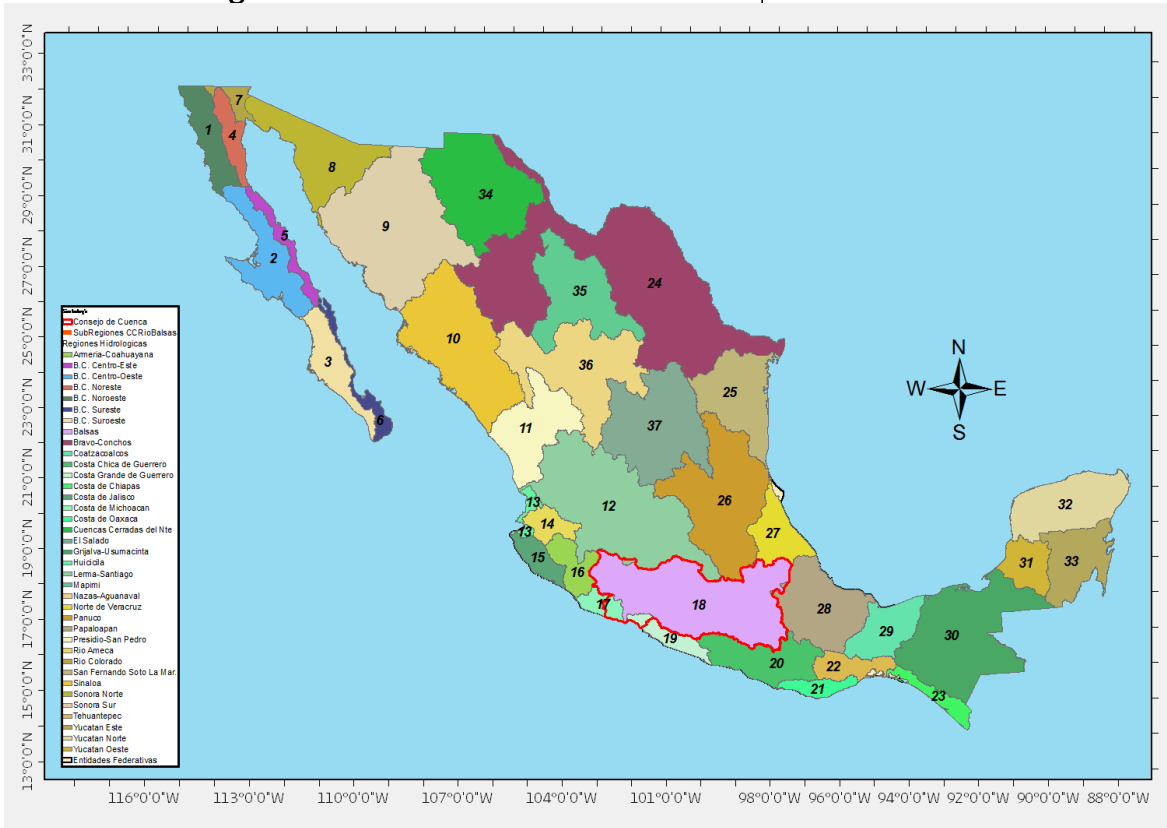
Características físicas

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

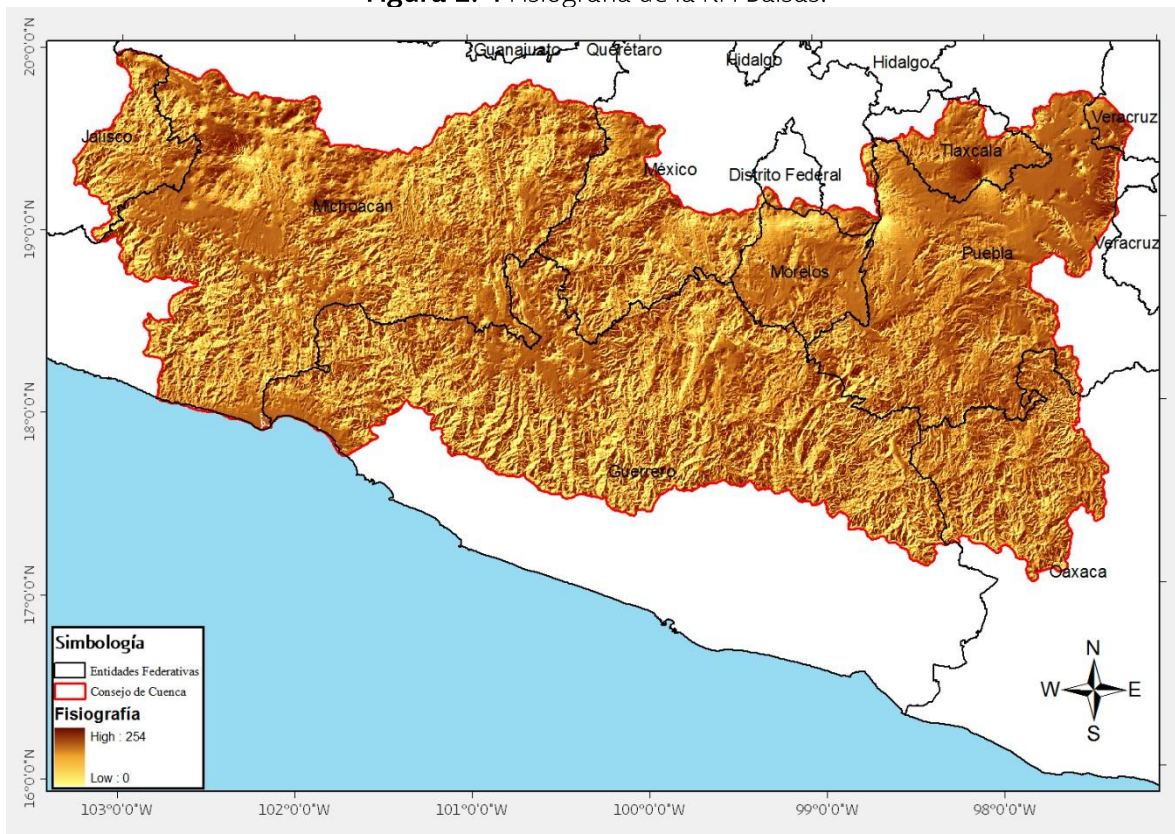
Fuente: elaborado con base en el Acuerdo de circunscripción publicado en el DOF el 1 de abril de 2010.

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.

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).

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).

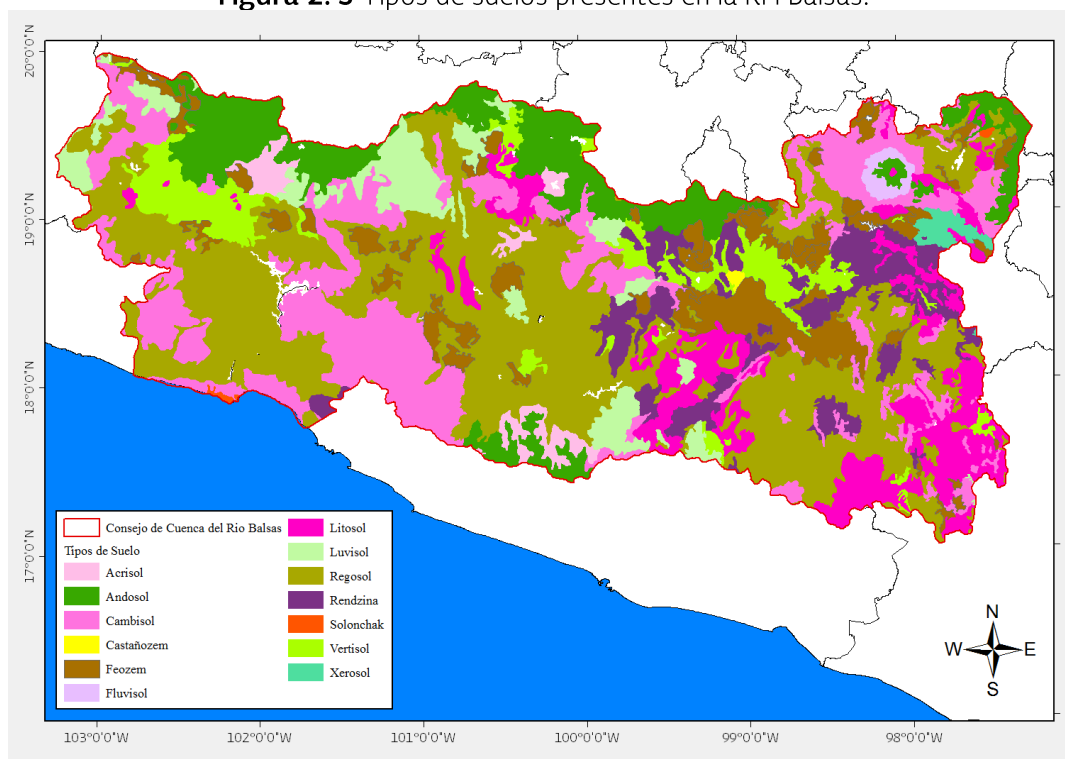
Tabla 2. 2 Tipos de suelos presentes en la RH Balsas.

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.

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

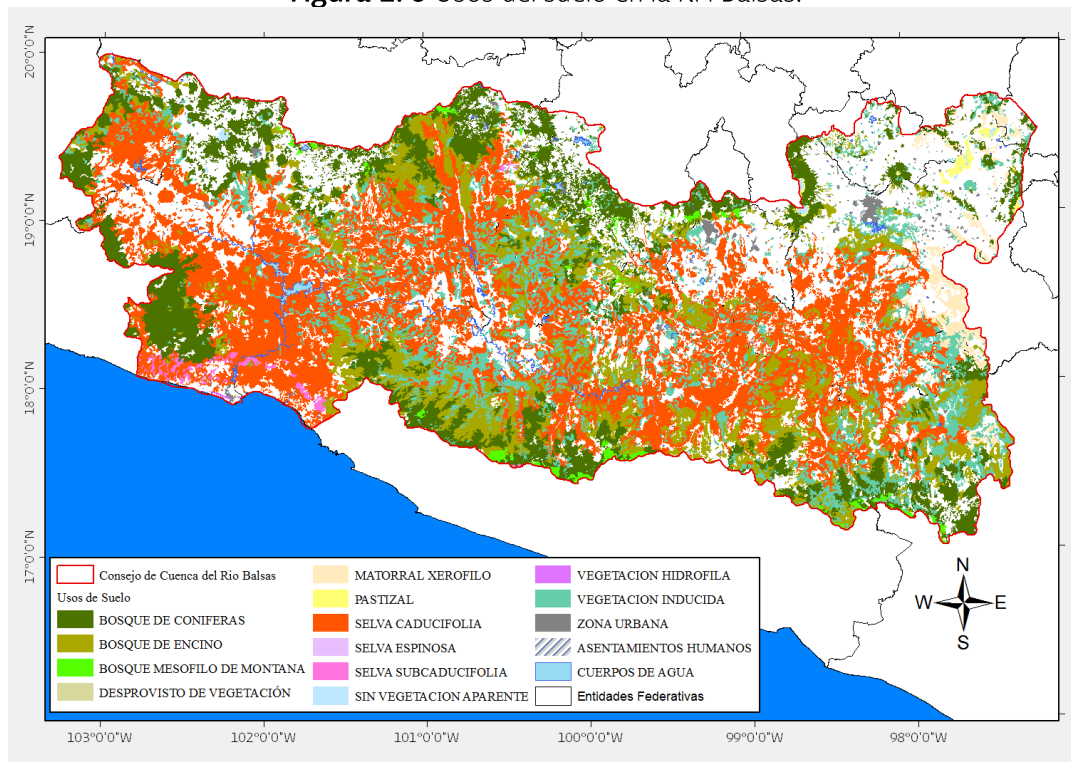
Fuente: INEGI, Carta de Uso del Suelo y Vegetación 1:250,000.

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 estupefacientes (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.

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).

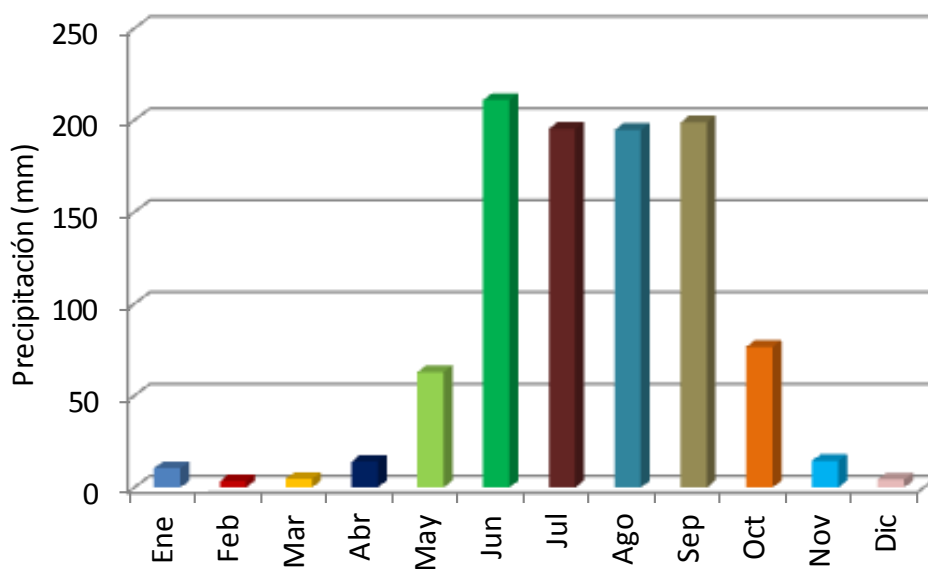
Tabla 2. 4 Principales características climáticas de la RH Balsas.

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.

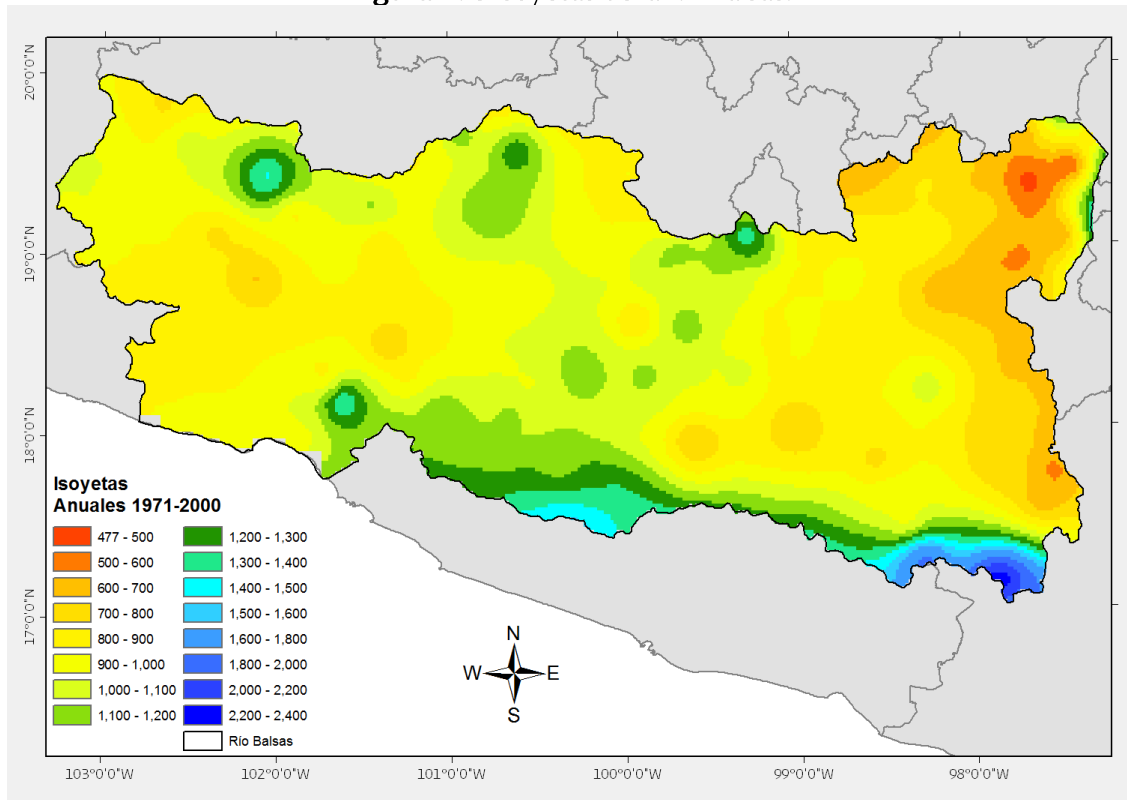
Figura 2.7 Distribución mensual de la lluvia en la RH Balsas.



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.

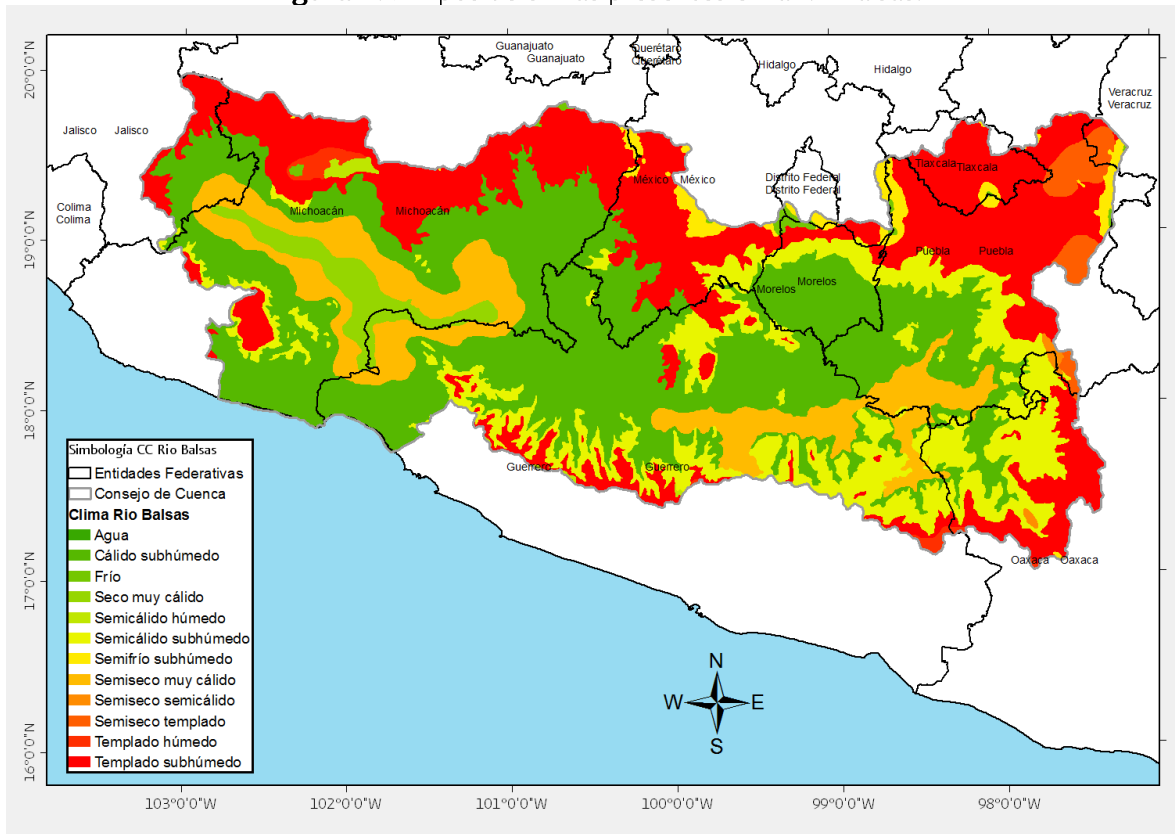
Figura 2. 8 Isoyetas de la RH Balsas.



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 Tabla2.5).

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

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.

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.

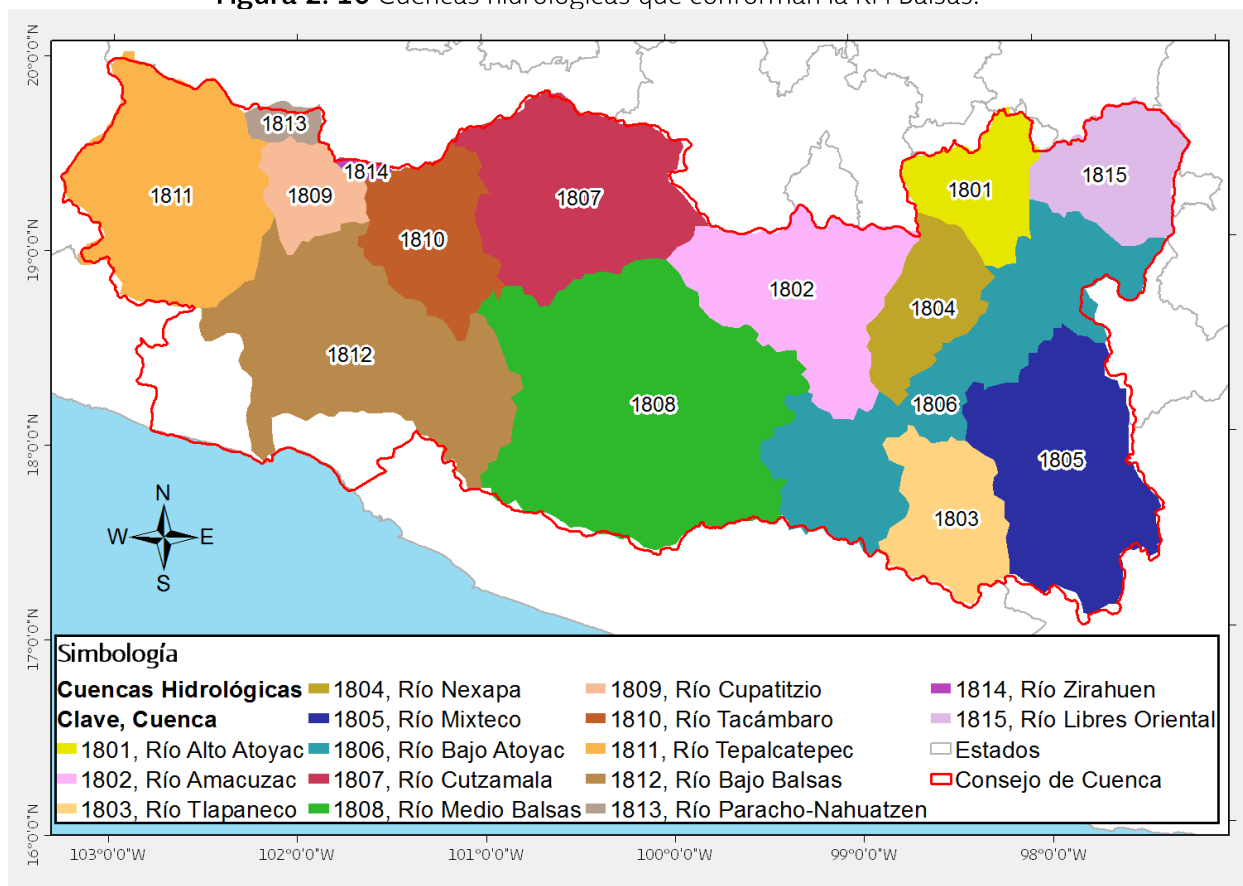
Tabla 2. 6 Subregiones y cuencas hidrológicas que integran la RH Balsas.

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.

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, Turundeo, 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 nor-noroeste de la ciudad de Uruapan, Michoacán, por la cual cruza más adelante, en el cerro del Pario, 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.

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

Cuenca hidrológica	Escorrentamiento virgen (hm ³ /año)	Descarga hacia aguas abajo	
		hm ³ /año	%*
Río Nexapa	497.05	43.75	8.80
Río Mixteco	874.27	814.30	93.14
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.

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:

$$D = Ab - Rxy \quad (2.1)$$

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:

$$Ab = Cp + Ar + R + Im(Uc + Ex) \quad (2.2)$$

Donde:

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

Ar = Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba, hm^3
 R = Volumen anual de retornos, hm^3
 Im = Volumen anual de importaciones, hm^3
 Ex = Volumen anual de exportaciones, hm^3
 Uc = Volumen anual de extracción de aguas superficiales (usos consuntivos), hm^3

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 Balsas (hm^3).

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	

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 (R_{xy}) será necesaria para satisfacer sus propias demandas. De esta manera, la disponibilidad no comprometida (D) de la cuenca x estaría 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 (R_{xy}), 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 (hm^3)

Cuenca hidrológica	Ab	R_{xy}	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	

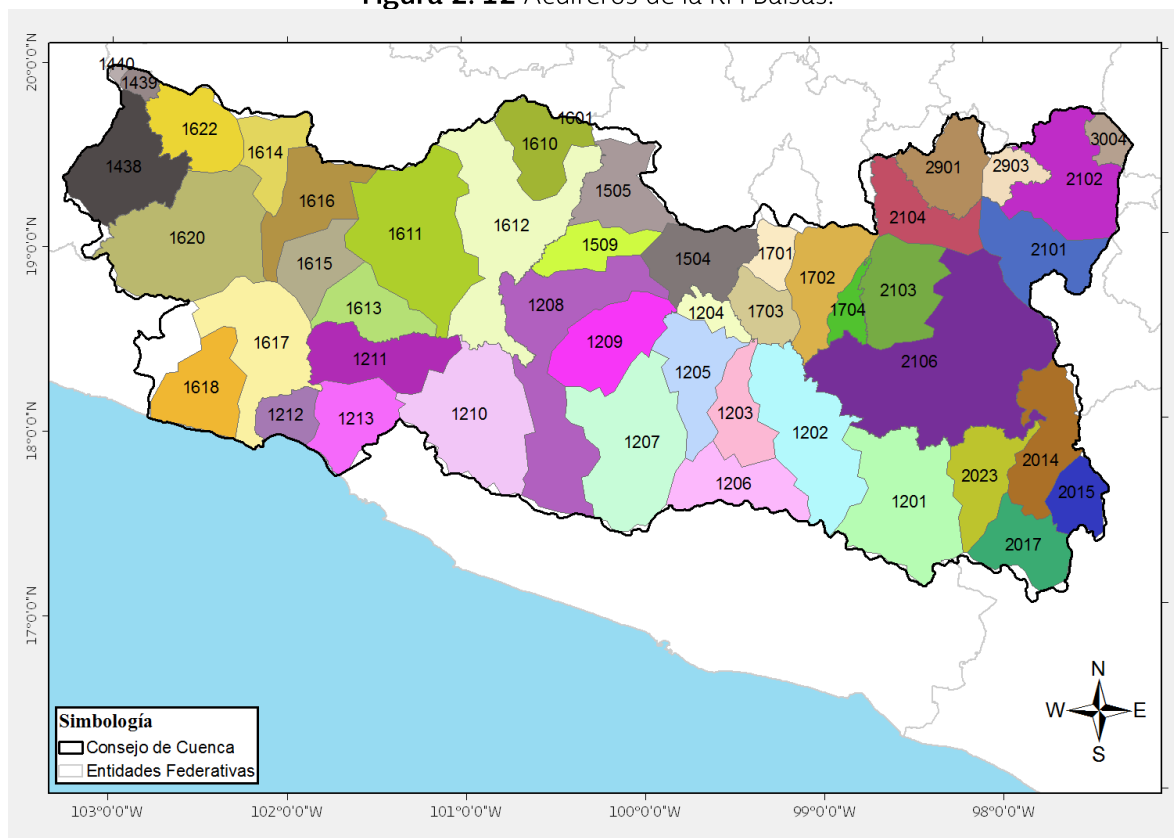
Ab: Escurrimiento hacia aguas abajo; **Rxy:** volumen comprometido hacia aguas abajo; **D:** Disponibilidad. Fuente: estudios técnicos de la RH Balsas (DOF, 26 de enero de 2011).

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.

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 km^2 . El acuífero Ixcaquixtla es el de mayor superficie, con alrededor de 9,560 km^2 (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).

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
1703	Zacatepec	38.19	378.00	0.101

Clave	Acuífero	Extracción ^{1/} (hm ³ /año)	Recarga (hm ³ /año)	Relación extracción/ recarga
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.

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
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.

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.

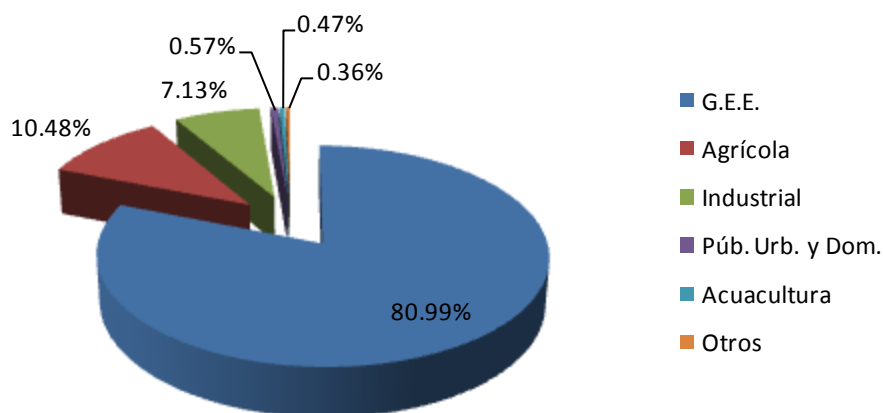
Tabla 2. 13 Usos del agua en la RH Balsas.

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.



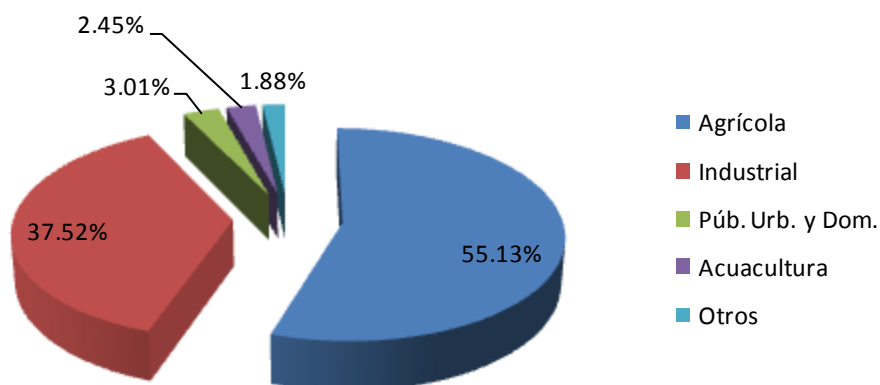
Fuente: elaborada con base en CONAGUA (2011).

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).

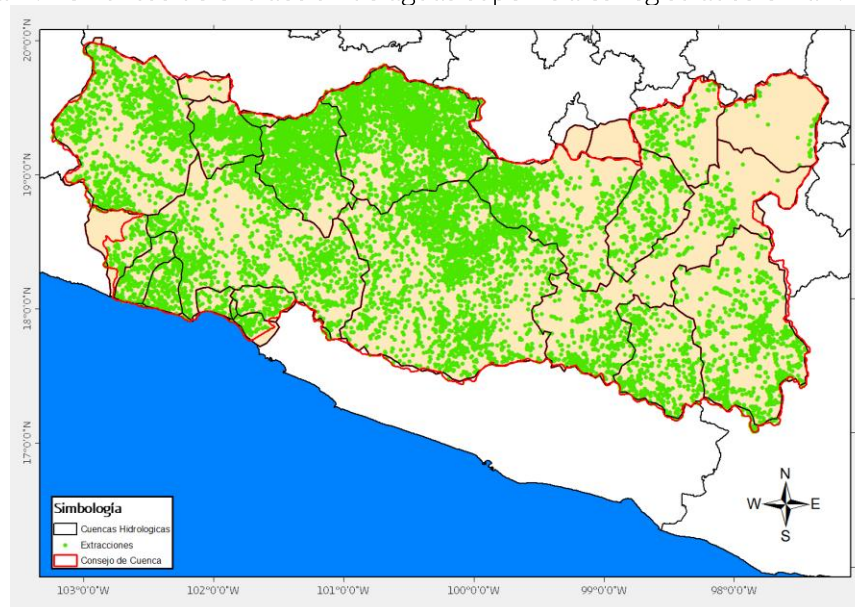


Fuente: elaborada con base en CONAGUA (2011).

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 (REPGA), 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.

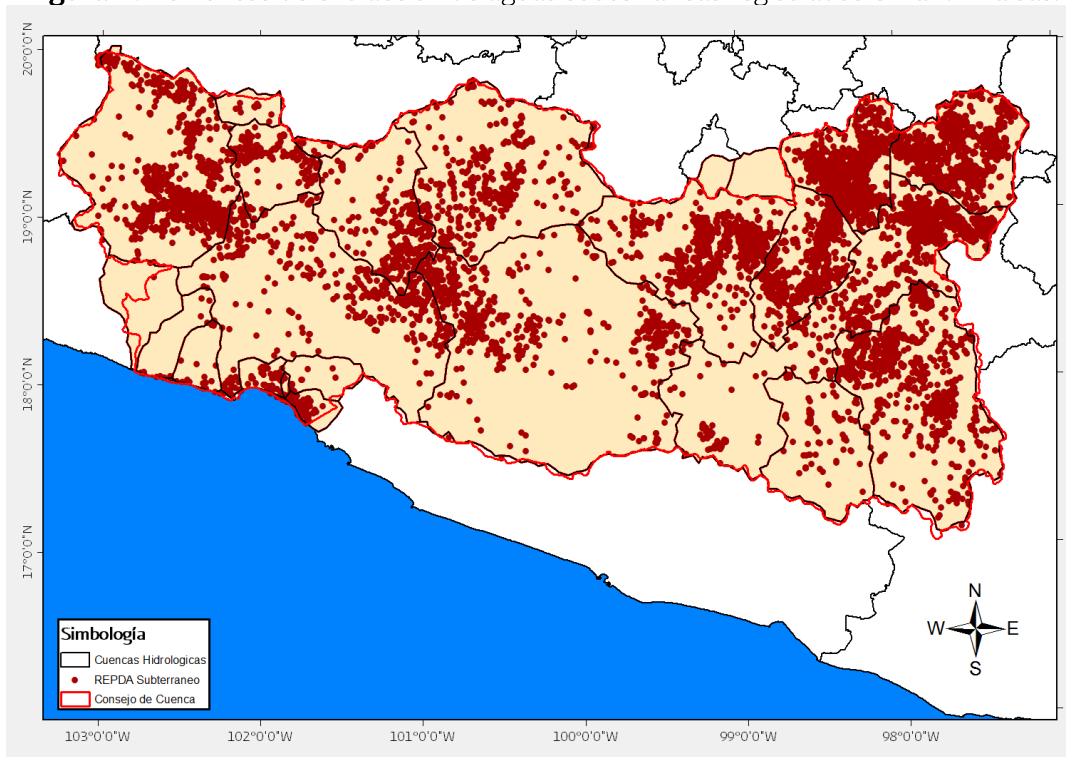
Figura 2. 15 Puntos de extracción de aguas superficiales registrados en la RH Balsas.



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 Cuautla-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.

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

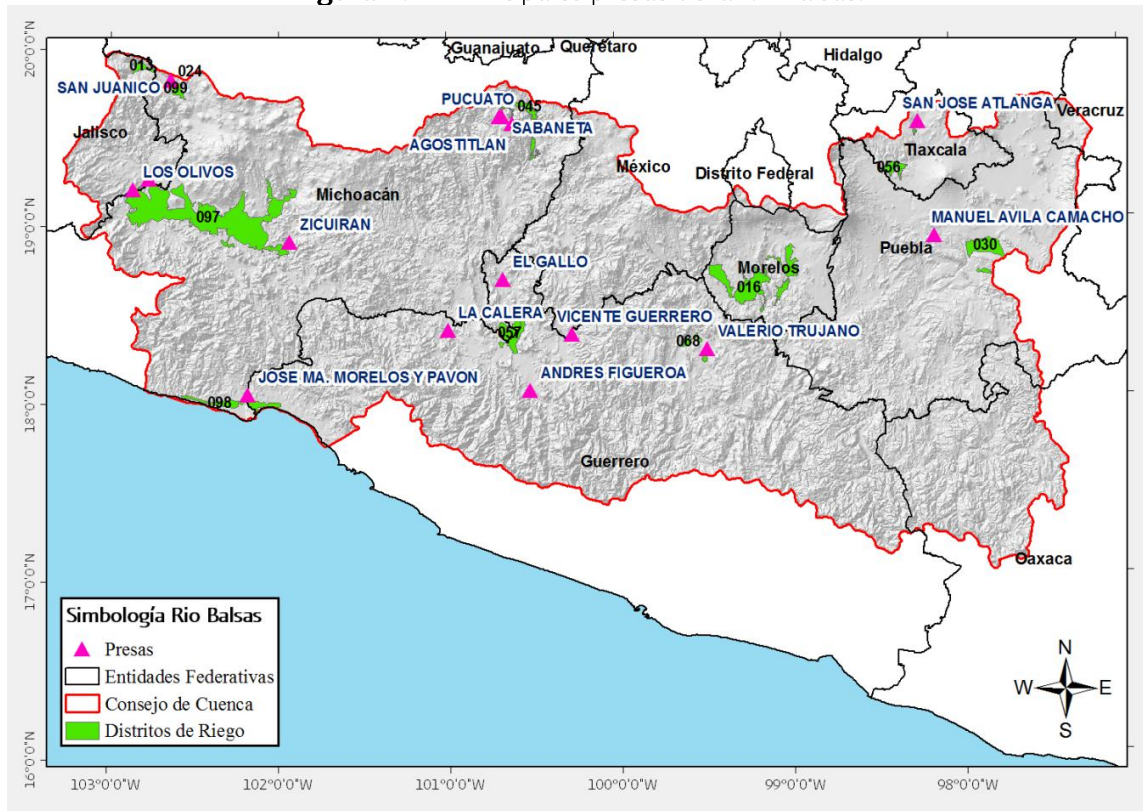
(Tabla 2.14 y Figura 2.17). La privilegiada ubicación geográfica del río Balsas, con respecto de los principales centros industriales y de población en el centro del país, perfiló que haya sido considerada la cuenca para la generación de energía eléctrica, para lo cual existen 18 plantas hidroeléctricas, 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

No.	Central hidroeléctrica	Capacidad efectiva instalada (MW)	Fecha inicio operación	Presa/ Localidad	Río que aprovecha	Entidad federativa
11	Zumpimito	6	01/10/1944	Zumpimito	Cupatitzio y Santa Bárbara	Michoacán
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).

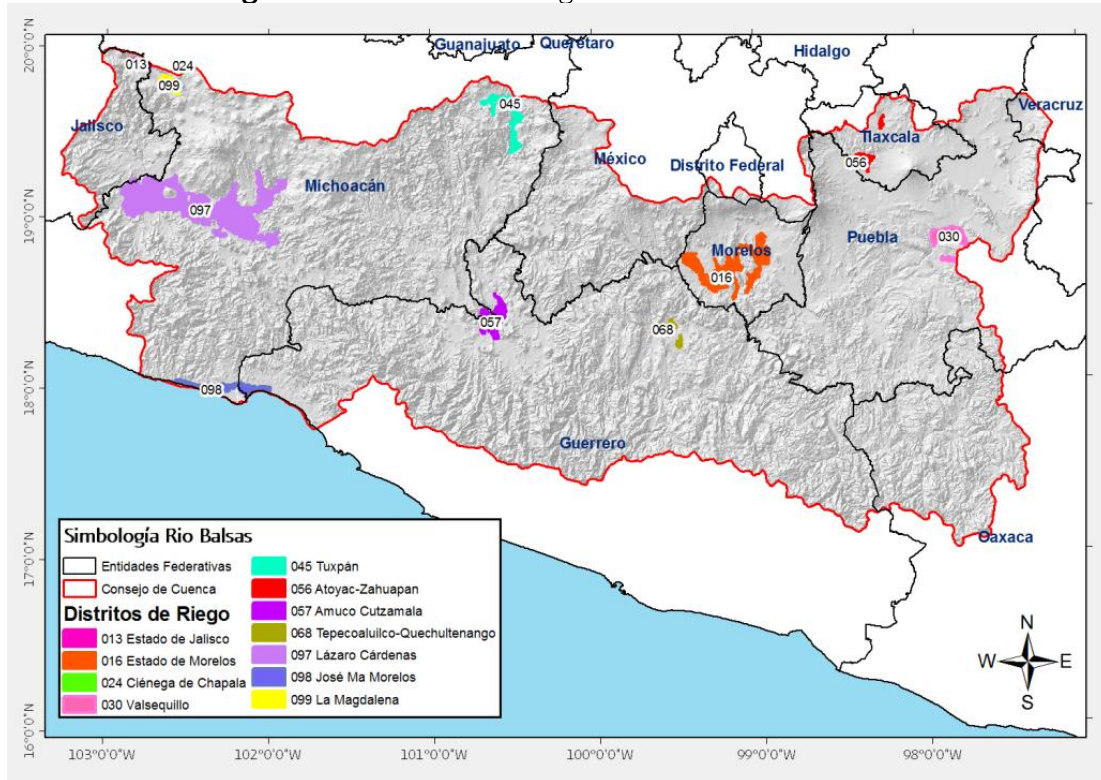
Tabla 2. 16 Distritos de riego de la RH Balsas.

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

Distrito de riego		Entidad federativa	Superficies (ha)		No. de usuarios
No.	Nombre		Dominada	Regable	
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
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
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	3,591,72	5,349,366

Distrito de riego		Superficies (ha)		Rendimiento (ton/ha)	Producción (ton)	Valor de la cosecha (miles \$)
No.	Nombre	Sembrada	Cosechada			
					9	

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 2011-2012.

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

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

Entidad federativa	No. de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)	% de agua potabilizada
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				
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	Atlíxcayotl	Puebla, Pue.	Ablandamiento	100	75
10	San Felipe	Puebla, Pue.	Osmosis inversa	300	190

No.	Nombre de la planta	Ubicación	Clasificación del proceso	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)
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.

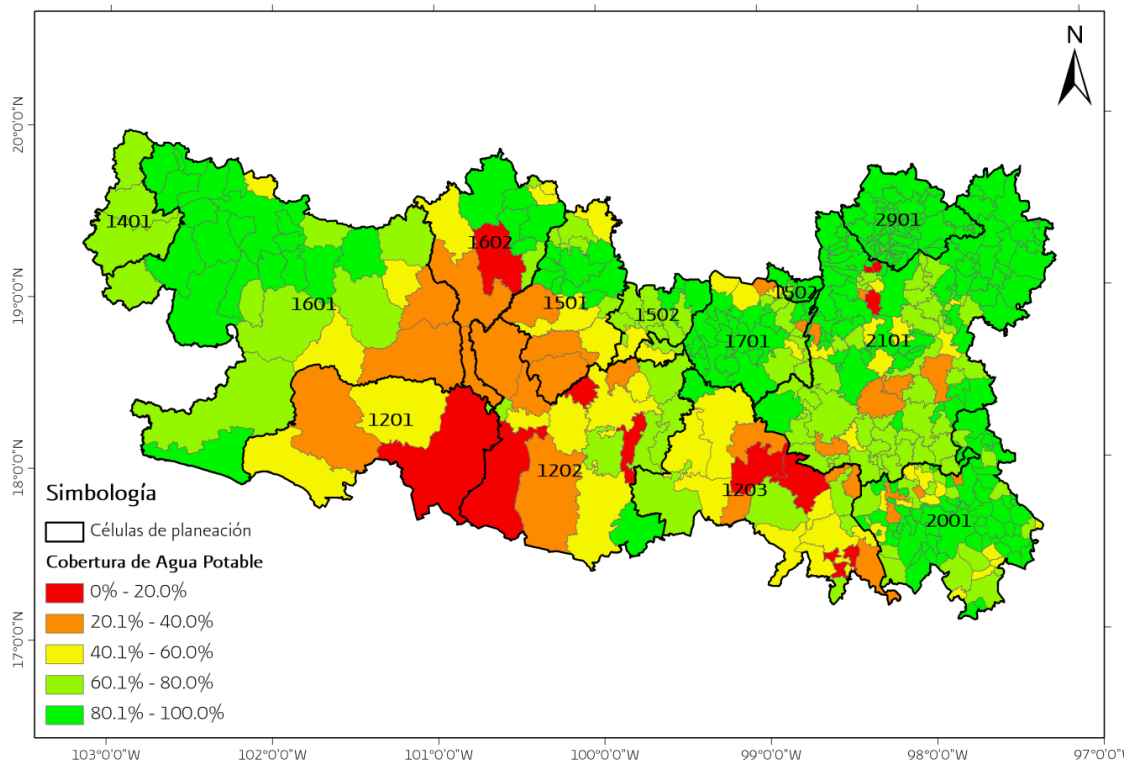
Los procesos de potabilización permiten que el agua extraída, ya sea de alguna fuente superficial o subterránea, sea acondicionada de manera que se permita su consumo por los habitantes o usuarios del servicio.

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

Entidad federativa	No. de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	% de agua tratada
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.

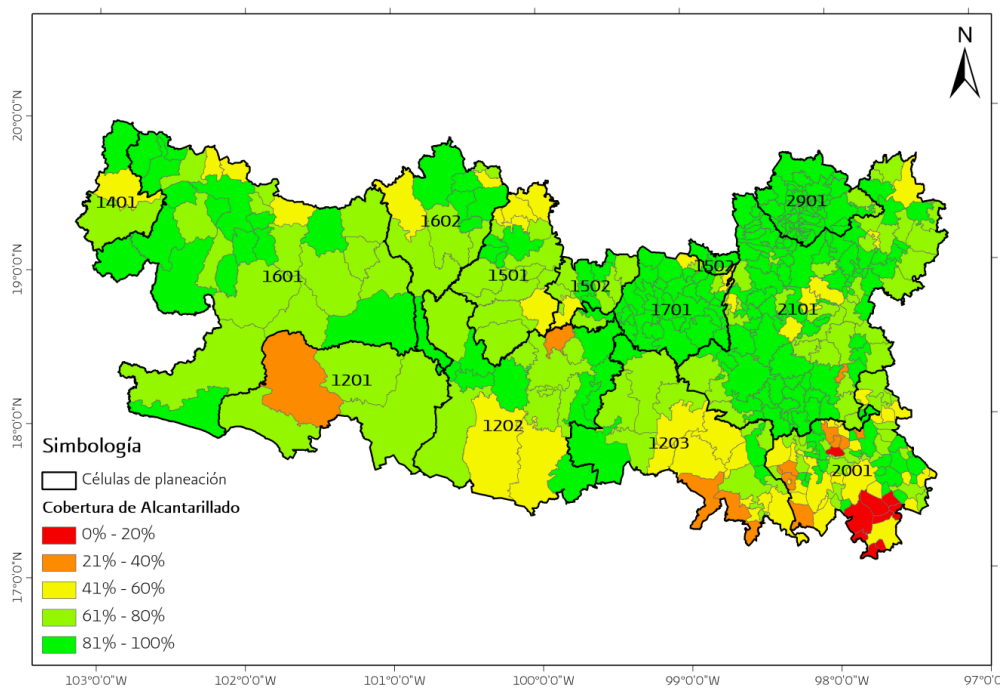
No.	Nombre de la planta	Ubicación	Tipo de tratamiento	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Cuerpo receptor
1	Valle de Bravo	Valle de Bravo, Edo. Méx.	Lodos activados	100	25	Presa Valle de Bravo
2	Uruapan	Uruapan, Mich.	Lodos activados	420	280	Río Santa Bárbara
3	Cuatla	Cuatla, Mor.	Filtros 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 Alseseca	Puebla, Pue.	Primario avanzado	700	500	Río Alseseca
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.

Características socioeconómicas

Distribución de la población

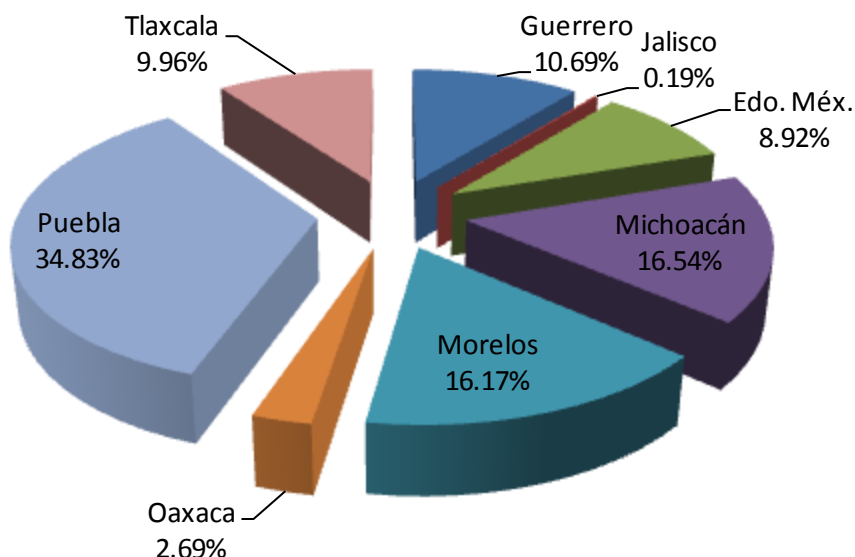
Hasta el año 2010, la RH Balsas tenía una población total de 10'990,154 habitantes, equivalente al 9.78% del total nacional. Esta población se encuentra distribuida en los ocho estados que integran la región hidrológica tal como se muestra en la Tabla 2.24 y en la Figura 2.21.

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: Cautla, 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 (km ²)	Población 2010	Densidad de población (hab/km ²)
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.

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.

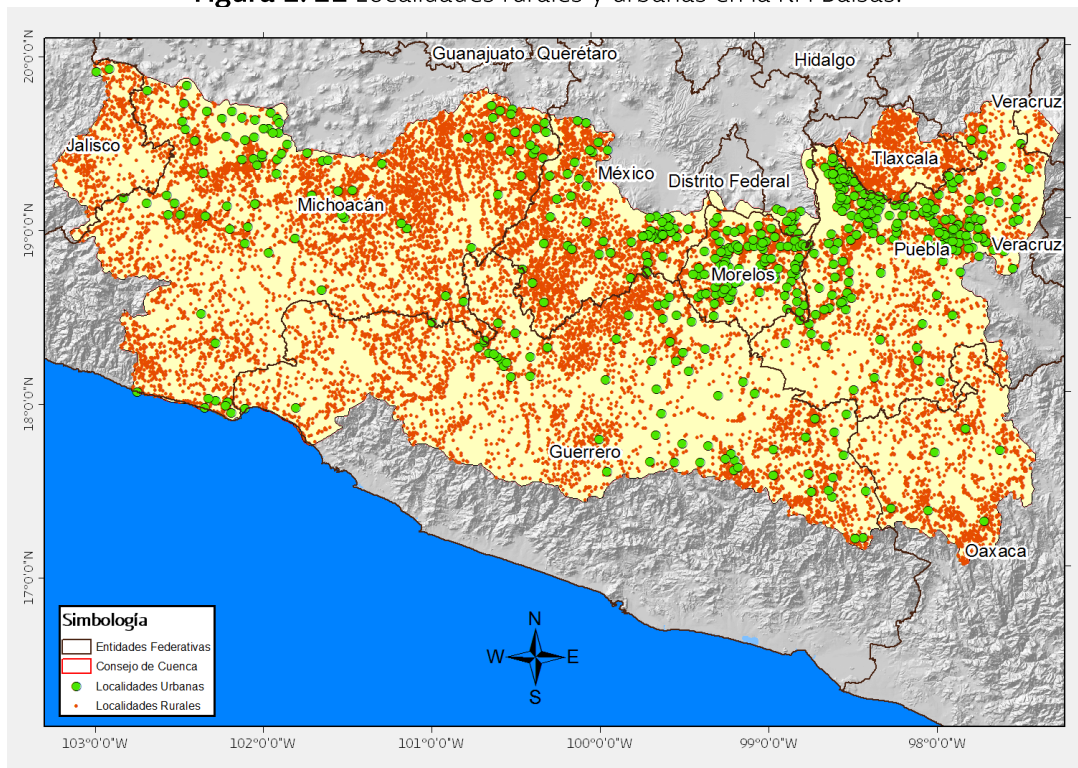
Tabla 2. 26 Población rural y urbana en la RH Balsas.

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

Entidad federativa	Población		
	Rural	Urbana	Total
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.

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.

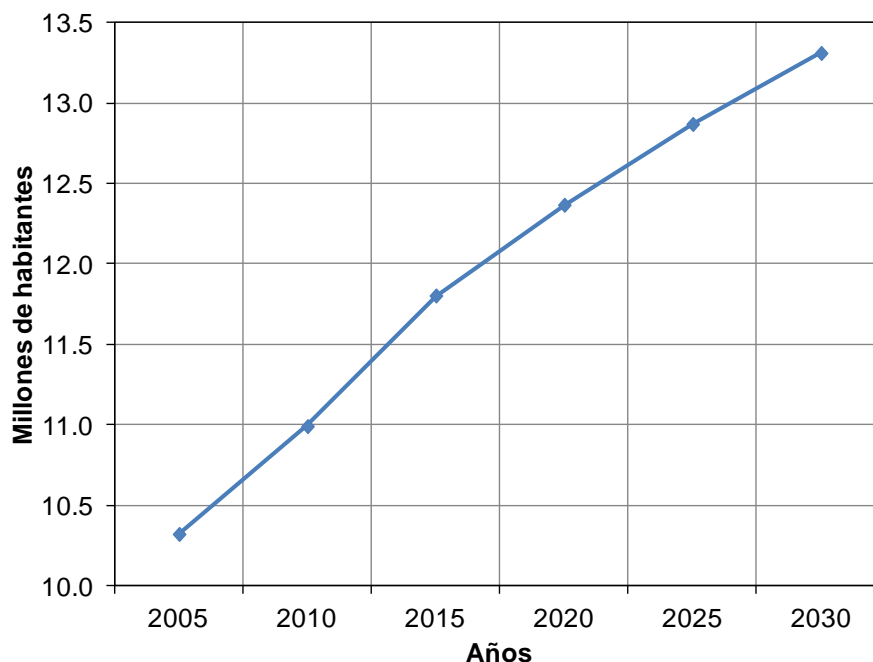
Del año 2000 al año 2010, la población se incrementó en 1,456,563 habitantes, lo que significó un crecimiento promedio anual de 1.32% en la última década; y por lo que se refiere al período comprendido de 2010 a 2030, se espera un incremento en la población de 2,318,868 habitantes, lo cual representa 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.

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

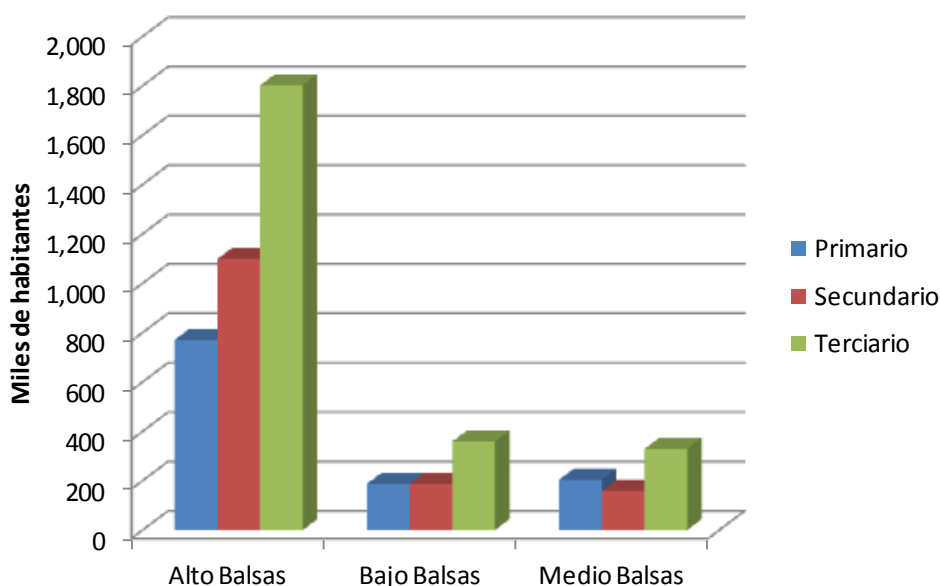
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda 2010.

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.

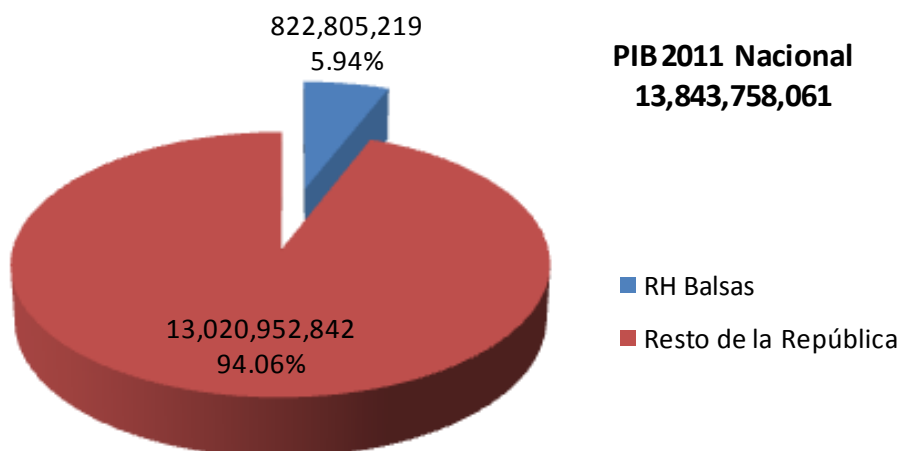


Fuente: elaborada con base en INEGI, Censo de población y vivienda 2010.

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.

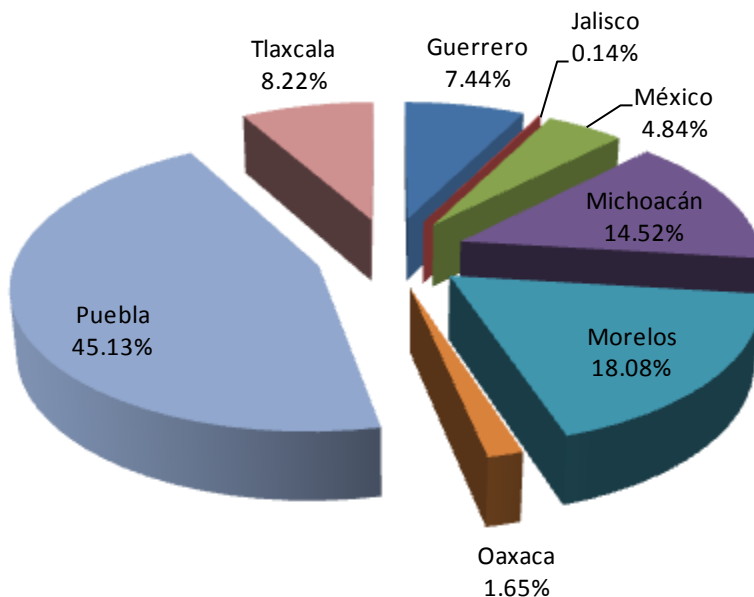
En la Tabla 2.29 se presenta la participación del PIB para cada una de las entidades federativas que conforman la región hidrológica, donde se puede observar que los estados que más contribuyen son Puebla (45.12%), Morelos (18.08%) y Michoacán (14.15%), los cuales en conjunto generan el 77.35% del PIB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

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.

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.

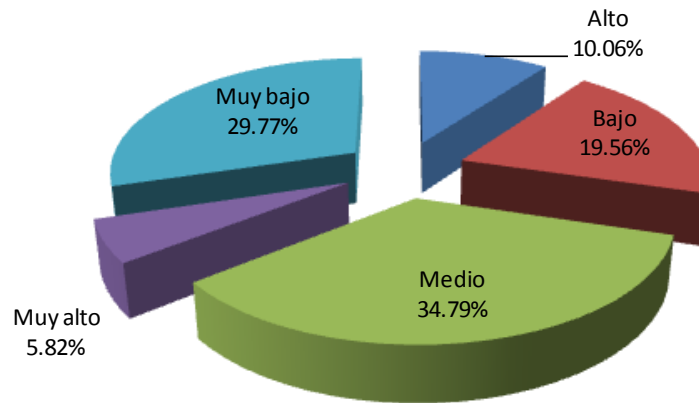
Tabla 2.32 Número de habitantes de la RH Balsas según su grado de marginación.

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.

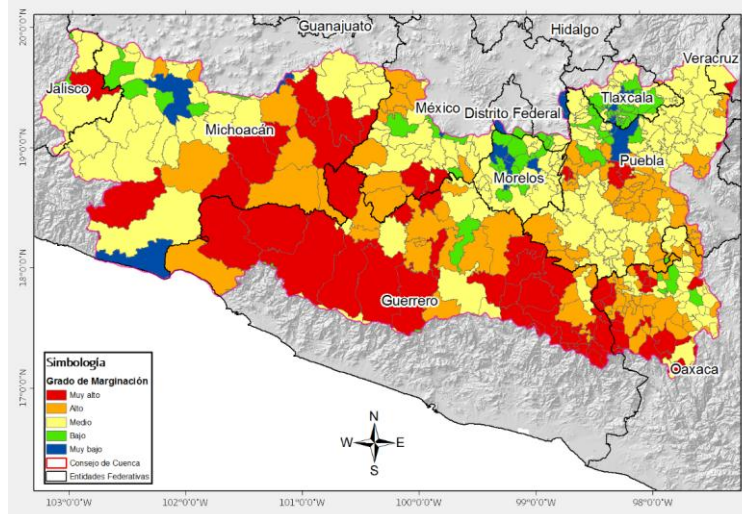
Figura 2. 27 Porcentajes de población según su grado de marginación en la RH Balsas.



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 Cautla; 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.

Aspectos normativos importantes

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.

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 consensado 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 modificatorio 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 (m ³ /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 (m ³ /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).

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:

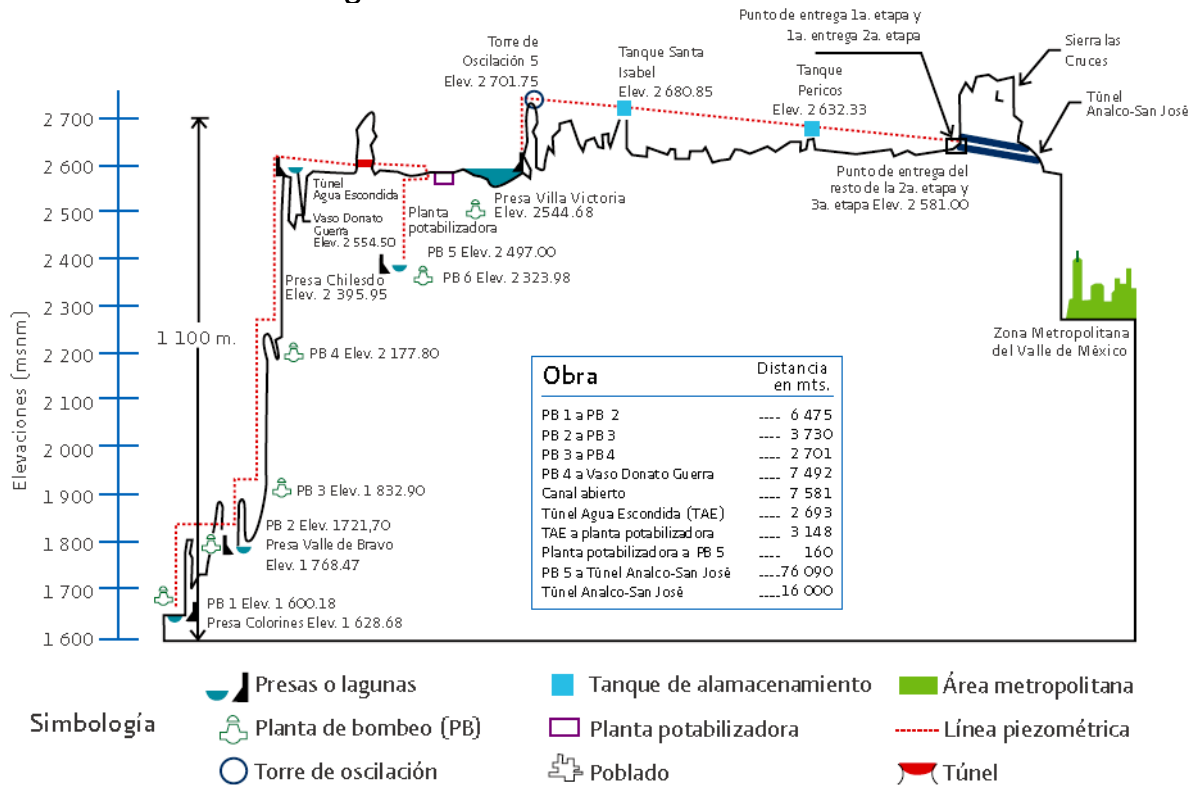
Caudales en litros por segundo:

	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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Análisis de las sequías históricas y sus impactos

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 el Consejo de 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
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.

Año	Mes	Área afectada	Características	Efectos
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. 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	De no llover se prevé pérdida de

Año	Mes	Área afectada	Características	Efectos
			escasas	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. Llueve 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 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

Año	Mes	Área afectada	Características	Efectos
				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	Campeños 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,	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

Año	Mes	Área afectada	Características	Efectos
		Oaxaca, Puebla y Tlaxcala		de 75.5 millones de pesos. Los 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.

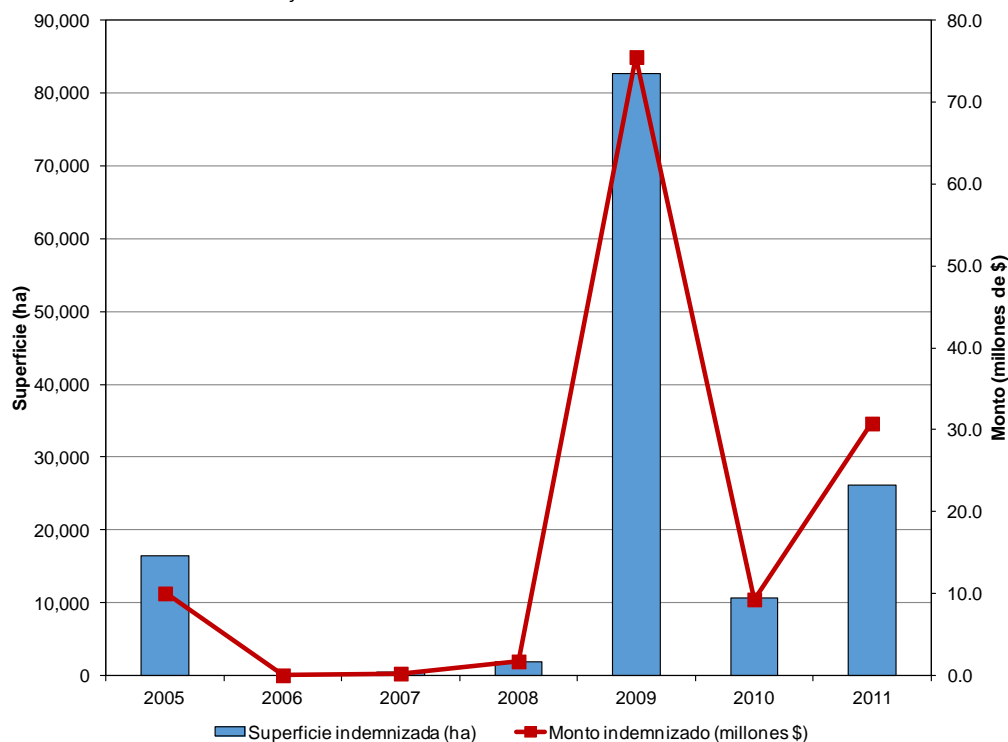
Se puede apreciar que los datos sobre las características y los efectos de cada evento de sequía – hasta antes de 1980– son muy genéricos en la mayoría de los casos; esto se debe a que las fuentes originales de donde los autores citados extrajeron la información fueron principalmente las noticias publicadas 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 discontinuados 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.

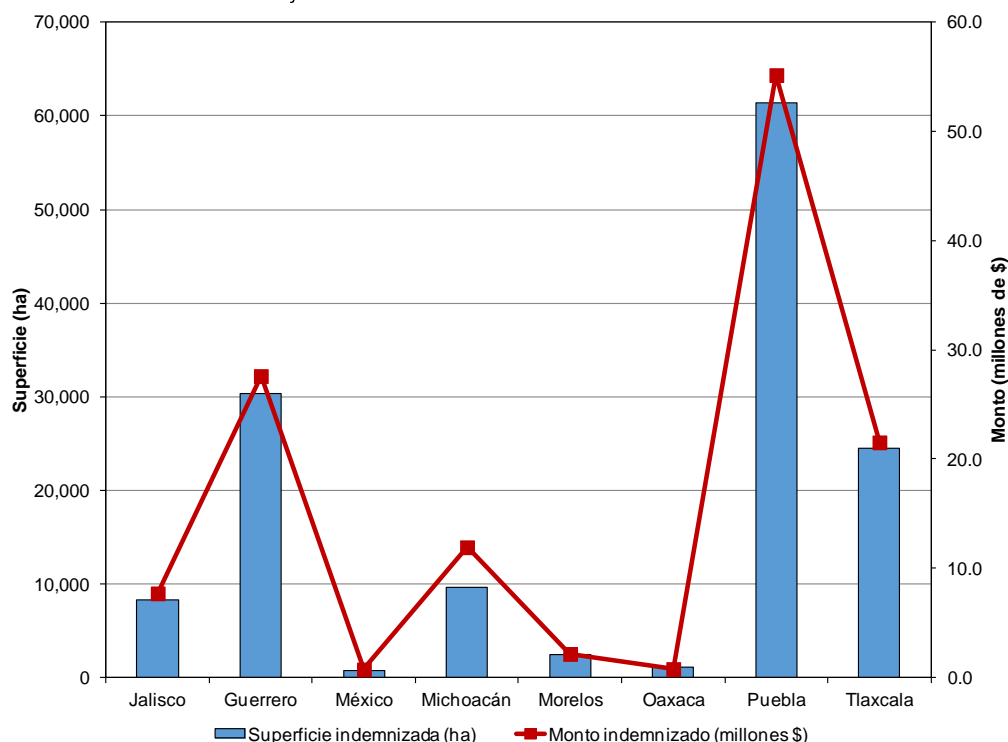
Figura 3. 1 Superficies de cultivos afectados por sequía y montos indemnizados por año en el Consejo de Cuenca del Río Balsas (2005-2011).



Fuente: elaborada con información de SAGARPA.

Asimismo, en la Figura 3.2 se puede observar que los estados del Consejo de 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 el Consejo de 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 del Consejo de 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).

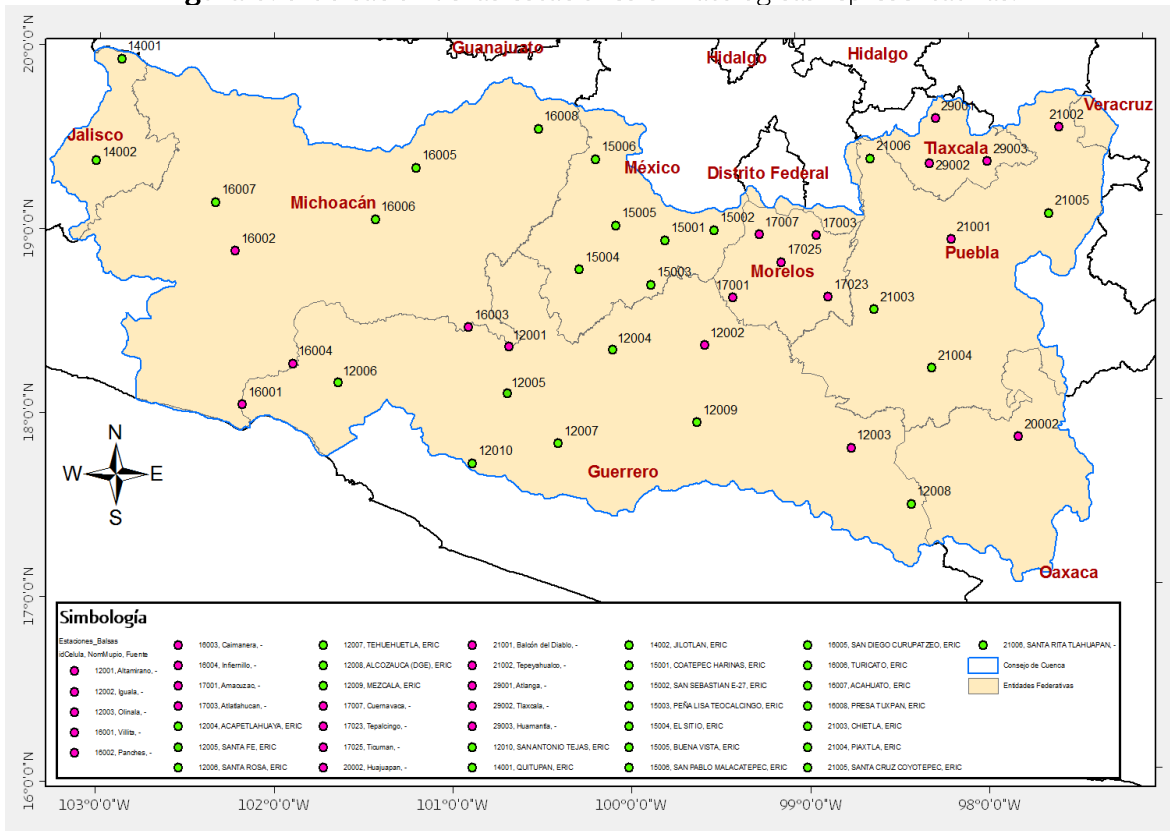
Finalmente, con respecto a los efectos de la sequía en la población, en la Tabla 3.1 se observa que afortunadamente en la cuenca del río Balsas no se han registrado efectos muy nocivos en los habitantes (tales como hambrunas, emigraciones o muerte de personas) como consecuencia de este fenómeno, ya que 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.

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

Clave asignada	Nombre de la estación	Ubicación Geográfica				Período de registro
		Entidad Federativa	Altitud (msnm)	Lat. (N)	Long. (O)	
12006	Santa Rosa ²	Guerrero	500.0	18.17	-101.63	1980-2011
12007	Tehuahueta 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	Tepeyahualco 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	Puebla	2,609.0	19.35	-98.58	1980-2009

Clave asignada	Nombre de la estación	Ubicación Geográfica				Período de registro
		Entidad Federativa	Altitud (msnm)	Lat. (N)	Long. (O)	
	Tlahuapan ²					
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.

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 Curupatzco 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	Tehuahueta 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

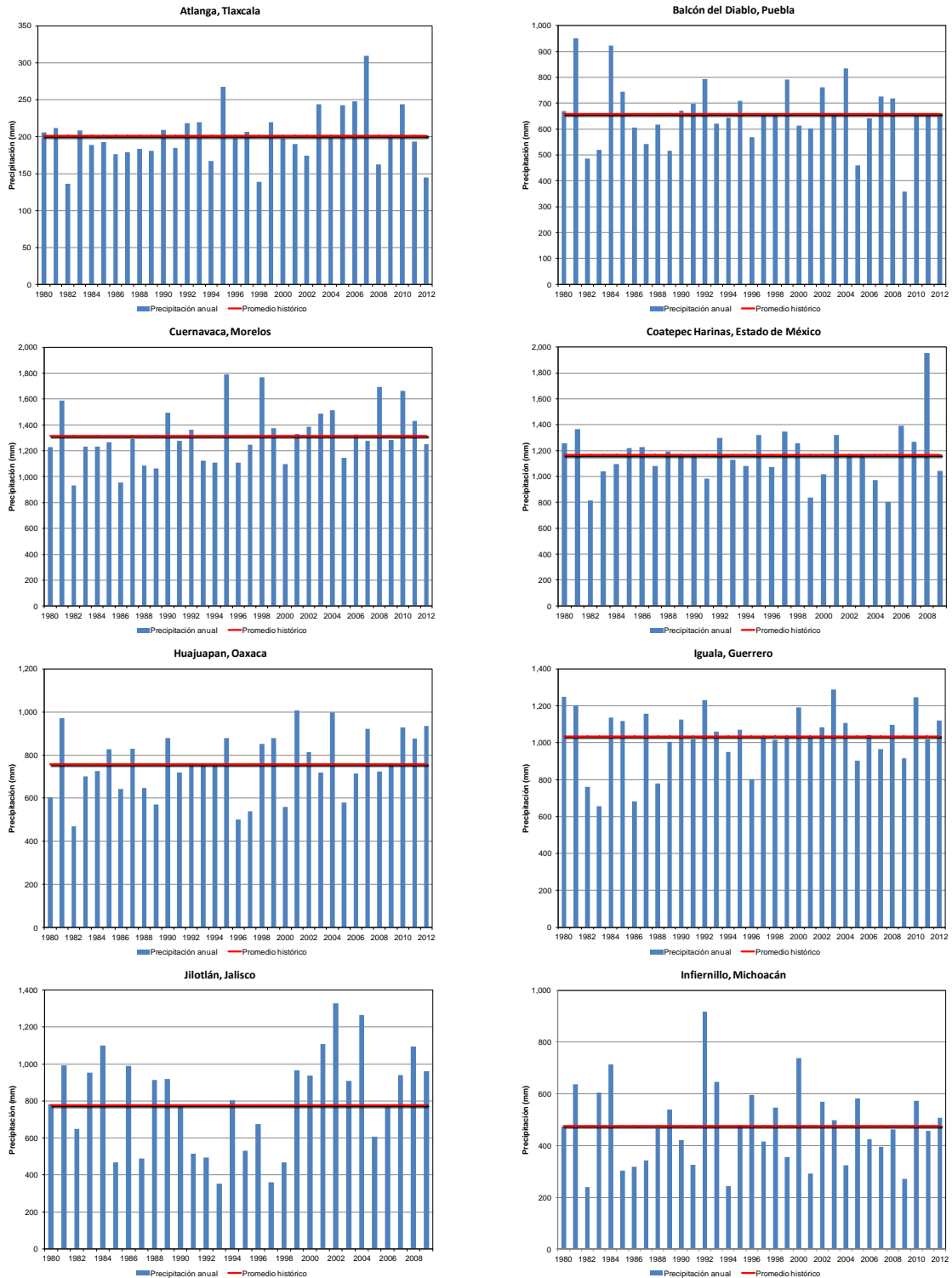
Clave	Nombre de la estación	Media	Mediana	Máxima	Mínima	Desv. Est.	C.V.
		(mm)					(%)
15001	Coatepec Harinas ²	1,167.4	1,161.5	1,952.1	802.5	216.4	18.5
15002	San Sebastian ²	1,386.2	1,390.2	1,921.0	688.5	337.4	24.3
15003	Peña Lisa Teocalcingo ²	1,613.2	1,274.4	5,574.7	67.9	1,193.0	73.9
15004	El Sitio 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 Curupatzeo 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.

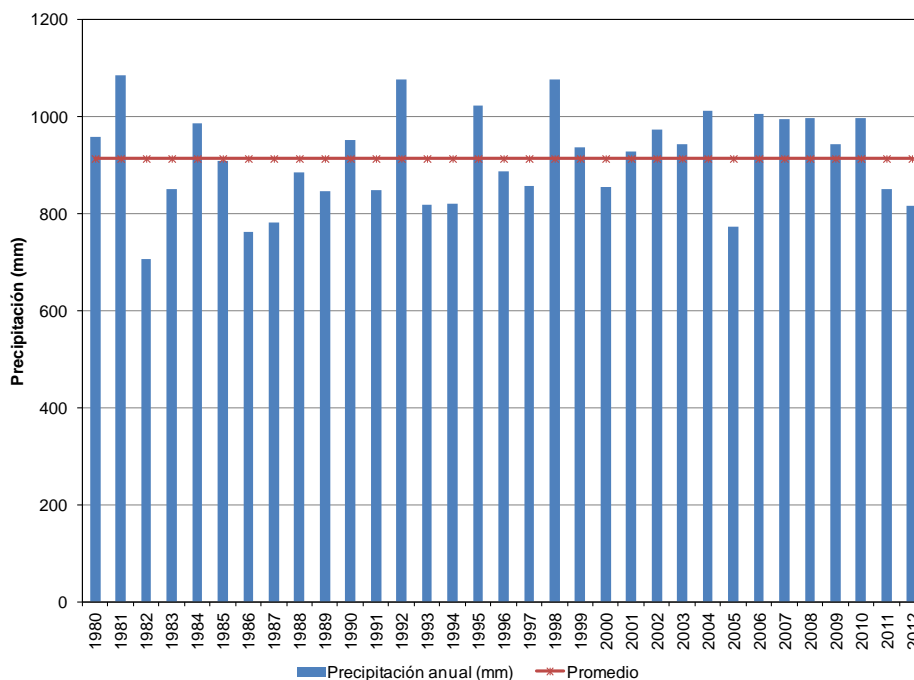
Figura 3. 4 Gráficas de precipitación pluvial de algunas estaciones meteorológicas seleccionadas.



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.

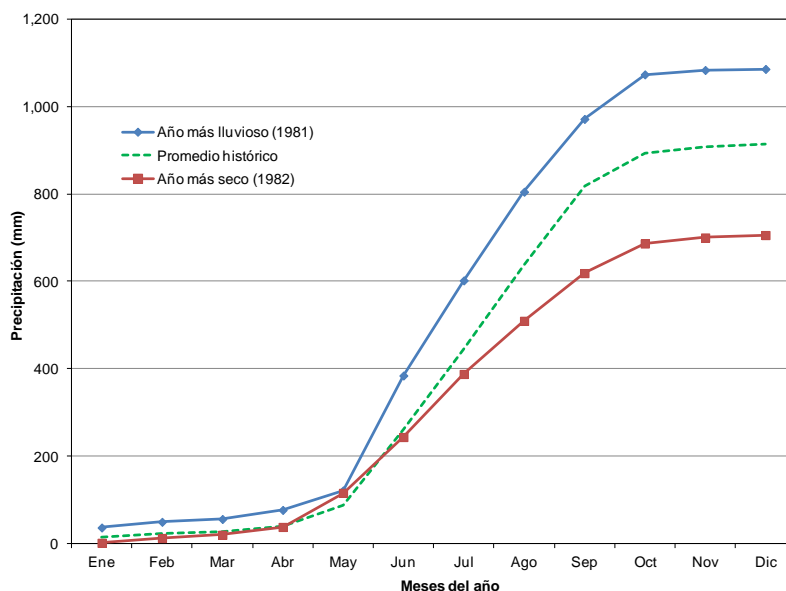
Figura 3.5 Comportamiento histórico de la precipitación total anual en la cuenca del río Balsas (1980-2012).



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.

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 ocurre 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.

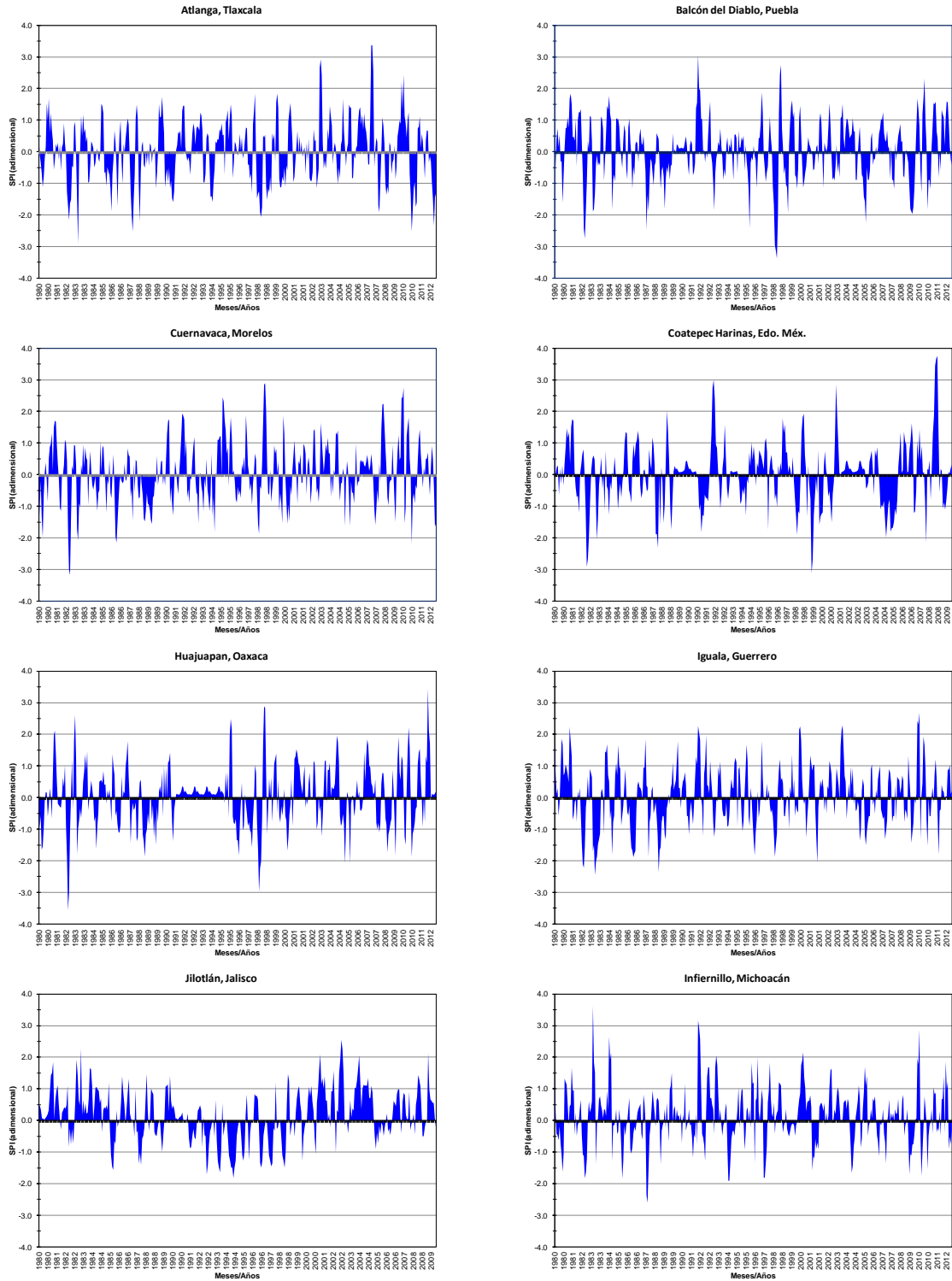
Categoría de sequía	Rango de SPI	Impactos potenciales
Condición normal seca	0 a -0.4	
Condición anormal seca	-0.5 a -0.7	Se presentan períodos cortos de lento crecimiento en cultivos y pastizales; el riesgo de incendios se presenta por encima de lo normal. Cuando este período concluye, existe un déficit 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.

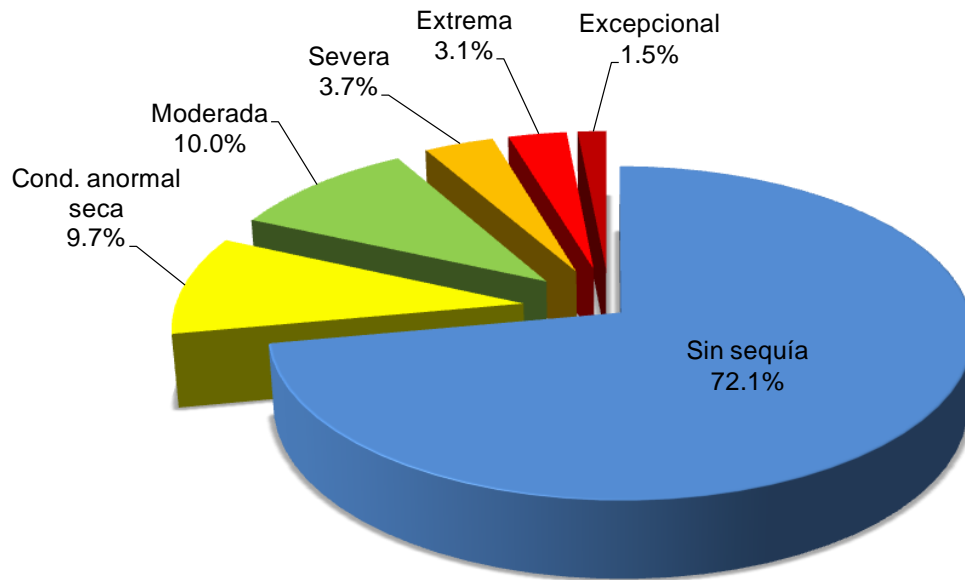
Estación	No. de meses con registro	Meses con sequía		No. de meses por tipo de sequía				
		No.	%	Condi ción anorma l seca	Modera da	Severa	Extrema	Excepcio nal
Atlanga, Tlax.	396	122	30.8	32	47	22	13	8
Balcón del Diablo, Pue.	396	120	30.3	41	50	4	15	10
Cuernavaca, Mor.	396	123	31.1	49	40	14	13	7
Coatepec 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

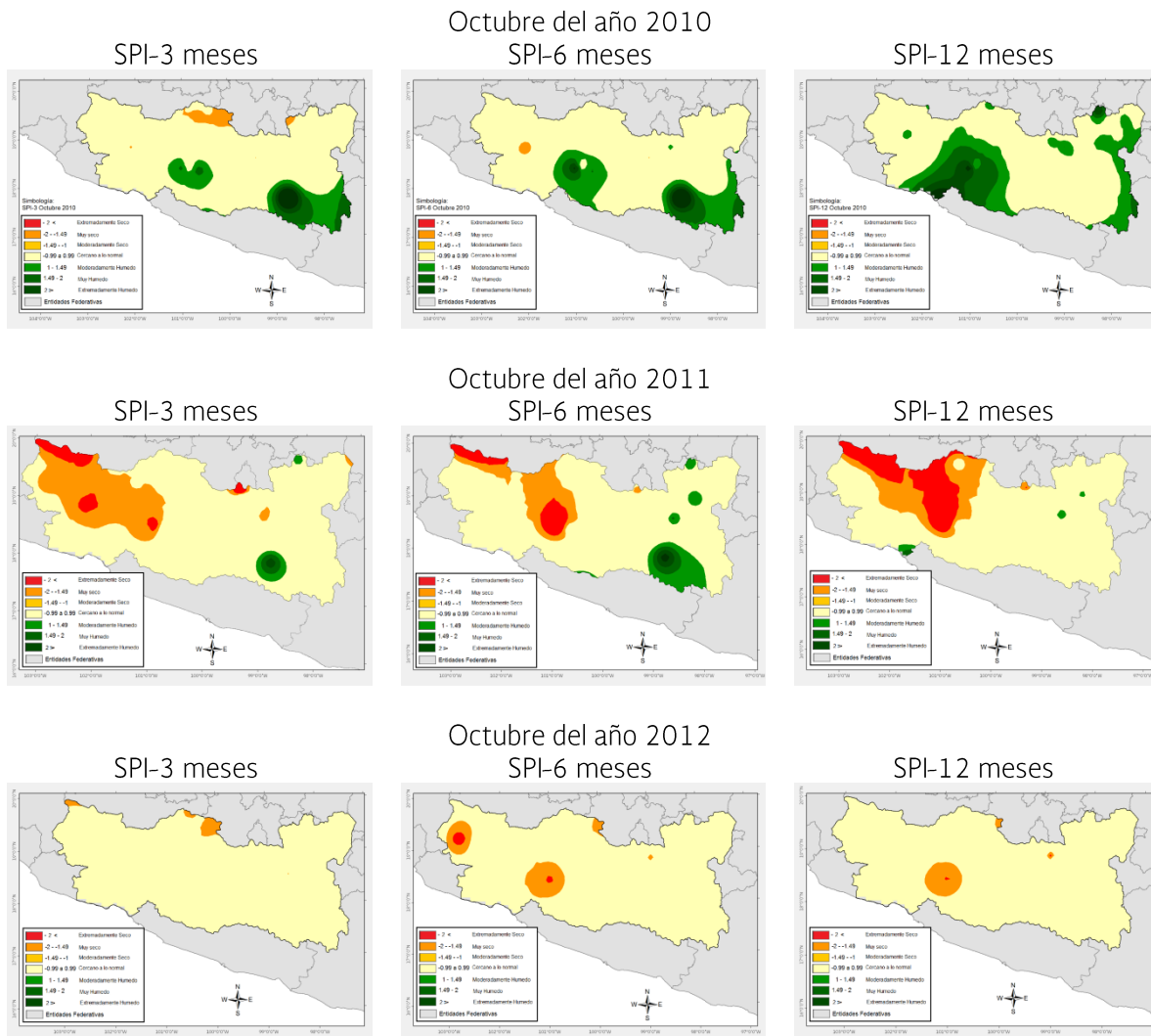
Estación	No. de períodos de sequía*	Frec. media (meses)	Durac. media (meses)	Período de máxima duración			Intensidad máxima	
				No. de meses	Fecha de inicio	Fecha de término	Valor del SPI	Fecha de registro
Atlanga, Tlax.	20	20	3.0	10	Ago. 1990	May. 1991	-2.9	Jun. 1983
Balcón del Diablo, Pue.	19	21	2.7	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 el Consejo de 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 el Consejo de Cuenca del Río Balsas.



Fuente: elaborados con información del SMN.

Análisis y caracterización de las sequías hidrológicas

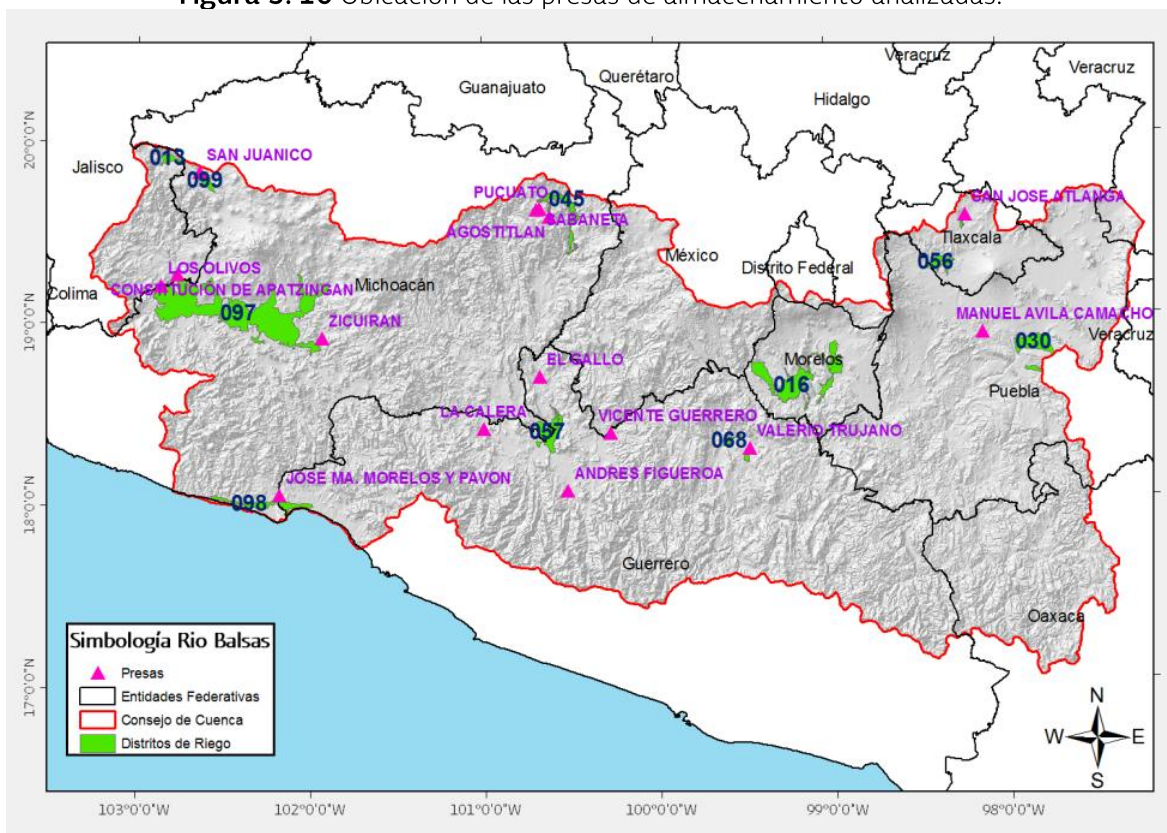
La sequía hidrológica se refiere a la deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalses, acuíferos, lagos, etc.) con respecto a los niveles considerados como normales. Aunque la causa principal de la sequía hidrológica es la sequía meteorológica, lo cierto es que 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, Pucuat, 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 Pucuateo	Pucuateo	Pucuateo	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 Ordinarias (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.

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%.

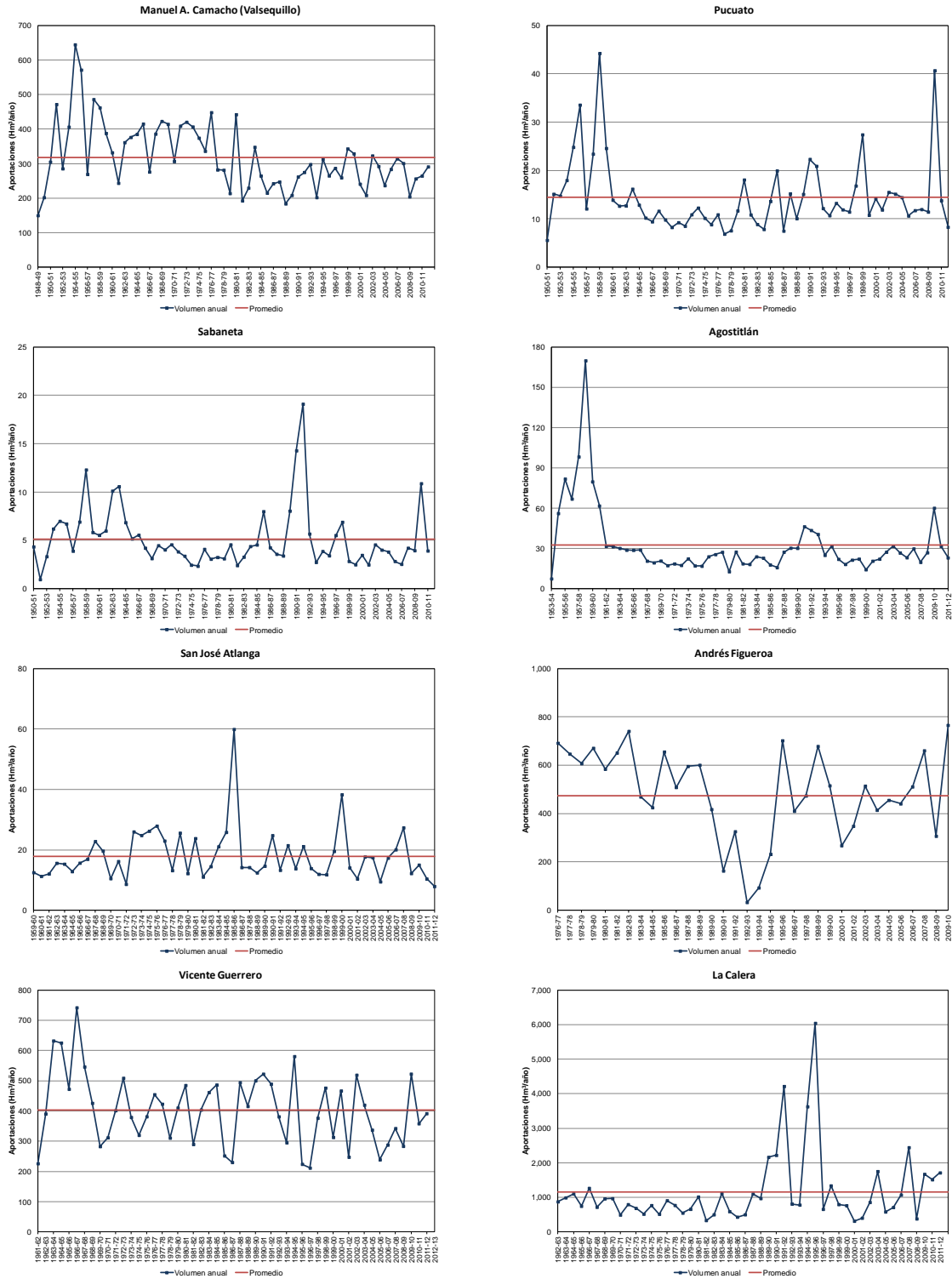
Tabla 3.9 Estadísticas básicas de las aportaciones a las presas de almacenamiento.

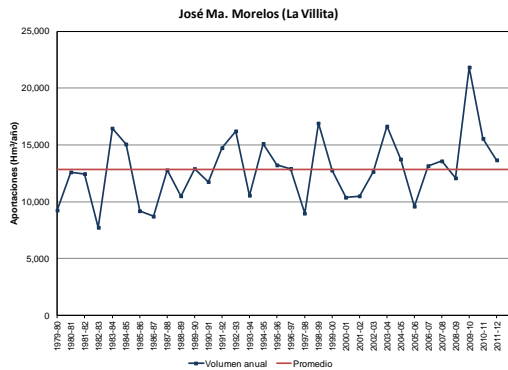
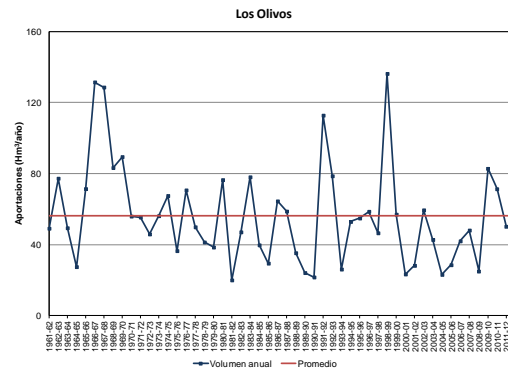
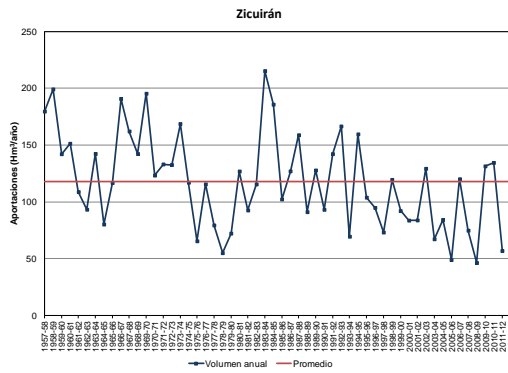
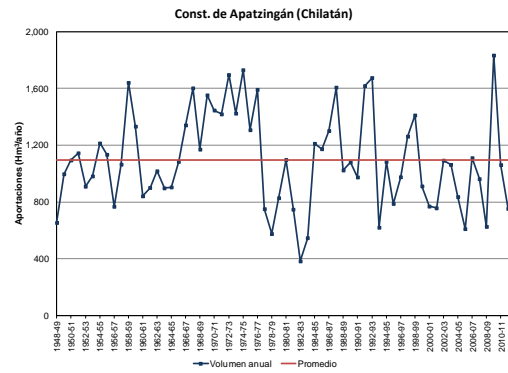
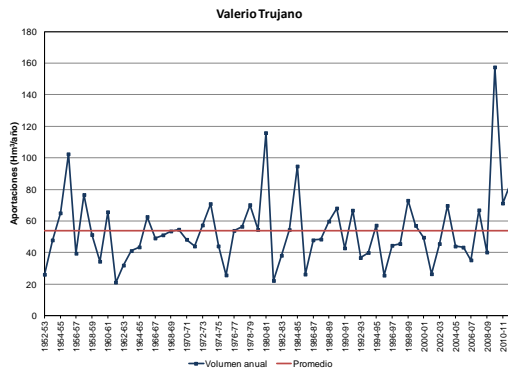
Presas de almacenamiento	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Desv. Estándar	C.V.
	(hm ³ /año)					(%)
Manuel A. Camacho	322.8	295.8	673.2	161.5	101.8	31.5
Pucuat	14.5	12.1	45.6	4.1	8.3	57.4
Sabaneta	5.1	4.1	15.0	0.6	3.2	63.2
Agostitlán	32.7	24.9	157.9	14.1	26.7	81.6
San José Atlanga	17.9	14.8	60.4	7.7	9.2	51.1
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.

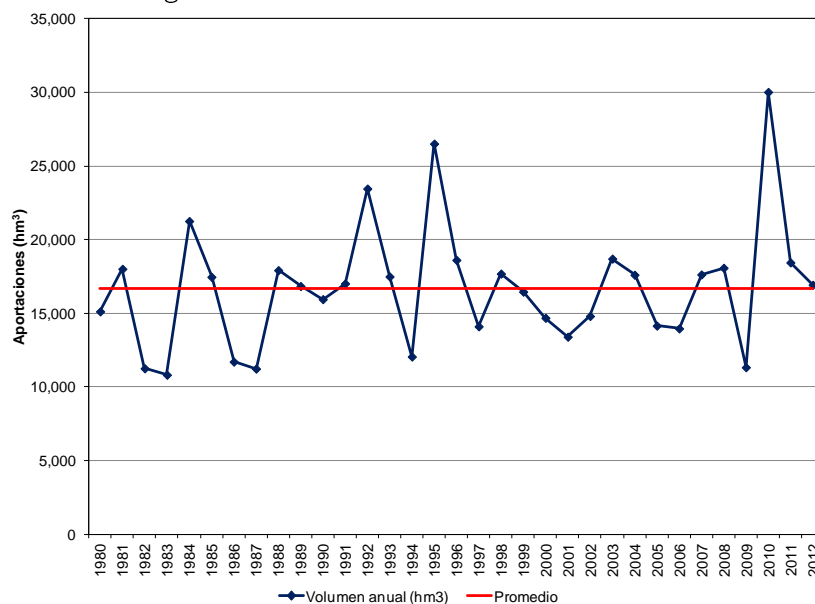




Fuente: elaboradas con información del OC Balsas y la Gerencia de Distritos de Riego de CONAGUA.

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.

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_{ij} disponibles donde i denota el año hidrológico y j el mes dentro de este. Basado en esta serie se obtiene:

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

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{y}_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.

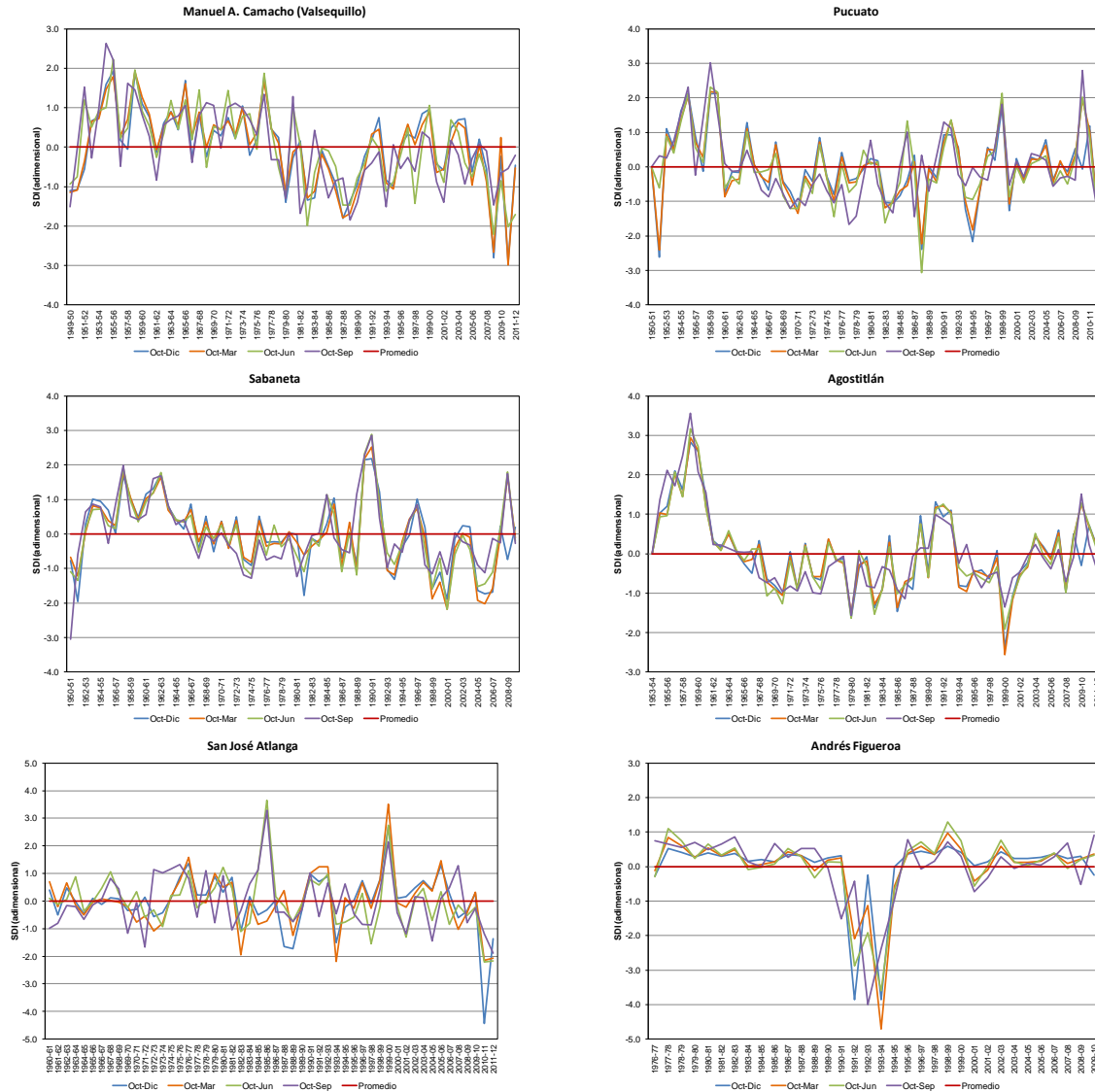
Tabla 3. 10 Interpretación de los valores del SDI.

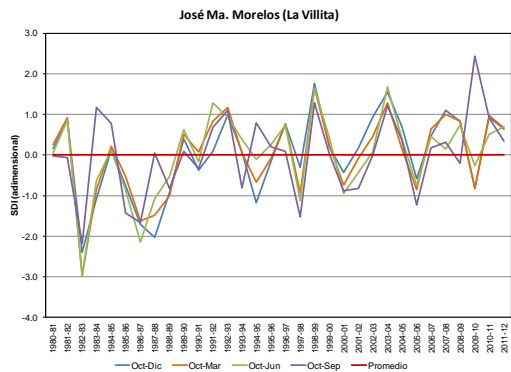
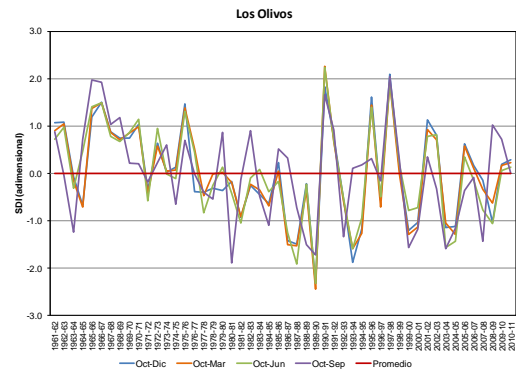
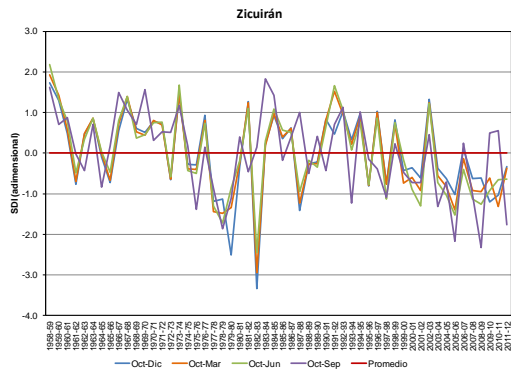
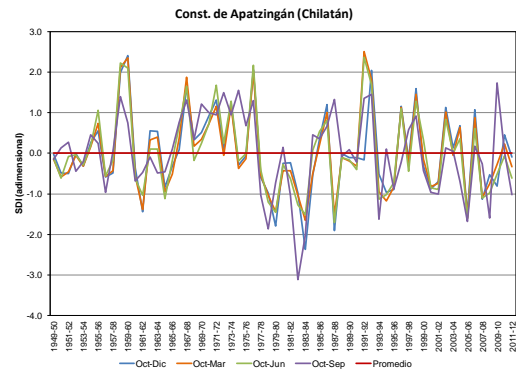
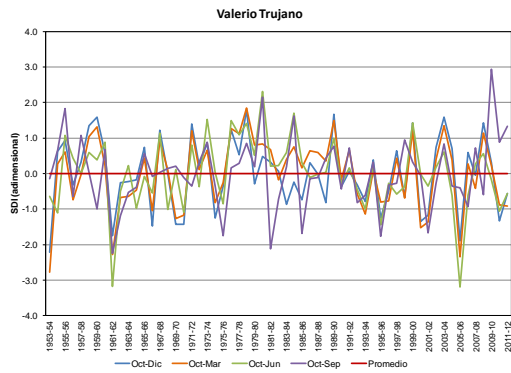
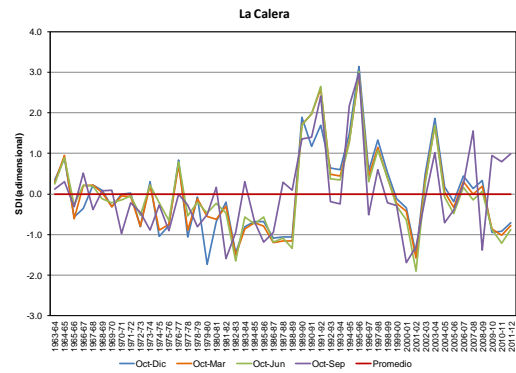
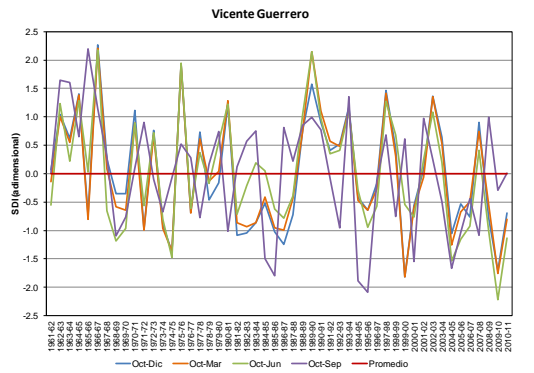
Estado	Valor del SDI	Interpretación	Probabilidad (%)
0	$SDI \geq 0$	Sin sequía	50.5
1	$-1.0 \leq SDI < 0.0$	Sequía ligera	34.1
2	$-1.5 \leq SDI < -1.0$	Sequía moderada	9.2
3	$-2.0 \leq SDI < -1.5$	Sequía severa	4.4
4	$SDI < -2.0$	Sequía extrema	2.3

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.





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.

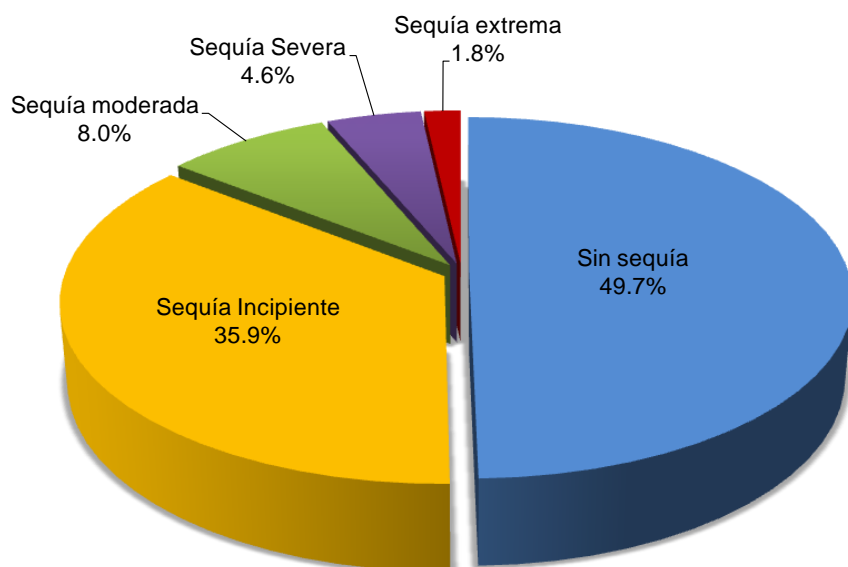
Tabla 3.11 Clasificación de sequías hidrológicas en la cuenca del río Balsas.

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
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
Pucuató	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.

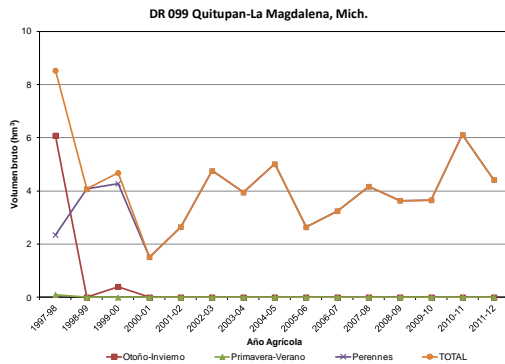
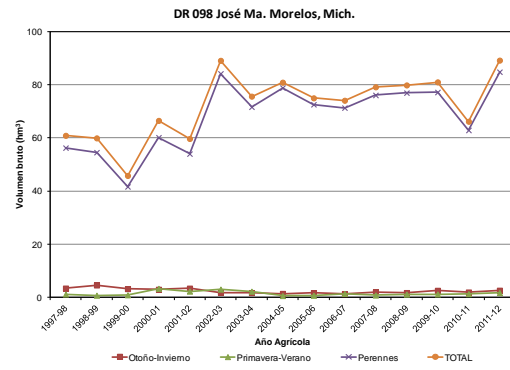
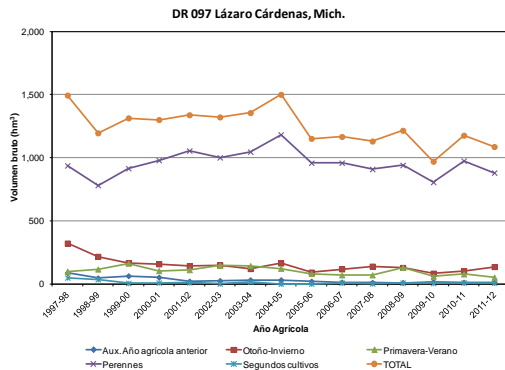
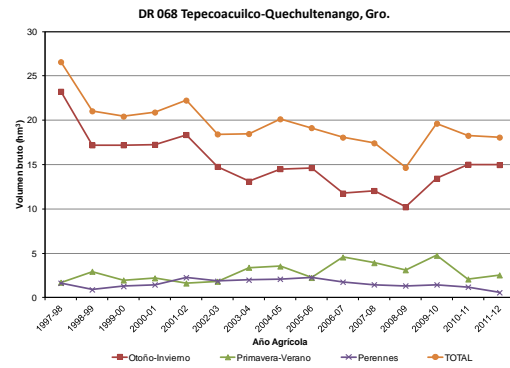
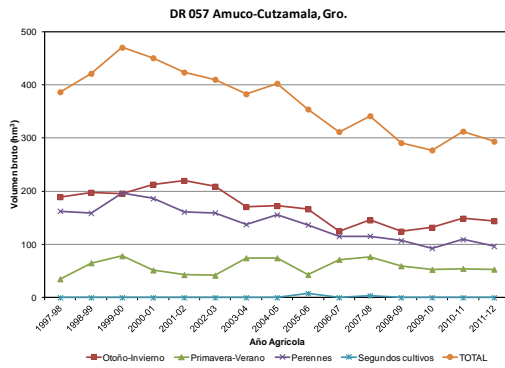
Finalmente, cabe mencionar que los únicos dos años en que ha coincidido el hecho de que se haya registrado algún tipo de sequía hidrológica (desde incipiente hasta extrema) en todas y cada una de las presas analizadas, han sido 2002 y 2009.

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 del Consejo de 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 Tepecoacuilco-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 del Consejo de Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).

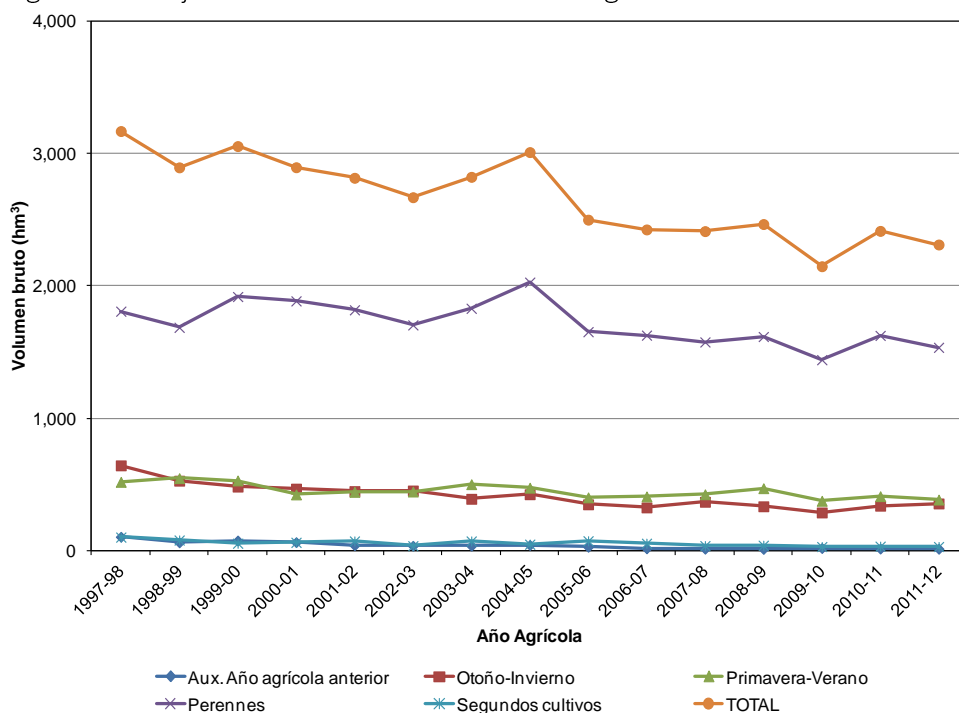




Fuente: elaboradas con información del OC Balsas y la Gerencia de Distritos de Riego de CONAGUA.

Como consecuencia de lo anterior, a nivel del Consejo de 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.

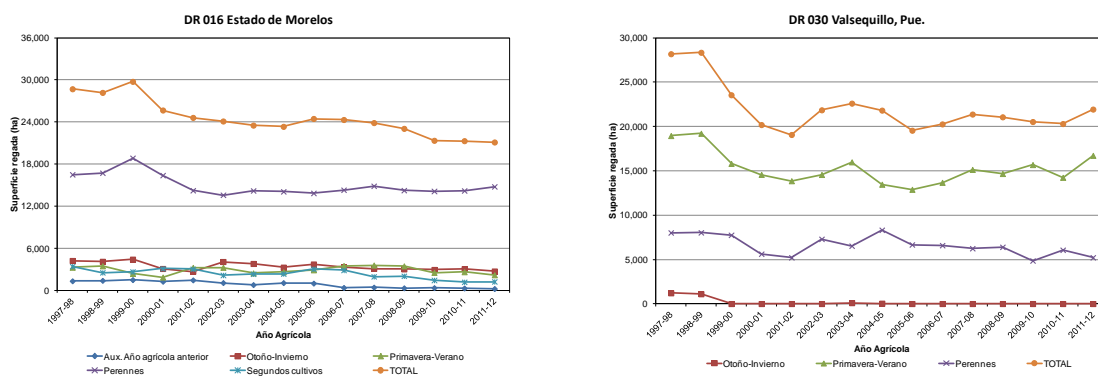
Figura 3.16 Volumen bruto total utilizado para irrigación, por ciclo agrícola, en los distritos de riego del Consejo de Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).

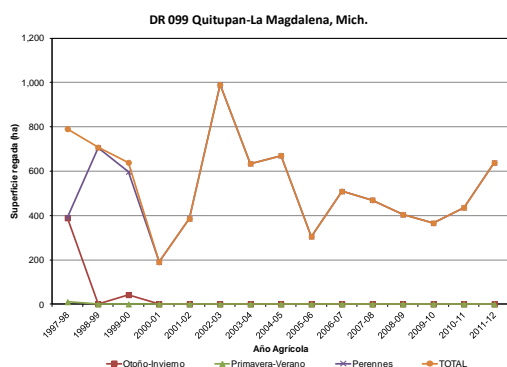
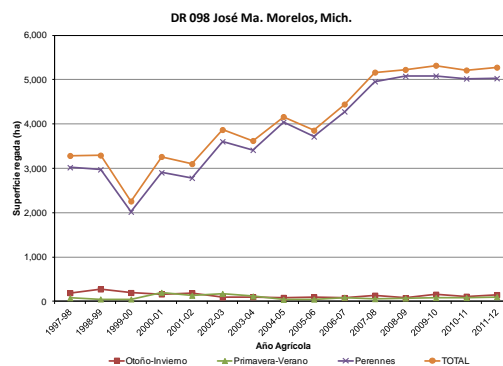
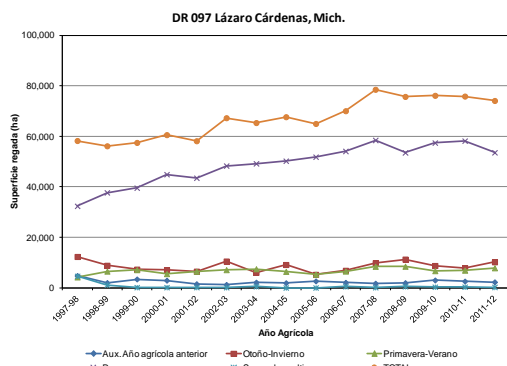
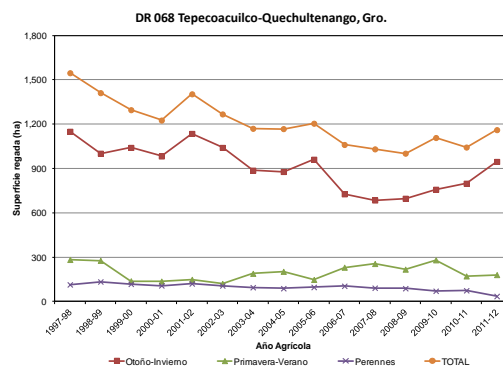
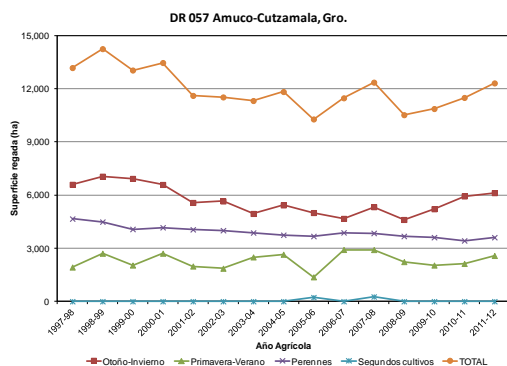
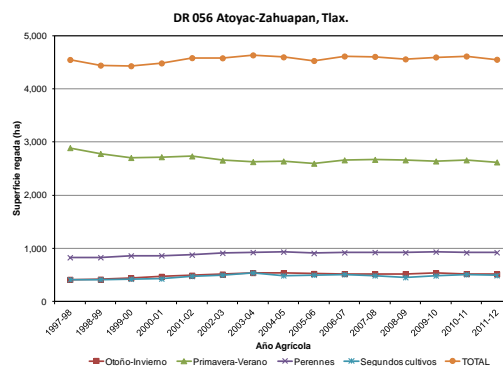
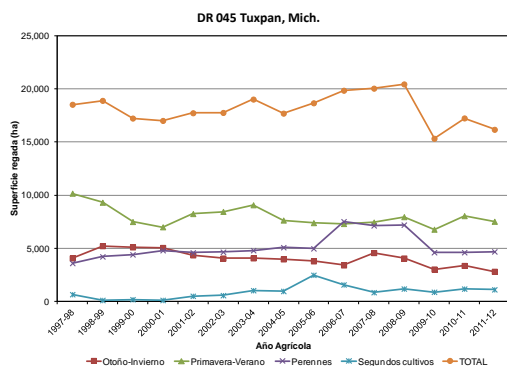


Fuente: elaborada con información del OC Balsas y la Gerencia de Distritos de Riego de CONAGUA.

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) 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 Tepeacoacuilco-Quechultenango, ambos en el estado de Guerrero.

Figura 3.17 Variabilidad de las superficies irrigadas, por ciclo agrícola, en los distritos de riego del Consejo de Cuenca del Río Balsas (años agrícolas 1997-98 a 2011-12).



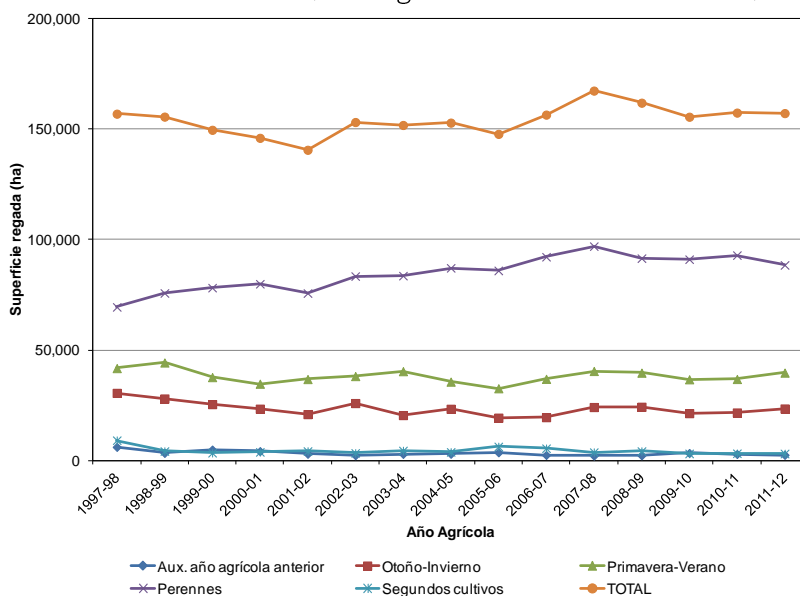


Fuente: elaboradas con información del OC Balsas y la Gerencia de Distritos de Riego de CONAGUA.

En este orden de ideas, a nivel del Consejo de 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 del Consejo de 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.

VI. 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.

VII. REFERENCIAS

- Boken, V. K. 2005. Agricultural drought and its monitoring and prediction: some concepts. En: Vijendra K. Boken, Arthur P. Cracknell y Ronald L. Heathcote (Eds.). *Monitoring and predicting agricultural drought: a global study*. Oxford University Press, USA. pp. 3-10.
- Bravo L., A.G., H. Salinas y A. Rumayor (Comp.). 2006. *Sequía: vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el norte de México*. Libro Técnico No. 4. 2ª Edición. INIFAP-SAGARPA. Zacatecas, Zac. 301 pp.
- Bravo P., L. C., A. E. Castellanos y O. S. Doode. 2010. Sequía agropecuaria y vulnerabilidad en el centro oriente de Sonora. En: *Estudios Sociales*, Vol. 18, No. 35. pp. 211-241.
- 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.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. *Estadísticas del agua en la cuenca del río Balsas*. SEMARNAT, México, D.F. 170 pp.
- _____. 2011. *Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México*. SEMARNAT. México, D.F. 44 pp.
- _____. 2012a. Sitio web oficial de la Comisión Nacional del Agua. Consultado en línea el 23 de junio de 2012 desde: <http://www.conagua.gob.mx/>
- _____. 2012b. *Programa hídrico regional visión 2030: región hidrológico-administrativa IV Balsas*. SEMARNAT. México, D.F. 190 pp.
- _____. 2012c. *Estudios de investigación para caracterizar a las regiones del país en función del cambio climático, incluyendo los mapas asociados*. SEMARNAT. México, D.F. 60 pp.
- _____. 2012c. *Lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía, así como las medidas preventivas y de mitigación, que podrán implementar los usuarios de las aguas nacionales para lograr un uso eficiente del agua durante sequía*. SEMARNAT. DOF, 22 de noviembre. México, D.F.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2010. *Índice de marginación por entidad federativa y municipio*. Consultado en línea el 15 de mayo de 2013 desde: <http://www.conapo.gob.mx>
- CWCB/AMEC (Colorado Water Conservation Board and AMEC Earth & Environmental). 2010. *Municipal drought management plan: guidance document*. Denver, Colorado, USA. 123 pp.
- Escalante, C. y L. Reyes. 1998. Identificación y análisis de las sequías en la región hidrológica número 10, Sinaloa. En: *Ingeniería Hidráulica en México*, No. 2, pp. 23-43.
- Florescano, E. 2000. *Breve historia de la sequía en México*. 2ª ed., CONACULTA. México, D.F. 252 pp.
- Gill, R. B. 2008. *Las grandes sequías mayas: agua, vida y muerte*. Traductora María Ofelia Arruti y Hernández. FCE. México, D.F. 562 p.
- Heim, R. R. 2002. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. En: *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 83, No. 8, pp. 1149-1165.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2013. *Guía para la formulación de programas de prevención y mitigación de sequías*. Coordinación de Hidrología. Jiutepec, Morelos. 55 pp.
- 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/>
- _____. 2011. *Estadísticas a propósito del día mundial contra la desertificación y la sequía*. Consultado en línea el 12 de febrero de 2013 desde: <http://www.inegi.org.mx/>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007a. *Cambio climático 2007: informe de síntesis*. OMM/PNUMA. Ginebra, Suiza. 104 p.

- _____. 2007b. The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the IPCC. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.). Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra y New York, USA.
- Martínez-Austria, P. 2007. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. IMTA. Jiutepec, Morelos. 58 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.
- Nalbantis, I. 2008. Evaluation of a hydrological drought index. En: European Water, No. 23/24. pp. 67-77.
- 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.
- Ortega-Gaucin, D., L. Rendón, I. Morales, y R. Olivares. 2012. Sequías hidrológicas en la cuenca del río Bravo (sección mexicana). En: Ingeniería Agrícola y Biosistemas, No. 2, pp. 41-48.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Sistema de información agroalimentaria de consulta (SIACON). Consultado en línea el 23 de junio de 2012 desde: <http://www.sagarpa.gob.mx/>
- Seavoy, R. 1986. Famine in peasant societies. Greenwood Press. USA. 478 p.
- Sisto, N., R. Guajardo-Quiroga e I. Aguilar-Barajas. 2011. Estimación de los impactos económicos de una sequía. En: Tecnología y Ciencias del Agua, Vol. II, No. 2. pp. 111-123.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2013. Seguimiento mensual de afectación por sequía. Consultado en línea el 2 de mayo de 2013 desde: <http://smn.cna.gob.mx/>
- Velasco, I. 2002. Plan de preparación para afrontar sequías en un distrito de riego. Tesis de Doctorado en Ingeniería Hidráulica. DPFI/UNAM. Jiutepec, Morelos. 151 p.
- Wilhite, D. 1994. Preparing for drought: a guidebook for developing countries. DIANE Publishing. USA. 78 pp.
- Wilhite, D. 2000. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. En: Wilhite Donald (Ed.). Drought: a global assessment, Vol. I. Routledge. USA. pp. 3-18.
- Zhang, Q., Y. Kobayashi, M. Howell y Y. Zheng. 2012. Drying up: what to do about droughts in the People's Republic of China, with a case study from Guiyang Municipality, Gizhou Province. Asian Development Bank (ADB). Mandaluyong City, Philippines. 66 p.