

PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA

Consejo de Cuenca Ríos Fuerte y Sinaloa

Versión 2014



PRESA MIGUEL HIDALGO, JUNIO 2012

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 10 |
| RESUMEN EJECUTIVO | 11 |
| 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SEQUÍA | 12 |
| 1.1 Conceptos básicos y consideraciones previas..... | 13 |
| 1.2 Las sequías en el Consejo de Cuenca | 14 |
| 1.3 Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía | 15 |
| 1.3.1 Objetivo general | 15 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 15 |
| 1.3.3 Objetivos operacionales..... | 15 |
| 1.3.4 Estructura orgánica, principios de operación y responsabilidades | 16 |
| 1.4 Ámbito de actuación..... | 17 |
| 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS FUERTE Y SINALOA..... | 18 |
| 2.1 Marco físico..... | 18 |
| 2.2 Problemática de los recursos hídricos por sector..... | 22 |
| 2.2.1 Problemas transversales..... | 22 |
| 2.2.2 Sector agrícola..... | 23 |
| 2.2.3 Sector público urbano..... | 24 |
| 2.2.4 Sectores industrial y comercial..... | 25 |
| 3. ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA SEQUÍA Y SU IMPACTO EN EL TERRITORIO DEL CONSEJO DE CUENCA | 26 |
| 3.1 Introducción..... | 26 |
| 3.2 Análisis de las fases de la sequía con base en las Estadísticas del Agua en México | 26 |
| 3.3 Evaluación de la sequía histórica utilizando el PDSI en el periodo 1978 -2013 | 27 |
| 3.4 Evaluación de la sequía utilizando el SPI en el año 2014..... | 31 |
| 3.5 Evaluación de los impactos históricos de la sequía de 1978 a 2014 en el territorio del Consejo de Cuenca..... | 35 |
| 4. OFERTA, DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL CONSEJO DE CUENCA | 36 |
| 4.1 Introducción..... | 36 |
| 4.2 Oferta natural de agua en el Consejo de Cuenca | 37 |
| 4.3 Disponibilidad de aguas superficiales | 37 |
| 4.4 Análisis del comportamiento de las presas en escenarios de sequía..... | 38 |
| 4.4.1 Almacenamiento en las presas..... | 38 |
| 4.4.2 Aportaciones a las presas..... | 39 |
| 4.4.3 Correlación entre las métricas de las presas y los indicadores de sequía..... | 39 |
| 4.5 Cobertura de agua potable | 42 |
| 4.5.1 Evolución en la cobertura del servicio de agua potable..... | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5.2 Evolución del agua suministrada y desinfectada para consumo humano | 42 |
| 4.6 Oferta, demanda y disponibilidad de aguas subterráneas | 43 |
| 4.7 Demanda..... | 44 |
| 4.7.1 Estimación de los valores anuales del REPDA | 45 |
| 4.7.2 Usos Consuntivos de aprovechamientos de las aguas superficiales | 45 |
| 4.7.3 Demanda de agua en el uso agrícola..... | 46 |
| 4.7.4 Demanda de agua en el uso público urbano | 46 |
| 4.8 Calidad del agua | 47 |
| 4.9 Cambio Climático..... | 51 |
| 4.10 Medidas estructurales para aumentar la oferta | 51 |
| 5. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA SEQUÍA..... | 52 |
| 5.1 Introducción..... | 52 |
| 5.2 Conceptos de adversidad-vulnerabilidad-riesgo | 54 |
| 5.3 Evaluación de la vulnerabilidad a la sequía mediante el SERES | 56 |
| 5.3.1 Componentes del Sistema SERES..... | 57 |
| 5.3.2 Distribución geográfica del riesgo de sequías | 58 |
| 5.3.3 Determinación de la vulnerabilidad a las sequías en el Consejo de Cuenca..... | 59 |
| 5.3.4 La geografía del riesgo por sequías en el Consejo de Cuenca | 62 |
| 5.4 Evaluación de la vulnerabilidad a las sequías mediante el sistema Super Decisions | 63 |
| 5.4.1 Factores para evaluar la vulnerabilidad a la sequía y su clasificación..... | 64 |
| 5.4.2 Principales fuentes de información de los factores..... | 66 |
| 5.4.3 Ponderación de los factores | 66 |
| 5.4.4 Resultados de vulnerabilidad a las sequías utilizando el Super Decisions | 69 |
| 5.4.5 Representación geográfica de los resultados | 71 |
| 6. CARACTERIZACIÓN DE LA SEQUÍA EN EL TERRITORIO DEL CONSEJO DE CUENCA DE LOS RÍOS FUERTE Y SINALOA | 75 |
| 6.1 Umbrales de sequía..... | 75 |
| 6.1.1 Intensidad de sequía | 77 |
| 6.1.2 Precipitación..... | 77 |
| 6.1.3 Escurrimiento | 78 |
| 6.1.4 Niveles en los Mantos Acuíferos..... | 78 |
| 6.1.5 Almacenamiento en las Presas | 78 |
| 6.2 Etapas de la Sequía..... | 79 |
| 6.3 Evaluación de la sequía | 79 |
| 6.3.1 Etapa 1, alerta temprana normal (azul)..... | 80 |
| 6.3.2 Etapa 2, respuesta (verde)..... | 80 |
| 6.3.3 Etapa 3, urgencia (amarillo) | 80 |

| | |
|---|------------|
| 6.3.4 Etapa 4, emergencia (naranja) | 80 |
| 6.3.5 Etapa 5, crítica (rojo)..... | 81 |
| 7. MEDIDAS DE MITIGACIÓN | 83 |
| 7.1 Etapa 1..... | 84 |
| 7.2 Etapa 2..... | 84 |
| 7.3 Etapa 3..... | 85 |
| 7.4 Etapa 4..... | 86 |
| 7.5 Etapa 5..... | 87 |
| 8. MEDIDAS PREVENTIVAS | 88 |
| 8.1 Medidas para la gestión de la demanda | 88 |
| 8.1.1 Políticas Óptimas de Operación de Presas..... | 88 |
| 8.1.2 Pronóstico de la oferta, demanda y planes de riego..... | 88 |
| 8.1.3 Cobro y pago por el uso del agua | 90 |
| 8.1.4 Medidas estructurales para la gestión de la demanda | 91 |
| 8.2 Medidas preventivas por sector | 91 |
| 8.2.1 Sector agrícola..... | 92 |
| 8.2.2 Sector público urbano..... | 93 |
| 8.2.3 Sectores industrial y comercial..... | 94 |
| 8.3 Acciones de seguimiento posteriores a la ocurrencia de la sequía | 95 |
| 9. MONITOREO, EVALUACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PMPMS | 95 |
| 9.1 Programación y coordinación para realizar el plan de monitoreo, evaluación y actualización | 96 |
| 9.2 Monitoreo del seguimiento de las medidas de prevención y mitigación | 98 |
| 9.3 Metodología para evaluar el PMPMS..... | 99 |
| 9.4 Metodología y calendarización para la actualización del PMPMS..... | 103 |
| 9.5 Desarrollo de sistemas de monitoreo, evaluación y pronóstico de sequías..... | 103 |
| 9.5.1 Importancia del sistema de monitoreo, evaluación y pronóstico de sequías..... | 103 |
| 9.5.2 Identificación de costos y beneficios relativos | 105 |
| 9.6 Metodología para el desarrollo del sistema de monitoreo, evaluación y pronóstico de sequías..... | 106 |
| 9.6.1 Principales aspectos metodológicos considerados..... | 106 |
| 10. PROGRAMA DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN MATERIA DE AGUA. | 110 |
| 10.1 Diseño y evaluación de estrategias para fortalecer el funcionamiento del Consejo de Cuenca y los Organismos Operadores. | 110 |
| 10.2 Modelos de Educación Ambiental y Cultura del Agua para la concienciación de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa. | 112 |
| 10.3 Diseño de un programa sectorial de comunicación y motivación efectivo basado en un estudio socioeconómico | 114 |

| | |
|---|------------|
| 10.4 Modelo para predecir la disponibilidad de agua superficial y subterránea en las cuencas de los ríos Fuerte y Sinaloa..... | 116 |
| 10.5 Diseño de un programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa..... | 117 |
| 10.6 Estudio de factores de riesgo ambiental de las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa mediante un Sistemas de Información Geográfica..... | 119 |
| 10.7 Gestión integral de residuos sólidos para mejorar la salud pública en las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa..... | 120 |
| 10.8 Tecnologías de Diseño y Desarrollo de Bajo Impacto (DDBI) para los sistemas hídricos y Cuencas... .. | 122 |
| 10.9 Gestión de la infraestructura hídrica por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sistemas de planificación para las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa..... | 123 |
| 10.10 Determinación de escenarios por sequía mediante el análisis multivariado temporal usando redes neuronales en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa..... | 124 |
| 11. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO..... | 127 |
| 11.1 Presupuesto operativo..... | 127 |
| 11.2 Presupuesto Programa de educación, investigación científica y desarrollo tecnológico..... | 128 |
| 11.3 Presupuesto de proyectos de infraestructura..... | 130 |
| 11.4 Beneficios..... | 130 |
| 11.5 Seguimiento de las medidas de prevención de la sequía..... | 132 |
| 11.5.1 Programa Conservación y Uso de Suelo y Agua, COUSSA..... | 132 |
| 11.5.2 Programa para la Construcción y Rehabilitación de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales | 133 |
| 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 134 |
| 12.1 Conclusiones..... | 134 |
| 12.2 Recomendaciones..... | 136 |
| REFERENCIAS..... | 138 |
| APÉNDICES..... | 146 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1. Estructura orgánica para la ejecución del PMPMS..... | 16 |
| Figura 2.1. Entidades federativas y municipios que participan en el Consejo de Cuenca..... | 19 |

| | |
|--|--------------------------------------|
| Figura 2.2 Territorio del Consejo de Cuenca..... | 20 |
| Figura 4.1 Mapa de Sequía Remanente en las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa..... | 41 |
| Figura 4.2. Agua no contabilizada..... | 47 |
| Figura 5.1 Áreas de adversidad, vulnerabilidad y riesgo de sequías | 55 |
| Figura 5.2. Esquema de determinación de la vulnerabilidad y riesgo de sequías mediante un sistema de información geográfica..... | 57 |
| Figura 5.3 Vulnerabilidad a la sequía en función del IPC a nivel municipal..... | 60 |
| Figura 5.4. Vulnerabilidad hídrica para áreas con y sin riego, mayo de 2013..... | 61 |
| Figura 5.5 Afectación por sequía según el índice de Palmer, mayo de 2013. | 62 |
| Figura 5.6 Mapa de riesgos por sequía para las cuencas hidrológicas del Consejo de | 63 |
| Figura 5.7. Vulnerabilidad ambiental a la sequía por municipios del Consejo..... | 75 |
| Figura 5.8 Vulnerabilidad económica a la sequía por municipios del Consejo de Cuenca. | 72 |
| Figura 5.9 Vulnerabilidad social a la sequía por municipios del Consejo de Cuenca | 72 |
| Figura 5.10 Vulnerabilidad global a la sequía por municipios del Consejo de Cuenca.... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 9.1 Ciclo de mejora continua del PMPMS | 96 |
| Figura 9.2 Componentes de la gestión del riesgo de desastres. | 104 |
| Figura 9.3 Comparación de acciones entre reducción y manejo del riesgo | 105 |
| Figura 9.4 Portada de apertura del programa SOS | 106 |
| Figura 9.5 Selección de los índices de sequía..... | 107 |
| Figura 9.6 Mapa del índice de Palmer para el OCPN..... | 107 |
| Figura 9.7 Esquema de entradas y salidas en un Perceptron Multicapa. | 108 |
| Figura 9.8 Anomalías del NDVI para marzo de 2012 expresadas en desviaciones estándares con respecto al valor promedio. | 110 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS

| | |
|---|----|
| Gráfica 3.1 Registro de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Chihuahua en el periodo 1979-1988..... | 27 |
| Gráfica 3.2 Registro de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Chihuahua en el periodo 1979-1988..... | 27 |
| Gráfica 3.3 Registro de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Chihuahua en el periodo 1999-2008..... | 28 |
| Gráfica 3.4 Registro de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Chihuahua en el periodo 2009-2013..... | 29 |
| Gráfica 3.5 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa en el periodo 1979-1988..... | 29 |
| Gráfica 3.6 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa en el periodo de 1989-1998..... | 30 |
| Gráfica 3.7 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa en el periodo 1999-2008..... | 30 |
| Gráfica 3.8 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa en el periodo 2009-2013..... | 31 |
| Gráfica 3.9 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 1 mes en 2014..... | 32 |
| Gráfica 3.10 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 3 meses en 2014..... | 33 |
| Gráfica 3.11 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 6 mes en 2014..... | 33 |
| Gráfica 3.12 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 9 meses en 2014..... | 34 |
| Gráfica 3.13 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 12 mes en 2014..... | 34 |
| Gráfica 3.14 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 24 mes en 2014..... | 35 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1 Grados de afectación de la Sequía en el Consejo de Cuenca..... | 14 |
| Tabla 1.2 Análisis histórico de las fases de la sequía utilizando el PDSI..... | 14 |
| Tabla 2.1 Principales características climáticas del Consejo de Cuenca. | 19 |
| Tabla 2.2 Características de las principales cuencas hidrológicas..... | 20 |
| Tabla 2.3 Características geohidrológicas de los Acuíferos en las Cuencas del Consejo..... | 21 |
| Tabla 2.4 Presas en las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa. | 21 |
| Tabla 2.5 Plantas hidroeléctricas en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa..... | 22 |
| Tabla 3.1 Grados de afectación de las sequías | 27 |
| Tabla 4.1 Disponibilidad de agua superficial en el territorio del Consejo de Cuenca. | 38 |
| Tabla 4.2 Almacenamiento promedio anual en las presas de 1995 a 2014. | 39 |
| Tabla 4.3 Almacenamiento en la Presas junio y diciembre de 1999 a 2004..... | 41 |
| Tabla 4.4 Almacenamiento en la Presas en junio y diciembre del 2010 a 2014..... | 41 |
| Tabla 4.5 Evolución en la cobertura del servicio de agua potable por entidad federativa en el periodo 1990-2013..... | 42 |
| Tabla 4.6 Condición geohidrológica de los Acuíferos del Consejo de Cuenca. | 44 |
| Tabla 4.7 Demanda y Eficiencia en los Distritos de Riego. | 46 |
| Tabla 4.8 Valores promedio anuales del ICA..... | 47 |
| Tabla 5.1 Consideraciones de las Comunidades sobre la peligrosidad ambiental. | 53 |
| Tabla 5.2 Vulnerabilidad a la sequía en función del valor relativo del IPC a nivel municipal..... | 60 |
| Tabla 5.3 Vulnerabilidad a la sequía utilizando el factor de afectación del PDSI..... | 61 |
| Tabla 5.4 Clasificación de factores seleccionados para evaluar la vulnerabilidad | 65 |
| Tabla 5.5 Valores de los factores para evaluar la vulnerabilidad ambiental..... | 66 |
| Tabla 5.6 Valores de los factores para evaluar la vulnerabilidad económica. | 66 |
| Tabla 5.7 Valores de los factores para evaluar la vulnerabilidad social. | 67 |
| Tabla 5.8 Resultados de la ponderación correspondiente a la vulnerabilidad ambiental..... | 67 |
| Tabla 5.9 Resultados de la ponderación correspondiente a la vulnerabilidad económica. | 68 |
| Tabla 5.10 Resultados de la ponderación correspondiente a la vulnerabilidad social. | 68 |
| Tabla 5.11 Promedio ponderado del grupo de factores, correspondientes a la vulnerabilidad ambiental de las subcuencas del Consejo de Cuenca. | 68 |
| Tabla 5.12 Valores de vulnerabilidad global de las subcuencas del Consejo de Cuenca. | 69 |
| Tabla 5.13 Vulnerabilidad global a la sequía por subcuencas del Consejo. | 69 |
| Tabla 5.14 Vulnerabilidad ambiental, económica y social a la sequía por subcuencas del Consejo. | 70 |
| Tabla 5.15 Vulnerabilidad global a la sequía por municipios del Consejo de Cuenca. | 70 |
| Tabla 5.16 Vulnerabilidad ambiental, económica y social a la sequía por municipios que forman parte del Consejo de Cuenca. | 71 |
| Tabla 6.1 Estaciones por municipio del Consejo de Cuenca. | 77 |
| Tabla 6.2 Umbrales por etapa según los indicadores de sequía..... | 81 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 6.3 Umbrales según la precipitación..... | 82 |
| Tabla 9.1 Indicadores claves de desempeño..... | 100 |
| Tabla 11.1 Presupuesto operativo del Consejo de Cuenca. | 127 |
| Tabla 11.2 Presupuesto de gastos de establecimiento del Consejo de Cuenca. | 128 |
| Tabla 11.3 Programa de educación, investigación científica y desarrollo tecnológico. | 129 |
| Tabla 11.4 Resumen de proyectos de infraestructura. | 130 |
| Tabla 11.5 Relación de proyectos del componente y uso sustentable de suelo y agua, con recursos devengados al cierre del ejercicio fiscal 2013..... | 132 |
| Tabla 11.6 Inversiones en el sector Agua Potable..... | 133 |

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, en diversas partes del mundo, pareciera que las sequías son más frecuentes, persistentes y de mayores proporciones (Escalante y Reyes, 1998); En México, donde la agricultura es una fuente importante de empleo e ingreso económico, las sequías representan un alto riesgo para el sector agrícola, principalmente, ya que propician desajustes a la economía regional y nacional.

Debido al impacto ambiental, económico y social que han tenido las sequías en México, por iniciativa del titular del Ejecutivo Federal, se instauró el día 10 de enero de 2013, el Programa Nacional contra la Sequía (PRONACOSE), cuyo objetivo es elaborar instrumentos que permitan la gestión integrada de los Consejos de Cuenca en relación al manejo del recurso hídrico bajo los efectos de este fenómeno natural, con un nuevo enfoque proactivo y preventivo.

El programa consiste en la prevención, atención, mitigación y seguimiento al fenómeno recurrente de la sequía en el territorio nacional y está siendo administrado por el Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Su implementación se lleva a cabo por un grupo de instituciones, que incluye a universidades públicas, centros de investigaciones, organismos de gobierno y especialistas nacionales e internacionales en la materia.

El PRONACOSE contempla un Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS), en cada uno de los 26 Consejos de Cuenca del País, para su elaboración propone un Grupo Técnico Directivo (GTD) integrado por autoridades y usuarios del agua, quienes serán responsables del diseño e implementación del programa con base en las características de cada región.

En el Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa se ha elaborado en 2013 (*Torrecillas, et al., 2013*), y actualizado durante este año 2014, el presente Programa, el cual integra las aportaciones de los representantes de los diferentes usos del agua en el ámbito del Consejo. El programa contiene desde el diagnóstico de la sequía en la región, hasta las acciones, presupuesto y formas de organización para atender de manera preventiva los efectos de este fenómeno. Además, en atención a la directriz nacional establecida por la CONAGUA, se aplicó el software Super Decisions para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía en los Consejos de Cuencas del país. El esquema matemático de dicho software, evalúa aspectos complejos como es el caso de la sequía, que son afectados por un número significativo de factores que se influyen entre ellos en diferentes medidas.

Las acciones del PMPMS de cada Consejo de Cuenca deberán diseñarse de forma integral con un enfoque sistémico para reducir la vulnerabilidad. Los retos son:

- Adopción, por parte de los usuarios de agua y las dependencias de gobierno, de una nueva cultura y estrategia que englobe prevención, planeación y evaluación de planes de sequía.
- Alineamiento de programas de fondos federales, estatales y municipales con las directrices de los planes de sequía para reducir la vulnerabilidad ante dicho fenómeno.

- El cambio climático como escenario dentro del que se desarrollan las sequías. El cambio climático como línea base del Plan Nacional de Desarrollo y marco para un nuevo sistema nacional de protección civil.
- Estrategias de comunicación aplicadas desde el comienzo de la sequía para aceptar las acciones y evaluar el éxito o fracaso del programa.

El seguimiento del programa se llevará a cabo a través de una Comisión Intersectorial, conformada por un comité de expertos y 14 dependencias federales: SEMARNAT, SEGOB, SEDENA, SEMAR, SHCP, SEDESOL, SENER, SE, SAGARPA, SCT, SSA, SEDATU, CFE y CONAGUA, así como de un comité de expertos, que se encargará de revisar, informar y enriquecer el programa.

El principal interés del Gobierno de la República es garantizar la planeación, implementación e involucramiento permanente de la sociedad, con el desarrollo y la ejecución de las acciones y reducir la vulnerabilidad ante la sequía como la piedra angular de la estrategia mexicana para la adaptación al cambio climático, de conformidad con la Ley General de Cambio Climático y la Ley de Aguas Nacionales.

Este es el segundo paso de un largo camino que tiene que ser recorrido en los próximos años, en el que se privilegie la unión de esfuerzos entre el gobierno y la sociedad, con el compromiso de lograr que los efectos del cambio climático expresado en este caso por la sequía y su comportamiento actual y futuro, puedan ser prevenidos o mitigados con la ejecución de acciones establecidas en el propio programa y las que resulten del estudio, aplicación y seguimiento del mismo.

RESUMEN EJECUTIVO

Nuestro país está expuesto a diferentes eventos hidrometeorológicos severos, y también es susceptible a la ocurrencia de sequías, fenómeno impredecible que puede presentarse en cualquier zona del territorio y cuya ocurrencia reduce drásticamente los volúmenes de agua almacenados en las presas y disminuye la recarga de los acuíferos, poniendo en riesgo el abastecimiento de agua potable, afectando las actividades agrícolas, ganaderas, industriales y la generación de energía eléctrica, así como la flora y fauna de la región. Los programas de prevención y mitigación de la sequía reducen las dificultades causadas por el déficit de agua y aumentan la confianza de los usuarios, en las acciones adoptadas para hacer frente a la escasez de agua.

El ámbito territorial del Consejo de Cuenca padece los impactos de la sequía por diferentes causas:

- *Irregular distribución espacial y temporal de la precipitación.* En la parte alta del territorio del Consejo de Cuenca, la precipitación varía de un promedio anual de 798 a 1423 mm, en las cuencas medias, la precipitación oscila de 603 a 987 mm y en las cuencas bajas se registran anualmente de 277 a 614 mm. Aunado a la irregular distribución de la precipitación, se observa una temporada de

lluvia concentrada por lo general entre junio y octubre, lo que agrava la escasez en el resto de los meses por épocas de sequía con un promedio de cuatro años cada década.

- *Bajos niveles de almacenamiento en presas.* La disponibilidad de agua superficial es regulada mediante las presas existentes; sin embargo, se han registrado niveles de almacenamientos críticos menores al 20% en ocho años desde 1996 al 2014.
- *Baja eficiencia y recaudación.* El alto consumo en el sector agrícola, debido a la amplia extensión de la superficie de riego; la baja eficiencia en el uso del agua y la falta de tarifas que reflejen el costo real por la captación y distribución del agua. Además, existe una alta morosidad, principalmente en el uso público urbano.
- Inadecuada gestión de la sequía.
- Poblaciones sin cobertura de agua potable.
- Escasa cultura del uso eficiente del agua.

Para construir una herramienta de planeación que permita enfrentar de manera preventiva los efectos de la sequía, se ha instrumentado en el seno del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa un Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía, para reducir la vulnerabilidad de la población ante este fenómeno; garantizar el suministro del agua para los usuarios establecido en la Ley de Aguas Nacionales y asegurar su disponibilidad a largo plazo.

Las medidas preventivas consisten en la implementación de un sistema de umbrales para definir las etapas de la sequía; elaboración de un Plan Anual para la Gestión de la Sequía con base en la mejora continua de los sistemas de información meteorológica e hidrológica; elaboración de modelos de la oferta, demanda y disponibilidad del agua; gestión integral de los recursos hídricos; fomento de la Cultura del Agua, y establecimiento de sistemas integrales para la gestión de la infraestructura. Además, se proponen medidas de mitigación en cada una de las etapas de sequía, estrategias para disminuir la demanda y programas para diversificar las fuentes de abastecimiento (Torrecillas et al., 2009, 2010 y 2013).

El Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía de los Ríos Fuerte y Sinaloa, se ha elaborado con la participación del Consejo de Cuenca, a través de un Grupo Técnico Directivo (GTD), con base en el análisis de la caracterización y disponibilidad de agua en las cuencas y la evaluación de vulnerabilidad de la población ante la sequía (Torrecillas et. Al., 2013); así, se identificaron avances en la prevención de la sequía que consisten en el aumento de la capacidad de almacenamiento (Programa Conservación y Uso de Suelo y Agua, COUSSA); en la construcción de infraestructura de agua potable (Programa para Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales, PROSSAPYS), así como en la gestión de la sequía a través de las reuniones de los integrantes del Consejo de Cuenca y de la operación normal de los programas dirigidos al uso eficiente y sustentable del agua.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SEQUÍA

1.1 Conceptos básicos y consideraciones previas

Nuestro país está expuesto a diferentes eventos hidrometeorológicos severos, y también es susceptible a la ocurrencia de sequías, fenómeno impredecible que puede presentarse en cualquier zona del territorio y cuya ocurrencia reduce drásticamente los volúmenes de agua almacenados en las presas y disminuye la recarga de los acuíferos, poniendo en riesgo el abastecimiento de agua potable, afectando las actividades agrícolas, ganaderas, industriales y la generación de energía eléctrica, así como la flora y fauna de la región.

Cuando la sequía se produce, los usuarios del agua no están preparados para enfrentarla, como resultado de la falta de prevención los efectos de dicho fenómeno son más severos. Los programas de prevención y mitigación de la sequía reducen las dificultades causadas por el déficit de agua y aumentan la confianza de los usuarios en las acciones adoptadas para hacer frente a la escasez de agua.

El objetivo principal de la planeación para la prevención y mitigación 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, las actividades económicas y los recursos ambientales.

La planeación para enfrentar la sequía se basa en los siguientes principios:

- Los periodos de precipitación por debajo del promedio ocurren y son inevitables, por lo tanto se puede anticipar que la sequía se producirá en un momento en el tiempo por medio de un sistema de umbrales.
- Las medidas de respuesta propuestas son permisivas, restringidas y determinadas, y los procedimientos de implementación definidos anticipadamente para minimizar o mitigar los riesgos e impactos de la sequía, y deben estar contenidas para cada rango (desde su inicio en la etapa 1) dentro del PMPMS.

La planeación de la gestión incluye la mitigación y la respuesta a la sequía, los umbrales para cada etapa y la planificación de la demanda con base en varios escenarios de disponibilidad del agua. Las cinco etapas de intensidad de la sequía se establecen en relación con los siguientes indicadores:

- Análisis y evaluación a largo plazo del PDSI (Palmer Drought Severity Index en inglés; Índice de Sequía Estandarizado de Palmer).
- Porcentaje de la precipitación normal para el periodo de evaluación.
- Percentil normalizado de escurrimiento en la estación hidrométrica a la salida.
- Percentil normalizado de los niveles en los mantos acuíferos.
- Porcentaje de almacenamiento en las presas.

Las estrategias para la gestión de la demanda están fundamentadas en dos principios:

- No se puede administrar lo que no se conoce. Por ello, es importante analizar a detalle la demanda de agua de los usuarios y la evaluación de las fuentes de abastecimientos, para determinar el equilibrio entre la oferta y la demanda.
- No se cuida lo que no se paga. El consumo se incrementa cuando no se paga el costo real de captación y distribución del agua a los usuarios. En el caso de la ciudad de Nelson en Nueva Zelanda la cobertura universal de medición y la introducción de pago por uso disminuyó la demanda en un 37% (BEACON, 2008).

La mitigación se refiere a las medidas adoptadas antes de que se presente la sequía y durante la misma, y reducen el potencial de los impactos generados ante la ocurrencia de este fenómeno. Para cada etapa se proponen medidas de mitigación.

1.2 Las sequías en el Consejo de Cuenca

De acuerdo con la publicación “Estadísticas del Agua en México” edición 2004 de la CONAGUA, los grados de afectación de la Sequía en los Estados que forman parte del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa se indica en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Grados de afectación de la Sequía en el Consejo de Cuenca.

| Estado | Periodo | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1948-1954 | 1960-1964 | 1970-1978 | 1993-1996 |
| Chihuahua | N | N | N | R |
| Sonora | S | S | R | S |
| Sinaloa | R | S | R | S |

Fuente: CENAPRED, 2001. Notas: S= severa, R= regular, N= no afectó

Además se realizó un análisis histórico de las fases de la sequía utilizando el PDSI del cual se establecieron cuatro periodos, identificándose los siguientes resultados en el territorio del Consejo de Cuenca (ver Tabla 1.2).

Tabla 1.2 Análisis histórico de las fases de la sequía utilizando el PDSI

| Estado | Periodo | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | 1978-1987 | 1988-1997 | 1998-2007 | 2008-2013 |
| Chihuahua | Severa | Severa | Severa | Excepcional |
| Sonora | Extrema | Severa | Moderada | Extrema |
| Sinaloa | Extrema | Severa | Extrema | Excepcional |

De acuerdo con la condición geográfica generalizada, la situación crítica ocurrió en el cuarto periodo, causando daños económicos, sociales y ambientales significativos en el ámbito del territorio del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

1.3 Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía

A pesar de que existe una importante oferta de agua en el territorio del Consejo de Cuenca, se presentan periodos de escasez que se deben a bajas precipitaciones pluviales y al manejo ineficiente de la demanda frente a un escenario futuro de escasez.

En lo que se refiere al manejo de la demanda, las presas pueden ser un indicador importante, ya que aunque su almacenamiento proviene de los escurrimientos, también depende de las extracciones para satisfacer los diferentes usos del agua. En este sentido, dada la enorme importancia que tiene el agua regulada por las presas en el Consejo de Cuenca, es importante establecer políticas óptimas de operación de las presas y realizar pronósticos de la oferta y la demanda, así como establecer una política pública de cobro por el uso del agua, debido a que esta es una herramienta esencial en el control de la demanda. Mientras no se fomente el cobro por el uso del agua, el consumo excesivo persistirá, lo que constituye un elemento de riesgo de escasez, es por eso que el PMPMS propone estrategias para incidir en la gestión de la demanda en dos sentidos: alerta ante riesgo de sequías y respuesta temprana cuando se presenta la sequía.

1.3.1 Objetivo general

Instrumentar acciones emergentes para prevenir y mitigar los efectos causados por el desabasto de agua en los diferentes usuarios del agua, causados por la sequía.

1.3.2 Objetivos específicos

- Asegurar una dotación de agua de entre 100 y 200 litros por habitante por día para el uso doméstico.
- Garantizar la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades de los usuarios, de acuerdo con la prioridad de usos establecida en Ley de Aguas Nacionales y con el principio de equidad entre entidades de un mismo uso.

1.3.3 Objetivos operacionales

- Desarrollar e implementar las medidas de prevención y mitigación estructurales y no estructurales frente a situaciones de sequía.
- Establecer un sistema de umbrales, mecanismos de monitoreo y difusión continua, con el fin de justificar las decisiones tomadas con respecto a la sequía.

- Fortalecer al Consejo de Cuenca con herramientas de gestión que permitan la coordinación eficiente del Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía.
- Asegurar la transparencia y la participación pública en la elaboración e implementación del PMPMS.
- Impulsar la Cultura del Agua. Concientizar a la población en el uso eficiente y sustentable del agua, con el fin de reducir la demanda y aumentar la reutilización del recurso hídrico en los diferentes usos.

1.3.4 Estructura orgánica, principios de operación y responsabilidades

La gestión de la sequía es una responsabilidad compartida por numerosas entidades y dependencias de todos los niveles de gobierno, por lo tanto es importante que se establezca la función y responsabilidades de cada uno, así como su organización. La CONAGUA es responsable del seguimiento de las condiciones de sequía y de la coordinación de las respuestas de la misma, pero se recomienda que a través del tiempo se delegue esta responsabilidad al Consejo de Cuenca. En la Figura 1.1 se muestra una propuesta de la estructura orgánica para la ejecución del PMPMS, la cual puede evolucionar con el tiempo (adaptado de Auckland Region Water Network Operators, 2004 y Torrecillas et. Al., 2010)).

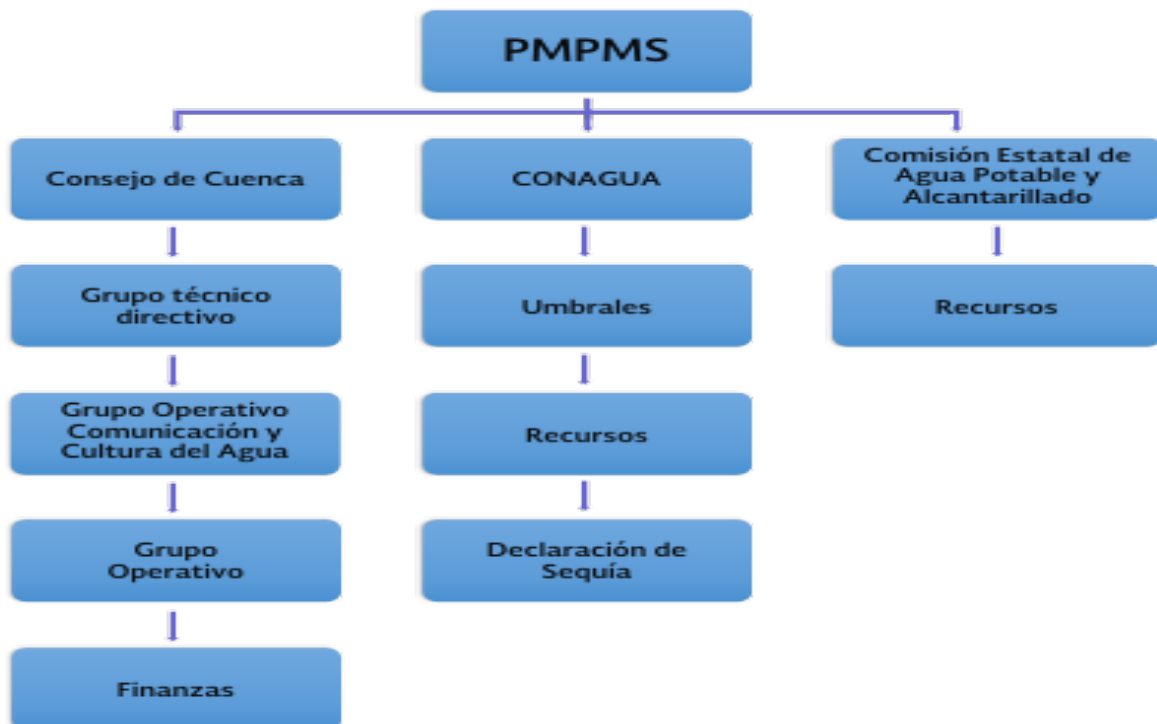


Figura 1.1. Estructura orgánica para la ejecución del PMPMS.

Principios de operación

- Promover la coordinación de acciones entre el Gobierno de la República y los gobiernos de los estados y municipios, sin afectar sus atribuciones contenidas en la normatividad. La coordinación de la planeación, realización y administración de las acciones de gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica o por región hidrológica se llevará a cabo a través de los Consejos de Cuenca, en cuyo seno convergen los tres órdenes de gobierno y participan y asumen compromisos los usuarios, los particulares y las organizaciones de la sociedad, conforme a las disposiciones contenidas en la Ley de Aguas Nacionales y sus reglamentos.
- Fomentar la participación de los usuarios del agua, en la realización y administración de las obras y los servicios hidráulicos.
- Favorecer la descentralización de la gestión de los recursos hídricos conforme al marco jurídico vigente.

Responsabilidades

La correcta ejecución del PMPMS requiere de la actuación coordinada del Consejo de Cuenca, así como de los organismos de los tres órdenes de gobierno.

1.4 Ámbito de actuación

El principio esencial del ámbito de operación es el funcionamiento del Consejo de Cuenca y la Conformación de un Grupo Técnico Directivo (GTD), éste último como resultado del Taller de Planeación Estratégica, el cual quedó constituido por 22 representantes de dependencias federales, estatales y municipales; usuarios del agua, sociedad organizada y el mismo número de suplentes. El GTD acordó participar en la formulación, evaluación, control, seguimiento e implementación del PMPMS.

El enfoque del ámbito de actuación reconoce las diferentes características de las cuencas según la ubicación de las mismas y las necesidades de los usuarios. Como condición general en la parte alta de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa se puede observar la carencia de sistemas para la captación de las aguas superficiales, mientras que en la parte baja de las cuencas existen grandes presas de almacenamiento.

La parte alta del territorio del Consejo de Cuenca se caracteriza por una precipitación media anual de 798 a 1423 mm, pequeñas poblaciones sin cobertura de agua potable y alcantarillado, alto índice de marginación, agricultura de temporal, y por lo tanto, baja demanda de agua. La precipitación media anual en la parte media de las cuencas es de 603 a 987 mm, predomina el bajo consumo hídrico, debido a que las actividades principales son pecuarias y forestales, poblaciones menores a 2 500 habitantes y baja cobertura de servicios de agua potable.

La población en la parte media y alta de las cuencas es vulnerable a la sequía, por la falta de servicios de agua potable.

En lo que se refiere a la parte baja del territorio del Consejo de Cuenca, la precipitación media anual es generalmente inferior al promedio nacional (de 277 a 614 mm). Al ser la zona receptora de los escurrimientos naturales de dos grandes Ríos, El Fuerte y Sinaloa, recibe una gran cantidad de aguas superficiales que son captadas en 5 presas. Existe una alta demanda de agua para la agricultura, la acuicultura y el consumo público urbano, debido a la baja eficiencia en el uso del agua. La parte baja de las cuencas es también vulnerable a la sequía debido a la baja precipitación, la alta temperatura y los usos consuntivos de aguas superficiales y subterráneas.

A pesar de las diferentes características de las cuencas, el PMPMS contempla las mismas estrategias en la parte alta, media y baja del territorio del Consejo de Cuenca, mismas que tendrán que ser adaptadas según las condiciones locales dentro de cada subcuenca. Estas estrategias son (Torrecillas et. Al., 2013):

- *Hacer más con menos.* Este es el principio fundamental de la conservación del recurso hídrico, se busca reducir la demanda y reutilizar el agua en los diferentes usos.
- *Ahorrar agua, ya.* los Módulos de Riego y los Organismos Operadores implementan medidas para reducir la demanda durante una sequía.
- *No dejes que el agua se te escape de las manos.* Acciones para capturar el agua pluvial y recargar los mantos acuíferos, comenzando con tres proyectos demostrativos en las zonas geográficas de la cuenca.

2. CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS FUERTE Y SINALOA.

2.1 Marco físico

El territorio del Consejo de Cuenca se sitúa en el Noroeste del país, comprendiendo el extremo Sur de Sonora, el Occidente de Chihuahua y parte de Sinaloa. El área de las cuencas correspondiente a estas entidades federativas se distribuye de la siguiente manera: el 52% se localiza en Chihuahua, el 40% en Sinaloa y solo un 8% corresponde a Sonora (ver Figura 2.1). El territorio comprende una superficie cercana a los 47 500 km², el 73% corresponde a la Cuenca del Río Fuerte y el 27% a la Cuenca del Río Sinaloa. El marco físico se presenta de manera detallada en el Apéndice K.



Figura 2.1. Entidades federativas y municipios que participan en el Consejo de Cuenca.

Según el Acuerdo por el que se Determina la Circunscripción Territorial de los Organismos de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua publicado en el Diario Oficial 2013, los municipios correspondientes al Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa son:

- Chihuahua: Guadalupe y Calvo, Morelos, Maguarichi, Batopilas, Urique, Guazapares, Guachochi y Chinipas.
- Sinaloa: Ahome, El Fuerte, Choix, Guasave y Sinaloa.

Los parteaguas (líneas imaginarias que delimitan las cuencas hidrológicas) de mayor elevación están definidos por la Sierra Madre Occidental, de la cual toma el nombre una de las dos provincias fisiográficas en las que se ubica el territorio del Consejo de Cuenca. La otra provincia se denomina Llanura Costera de Sinaloa, zona sensiblemente plana de bajas elevaciones, que llegan hasta el nivel del mar. La latitud, la influencia de ciclones tropicales y la diferencia de elevaciones del terreno natural condicionan variaciones en el clima (ver Tabla 2.1).

| Cuenca | Descripción | Régimen de lluvias | Temp. Medias, °C | Prec. Media anual, mm |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|
| Alta | Templado Húmedo | Todo el año | 10.7 a 22.7 | 1067 |
| Media | Cálido, Semiseco | Verano | 23.9 a 24.9 | 723 |
| Baja | Cálido, Seco | Verano | 23.1 a 25.5 | 407 |

Tabla 2.1 Principales características climáticas del Consejo de Cuenca.

Los principales ecosistemas en las partes altas tienen vegetación de pino, encino, abeto, ciprés, bonete, cazahuates, chamal y coníferas. La fauna se conforma por guajolote, paloma de collar, conejo, puma, gato montés y coyote. con texturas medias en pendientes quebradas y selva baja caducifolia en las partes medias y bajas de las cuencas. En estas últimas destacan las áreas dedicadas a la agricultura de riego, incluidas las llamadas de riegos parciales. Los recursos naturales de las partes altas incluyen bosques, minerales y forestales. En las partes medias existen zonas con áreas de bosque de pino y encino y cuentan con yacimientos minerales de cobre, plomo, plata y zinc. En las partes bajas destacan amplias superficies con tierras fértiles y recursos pesqueros.

La región se subdivide en dos cuencas hidrológicas principales, correspondientes a los Ríos Fuerte y Sinaloa, siendo la más importante por su tamaño la Cuenca del Río Fuerte, con una superficie de 34 562 km² seguido por la Cuenca del Río Sinaloa con una superficie de 12 902 km², cuyas características principales se resumen en la Figura 2.2 y la Tabla 2.2.



Figura 2.2 Territorio del Consejo de Cuenca.

Tabla 2.2 Características de las Principales Cuencas hidrológicas.
Fuente: CONAGUA, 2013f.

| Cuenca | Volumen medio anual de escurrimiento natural (Mm3) | Disponibilidad (Mm3) | Clasificación |
|--------------------|--|----------------------|----------------|
| Río Fuerte | 5024.44 | 409.68 | Disponibilidad |
| Río Sinaloa | 2099.55 | 928.86 | Disponibilidad |
| Total | 7123.99 | 1338.54 | |

Respecto a las aguas del subsuelo se definen tres acuíferos, sus características geohidrológicas se indican en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Características geohidrológicas de los Acuíferos en las Cuencas del Consejo.

| Acuífero | Subregión Hidrológica | Recarga Hm ³ | Extracción Hm ³ /Año | Disponibilidad Mm ³ | Condición Geohidrológica |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Río Fuerte | Río Fuerte | 372.30 | 215.30 | 140.50 | Subexplotado |
| Río Sinaloa | Río Sinaloa | 448.60 | 252.40 | 105.24 | Subexplotado |
| El Carrizo | Río Fuerte | 160.00 | 0.00 | 24.00 | Subexplotado |
| Total | | 980.90 | 467.70 | 269.74 | |

Fuente: DOF, 2013.

La infraestructura hidráulica está constituida por presas, estaciones hidroeléctricas, infraestructura para la provisión de servicios de agua potable y alcantarillado y de los distritos de riego (ver Tablas 2.4 y 2.5).

Tabla 2.4 Presas en las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| Nombre Oficial | Nombre Común | Capacidad al NAMO (hm3) | Año de terminación | Usos | Administrador | Corriente |
|----------------------------------|--------------|-------------------------|--------------------|------|---------------|------------|
| Miguel Hidalgo y Costilla | El Mahone | 2 921.4 | 1956 | G, I | D.R. # 075 | Río Fuerte |
| Luis Donaldo Colosio | Huites | 2 908.1 | 1995 | G, I | CONAGUA | Río Fuerte |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|---------------|------|------|------------|----------------|
| Gustavo Díaz Ordaz | Bacurato | 1 859.8 | 1981 | G, I | D.R. # 063 | Río Sinaloa |
| Josefa Ortiz de Domínguez | El Sabino | 595.3 | 1967 | I | D.R. # 076 | Río Álamos |
| Ing. Guillermo Blake Aguilar | El Sabinal | 300.6 | 1985 | C. I | D.R. # 063 | Arroyo Ocoroni |
| Total | | 8585.2 | | | | |

NOTA: Abreviaturas= G: Generación de energía eléctrica, I: Irrigación, C: Control de avenidas.

Fuente: CONAGUA, 2014. *Atlas del Agua en México*, 2014.

Tabla 2.5 Plantas Hidroeléctricas en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| Nombre de la central | unidades | Fecha de entrada en operación | Capacidad efectiva instalada (MW) | Ubicación |
|-----------------------------|----------|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| Bacurato | 2 | 16 de julio de 1987 | 92 | Presa Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa de Leyva, Sinaloa |
| Luis Donaldo Colosio | 2 | 15 de septiembre de 1996 | 422 | Presa Luis Donaldo Colosio, Choix, Sinaloa |
| 27 de septiembre | 3 | 27 de agosto de 1960 | 59 | Presa Miguel Hidalgo y Costilla, El Fuerte, Sinaloa |
| Total | | | 573 | |

Fuente: CFE, 2013.

La infraestructura de agua potable tiene una cobertura del 100% de la población en el Estado de Chihuahua, 97.8% en Sonora y 98.1% en Sinaloa, mientras que la infraestructura de alcantarillado el 92.3% en Chihuahua, 92.3% en Sonora y 92.9 en Sinaloa (CONAGUA, 2012a)

2.2 Problemática de los recursos hídricos por sector

2.2.1 Problemas transversales

Los problemas transversales identificados en el territorio del Consejo de Cuenca se analizaron a través de la planeación estratégica con el involucramiento del GTD y de un diagnóstico ambiental (Torrecillas et. Al., 2007 y 2013), describen a continuación:

- En la parte baja de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa, la presión para cubrir la demanda de agua ha aumentado — sobre todo en el sector agrícola—, debido a que no se ha alcanzado el nivel óptimo de eficiencia en el uso y manejo del agua, lo que ocasiona baja productividad agrícola, limitaciones en el desarrollo socioeconómico, impactos negativos en los sistemas ecológicos y los consecuentes conflictos por el agua entre los usuarios.
- Infraestructura hidráulica deteriorada e ineficiente uso del agua en la agricultura y los servicios urbanos.
- El programa de cultura del agua no incluye el uso agrícola, siendo éste el principal consumidor en las Cuencas del Consejo.
- Altos niveles de morosidad en los diferentes usuarios del agua.
- Carencia de una política pública para la gestión sustentable de las 5 aguas.
- Carencia de tarifas que reflejen el costo real del agua y los servicios ambientales.
- Falta de integración del manejo sustentable de las 5 aguas en los planes de ordenamiento territorial.
- Falta de sistemas y recursos para asegurar el cumplimiento de las leyes y normas.
- Los desechos sólidos y las descargas de retornos agrícolas con agroquímicos de los distritos de riego Guasave, Río Fuerte y Valle del Carrizo afectan los cuerpos de agua receptores costeros.
- Intrusión salina y contacto con evaporitas. Contaminación de cuerpos de agua en los grandes centros de desarrollo y de los acuíferos.
- Carencia de red de monitoreo, sistemas de alerta temprana y planes de contingencia.
- Riesgo de inundaciones en poblaciones ubicadas en áreas cercanas a los márgenes de los cauces de arroyos y ríos, así como en zonas productivas, principalmente aguas abajo de las presas de almacenamiento Gustavo Díaz Ordaz y Guillermo Blake Aguilar.
- Se presentan de manera periódica fenómenos de sequía y heladas.
- Rezago en la dotación de servicios de agua potable y alcantarillado en las zonas rurales.
- Contaminación de los humedales y deforestación del manglar.

2.2.2 Sector agrícola

Problema principal: escasez de agua para uso agrícola, perenes y ganaderos.

Causas del problema:

- Ineficacia y falta de reglamento de los distritos de riego.
- Falta de Cultura del Agua.
- Baja eficiencia en la conducción y distribución del agua.
- Falta de programas de restauración de la cuenca hidrológica.
- Mantenimiento insuficiente del sistema de presas.
- Número limitado de cultivos.

- Cambio climático y bajo régimen de lluvias.
- Deterioro de la cuenca hidrológica debido a la tala no regulada y deterioro del suelo.
- Resistencia a la reconversión de cultivos.
- Falta de mantenimiento y modernización de las estaciones climatológicas en las cuencas.
- Inadecuados trazos de riego y nivelación en zonas parcelarias.
- No se respetan los planes de riego autorizados, de acuerdo con la disponibilidad en las presas.

Consecuencias del problema:

- Impacto económico: pérdidas económicas, reducción de superficies de siembra y necesidad de subsidios gubernamentales.
- Impacto social: emigración rural y desempleo, bajos rendimientos en los cultivos.
- Impacto ambiental: alteraciones en las condiciones climáticas.

2.2.3 Sector público urbano

Problema principal: insuficiente recurso hídrico para el uso público urbano.

Causas del problema:

- Insuficientes recursos propios, deficiente administración y recaudación, falta de estrategias de cobranza, recursos externos insuficientes, deficiente gestión para la adquisición de recursos y falta de conocimiento de los diversos programas de financiamiento.
- Disminución en la cantidad y calidad del servicio.
- Altos costos de energía eléctrica.
- Alto índice de cuotas fijas.
- Uso ineficiente del recurso hídrico.
- Falta de cultura de almacenamiento.
- Falta de atención a fugas.
- Deficiente infraestructura para la captación y reutilización del agua residual tratada.
- Abatimiento de los mantos freáticos: contaminación de las fuentes debido a la insuficiencia en la supervisión, intrusión salina y falta de cultura ambiental, sobre-explotación de los mantos acuíferos y aumento de la demanda.
- Infraestructura insuficiente y obsoleta; falta de inversión y mantenimiento preventivo.
- Falta de personal capacitado y de programas de capacitación de personal.
- Bajo almacenamiento en las presas, escasez de lluvias y nevadas, uso inadecuado del agua y tala inmoderada de árboles.

- Desequilibrio de tarifas en relación al costo de producción; priorización de las decisiones políticas ante las económicas por el impacto social, causando un rezago financiero; alta inversión por el suministro de agua en pipas, sustitución de los equipos de bombeo y nuevas fuentes de suministro.
- Reducción en la recaudación por incremento de usuarios domésticos con categoría de jubilados y pensionados.
- Disposición de parte de los módulos de riego del recurso correspondiente al usuario doméstico.
- Uso inadecuado del agua en la zona rural y baja calidad del recurso hídrico.

Consecuencias del problema:

- Impacto económico: incremento en los costos de producción, disminución de la disposición del usuario a pagar el servicio, disminución en la recaudación.
- Impacto social: riesgos para la salud humana, disminución en la calidad de vida, escasez de agua en sistemas de agua potable, deficiencia en el servicio, deterioro en la imagen del organismo operador, usuarios no satisfechos.
- Impacto ambiental: contaminación de los cuerpos de agua por cobertura limitada de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y reducción del caudal ecológico debido a la sobreexplotación de las aguas superficiales y subterráneas.

2.2.4 Sectores industrial y comercial

Problema principal: Ineficiente administración del agua.

Causas del problema:

- Falta de iniciativas y fomento en el uso de agua de lluvia en el sector industrial;
- Falta de vigilancia y sanciones por la no aplicación de normas emitidas por las dependencias correspondientes.
- Carencia de medidas de prevención en el uso adecuado del agua.
- Falta de calidad en el agua subterránea producto del uso agrícola, por el paso de corrientes naturales (se contamina con los agroquímicos del suelo antes de llegar al usuario).
- Presión social y política, no se respeta la concesión y asignaciones de agua.

Consecuencias del problema:

- Impacto económico: reducción del desarrollo económico, pérdida de ingresos en los comercios, traslado de industrias a otros estados o fuera del país, reducción de la inversión en los sectores industrial y comercial, y menor producción en la industria alimentaria.
- Impacto social: disminución en la calidad de vida y emigración de la población rural.
- Impacto ambiental: contaminación de los cuerpos de agua por la falta de tratamiento en las aguas residuales industriales

3. ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA SEQUÍA Y SU IMPACTO EN EL TERRITORIO DEL CONSEJO DE CUENCA

3.1 Introducción

Para evaluar los valores del índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI), en el periodo de 1979 a 2013, se analizaron los datos de 20 estaciones climatológicas correspondientes al Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Se consideraron en el análisis las siguientes fases de sequía: moderada, severa, extrema y excepcional. Además se consideró el reporte de Estadísticas del Agua en México, 2004; el cual define cuatro grandes periodos de sequía: el primer periodo de 1948 a 1954, el segundo de 1960 a 1964, el tercero de 1970 a 1978 y el cuarto de 1993 a 1996. Para dichos periodos las fases de sequía se clasificaron de la siguiente manera: S = Severa, R = Regular y N = No afectó, se integraron los Estados de Chihuahua, Sinaloa y Sonora que corresponden al Consejo de Cuenca en estudio. La cuantificación de los impactos se fundamentó en los reportes de las *Estadísticas del Agua en México* publicados por CNA (1998, 2003 y 2004) y por la CONAGUA (2005, 2007, 2008, 2010, 2011 y 2013); (Becerra et al., 2002; INECC, 2005).

Con el fin de evaluar el periodo de mayor afectación, se realizó un análisis de los resultados de las fases de sequía del año 1979 al 2013, los cuales se dividieron en cuatro periodos: el primer periodo fue de 1979 a 1988; el segundo periodo fue de 1989 a 1998; el tercer periodo fue de 1999 a 2008 y el cuarto periodo fue de 2009 a 2013. El análisis demostró que en el último periodo la sequía se incrementó considerablemente en relación con los anteriores (Torrecillas et. Al., 2013).

3.2 Análisis de las fases de la sequía con base en las Estadísticas del Agua en México

Según *Estadísticas del Agua en México*, 2004, los grados de afectación de las sequías se clasifican en cuatro periodos: el primero de 1948 a 1954, el segundo de 1960 a 1964, el tercero de 1970 a 1978 y el cuarto de 1993 a 1996 (ver Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Grados de Afectación de las Sequías

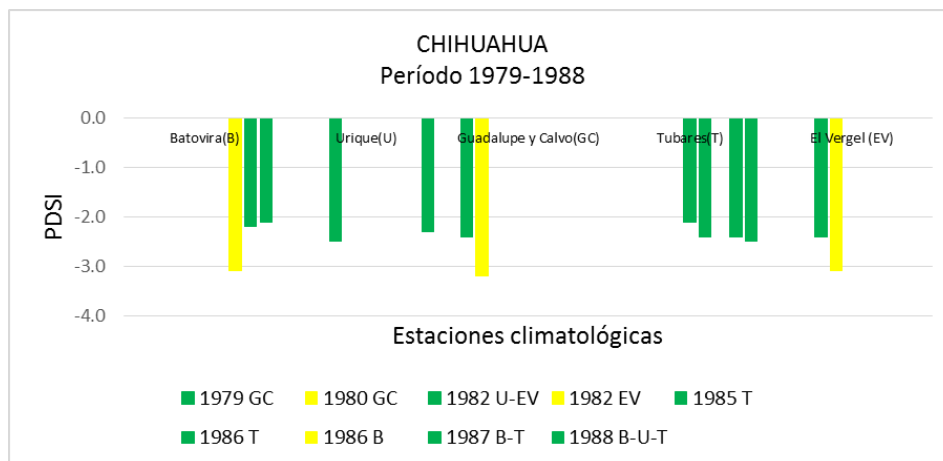
| Estados | Primer periodo | Segundo periodo | Tercer periodo | Cuarto periodo |
|------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| | 1948-1954 | 1960-1964 | 1970-1978 | 1993-1996 |
| Chihuahua | N | N | N | S |
| Sinaloa | R | S | R | S |
| Sonora | S | S | R | S |

Fuente: CENAPRED, 2001. Notas: S= Severa R= Regular N= No afectó

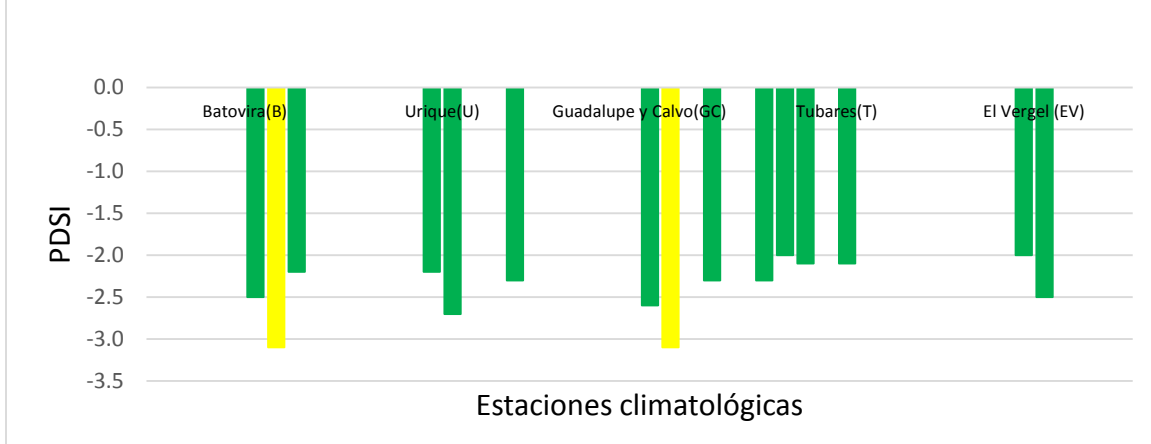
De acuerdo con la información anterior, el cuarto periodo fue el más crítico, afectando a los tres Estados que forman parte del Consejo de Cuenca.

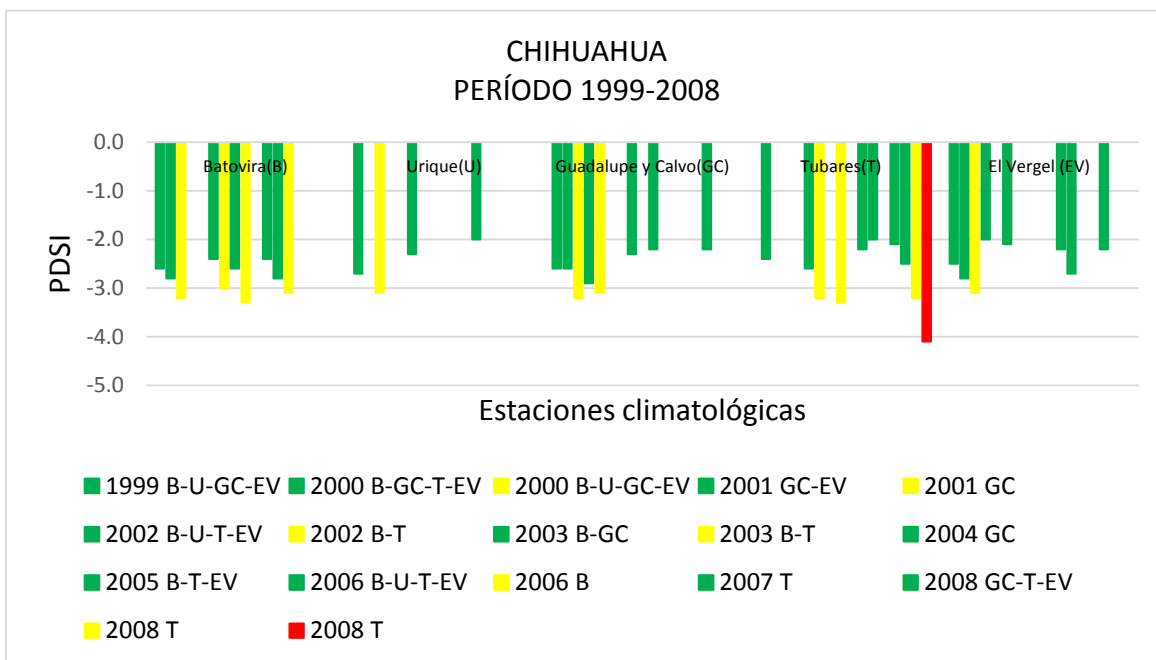
3.3 Evaluación de la sequía histórica utilizando el PDSI en el periodo 1979 -2013

Torrecillas et. Al., en el año 2013, analizaron el comportamiento de la sequía, en el consejo de cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa se analizaron los datos históricos de los registros de ocurrencia de 1979 a 2013 en 20 estaciones climatológicas, en Chihuahua se encuentran; Batovira, Urique, Guadalupe y Calvo, y Tubares; en Durango, La Rosilla, y en Sinaloa, Ahome, Los Mochis, Higuera, Jaina, Vergel, Huites, El Zopilote, El Fuerte, Choix, Los Mochis, Sabino, Sufragio, Ruíz Cortines, Mahone y El Carrizo. La evaluación se realizó de los valores del PDSI, indicando las características de ocurrencia, duración, intensidad promedio y fase de la sequía. Los datos se dividieron en 4 periodos: 1979-1988, 1989-1998, 1999-2008 y 2009-2013. Los resultados de Chihuahua se presentan en las Gráficas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4.

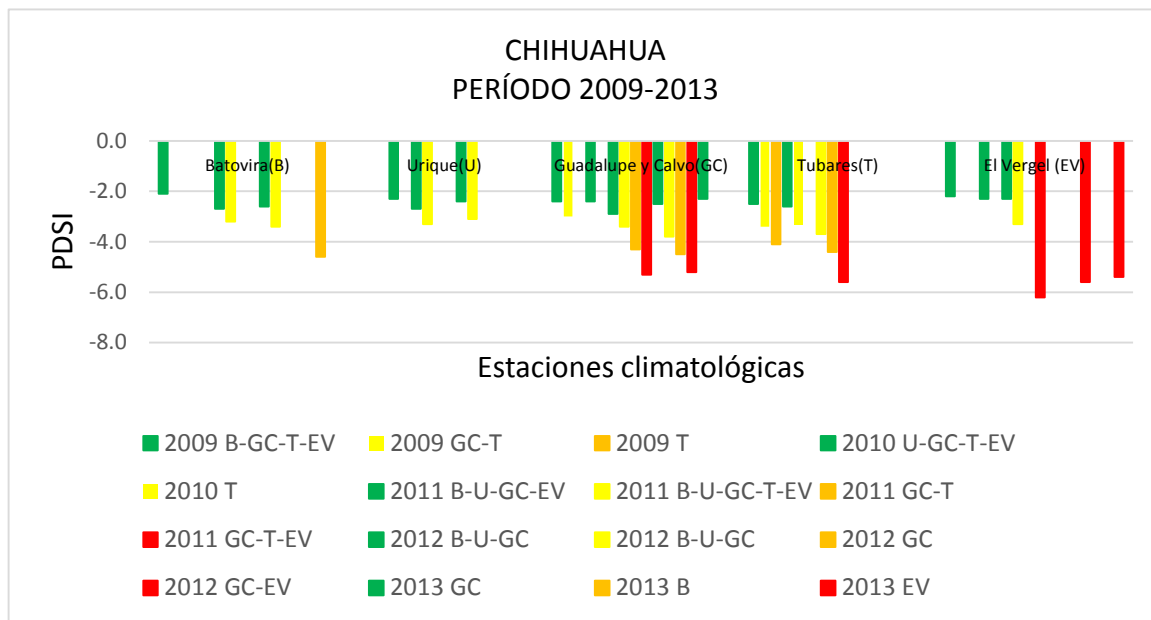


Gráfica 3.1 Registro de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Chihuahua en el periodo 1979-1988.



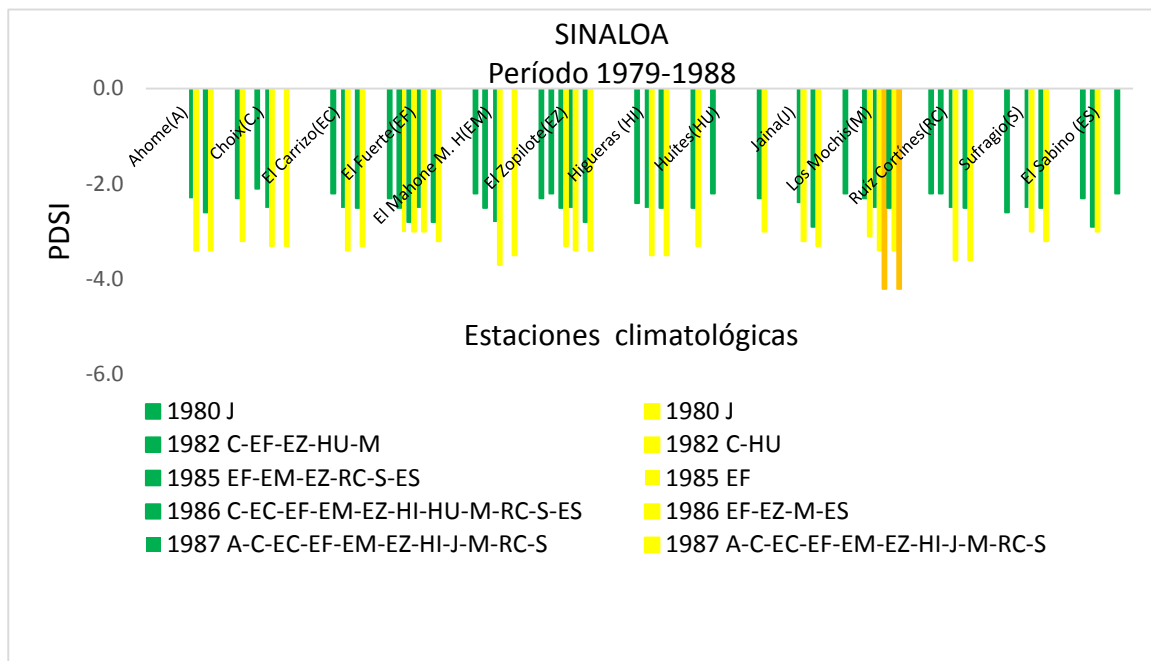


Gráfica 3.3 Registro de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Chihuahua en el periodo 1999-2008.

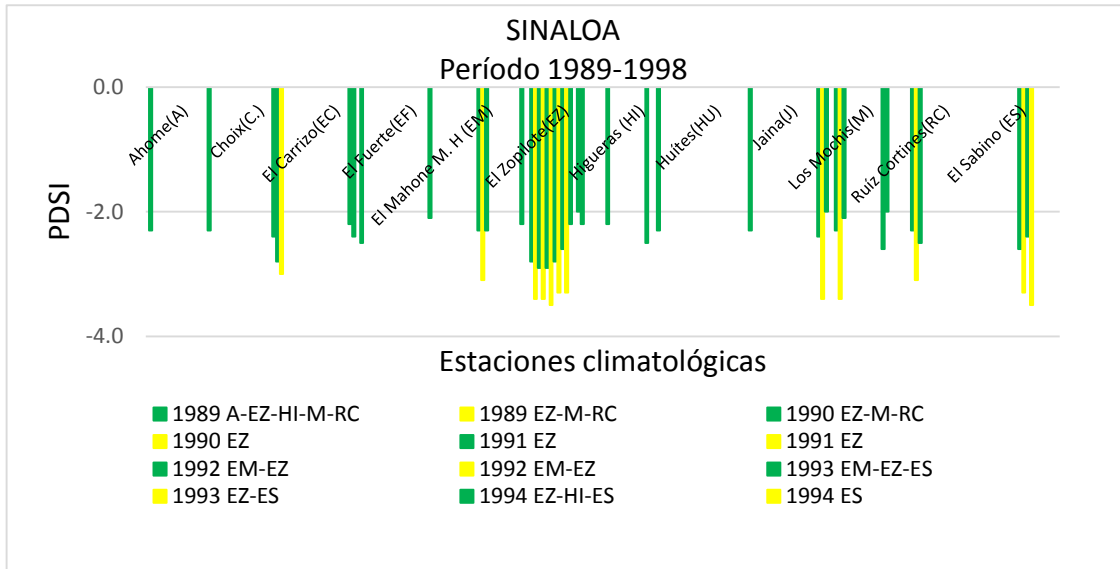


Gráfica 3.4 Registro de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Chihuahua en el periodo 2009-2013.

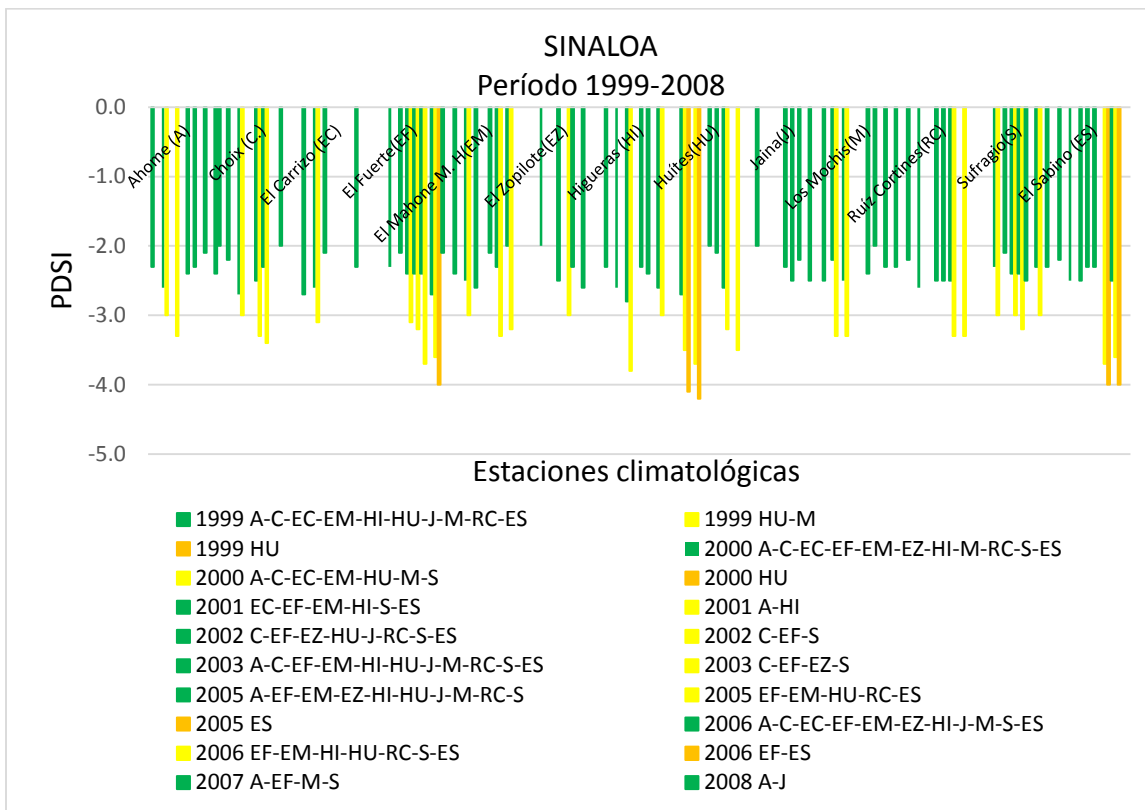
Los resultados de la evaluación de los grados de vulnerabilidad del estado de Sinaloa se representan por periodos en las Gráficas 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8.



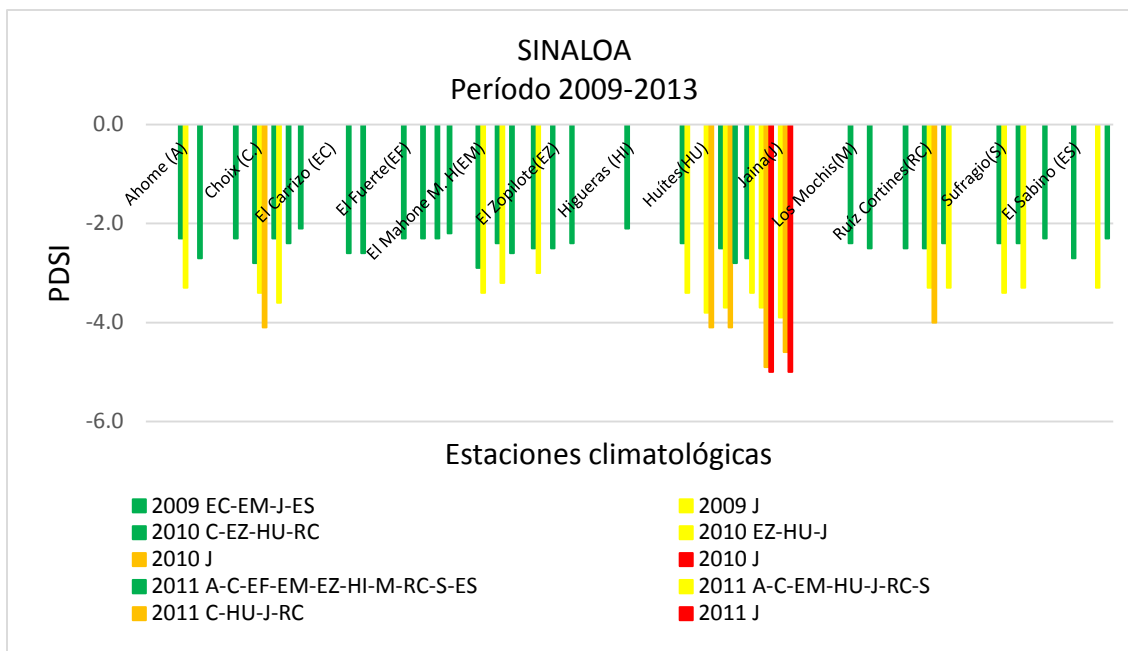
Gráfica 3.5 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa en el periodo 1979-1988.



Gráfica 3.6 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa en el periodo de 1989-1998.



Gráfica 3.7 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa en el periodo 1999-2008.



Gráfica 3.8 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa en el periodo 2009-2013.

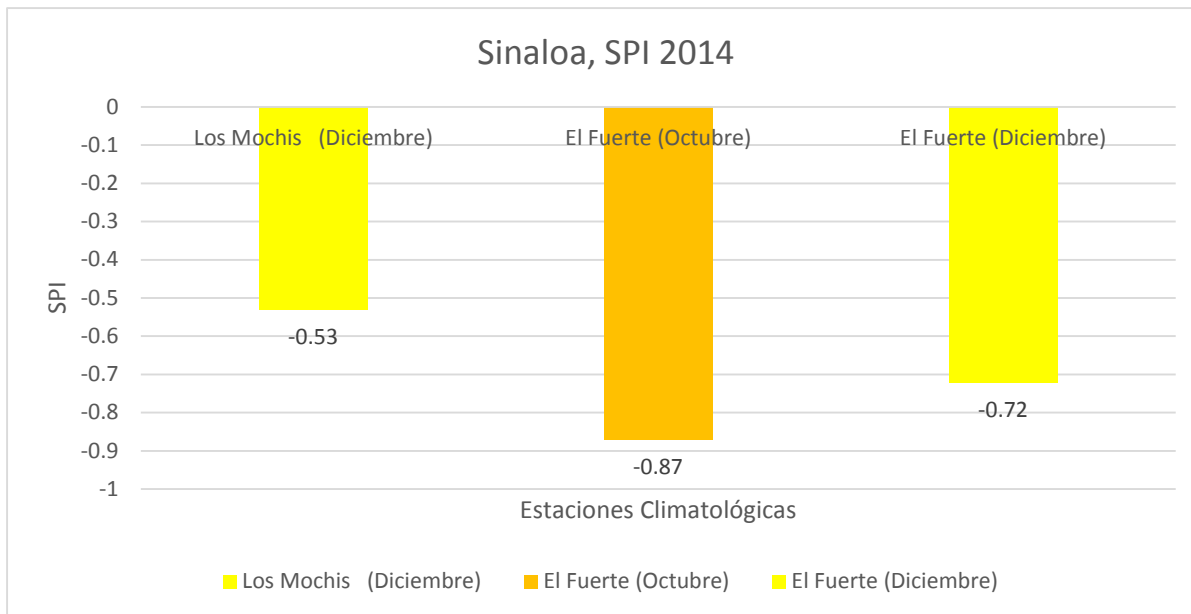
Las gráficas anteriores muestran que en Chihuahua se identificó sequía severa en el primero, segundo y tercer periodo, intensificándose a sequía excepcional en el cuarto periodo. En Sinaloa se presentó sequía severa en el segundo periodo y sequía extrema en el primero y tercer periodo, intensificándose a sequía excepcional en el cuarto periodo. La situación más crítica se presentó en los años 2011 al 2013, causando el mayor impacto económico, social y ambiental, en el territorio del Consejo de Cuenca (ver Tablas G-1 al G-32 del Apéndice G).

3.4 Evaluación de la sequía utilizando el SPI en el año 2014

El análisis de la sequía en 2014 se realizó con base en la escala de valores del índice de Precipitación Estandarizada (SPI) contenidos en la tabla 3.2, el SPI es un índice de normalización de la precipitación histórica que permite identificar condiciones de déficit y exceso de precipitación a corto y largo plazo. En los registros de las estaciones del estado de Sinaloa que corresponden al territorio del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, la estación climatológica Los Mochis mostró una condición ligeramente seca el mes de diciembre y la estación El Fuerte para los meses de octubre y diciembre, el SPI resultó moderadamente seco y ligeramente seco, respectivamente. La grafica 3.9 muestra los valores del SPI a un mes (indica las condiciones de humedad del suelo) para las estaciones anteriormente mencionadas (ver Tablas G-33).

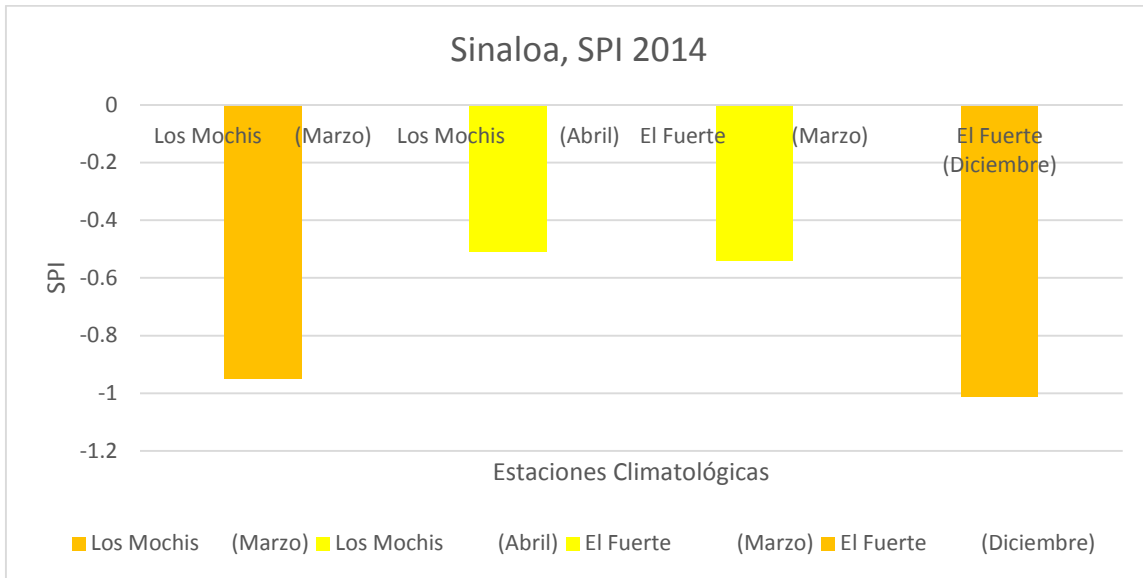
Tabla 3.2 Escala de valores del SPI

| Valor de SPI | Condición |
|---------------|---------------------|
| -0.79 a -0.51 | Ligeramente seco |
| -1.29 a -0.80 | Moderadamente seco |
| -1.59 a -1.30 | Muy seco |
| -1.99 a -1.60 | Extremadamente seco |

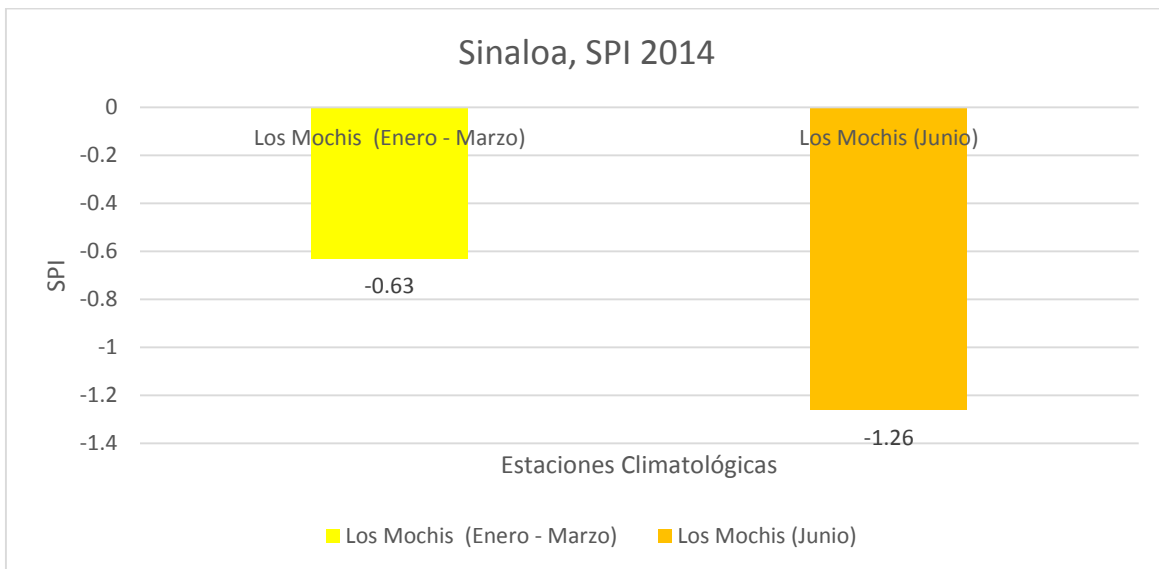


Gráfica 3.9 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 1 mes en 2014.

El SPI a tres meses (estimación de la precipitación estacional) aplicado en las estaciones de Sinaloa resultó en el mes de marzo moderadamente seco en la estación Los Mochis y ligeramente seco en la estación El Fuerte. El SPI en el mes de abril resultó ligeramente seco en la estación Los Mochis y en diciembre moderadamente seco para la estación El Fuerte (ver Gráfica 3.10). Para el periodo a 6 meses (impactos en niveles de reserva de agua) el SPI resultó ligeramente seco los meses de enero a marzo y moderadamente seco el mes de junio en la estación climatológica Los Mochis (ver Gráfica 3.11).

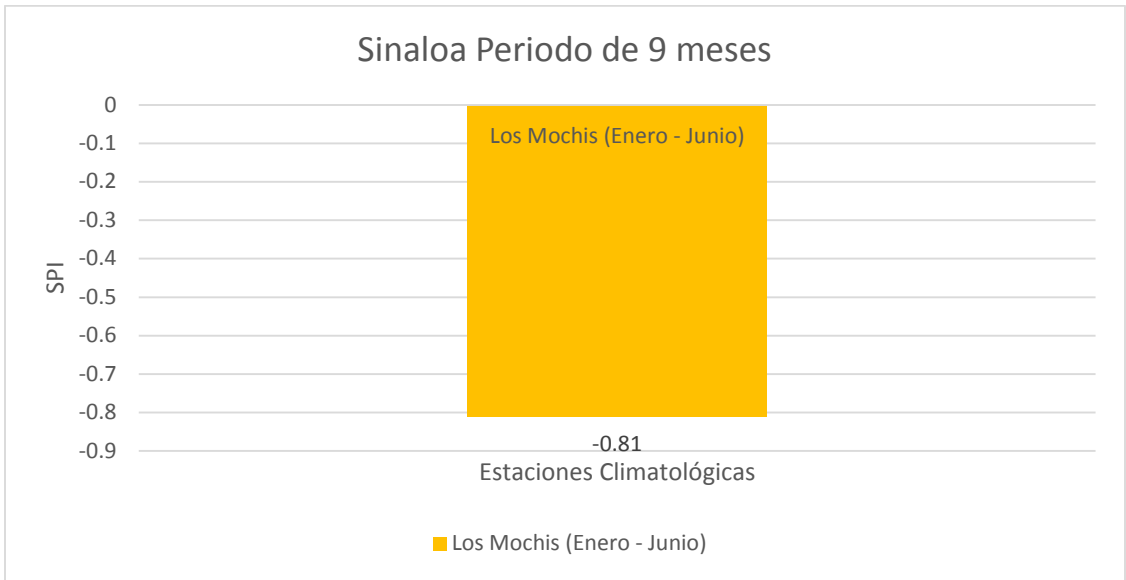


Gráfica 3.10 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 3 meses en 2014.

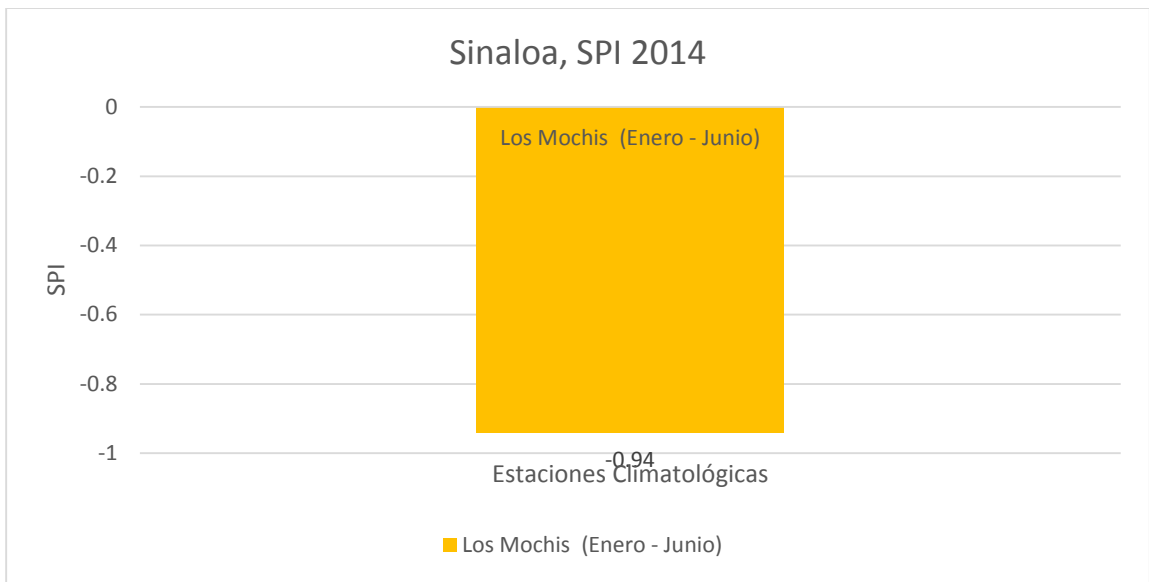


Gráfica 3.11 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 6 mes en 2014.

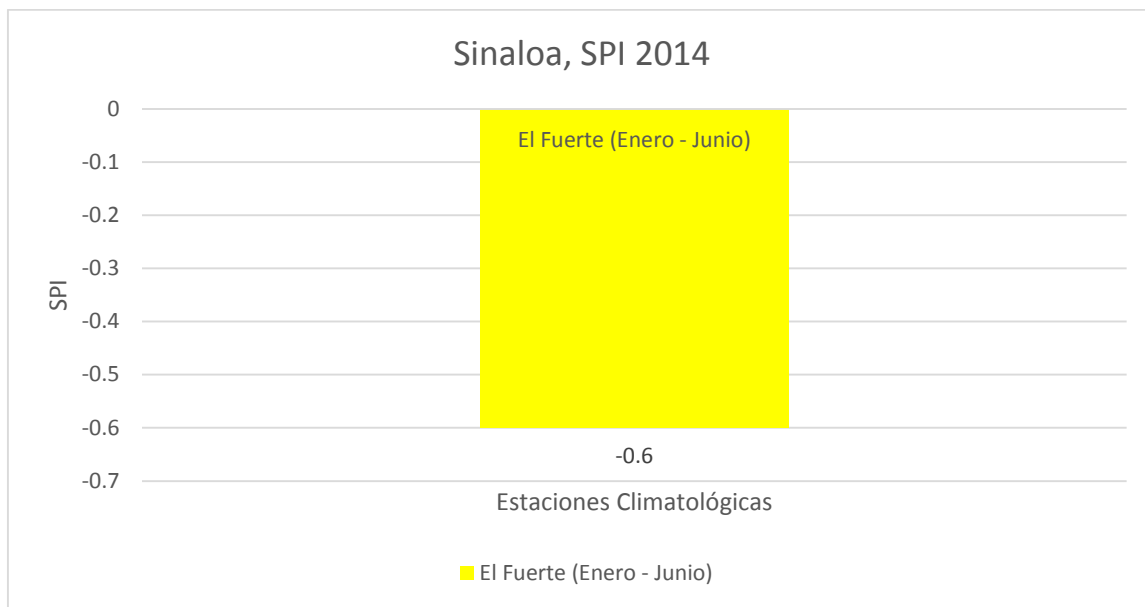
En el periodo a 9 y 12 meses (impacto en los niveles de reserva de agua) el SPI resultó moderadamente seco en la estación Los Mochis los meses de enero a junio (ver Gráficas 3.12 y 3.13). Finalmente en el periodo a 24 meses el SPI resultó ligeramente seco en la estación El Fuerte los meses de enero a junio (ver Gráfica 3.13).



Gráfica 3.12 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 9 meses en 2014.



Gráfica 3.13 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 12 meses en 2014.



Gráfica 3.14 Registros de ocurrencia de sequías en las estaciones climatológicas de Sinaloa, periodo a 24 mes en 2014.

3.5 Evaluación de los impactos históricos de la sequía de 1979 a 2014 en el territorio del Consejo de Cuenca.

En el año 2013, Torrecillas et. Al., realizaron un análisis de los impactos históricos de la sequía más importante en el Consejo de Cuenca.

A partir de 1993 la zona norte del país es la que se ha visto severamente afectada por la sequía, debido a la falta de agua se dejaron de sembrar medio millón de hectáreas bajo riego y una cantidad similar de temporal en los estados de Chihuahua y Sinaloa (INE, 2002). Según *Estadísticas del Agua en México*, la cuantificación de los daños por sequía entre 1988 y 1994 en Chihuahua fue de 857 778 hectáreas en el sector agrícola, 100 070 hectáreas en la ganadería y 780 incendios forestales afectando 59 561 hectáreas del sector forestal, en Sinaloa y Sonora la afectación en el sector ganadero fue de 35 559 y 32 985 hectáreas respectivamente (CONAGUA, 2006).

En 1996 las siembras de más de 60,000 hectáreas de maíz en las zonas de Guasave estuvieron fuera de programación oficial del ciclo de invierno. En el año 2000 debido al bajo nivel que presentan las 11 Presas, paran hidroeléctricas por la escasez de agua en Sinaloa (Becerra et al; 2002).

En 2002, el Instituto Nacional de Ecología (INE) informó que alrededor de 150 mil hectáreas de cultivo dejarían de sembrarse durante el ciclo agrícola otoño invierno a consecuencia de la escasez de agua en las presas del Estado de Sinaloa. La falta de lluvias provocó que esa temporada sólo se concediera permiso para la mitad de

lo estimado y que la Secretaría de Gobernación, declarara zona de desastre a Sinaloa a causa de la aguda sequía. La CONAGUA notificó que los embalses de 11 presas se encontraban con 851 millones de metros cúbicos de agua, 17.6% de su capacidad, por lo que se extrajo líquido de la Presa Hultes, sobre el Río Fuerte, únicamente para irrigar 25 mil hectáreas sembradas de oleaginosas. En el 2003, según *Estadísticas del Agua en México*, en la Región Hidrológica Administrativa III Pacífico Norte el grado de presión del recurso hídrico fue en promedio de 33%, clasificándose entre media-fuerte (20%-40%). Estas son estimaciones realizadas por la GPH, con base en la disponibilidad y extracciones de agua, considerando el procedimiento de evaluación que marca la Comisión para el Desarrollo Sustentable de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su publicación *Evaluación general de los recursos de agua dulce del mundo 1997* (CNA, 2003).

En el 2004, se informó que en el país se utiliza el 15% del volumen medio de disponibilidad natural de agua. Sin embargo, en la porción norte se utiliza más del 40%. La ONU considera que es una fuerte presión sobre el recurso hídrico y determina que la Región Hidrológica Administrativa III Pacífico Norte tiene un grado de presión del 40% (CONAGUA, 2005).

En el 2013, la CONAGUA emitió una alerta en Chihuahua, por la prolongada sequía que se presentó en ese estado, provocando millonarias pérdidas para la agricultura y la ganadería, reduciendo las cabezas del ganado en un 50%.

4. OFERTA, DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL CONSEJO DE CUENCA

4.1 Introducción

El análisis histórico de la sequía y sus impacto en el Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa demuestran que en los últimos veinte años se han presentado condiciones de sequía que han propiciado la necesidad del apoyo a la población mediante el suministro de agua con pipas y ayuda financiera en el caso de los agricultores.

En este apartado se presenta una correlación entre los indicadores del estado y la disponibilidad del recurso hídrico según sus características en las cuencas; no obstante, se tomaron en cuenta otros factores que reducen la disponibilidad, como son la baja eficiencia y el desperdicio en el consumo

Debido a que la información disponible no es suficiente para realizar una evaluación del suministro de agua en los diferentes sectores de la sociedad durante los periodos de sequía identificados, se han analizado indicadores para correlacionar los cambios en la disponibilidad y así presentar parámetros del impacto de la sequía. Además, se necesita considerar los diferentes sistemas de distribución del agua, según la localidad en la cuenca.

4.2 Oferta natural de agua en el Consejo de Cuenca

Los recursos hídricos en el Consejo de Cuenca lo constituyen el agua superficial y el agua subterránea. El agua superficial está constituida por los escurrimientos de los Ríos Fuerte y Sinaloa, mientras que el agua subterránea son los acuíferos Río Fuerte, Río Sinaloa y El Carrizo. De manera general, se puede calcular la oferta natural total anual de agua superficial en el territorio del Consejo. Considerando que el área de la cuenca es de 46,000 km² y asumiendo un coeficiente de escurrimiento de 0.15 con una precipitación promedio anual de 700 mm, el caudal anual generado es de 5,880 Mm³, este cálculo se puede comparar con el análisis de CONAGUA del escurrimiento natural deducido de 4,407 Mm³/año para el Río Fuerte y de 1,342 Mm³/año para el Río Sinaloa, se tiene un caudal total de 5,749Mm³. Aún en condiciones críticas de sequía cuando la precipitación podría ser 50% menor al promedio, se generarían 2,874 mm³ por año, suficiente para abastecer a 39.37 millones de usuarios, asumiendo un consumo sustentable de 200 litros por persona por día. No obstante, se presentan indicios de sequía debido a que el recurso hídrico no es aprovechado, se deja fluir aguas abajo hasta que es captado por las presas y recarga los acuíferos. Es posible reducir el desabasto agua en la parte alta y media de las cuencas, mediante técnicas de aprovechamiento locales, tales como humedales, pozos secos, aljibes, jardines de lluvia, cunetas biológicas, etc. Esta es una solución idónea para las comunidades pequeñas y marginadas que difícilmente van a disponer de los recursos para construir, mantener y operar los sistemas de agua tradicionales.

4.3 Disponibilidad de aguas superficiales

Los escurrimientos de aguas superficiales en el territorio del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa están ligados a la ocurrencia de la precipitación según las dos temporadas de lluvias; la de verano, que comienza en julio y termina en octubre, y la de invierno, que abarca el periodo comprendido entre diciembre y enero. Entre las dos temporadas de lluvias se presentan periodos de estiaje: uno en noviembre con una disminución en la precipitación y en los escurrimientos, y el otro periodo en febrero y junio, con escasa precipitación.

Cabe señalar que las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa por su tamaño y capacidad de regulación concentran en mayor grado los escurrimientos de verano y disminuyen en invierno. La gran parte de los escurrimientos en las cuencas del Consejo se captan en cinco presas y por lo tanto se analizó información histórica de las

aportaciones, extracciones, almacenamiento, precipitación y evaporación, para establecer si la sequía ha tenido algún impacto en la disponibilidad del agua superficial. El resultado de los estudios teóricos de la disponibilidad promedio en la cuenca se muestra en la Tabla 4.1

Tabla 4.1 Disponibilidad de agua superficial en el territorio del Consejo de Cuenca.

| Cuenca | Volumen medio anual de escurrimiento natural (Mm ³) | Disponibilidad (Mm ³) | Clasificación |
|--------------------|---|-----------------------------------|----------------|
| Río Fuerte | 5024.44 | 409.68 | Disponibilidad |
| Río Sinaloa | 2099.55 | 928.86 | Disponibilidad |
| Total | 7123.99 | 1338.54 | |

Fuente: CONAGUA, 2013f.

En el Río Fuerte el volumen medio anual de escurrimiento natural es de 5024 Mm³, el volumen concesionado en el REPDA es de 11 305 Mm³ y la disponibilidad media anual es de 410 Mm³, asumiendo una precipitación normal anual. En el Río Sinaloa el volumen medio anual de escurrimiento natural es de 2100 Mm³, el volumen concesionado en el REPDA es 2525 Mm³ y la disponibilidad media anual es de 929 Mm³, asumiendo una precipitación normal anual. Se puede estimar aproximadamente que una disminución en la precipitación anual del 25% reducirá la disponibilidad, con tendencia a déficit y por lo tanto se recomienda que se actualicen los estudios de disponibilidad tomado en cuenta las predicciones de sequía y cambio climático (CONAGUA, 2013f).

4.4 Análisis del comportamiento de las presas en escenarios de sequía

4.4.1 Almacenamiento en las presas

En las cuencas cuyas corrientes principales están reguladas por presas, el análisis del comportamiento del agua almacenada es determinante. Este es el caso de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa donde más del 95% del volumen de agua utilizado es regulado a través de vasos de almacenamiento. Se evaluó el almacenamiento promedio anual en las presas correspondientes al Consejo de Cuenca en los últimos dieciocho años para analizar si existe una correlación entre la sequía y el nivel de almacenamiento, (ver Tabla 4.2). Los resultados demuestran situaciones frecuentes en las que los niveles de presas van sistemáticamente a la baja en años recientes, aun y cuando las precipitaciones no cambian significativamente. La disminución en la disponibilidad es en gran medida un reflejo del manejo del recurso en las cuencas y sobre el que se debe incidir como medida de prevención de la sequía (ver Tabla H-1 del Apéndice H). El análisis de los almacenamientos promedio puede ocultar situaciones de escasez cuando las presas alcanzan un nivel crítico al fin de la temporada de estiaje, por lo que también se analizó el almacenamiento al 1 de junio de 2013 (ver Tabla H-2 del Apéndice H).

Tabla 4.2 Almacenamiento promedio anual en las presas de 1995 a 2014.

| Presas | Almacenamiento promedio anual | | Periodo | Situaciones críticas al 31 de diciembre |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------|-----------|--|
| | (Mm3) | (%) | | |
| Miguel Hidalgo y Costilla | 702.72 | 42.06 | 1995-2014 | El porcentaje de almacenamiento promedio anual < al 20%, los años 2000, 2003, 2004 y 2012. |
| Luis Donaldo Colosio | 1,033.1 | 50.83 | 1995-2014 | El porcentaje de almacenamiento promedio anual < al 20%, el año 1995. |
| Gustavo Díaz Ordaz | 690.01 | 45.65 | 1995-2014 | El porcentaje de almacenamiento promedio anual más bajo fue de 22.99%, el año 2003. |
| Josefa Ortiz de Domínguez | 307.38 | 59.8 | 1995-2014 | El porcentaje de almacenamiento promedio anual < al 20%, el año 2003. |
| Ing. Guillermo Blake Aguilar | 126.02 | 42 | 1995-2014 | El porcentaje de almacenamiento promedio anual más bajo fue de 21.55%, el año 2002. |

Fuente: CONAGUA, 2014.

4.4.2 Aportaciones a las presas

Con el propósito de establecer la relación entre las condiciones meteorológicas y la disponibilidad del recurso hídrico en las presas, se analizaron los registros diarios de información climatológica, el almacenamiento diario y las aportaciones y precipitaciones del 1 de enero de 2003 hasta el 16 de junio de 2013 (ver Tabla H-3 del Apéndice H). Como resultado de la relación entre la precipitación y el nivel de almacenamiento en las presas, se puede observar la gran variabilidad en las aportaciones. La precipitación es esencial para determinar la disponibilidad del recurso almacenado, pero existe un desacoplamiento en ciertos periodos, resultado del manejo del agua que aunado a la variabilidad de la precipitación llevó a una rápida disminución en los niveles de las presas en las últimas dos décadas (CONAGUA, 2013b).

4.4.3 Correlación entre las métricas de las presas y los indicadores de sequía

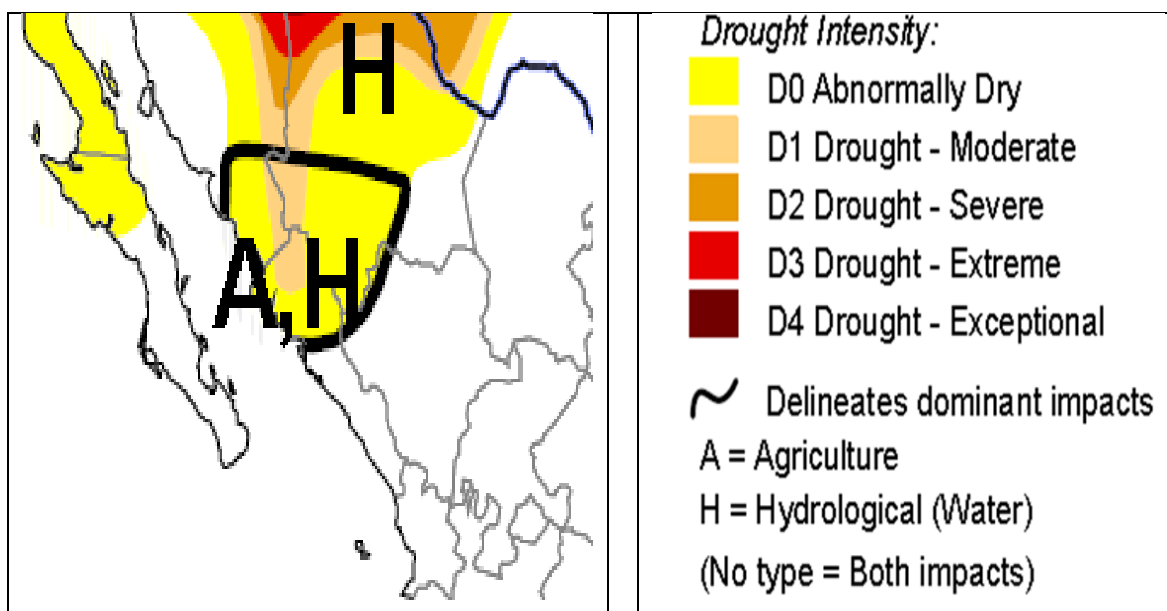
Las estaciones climatológicas utilizadas para el análisis del PDSI y su correlación con el almacenamiento y las aportaciones de las presas para las Cuencas del Río Fuerte y Sinaloa fueron: Batovira, Ahome, El Fuerte, Sufragio, El Vergel, El Carrizo, Higuera de Zaragoza, El Mahone, Guadalupe y Calvo, Los Mochis, El Sabino, Choix Estación, Huites, Jaina, La Rosilla, Ruíz Cortines, Tubares, Urique Estación y El Zopilote. Además se consultó

la información disponible en la *Página web* de North American Drought Monitor (Monitoreo de la Sequía de Norteamérica) para complementar el análisis. A continuación se presenta los resultados del PDSI en los años críticos para las presas: 1996, 1999, 2000, 2002, 2003, 2012 y 2013. En los años 1995 y 2004 no se tuvieron registros en las estaciones hidrométricas:

En 1996 las presas alcanzaron un nivel del 11.1% al 1 de junio, con un almacenamiento de 947.8 Mm³ debido a una sequía severa de corta duración (ver Tabla G-15 del Apéndice G), para el 1 de diciembre de 1996 disponían de un volumen almacenado de 5808.7 Mm³, el 68.31% de su capacidad (CONAGUA, 2013b).

En 1999 se presentó sequía moderada de corto plazo, seguida por sequía moderada con una duración de hasta 10 meses (ver Tablas G-18 y G-19 del Apéndice G). Se puede observar el impacto en las presas dado que éstas alcanzaron un nivel del 9.84% al 1 de junio de 1999, recuperándose levemente hasta el 1 de diciembre de 1999, cuando alcanzaron un almacenamiento del 43.63%, seguido por un descenso al 13.20% para el 1 de junio de 2000, recuperándose al 1 de diciembre de ese mismo año, cuando alcanzaron un nivel de 63.58% (CONAGUA, 2013b).

El periodo 2002-2004 presenta condiciones de sequía severa por un largo plazo (ver Tablas G-21 al G-23 del Apéndice G), el nivel de las presas era del 21.06% al 1 de junio de 2002 y 11.12% al 1 de junio de 2003. El análisis de los mapas de North American Drought Monitor muestran que existían condiciones de sequía anormalmente seca y sequía moderada en las cuencas al principio de 2004 (ver Figura 4.1) y al 1 de junio de 2004 las presas solo mantenían el 13.32% de su capacidad. La explicación más lógica es que las presas no se recuperaron de la sequía de 1999, seguida por la sequía en 2000, 2002 y 2003, logrando alcanzar el 69.48% al 1 de diciembre de 2004 (ver Tabla 4.3).



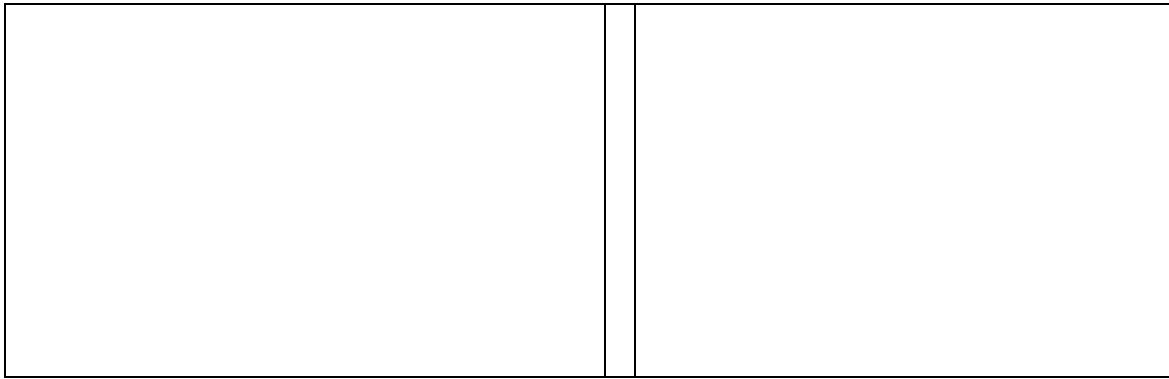


Figura 4.1 Mapa de Sequía Remanente en las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa

Tabla 4.3 Almacenamiento en la Presas junio y diciembre de 1999 a 2004.

| Año | Almacenamiento al 1 de junio (%) | Almacenamiento al 1 de diciembre (%) |
|-------------|-------------------------------------|---|
| 1999 | 9.84 | 43.63 |
| 2000 | 13.20 | 63.58 |
| 2001 | 32.79 | 53.31 |
| 2002 | 21.06 | 26.61 |
| 2003 | 11.12 | 27.22 |
| 2004 | 13.32 | 69.48 |

Fuente: CONAGUA, 2013b.

La información climatológica para el año 2012 muestra condiciones de sequía severa a extrema por un largo plazo (ver Tabla G-31 del Apéndice G), el nivel de las presas era del 9.01% al 1 de junio de 2012 y 12.28% al 1 de junio de 2013. Además de la sequía, la helada de enero y febrero de 2011, requirió la aplicación de agua de riego para recuperar la cosecha, lo cual explica el nivel crítico en el que se encontraban las presas (ver Tabla 4.4).

Tabla 4.4 Almacenamiento en la Presas en junio y diciembre del 2010 a 2014.

| Año | Almacenamiento al 1 de junio (%) | Almacenamiento al 1 de diciembre (%) |
|-------------|-------------------------------------|---|
| 2010 | 50.41 | 83.18 |
| 2011 | 38.23 | 32.30 |
| 2012 | 9.01 | 40.79 |
| 2013 | 12.28 | 50.51 |
| 2014 | 27.10 | 81.37 |

4.5 Cobertura de agua potable

Según datos de CONAPO (2013), en la parte alta de la cuenca del territorio del Consejo de Cuenca, los ocupantes en viviendas sin agua entubada son: el 58.94% en Guachochi, el 63.11% en Guadalupe y Calvo, el 37.63% en Guazapares y el 18.70% en Maguarichi, todos estos correspondientes al Estado de Chihuahua. En lo que se refiere a la parte media del territorio del Consejo de Cuenca los ocupantes en viviendas sin agua entubada por municipio en el Estado de Chihuahua son: el 86.25% en Batopilas, el 35.04% en Chínipas, el 62% en Morelos y el 28.23% en Urique. En Sinaloa los ocupantes de viviendas sin agua entubada por municipio son: el 30.11% en Choix, el 14.82% en Sinaloa y el 6.77% en El Fuerte. La disponibilidad de agua en la parte baja de las cuencas es superior, en Ahome solo el 0.83% de los habitantes ocupan viviendas sin agua entubada.

4.5.1 Evolución en la cobertura del servicio de agua potable

En 1990 el nivel más bajo de cobertura del servicio de agua potable a nivel estatal en la cuenca era 79.8% en Sinaloa y para el 2011 se logró dotar de servicios de agua potable a un mayor número de habitantes, elevando la cobertura a 96.1% en Chihuahua, 96.6% en Sonora y 95.5% en Sinaloa, superior a la media nacional que en diciembre del mismo año fue de 91.6%. En el año 2013 la cobertura de servicios de agua potable en el estado de Chihuahua fue del 95.7%, mientras que en Sonora y Sinaloa del 97.1%. La sequía no ha afectado la evolución en la Cobertura del servicio de agua potable como se muestra en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Evolución en la cobertura del servicio de agua potable por entidad federativa en el periodo 1990-2013.

| Año | Chihuahua | | Sonora | | Sinaloa | |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Con servicio (%) | Sin servicio (%) | Con servicio (%) | Sin servicio (%) | Con servicio (%) | Sin servicio (%) |
| 1990 | 87.6 | 12.4 | 91 | 9 | 79.8 | 20.2 |
| 1995 | 91.8 | 8.2 | 94 | 6 | 88 | 12 |
| 2000 | 93.1 | 6.9 | 95.7 | 4.3 | 91.8 | 8.2 |
| 2005 | 92.9 | 7.1 | 95.2 | 4.8 | 93.1 | 6.9 |
| 2010 | 95.3 | 4.7 | 96.5 | 3.5 | 94.9 | 5.1 |
| 2011 | 96.1 | 3.9 | 96.6 | 3.4 | 95.5 | 4.5 |
| 2012 | 95.8 | 4.2 | 96.7 | 3.3 | 96.5 | 3.5 |
| 2013 | 95.7 | 4.3 | 97.1 | 2.9 | 97.1 | 2.9 |

Fuente. CONAGUA, 2014. Situación del subsector agua potable, drenaje y saneamiento.

4.5.2 Evolución del agua suministrada y desinfectada para consumo humano

Las Estadísticas de los Organismos Operadores en relación al suministro y tratamiento de agua potable a nivel estatal muestran un leve descenso en Chihuahua, mientras que en Sonora y Sinaloa, la cantidad de agua suministrada y desinfectada para consumo humano mantiene prácticamente el mismo nivel para el periodo 2000-2011. Se puede concluir que la sequía no ha afectado la producción de las plantas potabilizadoras (ver Tabla H-4 del Apéndice H).

4.6 Oferta, demanda y disponibilidad de aguas subterráneas

La principal fuente de suministro de agua para el riego agrícola lo constituye el agua superficial, solo cuando se registran bajos almacenamientos en las presas por efecto de sequías, se utiliza con mayor intensidad el agua subterránea para cubrir el déficit de agua para riego. Por lo tanto, se puede concluir que la mayor parte de los usuarios se encuentran organizados dentro de los distritos de riego. El aprovechamiento de aguas subterráneas también se realiza en forma particular y en unidades de riego que dependen de pozos.

De acuerdo con las condiciones geohidrológicas existentes dentro de la zona, se considera a los acuíferos de tipo libre, es decir, se encuentran en contacto con la capa no saturada del suelo, la circulación del agua en el subsuelo tiene lugar de la Sierra Madre Occidental, que comprende la zona de recarga, hacia el Golfo de California, con una dirección principal perpendicular a la línea de costa. Los mecanismos de recarga y descarga del acuífero están controlados principalmente por el funcionamiento del Río Fuerte y el Río Sinaloa, los cuales, drenan al acuífero a lo largo del trayecto hasta la desembocadura.

La disponibilidad de agua superficial ha disminuido como consecuencia de las sequías recurrentes y del aumento considerable de la demanda, dando lugar a que el agua subterránea se convierta en uno de los principales recursos para el desarrollo de esta región, lo que ha provocado que se intensifique su extracción. El aumento de la demanda se ha tenido que satisfacer, incrementando el número de obras subterráneas, sin tener una contabilidad adecuada de ellas, por lo que es necesario actualizar el inventario de dichas obras, para conocer sus volúmenes de extracción y su distribución, clasificando y estimando estos volúmenes por usos, para estar en posibilidades de aplicar criterios apropiados para la administración del agua del subsuelo. Es importante señalar que los principales usuarios de aguas subterráneas, son los Módulos de Riego, estimando que los propietarios de pozos particulares de uso agrícola, así como para el servicio público urbano de los principales centros de población, tienen asignado el resto del volumen concesionado en los acuíferos, aunque existen otros aprovechamientos para diversos usos, que se encuentran irregulares y en proceso de trámite para su concesión correspondiente (SPIC, 2010). De acuerdo con los estudios teóricos, el acuífero Río Fuerte muestra una disponibilidad de 140.5 Mm³/año con una recarga de 372.3 Mm³/año, el acuífero Río Sinaloa muestra una disponibilidad de 105.2 Mm³/año con una recarga de 448.6 Mm³/año, mientras que la disponibilidad en el Acuífero El Carrizo es de 24.0 Mm³/año y la recarga es de 160.0 Mm³/año, ver Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Condición geohidrológica de los Acuíferos del Consejo de Cuenca.

| Acuífero | Recarga Mm ³ /año | Extracción Mm ³ /año | Disponibilidad Mm ³ /año | Condición geohidrológica |
|--------------------|---------------------------------|------------------------------------|--|-----------------------------|
| Río Fuerte | 372.3 | 215.3 | 140.5 | Subexplotado |
| Río Sinaloa | 448.6 | 252.4 | 105.2 | Subexplotado |
| El Carrizo | 160.0 | 0 | 24.0 | Subexplotado |
| Total | 980.9 | 467.7 | 269.7 | |

Fuente: DOF, 2013.

La sequía impacta en la disponibilidad de agua de los acuíferos al reducir la recarga natural; Además, existen problemas de contaminación de los mismos que potencialmente disminuyen su disponibilidad, tales como:

- Salinización de terrenos agrícolas debido a la presencia de niveles freáticos someros, producidos principalmente por los retornos de riego.
- Calidad del agua variable; la salinidad total en la zona de explotación varía de 5.89 a 6500 ppm de std, predominando las concentraciones de 400 ppm cerca del río, mientras que los valores entre 1000 y 2800 ppm se aprecian cercanos a la costa. En la parte norte la presencia de sólidos totales disueltos es menor y en la parte de la costa es mayor.
- Incremento del contenido de sales causados por los efectos generados por los intercambios iónicos de evaporitas y material predominantemente arcilloso en la franja costera, la baja resistividad de estratos poco profundos sugiere la presencia de agua salada.
- Los producidos por la actividad industrial, urbana, agrícola y natural, siendo las principales causas las descargas industriales y centros urbanos, retornos de riego, drenes, la ambiental, por contacto y la intrusión salina.

Debido a que el agua subterránea es utilizada para diferentes sectores, el tipo de contaminación que se genera es diferente, existen afectaciones puntuales por coliformes, salinidad y en menor proporción por otros tipos de contaminantes entre ellos los agroquímicos (SPIC, 2010).

4.7 Demanda

Con base en el análisis de la información cualitativa se puede llegar a la conclusión de que hasta ahora las medidas para reducir la demanda en tiempos de sequía son solamente reactivas, por lo tanto, no se puede establecer la relación entre la sequía y la demanda de una manera sistemática. Además, no existen estudios de la demanda real, sus determinantes y factores impulsores a nivel global o por sector de usuarios. No obstante, es importante conocer los factores que influyen en la demanda para elaborar medidas preventivas para la gestión de la misma.

4.7.1 Estimación de los valores anuales del REPDA

Para fines de estimar los valores concesionados anuales, en el año 2008 la CONAGUA realizó un análisis de los registros del REPDA, cuya información contiene el año en que se otorgó la concesión. Mediante ello fue posible especificar para cada año los valores del volumen concesionado, hasta llegar a los valores del último año de registro.

4.7.2 Usos Consuntivos de aprovechamientos de las aguas superficiales

Los usos consuntivos de aprovechamiento de aguas superficiales por usuario por cuenca se muestran en la Tabla H-5 del Apéndice H. Los módulos de riego de esta cuenca representan el uso mayoritario del agua, el agrícola, por lo cual, demandan una gran parte de los volúmenes de agua que se generan en la cuenca. Dada la distancia de la obra de toma de la presa al punto de control de cada módulo donde esta concesionada el agua, existe una pérdida de volumen en este trayecto, por lo que se tiene asignada una eficiencia diferente en ellos.

En la subcuenca del Río Fuerte 1, predomina el uso público urbano con el 79.3%, correspondientes a las juntas de agua potable en distintos municipios de Chihuahua; de manera similar en la cuenca del Río Choix predomina el uso público urbano con un 72.4%. En la Cuenca del Arroyo Álamos no existen grandes demandantes de agua superficial y su uso mayor le corresponde al agrícola con 1.5 Mm³, en la subcuenca del Río Fuerte 2, el uso mayoritario le corresponde al agrícola, debido a que se encuentran localizados en esta cuenca, el Distrito de Riego 075 Río Fuerte y el Distrito de Riego 076 Valle de El Carrizo, los cuales en su conjunto demandan 4,203.0 Mm³ y sumados a 103.0 Mm³ también para uso agrícola fuera de ambos distritos, representan el 97.4% de los usos demandados para las aguas superficiales. El uso para la generación de energía eléctrica, no está considerada en la Tabla H-5 del Apéndice H, debido a que se considera un uso no consuntivo, el cual tiene una concesión de 3,723.45 Mm³ en la Presa Huites y 3,118.64 Mm³ en la Presa Miguel Hidalgo, que equivaldrían al 99.47% y 42.01% del total de aprovechamiento de agua para las subcuencas de los Ríos Fuerte 1 y Fuerte 2, respectivamente (CONAGUA, 2009).

En la subcuenca del Río Sinaloa 1, predomina el uso público urbano con un 99.43%, correspondientes a 3.425 Mm³; de manera similar en la subcuenca Arroyo Ocoroni, solo existe registrado en el REPDA el uso público urbano con un volumen de 0.106 Mm³ siendo el 100% del aprovechamiento existente. En la subcuenca del Arroyo Cabrera sólo existen pequeños aprovechamientos del uso agrícola con un volumen de 0.127Mm³, lo que le corresponde a un 97.12%, el 2.88% le corresponde al uso pecuario. En la subcuenca del Río Sinaloa 2, el uso mayoritario le corresponde al agrícola, debido a que se encuentra localizado en esta cuenca el distrito de riego 063 Guasave, el cual cuenta con 5 módulos de riego que en su conjunto demandan 1376.426 Mm³, sumados a 86.6 Mm³ para uso agrícola fuera del distrito de riego, representan el 99.61% de los usos demandados para las aguas superficiales (ver Tabla H-6 del Apéndice H). El uso para la generación de energía eléctrica no está considerada en las tablas anteriores, debido a que se considera un uso no consuntivo; tiene una concesión

de 1,054.7 Mm³ en la Presa Gustavo Díaz Ordaz, que equivale al 99.75% del total de aprovechamientos para las subcuenca del Río Sinaloa 1 (CONAGUA, 2009).

4.7.3 Demanda de agua en el uso agrícola

El sector agrícola es el mayor consumidor, representando el 96.7% del volumen de agua demandado. En la parte baja de las cuencas la presión para cubrir las demandas de agua ha aumentado, sobre todo en el sector agrícola, debido a que no se ha alcanzado el nivel óptimo respecto a la eficiencia en el uso y manejo del agua, tanto en los sistemas de distribución como a nivel parcelario, lo que ocasiona baja productividad agrícola, limitaciones al desarrollo socioeconómico del área, impactos negativos en los sistemas ecológicos y los consecuentes conflictos por el agua entre los usuarios. La eficiencia global del uso del agua en la agricultura es inferior al 50%, es decir, se estima que más del 40% del agua aplicada al riego se traduce en pérdidas del recurso (ver Tabla 4.7).

Tabla 4.7 Demanda y Eficiencia en los Distritos de Riego.

| Célula | Distrito de Riego | Superficie física (ha) | Superficie cultivada (ha) | Lamina bruta (cm) | Volumen promedio (hm ³) | Eficiencia promedio (%) | Lamina neta (cm) |
|--------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------|
| RFS Sinaloa Norte | 063 Guasave | 108,735.9 | 114,922.1 | 109.0 | 1,185.4 | 36.3 | 39.6 |
| | 075 Río Fuerte | 217,837.3 | 231,118.1 | 104.9 | 2,284.9 | 42.6 | 44.7 |
| | 076 Valle del Carrizo | 62,454.2 | 50,649.3 | 89.6 | 559.8 | 49.3 | 44.2 |

Fuente. CONAGUA, 2013. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego, año agrícola 2012-2013.

Es necesario modernizar y tecnificar las zonas agrícolas, incentivar la reutilización del agua, promover la reconversión de cultivos de acuerdo a la disponibilidad del recurso, ajustar las concesiones de riego a la disponibilidad de agua en la región y dar el mantenimiento adecuado a la infraestructura de riego. Se puede establecer un indicador indirecto del impacto de la sequía en la demanda en el sector agrícola por medio del análisis de la producción en el periodo 2002-2004, cuando se presentó una sequía de largo plazo la superficie cosechada disminuyó en los periodos 2002-2003 y 2003-2004 (Ver Tabla F-4 del Apéndice F).

4.7.4 Demanda de agua en el uso público urbano

El uso del agua para el sector público urbano representa solo el 3% del uso consuntivo en las cuencas. La dotación de litros por habitante por día se calcula con el total del agua producida en el año, dividida entre el

número de habitantes y entre los 365 días del año. La mayor dotación observada es la de Navojoa con 474 litros por habitante por día y la de menor dotación es la de Nío, Guasave, con 199 litros diarios por habitante.

El agua no contabilizada es el porcentaje del volumen de agua no facturado (volumen producido menos volumen facturado) con relación al volumen producido en el año (ver Figura 4.2). En Guachochi, Chihuahua el agua no contabilizada representa el 71%, mientras que en Álamos, el 31%, pero a pesar de ser el más bajo en la cuenca presenta un nivel alto. El agua no contabilizada es un factor determinante en la demanda de agua en el sector público urbano, pues refleja que el costo del agua no se recupera y por lo tanto no hay incentivos económicos para reducir la demanda (ver Tablas H-7, H-8 y H-9 del Apéndice H).

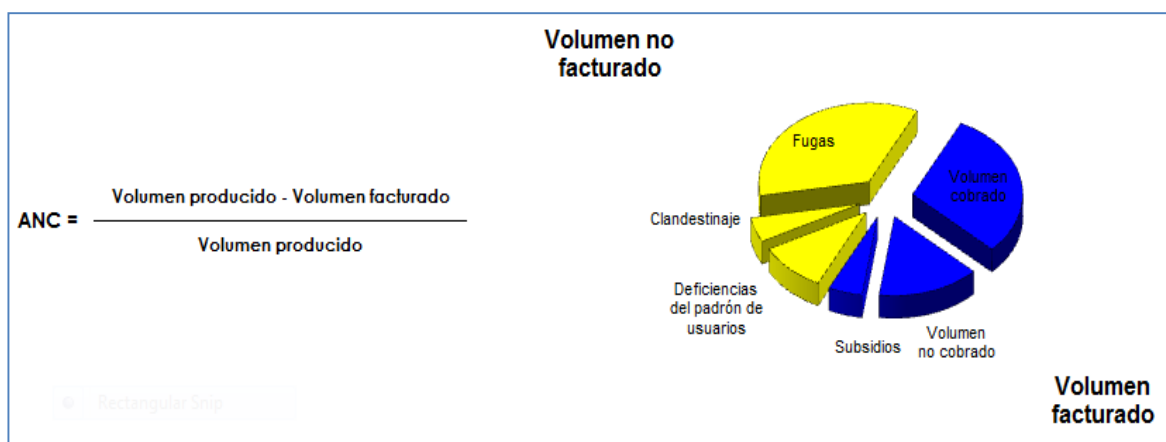


Figura 4.2. Agua no contabilizada

4.8 Calidad del agua

Se evaluaron los valores del Índice de Calidad del Agua (ICA) en las cuencas para establecer si la calidad del agua disminuyó en periodos de sequía en los años de 1994 al 2011. El ICA es un número entre 0 y 100 y permite conocer, de primera intención, el grado de contaminación de un cuerpo de agua, entre más cercano a 100 sea el valor del ICA la calidad del agua será mejor. Los parámetros que se utilizan para calcular el ICA son: oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, nitratos, DBO5, fosfatos, nitrógeno amoniacal, bacterias coliformes totales y fecales, cloruros, dureza total, grasas y aceites, sólidos disueltos totales turbiedad, detergentes, alcalinidad total, color y sólidos suspendidos totales. En las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa, se monitorea el ICA en las estaciones: San Miguel Zapotitlán e Higueras de Zaragoza en el Río Fuerte, y Vado de Guasave y La Brecha en el río Sinaloa, todas corresponden a la parte baja del territorio del Consejo de Cuenca. Los valores promedio anuales del ICA se muestran en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8 Valores promedio anuales del ICA.

| Año | Estación | | | |
|--------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------|
| | San Miguel Zapotitlán (ICA) | Higueras de Zaragoza (ICA) | Vado de Guasave (ICA) | La Brecha (ICA) |
| 1994 | 62 | Nd. | 62 | Nd. |
| 1995 | 63 | Nd. | 61 | Nd. |
| 1996 | 60 | Nd. | 58 | Nd. |
| 1997 | 62 | Nd. | 58 | Nd. |
| 1998 | 68 | Nd. | 65 | Nd. |
| 1999 | 65 | 65 | 64 | 57 |
| 2000 | 70 | 77 | 69 | 66 |
| 2001 | 70 | 69 | 69 | 68 |
| 2002 | 65 | 58 | 64 | 71 |
| 2003 | 64 | 61 | 65 | 67 |
| 2004 | 65 | 62 | 71 | 66 |
| 2005 | 69 | 71 | 72 | 68 |
| 2006 | 65 | 74 | 72 | 72 |
| 2007 | 83 | 76 | 69 | 74 |
| 2008 | 75 | 76 | 74 | 78 |
| 2009 | 87 | 72 | 70 | 74 |
| 2010 | 70 | 68 | 67 | 68 |
| 2011 | 66 | 72 | 64 | 69 |
| Media | 68 | 69 | 66 | 69 |

Fuente: CONAGUA, 2013f. índices de calidad de agua en Sinaloa.

Los valores entre 50 y 69 equivalen a poca contaminación, mientras que los valores 70 y 84 corresponden a calidad de agua aceptable, mayor de 85 representa agua de excelente calidad. El agua con ICA de 50 al 69 debe de ser potabilizada para el consumo humano, es utilizable en la mayoría de los cultivos, presenta el límite para peces muy sensitivos, no requiere tratamiento para la mayoría de las industrias de operación normal y se deben restringir los deportes de inmersión evitando que se ingerida dada la posibilidad de la presencia de bacterias. Respecto a la presencia de sequía severa/extrema en las cuencas en 1996, 1999, 2000, 2002, 2003, 2012 y 2013, se puede observar una disminución en la calidad del agua en 1996 en San Miguel Zapotitlán y Vado de Guasave; en 1999 la calidad del agua fue inferior en La Brecha; en 2000 la calidad del agua mejoro a pesar de la sequía; en 2002 y 2003 la calidad del agua disminuyo en Higueras de Zaragoza; y en los mismos años la calidad del agua mejoró en La Brecha. Por lo tanto, se puede concluir que la calidad del agua evaluada con los parámetros del ICA no fue afectada por la sequía.

Una desventaja del ICA es que no incluye la estimación de condiciones de contaminación por agentes tan importantes como metales pesados e hidrocarburos, ni considera la evaluación del comportamiento sedimentario, cuyo monitoreo es básico para la conservación de la salud de los ecosistemas acuáticos (Axis-Arroyo y Mateu, 2001). El ICA es aplicable a ecosistemas dulceacuícolas y no contempla aplicaciones particulares para ecosistemas salobres y marinos; limitantes importantes para el uso de este indicador en la toma de decisiones ambientales (Pineda-Olmedo, 1999). Por lo tanto, el ICA no evalúa todos los parámetros de contaminación puntual y difusa producto de las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas e industriales, y las descargas de plantas de tratamiento de aguas residuales. Estas fuentes generan metales pesados, causan contaminación química y microbiológica y la eutrofización de los recursos hídricos de la cuenca. Además, la disminución del volumen de agua de los ríos debido a la extracción para uso agrícola disminuye el caudal ecológico y su capacidad de dilución y purificación. Los estudios realizados por varios autores (García *et al.*, 2001; Galindo, 2000; Osuna *et al.*, 2002), coinciden en que la contaminación por plaguicidas es el principal problema de contaminación química que enfrentan las cuencas de los ríos El Fuerte y Sinaloa.

La erosión de suelos es la causa inmediata más importante del incremento de sólidos suspendidos en los ríos. La deforestación progresiva de bosques riparios nativos y las prácticas agrícolas actuales son la causa principal de la erosión de los suelos. El uso intensivo del suelo y las prácticas agrícolas han degradado y compactado la estructura del suelo, cambiando su capacidad de infiltración, dando lugar a procesos de erosión. Las descargas más grandes de sólidos suspendidos en ríos se originan en las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa, donde la ineficiente práctica agrícola, la deforestación, la agricultura de tumba y quema, y el arado intensivo han resultado en el incremento de erosión del suelo.

En el Golfo de California la mayoría de los contaminantes provienen de fuentes no puntuales ubicadas en las cuencas de los Ríos Yaqui, Mayo, Fuerte y Culiacán. El problema se acrecienta en estas zonas por la ausencia de plantas de tratamiento de agua, por lo que los ríos, arroyos y drenes agrícolas se convierten en cuerpos receptores de descargas domésticas, agrícolas e industriales (Arias Patrón, 2005).

El estudio de la Bahía de Bacorehuis, del municipio de Ahome, Sinaloa, estableció la problemática de contaminación detectada por materia orgánica, bacterias coliformes, plaguicidas y mercurio, que se debe a las descargas de los drenes; Chiricuetto, Carrizo, Jaguara, Chihuahuita y Cerro Prieto del sistema de riego del Valle del Carrizo que recogen las aguas residuales agrícolas, industriales y domésticas. Además de estas descargas, la bahía recibe aguas residuales producto de las actividades de alrededor de 24,000 habitantes de 27 poblaciones aledañas, de las cuales 8 pertenecen al municipio de El Fuerte y 19 al municipio de Ahome. El impacto de esta contaminación ha sido la disminución en la captura de camarón, afectando los ingresos de los pescadores y por lo tanto su calidad de vida, al igual que el deterioro de la calidad del agua en la bahía. La contaminación química debido a los agroquímicos es la más preocupante debido a los efectos que producen este tipo de contaminación y los riesgos que posee para la salud humana (Torrecillas *et al.*; 2007).

En el Acuífero Río Fuerte se observaron problemas de calidad de agua en la composición geológica donde se han ubicado la mayoría de las obras de explotación. Cuando los materiales deltaicos fueron depositados en las playas y atraparon agua del mar (lagunas marginales), principalmente de la parte central de la planicie hacia la costa y en las áreas alejadas del Río Fuerte. Subyaciendo a este paquete, se encuentra una capa de arena fina empacada en arcilla de color café, que contiene agua de mediana calidad y permeabilidad de regular a baja. Debajo de esta capa se encuentra otra capa de arcilla plástica de baja permeabilidad, de color café con agua de mala calidad (CNA, 2000).

El estudio de 2010 del Acuífero Río Fuerte presentó que la calidad del agua es variable; su salinidad total en la zona de explotación, varía de 64 a 5600 ppm de sólidos totales disueltos en la franja cercana al Río Fuerte, predominando las concentraciones menores de 400 ppm de manera uniforme en todo el acuífero. La configuración de los sólidos totales disueltos, indican una presencia uniforme tanto en la parte norte como en la parte cercana a la costa de 400 STD. La contaminación más preocupante de las ciudades anteriormente, es la producida por la descarga de aguas residuales de la mayor parte de los poblados importantes de la zona, entre los que se encuentran; los Mochis, Higuera de Zaragoza, Ahome, Juan José Ríos, Mochichahui, Constanza y San Miguel Zapotitlán, que cuentan con drenaje y que se encuentran conectados a drenes que descargan sin tratamiento alguno a la bahía de San Esteban; cabe mencionar que un gran porcentaje de los poblados restantes no tienen drenaje de aguas negras. Actualmente cuentan con tratamiento de aguas negras, mediante lagunas de estabilización, las cabeceras municipales de Choix y El Fuerte. Por lo anterior, es necesario contemplar a corto plazo, la necesidad de construir plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

En el Acuífero Río Sinaloa se observó que la calidad del agua es variable; su salinidad total en la zona de explotación, varía de 240 a 5345 ppm de sólidos totales disueltos en promedio, predominando las concentraciones menores de 400 ppm cerca del río, mientras que los valores entre 1,400 y 2800 ppm o mayores en algunos casos. Se encontró que en la parte cercana a la costa existe la presencia de 800 a los 1200 sólidos totales disueltos, mientras que en la parte norte existen valores menores. La contaminación más preocupante es la producida por los siguientes poblados: Sinaloa de Leyva, que descarga aguas residuales a una laguna de oxidación, en las proximidades con el río Sinaloa, así como Palos Blancos, Gabriel Leyva, estación Naranja y Guasave que se encuentran conectados a drenes, de los cuales estos tres últimos, vierten su caudal directamente a la bahía de Navachiste sin tratamiento alguno. Por lo anterior, es necesario contemplar a corto plazo en las poblaciones restantes la ejecución de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales. Otro tipo de contaminación que es importante controlar, es la aplicación de agroquímicos, por lo que es necesario promover el uso racional y contar con los sitios adecuados para el confinamiento y disposición de los envases contenedores y residuos de estos productos (SPIC, 2010).

En el Acuífero El Carrizo la información hidrogeoquímica de las muestras colectadas en los drenes revela que en la mayor parte de la superficie del acuífero el agua es de mala calidad debido a que supera la concentración

de 1000 ppm de sólidos totales disueltos (STD) que establecen las normas mexicanas para el agua destinada al consumo humano. Las concentraciones de STD se incrementan conforme se avanza hacia la zona costera, en donde los valores superan las 10,000 ppm. Sólo en la parte alta del acuífero, hacia las estribaciones de la sierra, el agua es de buena calidad debido a su proximidad a las zonas de recarga natural que constituyen las elevaciones topográficas y la nula influencia de las zonas agrícolas, donde la calidad del agua se deteriora debido a los agroquímicos utilizados, la evapotranspiración y la infiltración de los retornos de riego (DOF, 2009).

Aunque no existe información específica sobre el impacto de la sequía en la calidad del agua, se puede deducir que al disminuir la cantidad de agua aumenta también la concentración de los contaminantes en los cuerpos de agua que ya están contaminados.

4.9 Cambio Climático

Los estudios del Panel Internacional del Cambio Climático y otros estudios indican un incremento de la temperatura promedio de entre 2 y 4 grados centígrados hacia el año 2050, con un posible descenso en las precipitaciones de entre 10 y 15%, principalmente para la mitad norte del país (IPCC, 2007). Lo anterior, implica un incremento en las emergencias por ciclones y tormentas tropicales y una mayor incidencia de sequías extremas o prolongadas. Este nuevo contexto climático tenderá a la disminución de la disponibilidad de agua y al incremento de la demanda y la energía eléctrica.

Ante esta perspectiva, la captación y distribución del agua tiene que desarrollarse hacia modelos sustentables cada vez más sofisticados y eficientes. El reto hidráulico que enfrenta el territorio del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa en la actualidad es un cambio en el paradigma del manejo de las 5 Aguas.

4.10 Medidas estructurales para aumentar la oferta

Para prevenir y mitigar los efectos de la sequía se debe incidir sobre el incremento de la oferta y la disminución de la demanda. Respecto a la primera, se presentan las siguientes medidas estructurales:

- Suministro de agua en pipas.
- Bombeo de agua en las tomas altas de los canales.
- Captación de agua de lluvia en las parcelas, aljibes y humedales.
- Rehabilitación de pozos profundos y plantas de bombeo.
- Aprovechamiento de las aguas residuales tratadas para riego por medio de humedales artificiales.
- Recarga de Acuíferos.
- Obras y prácticas de conservación del suelo y agua, apoyadas con el Componente de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua COUSSA de SAGARPA, 2013, como: ollas de agua, jagüeyes,

presas de cortinas de tierra, presas de concreto, tinas ciegas, presas de gaviones, presas filtrantes, presas de mampostería, galerías filtrantes, líneas de conducción, obras de excedencias, obras de toma y presas derivadoras.

- Desarrollo y Diseño de Bajo Impacto (DDBI) en la construcción de nuevos asentamientos humanos.

5. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA SEQUÍA

5.1 Introducción

La sequía supone un desajuste, por defecto, en el volumen y el ritmo anual de las precipitaciones, de manera que las cantidades que se acumulan en un territorio durante las épocas teóricamente lluviosas del año se reducen de forma significativa, consolidándose así un déficit pluviométrico que se traduce sucesivamente en una merma de volúmenes para el abastecimiento del hombre y sus actividades económicas.

La vulnerabilidad de la sociedad a la sequía puede definirse como “la susceptibilidad al impacto producido por la extrema deficiencia hídrica y exacerbada por las condiciones estructurales y socio-económicas”. La vulnerabilidad a las sequías está determinada por: la intensidad y tipo de sequía, la geografía de la zona afectada, las características de las estructuras hídricas existentes, la condición del ecosistema, el grado de preparación para el enfrentamiento de la situación de deficiencia hídrica por la población, la capacidad económica de la comunidad y de los gobiernos locales, así como por la capacidad de recuperación (resiliencia) en el más breve tiempo posible.

El diccionario de la Real Academia Española indica que "riesgo" procede del italiano *risico* o *rischio*, y éste del árabe clásico *rizq*, que significa "lo que depara la providencia". El riesgo supone el desarrollo de una nueva situación que lleva a un escenario de incertidumbre.

El estudio de los riesgos naturales entre ellos las sequías se ha convertido en un tema de moda, de amplia repercusión social y enorme aprovechamiento para la difusión de noticias en los medios de comunicación. En la balanza del riesgo natural, el fiel se ha ido inclinando durante la segunda mitad del siglo XX hacia el lado de la acción del hombre, y ello porque se ha producido un cambio en la percepción social de los riesgos naturales: se ha pasado de la adaptación de las poblaciones a un ambiente al intento de sometimiento de ese ambiente por parte del hombre, de manera que, cuando tiene lugar un peligro natural, se toma como un hecho negativo una contrariedad que la naturaleza ha querido poner en el camino del desarrollo humano. Por otra parte, es posible observar que el cambio en la percepción de los fenómenos naturales extraordinarios se produce en las sociedades desarrolladas con el incremento del nivel de vida. Las sociedades creen que el aumento de las posibilidades económicas y de la mejora en los conocimientos científicos y técnicos otorga salvaguarda plena ante los peligros naturales. De ahí que los daños asociados a uno de ellos se estima provocado por una naturaleza problemática, sin caer en cuenta de que justamente la búsqueda del progreso colectivo no suele respetar las reglas de la naturaleza. Así, por ejemplo, en la consideración del riesgo de sequía, y considerando el aumento del nivel de vida, las sociedades desarrolladas han pasado de la austeridad en el gasto de agua al despilfarro, de la adaptación al catastrofismo (Morales, Olcina y Rico, 2000).

Los cambios observados en la consideración de las comunidades sobre la peligrosidad ambiental se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Consideraciones de las Comunidades sobre la peligrosidad ambiental.

| Periodo | Actitud ante el riesgo |
|--------------------------------------|--|
| Hasta los años 60 | Respeto al ambiente y su dinámica. Adaptación del hombre y sus actividades a las condiciones de la naturaleza. |
| Décadas de los años 60 a 80 | Ruptura de la dinámica natural por parte del hombre. Actitud de superioridad del hombre frente al ambiente. Aparición de graves situaciones de contaminación ambiental (aire y agua) en el mundo occidental. |
| Décadas de los años 80 a 2000 | Reconocimiento del deterioro ambiental causado por el hombre. Llamamiento desde la racionalidad científica, a la adopción de medidas de mitigación de desastres naturales. Adopción de medidas de ordenación racional de usos en el territorio. |

| | |
|---|---|
| Décadas de los años 2000 al presente | Generación de políticas y acciones de prevención y mitigación de las adversidades naturales a nivel mundial, nacional y local |
|---|---|

En 1986, la publicación del trabajo *Risk Society: Towards a New Modernity*, del sociólogo alemán Ulrich Beck marca el inicio de la aparición de una serie de ensayos del mismo autor y de otros sociólogos sobre la “Sociedad del riesgo”. Puede señalarse que esta obra inaugura la llamada “sociología del riesgo”, que había tenido antecedentes en otras obras pero que encuentra a partir de ahora un armazón teórico definitivo.

La teoría de la sociedad del riesgo se basa en el hecho de que el riesgo es consustancial a las sociedades industriales o post-industriales contemporáneas. De manera que hay una relación estrecha entre desarrollo y riesgo, y más aún, el mundo actual globalizado, es por definición un mundo de riesgo. La sociedad del riesgo es un estadio de la sociedad moderna en el que la producción de riesgos políticos, ecológicos e individuales está, cada vez más, fuera del control de las instituciones encargadas de garantizar la seguridad de la sociedad.

Puede afirmarse que ningún territorio, ninguna sociedad escapa al riesgo. Según Beck se puede asegurar que al riesgo no escapa ni el mundo de la carencia ni el de la abundancia. La expresión: “la miseria es jerárquica, el ‘smog’ democrático” resume la globalización del concepto de riesgo. Si existe una sociedad del riesgo, es porque en la Tierra hay áreas con peligros naturales y seres humanos que viven cerca de o directamente en ellas, transformando así el ambiente en territorios de riesgo.

Desde la publicación de sus primeras ideas sobre la sociedad del riesgo, Ulrich Beck ha seguido profundizando en este concepto. Fruto de ello ha sido la edición, en 1999, de una nueva versión de sus ideas en el ensayo “La sociedad del riesgo global”. Cuantos menos riesgos se reconozcan públicamente, más riesgos se producen. La sociedad del riesgo debe ser una sociedad bien informada. El ocultación de información sobre el riesgo genera otro más grande, es decir, se vuelven más vulnerables los grupos sociales sometidos a un peligro.

5.2 Conceptos de adversidad-vulnerabilidad-riesgo

La identificación de la “región-riesgo” (ver Figura 5.1) corresponde a una unidad de análisis territorial de dimensiones variables, que identifica el carácter vulnerable de una población ante un episodio de sequía extrema y sus implicaciones en el devenir de esa comunidad, como el rasgo más sobresaliente de un medio geográfico. Existen ejemplos mundiales de espacios geográficos de riesgo donde el elemento clave de su interpretación territorial es, justamente, la frecuente aparición de sequías que alteran el desarrollo normal de una sociedad.



Figura 5.1 Áreas de adversidad, vulnerabilidad y riesgo de sequías

Adversidad (sequías)

Puede definirse como la ocurrencia de un evento meteorológico (sequía), en un espacio y un tiempo determinados y con suficiente intensidad como para producir daños.

Vulnerabilidad (a las sequías)

Es el grado de sensibilidad y/o fragilidad por la exposición a la sequía, generalmente asociado a un valor ambiental, social y económico.

Riesgo (de sequías)

Es la condición resultante de la simultaneidad de ocurrencia de sequías y presencia de la vulnerabilidad a las sequías en un momento y espacio determinados. La adversidad y la vulnerabilidad son condiciones variables temporales y espaciales, por lo cual el riesgo existe cuando se produce la simultaneidad de ambas condiciones. El proceso puede cuantificarse de la siguiente forma:

$$\text{Riesgo de sequías} = \text{ocurrencia de sequías} \times \text{vulnerabilidad}$$

Los niveles de riesgo de sequías pueden expresarse en valores absolutos o relativos. Una expresión común es indicar el riesgo en porcentaje, donde el cero es ausencia de riesgo y 100 es riesgo máximo. La percepción del riesgo natural de la sequía ha evolucionado en relación con la transformación económica y la modificación de los hábitos de vida y de consumo en la sociedad, ocurridos en los últimos cincuenta años. En la actualidad la sequía preocupa por lo que implica la reducción de recursos de agua disponibles para el campo y la ciudad. La atención hacia este episodio natural se reduce a la parte hidrológica del mismo, puesto que en el agua se sustenta la actividad económica del país, de ahí que su falta se considere un hecho catastrófico (Morales, Olcina y Rico, 2000). Este evento natural es un rasgo propio de sus condiciones climáticas y del escaso interés que merece la investigación de las causas últimas de dichos episodios con ánimo de ofrecer patrones de comportamiento de la atmósfera durante secuencias de sequía que permitan avanzar en la predicción de sus causas y prevención de sus consecuencias y en la puesta en marcha de iniciativas por parte de los mandatarios encaminadas a promover la riqueza agrícola mediante la transformación de tierras áridas a de riego a fin de aminorar los efectos de una coyuntural escasez de precipitaciones.

A ello se une el cambio en la percepción del fenómeno de las sequías que se ha producido a partir de fines de los años noventa. En efecto, la secuencia seca de 1997 y 1998, de consecuencias económicas importantes en numerosas regiones del país, marca el cambio de la tradicional adaptación de la sociedad a la reducción de lluvias a su consideración como secuencia catastrófica que se ha consolidado en los episodios más recientes de 2011, 2012 y 2013.

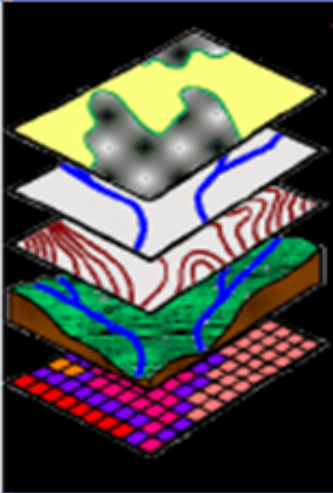
Desde entonces la atención prioritaria en los estudios de sequías se ha enfocado en los aspectos de las gravosas consecuencias para las actividades económicas y las posibles soluciones frente al déficit coyuntural de aguas para los distintos usos. Una menor atención han merecido los análisis de las causas, evolución y particularidades de las sequías desde el punto de vista climático que, sin embargo, están en el origen de estos eventos.

Debe considerarse que la sequía comienza siempre como fenómeno atmosférico y va manifestando sus efectos, de modo gradual, en la reducción de recursos hídricos disponibles (sequía hidrológica), en la disminución de cosechas (sequía agrícola) y en el desabastecimiento en el suministro de los espacios urbanos (sequía urbana). Sin embargo, la sequía aúna factores físicos y humanos en una secuencia temporal más o menos prolongada con consecuencias distintas en virtud del espacio geográfico afectado. En la actualidad, son los aspectos humanos los que tienen un peso mayor en la valoración de este fenómeno natural, hasta el punto de motivar su propia aparición debido a que la demanda agrícola, urbana e hidroeléctrica de agua ha provocado una alteración del umbral de sequía. Actualmente no es necesaria una brusca reducción de lluvias para que se disparen las alertas por falta de recursos para mantener las actividades económicas con normalidad. En la consideración de la sequía, conforme ha aumentado el nivel de vida, la sociedad ha pasado de la austeridad en el gasto de agua al desperdicio, de la adaptación al catastrofismo, sólo corregible con una buena y adecuada utilización de los recursos disponibles y, en situaciones específicas de déficit estructural, aumentándolos mediante trasvases y desalinización, siempre y cuando la posibilidad de disponer de estos nuevos volúmenes de agua no justifique desperdicios futuros (Morales, Olcina y Rico, 2000).

5.3 Evaluación de la vulnerabilidad a la sequía mediante el SERES

En la primera versión del PMPMS del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, se utilizó el Sistema de Evaluación del Riesgo Extremo de Sequías (Ravelo, 2012 y Torrecillas et. Al., 2013, el cual fue desarrollado sobre una plataforma informática denominada IDRISI Selva, considerada un Sistema de Información Geográfica (SIG) con capacidad para el análisis digital de imágenes. A continuación se presenta un diagrama donde se identifican las capas de información para obtener la cartografía de riesgos de sequía basados en datos biofísicos, socio-económicos y estructurales (ver Figura 5.2).

USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD Y RIESGO A LAS SEQUIAS



-Componentes o Capas de información del Sistema:

-Factores estructurales:

1. Ingresos per capita
2. Índice de marginación
3. Disponibilidad de riego
4. Vías de acceso
5. Eficiencia de riego y distribución, etc

-Factores dinámicos:

1. Volumen disponible en las presas
2. Ocurrencia de sequías
3. Intensidad de las sequías
4. Variabilidad de las sequías
5. Disponibilidad de recursos económicos

Figura 5.2. Esquema de determinación de la vulnerabilidad y riesgo de sequías mediante un sistema de información geográfica.

Uno de los roles fundamentales de los SIG es el desarrollo, prueba y utilización de modelos de adecuación, de erosión del suelo, del crecimiento urbano, etc. El programa IDRISI ofrece un extenso juego de herramientas para la modelación, dando lugar a un amplio rango de niveles de experiencia. La más importante es llamada IDRISI Macro Modeler (IMM), y consiste en un ambiente modelador gráfico con gran facilidad de uso. El calculador de imágenes provee una entrada de ecuación rápida con una interfase para una modelación simple que usa capas SIG. La tercera utilidad es un lenguaje de escritura (.iml) macro (macro scripting language) que se utiliza en numerosas aplicaciones.

El riesgo de sequías puede expresarse con la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo de Sequías} = (\text{IPC} + \text{VH}) \times \text{IS} \quad (1)$$

dónde:

IPC es Vulnerabilidad según el ingreso per cápita a nivel municipal.

VH es Vulnerabilidad hidrológica

IS es el Índice de sequía

5.3.1 Component(Ravelo, 2012, es del Sistema SERES

Ingresos per cápita (IPC)

El IPC es un indicador indirecto de la capacidad económica del municipio para poseer infraestructuras o realizar acciones que reduzcan la vulnerabilidad a las sequías. La vulnerabilidad estaría inversamente relacionada al IPC, es decir, los municipios con mayores ingresos per cápita serían menos vulnerables y viceversa. La escala de IPC para la vulnerabilidad fue determinada mediante la proporcionalidad entre los valores extremos de IPC, asignando el valor 100 (máxima vulnerabilidad) al municipio con el monto más bajo y 0 (no vulnerable) al municipio con el valor más alto.

Vulnerabilidad hídrica (VH)

La VH se refiere a la vulnerabilidad según la disponibilidad de agua para las actividades económicas. El riego a través de las estructuras apropiadas y las reservas de agua en las presas contribuyen a reducir la vulnerabilidad a las sequías. Contrariamente, las áreas de temporal poseen una alta vulnerabilidad, dado que dependen exclusivamente de la provisión de agua por las precipitaciones. La vulnerabilidad hidrológica fue determinada para áreas con y sin riego para cada mes. La escala para área con riego es: 0 (sin vulnerabilidad), cuando las presas se encuentran al 100% de su capacidad y 100 (vulnerabilidad máxima), cuando las presas se encuentran sin agua. El valor de la vulnerabilidad se determina para cada distrito e indica el porcentaje de agua disponible en las presas del mismo. En áreas de temporal la vulnerabilidad es siempre máxima (100), dado que dependen exclusivamente de las lluvias. En ambas áreas (con y sin riego) la vulnerabilidad es afectada proporcionalmente por la ocurrencia o no de sequías.

Índice de Sequía

El IS es un índice de sequía determinado. En este análisis se utilizará el índice de severidad de sequía de Palmer (PDSI), que es un indicador de la ocurrencia de sequías en términos de intensidad y distribución temporal y espacial. Se utiliza para establecer un factor de afectación en las áreas con y sin riego y en los municipios según su correspondiente IPC (Ecuación 1). Considerando que los valores negativos del PDSI se usan para indicar la presencia de sequías (valores negativos elevados indican sequías más intensas) se ha establecido una escala entre 0 y 1, donde 0 señala que no hay ocurrencia de sequía y 1 hay una sequía extrema. Así, la escala utilizada es la siguiente: para un $PDSI > -0.9$, el factor es igual a 0, para un $PDSI < -4$, el factor es igual a 1 y luego se establecen valores proporcionales intermedios para PDSI entre -0.9 y -4 .

5.3.2 Distribución geográfica del riesgo de sequías

La zonificación y modelización del riesgo bajo entorno SIG Idrisi Selva, se estableció por medio de la creación de un IMM que contempla el uso de las siguientes variables: índices de sequía de Palmer (PDSI), ingreso per cápita por municipio, volumen de reserva de las presas, zonas con y sin riego. Otras variables pueden ser incorporadas posteriormente a medida que se encuentren disponibles. Se consideraron como variables mensuales dinámicas al PDSI y a las reservas hídricas de las presas, y como variables estáticas o estructurales a los ingresos per cápita y zonas con y sin riego con vulnerabilidades diferentes.

La cuantificación de la sequía se determinó a través del uso del Sistema Operativo de Sequías (SOS) en forma mensual para toda la región de estudio, el cual genera un modelo cartográfico para su representación geográfica. Los montos de ingresos per cápita a nivel de municipio fueron extraídos de las estadísticas del INEGI (2012). Las zonas con y sin riego así como las reservas mensuales de las presas fueron provistas por el OCPN.

El IDRISI Macro Modeler (IMM)

Fue creado mediante un módulo del IDRISI Selva que permite establecer la secuencia de funciones mediante indicadores de flujos para el procesamiento de los datos de entrada (variables estáticas y dinámicas). La operación del IMM genera mapas intermedios permanentes como capas de información de cada una de las variables estáticas y dinámicas. La superposición de las capas en una operación de productos permite la obtención de la zonificación de los riesgos de sequía a nivel municipio. La composición del mapa final de riesgo de sequías se realiza con el utilitario Composer que permite superponer distintas capas vectoriales, para establecer el riesgo de sequías en distintos ámbitos geográficos. De esta forma es posible identificar el nivel de riesgo por municipios, cuencas, etc. según los objetivos del evaluador. El programa IDRISI dispone de un modelador que automatiza el proceso de generación del mapa de riesgo extremo de sequías (Ravelo, 2012 y Torrecillas et. Al., 2013).

5.3.3 Determinación de la vulnerabilidad a las sequías en el Consejo de Cuenca

Las Figuras 5.3, 5.4 y 5.5 muestran las distintas capas de información obtenidas mediante el sistema de información geográfica que se usaron para generar el mapa con los niveles de riesgo de sequía a nivel municipio. La Figura 5.3 y la Tabla 5.2 muestran la vulnerabilidad de la sequía en función del valor relativo del ingreso per cápita (IPC) a nivel municipal.

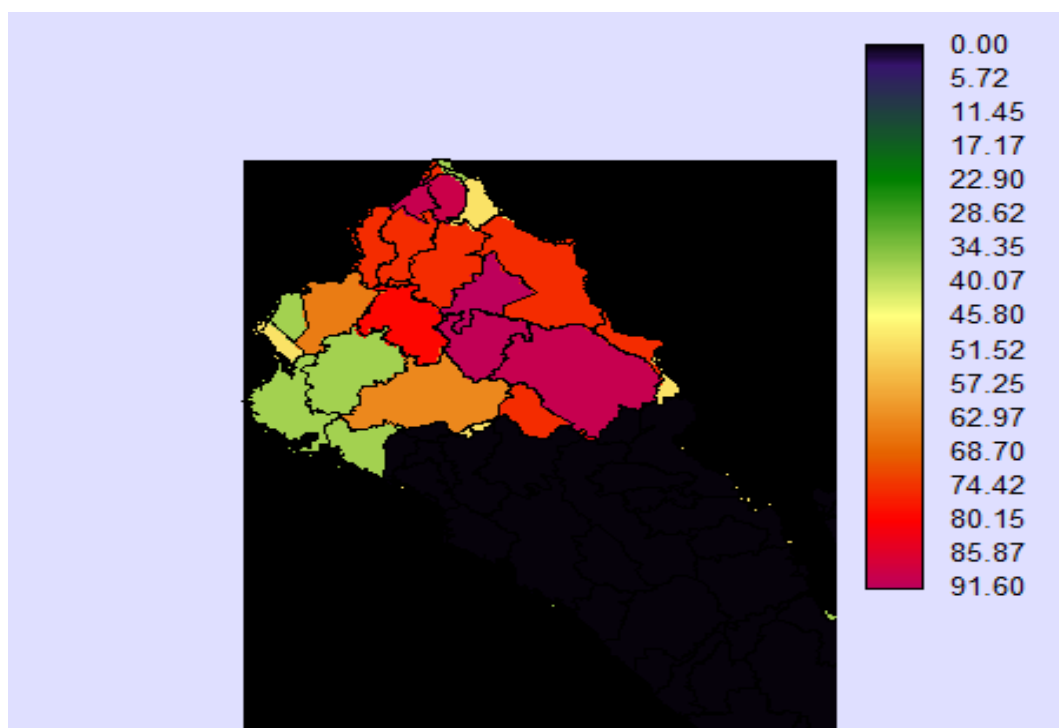


Figura 5.3 Vulnerabilidad a la sequía en función del IPC a nivel municipal.

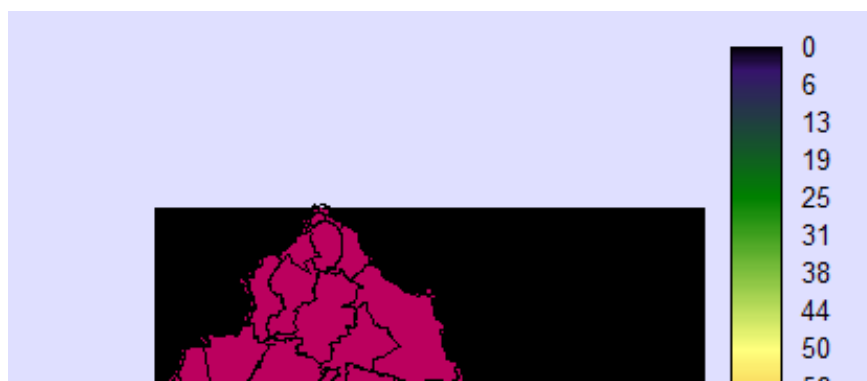
Tabla 5.2 Vulnerabilidad a la sequía en función del valor relativo del IPC a nivel municipal.

| No. | Municipio | Estado | Valor Relativo IPC | Grado de Vulnerabilidad |
|-----|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------|
| 1 | Maguarichi | Chihuahua | 89 | 4.45 |
| 2 | Chinipas | Chihuahua | 75 | 3.75 |
| 3 | Guazapares | Chihuahua | 75 | 3.75 |
| 4 | Guachochi | Chihuahua | 75 | 3.75 |
| 5 | Urique | Chihuahua | 75 | 3.75 |
| 6 | Batopilas | Chihuahua | 91 | 4.55 |
| 7 | Choix | Sinaloa | 79 | 3.95 |
| 8 | Morelos | Chihuahua | 90 | 4.50 |
| 9 | Guadalupe y Calvo | Chihuahua | 89 | 4.45 |
| 10 | El Fuerte | Sinaloa | 37 | 1.85 |
| 11 | Sinaloa | Sinaloa | 63 | 3.15 |
| 12 | Ahome | Sinaloa | 37 | 1.85 |
| 13 | Guasave | Sinaloa | 37 | 1.85 |

Escala: 0 Nulo, 1 POCO, 2 Moderado, 3 Alto, 4 Muy Alto y 5 Critico.

Los municipios de Maguarichi, Batopilas, Morelos y Guadalupe y Calvo se comportan con muy alto grado de vulnerabilidad, siendo estos los de más bajo Ingreso per cápita. Los municipios de El Fuerte, Ahome y Guasave se encuentran con poco grado de vulnerabilidad siendo estos los de mayor Ingreso per Cápita.

La vulnerabilidad hídrica fue establecida según el siguiente criterio: en las áreas con riego la vulnerabilidad es nula (0) cuando las presas se encuentran al 100% de su capacidad y se establece una vulnerabilidad máxima (100) cuando las presas se encuentran sin agua. El porcentaje de llenado de las presas se utiliza para establecer la vulnerabilidad hídrica. Las áreas sin riego (temporal) poseen una vulnerabilidad máxima (100). Los distritos de riego ubicados en los municipios de Ahome, El Fuerte, Guasave y Sinaloa son menos vulnerables a los efectos de sequía que las áreas de temporal, debido a que disponen de agua siempre que se cuente con suficiente almacenamiento en las presas para garantizar el riego (ver Figura 5.4).



Las áreas Figura 5.4. Vulnerabilidad hídrica para áreas con y sin riego, mayo de 2013. la precipitaci un 20% de su capacidad, tal como ha ocurrido en siete de los últimos dieciocho años, los distritos de riego son más vulnerables en el Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa. Por lo tanto es importante establecer una política para mantener las presas por arriba del 20% de su capacidad y así asegurar la producción agrícola en los distritos de riego. Debido a la presencia recurrente de sequías en la cuenca, es necesario impartir medidas de captación y conservación del agua para disminuir la vulnerabilidad del sector agrícola, tanto para las áreas de temporal como para los distritos de riego.

El PDSI se utiliza para establecer un factor de afectación en las áreas sin riego (temporal) según la siguiente escala: cuando el PDSI es superior a -0.9 el factor es igual a 0 y si el PDSI es inferior a -4 , el factor es igual a 100. Los valores del PDSI entre -0.9 y -4 tienen un factor de afectación determinado proporcionalmente entre 0 y 100. Esto significa, por ejemplo, que si el PDSI es superior a -0.9 (ausencia de sequía o sequía ligera), el riesgo es nulo independientemente de la vulnerabilidades que posea la región. Por otro lado, si el PDSI es inferior a -4.0 (sequía severa o extrema), el riesgo es total dependiendo de las vulnerabilidades regionales (IPC, VH, etc.)

Los resultados de vulnerabilidad a la sequía en el Consejo de Cuenca en mayo de 2013 utilizando el PDSI, se muestra en la Tabla 5.3 y Figura 5.5.

Tabla 5.3 Vulnerabilidad a la sequía utilizando el factor de afectación del PDSI, mayo de 2013.

| Estación | Estado | PDSI | Afectación (%) |
|--------------------------|-----------|------|----------------|
| El Carrizo | Sinaloa | -2.6 | 55 |
| Choix | Sinaloa | -2.4 | 48 |
| El Fuerte | Sinaloa | -2.3 | 45 |
| Guadalupe y Calvo | Chihuahua | -2.3 | 45 |

| | | | |
|------------------------|-----------|------|-----|
| Huítes | Sinaloa | -2.8 | 61 |
| El Mahone M. H | Sinaloa | -2.6 | 55 |
| La Rosilla | Durango | -2.7 | 58 |
| El Sabino J. O. | Sinaloa | -2.3 | 45 |
| Batovira | Chihuahua | -4.6 | 100 |
| El Vergel. | Chihuahua | -5.4 | 100 |

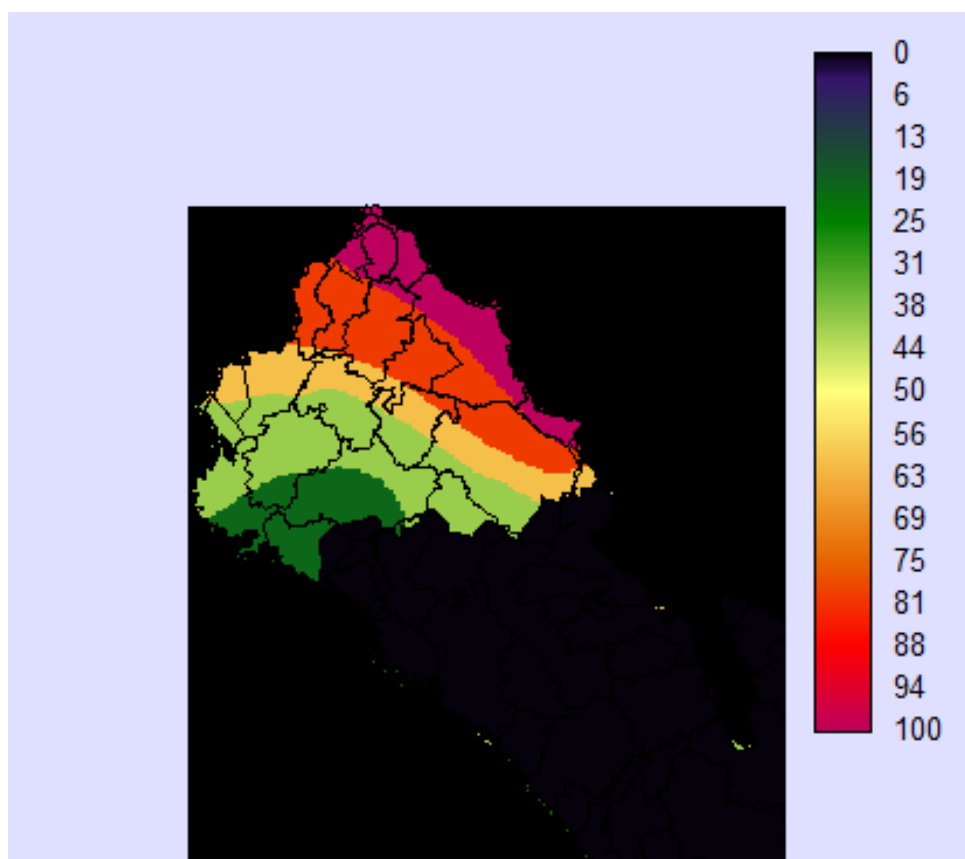


Figura 5.5 Afectación por sequía según el índice de Palmer, mayo de 2013.

5.3.4 La geografía del riesgo por sequías en el Consejo de Cuenca

El modelo de riesgo extremo de sequías resultante de aplicar la Ecuación 1, permite identificar aquellas áreas expuestas al mayor riesgo de sequías en función de su vulnerabilidad. El riesgo extremo puede ser establecido a nivel de cuencas hidrológicas o de municipio según las necesidades de establecer las medidas de mitigación y respuesta a esos niveles de riesgo. Dado que las sequías tienen una variabilidad espacial y temporal, es decir, que su intensidad y distribución geográfica varía en cada mes y región, el SERES debe ser utilizado periódicamente en ese intervalo de tiempo. La Figura 5.6 muestra el mapa del territorio del Consejo de Cuenca construido mediante la superposición de los mapas de vulnerabilidad y el factor de afectación por sequías en un sistema de información geográfica, permitiendo identificar las áreas con mayores riesgos de sequía a nivel

del Consejo de Cuenca. Los municipios que presentaron un mayor riesgo por sequía son: Maguarichi, Batopilas, Choix, Morelos, Guadalupe y Calvo, Chinipas, Guazapares, Guachochi y Urique. Los municipios de El Fuerte, Ahome, Guasave y Sinaloa, presentaron niveles bajos de riesgo. La sequía en la parte alta de la cuenca, repercutirá en menores aportes hídricos a las presas, por lo tanto, se requiere que la implementación de medidas de prevención y mitigación, sean enfocadas a los municipios de mayor riesgo.

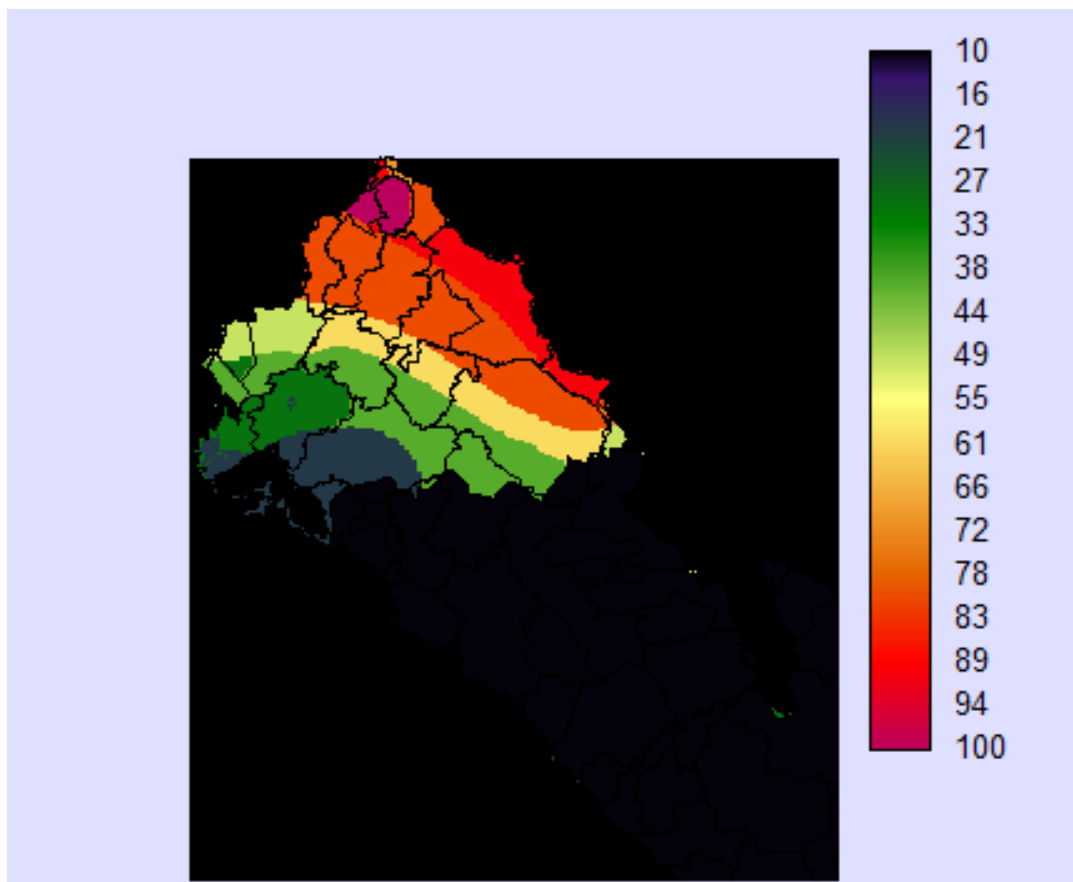


Figura 5.6 Mapa de riesgos por sequía para las cuencas hidrológicas del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, mayo de 2013.

5.4 Evaluación de la vulnerabilidad a las sequías mediante el sistema Super Decisions

Para la actualización del PMPMS se evaluó la vulnerabilidad a las sequías mediante el software Super Decisions. Éste utiliza la técnica denominada “Proceso Analítico de Redes” (Analytic Network Process, ANP), cuyo fin es tomar decisiones sobre un objetivo, en este caso la vulnerabilidad a las sequías de una zona geográfica, con dependencia y retroalimentación entre elementos (información biofísica, socioeconómica y estructural), que influyen en la vulnerabilidad a la sequía. El ANP es una extensión de otra técnica llamada “Proceso Analítico de Jerarquías” (Analytic Hierarchy Process, AHP) para tomar decisiones, que consiste en dividir un problema en sus elementos de decisión, ordenarlos en una estructura jerárquica, determinar la importancia relativa entre pares de elementos y sintetizar los resultados. En el ANP existe retroalimentación

entre elementos de diferentes niveles de jerarquía, así como entre elementos del mismo nivel, de tal forma que los elementos se organizan en redes y grupos de nodos. El Proceso Analítico de Redes es el esquema más completo disponible para el análisis de decisiones sociales, gubernamentales y corporativas. Permite incluir todos los factores y criterios, tangibles e intangibles, que influyan en la toma de decisiones. Además, permite tanto la interacción como la retroalimentación dentro de bloques de elementos (dependencia interna) y entre bloques de elementos (dependencia externa). Esta retroalimentación refleja de mejor manera los efectos complejos de interacción en la sociedad humana, especialmente cuando están presentes el riesgo y la incertidumbre.

Los modelos de Proceso Analítico de Redes tienen tres partes: la primera es un criterio estratégico en términos de cuál decisión es evaluada de acuerdo con sus ventajas en beneficios, oportunidades, costos y riesgo. Cada ventaja provee criterios de control para la segunda parte de la decisión y con cada criterio de control existe asociada una red de influencias que determina las prioridades de las alternativas de decisión para ese criterio de control. Las prioridades de las ventajas y de los criterios de control son usados en la tercera parte, para sintetizar las prioridades de las alternativas y obtener la mejor respuesta final. El proceso analítico de redes ha sido aplicado a una gran variedad de decisiones: de mercado, médicas, políticas, militares, sociales, así como pronóstico, simulación de situaciones actuales etc., su precisión en los pronósticos es impresionante en aplicaciones que se han hecho sobre tendencias económicas, deportivas y otros eventos para los cuales el resultado ha sido conocido posteriormente.

5.4.1 Factores para evaluar la vulnerabilidad a la sequía y su clasificación

Con el objetivo de conocer la vulnerabilidad de la sequía en las Cuencas del Consejo, se identificaron inicialmente 19 factores, estos son:

- (f-1a) Grado de presión sobre el recurso hídrico (oferta/demanda)
- (f-1b) Grado de explotación en los acuíferos
- (f-2a) Densidad de población al año 2010
- (f-2b) PIB per cápita al año 2010
- (f-2c) Valor de la producción del sector agrícola (riego y temporal)
- (f-3a) Índice de Desarrollo Humano (IDH)
- (f-3b) Disponibilidad natural per cápita de aguas superficiales
- (f-3c) Disponibilidad natural per cápita de aguas subterráneas
- (f-3d) Volumen de agua residual tratada (%)
- (f-4a) Población económicamente activa (PEA) desocupada (%)
- (f-4b) Población en condiciones de pobreza moderada y extrema (%)
- (f-4c) Índice de Marginación Social
- (f-5a) Degradación del suelo (% de área)

- (f-5b) Erosión (% de área)
- (f-5c) Deforestación (% de área forestal)
- (f-6a) Cobertura vegetal natural (% de área)
- (f-6b) Áreas naturales protegidas (% de área)
- (f-6c) Sitios RAMSAR (% de área)
- (f-6d) Índice de calidad del agua

Después de un análisis y depuración de la información, se seleccionaron 11 factores en virtud de ser los más representativos y contar con la información en las distintas fuentes revisadas. Además, estos fueron clasificados para mejorar su análisis (ver Tabla 5.4). Los factores seleccionados son:

- (f-1a) Grado de presión sobre el recurso hídrico (oferta/demanda)
- (f-1b) Grado de explotación en los acuíferos
- (f-2a) Densidad de población al año 2010
- (f-2b) Valor de la producción del sector agrícola (riego y temporal)
- (f-3a) Disponibilidad natural per cápita de aguas superficiales
- (f-3b) Disponibilidad natural per cápita de aguas subterráneas
- (f-4a) Población económicamente activa (PEA) desocupada (%)
- (f-5a) Deforestación (% de área forestal)
- (f-6a) Cobertura vegetal natural (% de área)
- (f-6b) Áreas naturales protegidas (% de área)
- (f-6c) Índice de calidad del agua

Tabla 5.4 Clasificación de factores seleccionados para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía.

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

5.4.2 Principales fuentes de información de los factores

Las fuentes de información utilizadas para definir los valores de los factores seleccionados para evaluar la vulnerabilidad son las publicaciones impresas y electrónicas de CONAPO, SAGARPA y SEMARNAT, especialmente los registros del OCPN de la CONAGUA. Dichas fuentes fueron consultadas a través de las publicaciones antes mencionadas y entrevistas con funcionarios de dichas dependencias a cargo de la información.

5.4.3 Ponderación de los factores

Se determinó el valor de cada factor para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía para cada una de las subcuencas del Consejo (ver Tablas 5.5, 5.6 y 5.7).

Tabla 5.5 Valores de los factores para evaluar la vulnerabilidad ambiental.

| Subcuenca | Ge | | Se | Ca | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| | f-1a | f-1b | f-5a | f-6a | f-6b |
| Arroyo Álamos | 0.05 | 0.00 | 0.47 | 0.54 | 0.00 |
| Arroyo Cabrera | 1.00 | 0.00 | 0.69 | 0.33 | 0.00 |
| Arroyo Ocoroni | 0.87 | 0.00 | 0.04 | 0.96 | 0.13 |
| Río Choix | 0.05 | 0.00 | 0.08 | 0.92 | 0.00 |
| Río Fuerte 1 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.99 | 0.02 |
| Río Fuerte 2 | 0.05 | 0.00 | 0.73 | 0.28 | 1.00 |
| Río Sinaloa 1 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.09 |
| Río Sinaloa 2 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.20 |

Tabla 5.6 Valores de los factores para evaluar la vulnerabilidad económica.

| Subcuenca | Ge | | Se | | Ca | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------------------|------|
| | f-1a | f-1b | f-2a | f-2b | f-4a | f-3 ^a | f-3b |
| Arroyo Álamos | 0.05 | 0.00 | 0.04 | 0.12 | 0.57 | 0.00 | 0.02 |
| Arroyo Cabrera | 1.00 | 0.00 | 0.11 | 0.08 | 1.00 | 0.76 | 0.75 |
| Arroyo Ocoroni | 0.87 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.54 | 1.00 | 1.00 |
| Río Choix | 0.05 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.65 | 0.21 | 0.20 |
| Río Fuerte 1 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.23 | 0.03 | 0.00 |
| Río Fuerte 2 | 0.05 | 0.00 | 0.48 | 0.19 | 0.99 | 0.15 | 0.14 |
| Río Sinaloa 1 | 0.42 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 0.15 |
| Río Sinaloa 2 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 0.40 | 0.66 | 0.07 | 0.06 |

Tabla 5.7 Valores de los factores para evaluar la vulnerabilidad social.

| Subcuenca | Ge | | Se | Ca | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| | f-1a | f-1b | f-6c | f-3a | f-3b |
| Arroyo Álamos | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 |
| Arroyo Cabrera | 1.00 | 0.00 | 0.35 | 0.76 | 0.75 |
| Arroyo Ocoroni | 0.87 | 0.00 | 0.46 | 1.00 | 1.00 |
| Río Choix | 0.05 | 0.00 | 0.40 | 0.21 | 0.20 |
| Río Fuerte 1 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.03 | 0.00 |
| Río Fuerte 2 | 0.05 | 0.00 | 0.54 | 0.15 | 0.14 |
| Río Sinaloa 1 | 0.42 | 0.00 | 0.93 | 0.18 | 0.15 |
| Río Sinaloa 2 | 1.00 | 0.00 | 0.58 | 0.07 | 0.06 |

Los resultados de las ponderaciones correspondientes a la vulnerabilidad ambiental, económica y social para las Subcuencas del Consejo se muestran en la Tablas 5.8, 5.9 y 5.10.

Tabla 5.8 Resultados de la ponderación correspondiente a la vulnerabilidad ambiental.

| Subcuenca | Ponderación vulnerabilidad ambiental | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | P _{f-1a} | P _{f-1b} | P _{f-5a} | P _{f-6a} | P _{f-6b} |
| Arroyo Álamos | 0.28125 | 0.09375 | 0.25 | 0.31250 | 0.06250 |
| Arroyo Cabrera | 0.28125 | 0.09375 | 0.25 | 0.09375 | 0.28125 |
| Arroyo Ocoroni | 0.28125 | 0.09375 | 0.25 | 0.09375 | 0.28125 |
| Río Choix | 0.28125 | 0.09375 | 0.25 | 0.33750 | 0.03750 |
| Río Fuerte 1 | 0.31250 | 0.06250 | 0.25 | 0.33750 | 0.03750 |
| Río Fuerte 2 | 0.28125 | 0.09375 | 0.25 | 0.28125 | 0.09375 |
| Río Sinaloa 1 | 0.31250 | 0.06250 | 0.25 | 0.28125 | 0.09375 |
| Río Sinaloa 2 | 0.28125 | 0.09375 | 0.25 | 0.09375 | 0.28125 |

Tabla 5.9 Resultados de la ponderación correspondiente a la vulnerabilidad económica.

| Subcuenca | Ponderación vulnerabilidad económica | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | P _{f-1a} | P _{f-1b} | P _{f-2a} | P _{f-2b} | P _{f-4a} | P _{f-3a} | P _{f-3b} |
| Arroyo Álamos | 0.225 | 0.075 | 0.0540 | 0.1123 | 0.2625 | 0.0375 | 0.2337 |
| Arroyo Cabrera | 0.150 | 0.150 | 0.1123 | 0.2337 | 0.2250 | 0.0750 | 0.0540 |
| Arroyo Ocoroni | 0.150 | 0.150 | 0.1123 | 0.2337 | 0.2250 | 0.0750 | 0.0540 |
| Río Choix | 0.250 | 0.050 | 0.1292 | 0.0442 | 0.2700 | 0.0300 | 0.2266 |
| Río Fuerte 1 | 0.225 | 0.075 | 0.1333 | 0.1333 | 0.2500 | 0.0500 | 0.1333 |
| Río Fuerte 2 | 0.250 | 0.050 | 0.0507 | 0.2603 | 0.2250 | 0.0750 | 0.0890 |
| Río Sinaloa 1 | 0.225 | 0.075 | 0.0540 | 0.2337 | 0.2250 | 0.0750 | 0.1123 |
| Río Sinaloa 2 | 0.250 | 0.050 | 0.0890 | 0.2603 | 0.2250 | 0.0750 | 0.0507 |

Tabla 5.10 Resultados de la ponderación correspondiente a la vulnerabilidad social.

| Subcuenca | Ponderación vulnerabilidad social | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | P _{f-1a} | P _{f-1b} | P _{f-6c} | P _{f-3a} | P _{f-3b} |
| Arroyo Álamos | 0.28125 | 0.09375 | 0.28125 | 0.09375 | 0.25000 |
| Arroyo Cabrera | 0.18750 | 0.18750 | 0.28125 | 0.09375 | 0.25000 |
| Arroyo Ocoroni | 0.18750 | 0.18750 | 0.28125 | 0.09375 | 0.25000 |
| Río Choix | 0.18750 | 0.18750 | 0.32813 | 0.04688 | 0.25000 |
| Río Fuerte 1 | 0.28125 | 0.09375 | 0.33750 | 0.03750 | 0.25000 |
| Río Fuerte 2 | 0.28125 | 0.09375 | 0.28125 | 0.09375 | 0.25000 |
| Río Sinaloa 1 | 0.31250 | 0.06250 | 0.28125 | 0.09375 | 0.25000 |
| Río Sinaloa 2 | 0.28125 | 0.09375 | 0.28125 | 0.09375 | 0.25000 |

En hojas de cálculo de obtienen los promedios ponderados de cada uno de los grupos de factores (ver Tabla 5.11). Lo mismo se efectúa para la totalidad de los factores de vulnerabilidad económica y social.

Tabla 5.11 Promedio ponderado del grupo de factores, correspondientes a la vulnerabilidad ambiental de las subcuencas del Consejo de Cuenca.

| Subcuenca | Ge | | Prom. ponderado (Ge) | Se | | Ca | | Prom. ponderado (Ca) |
|-----------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------|---------------|----------------------|
| | Peso SD* f-1a | Peso SD* f-1b | | Peso SD* f-5 ^a | Prom. Ponderado (Se) | Peso SD* f-6a | Peso SD* f-6b | |
| Arroyo Alamos | 0.01 | 0.00 | 0.04 | 0.12 | 0.47 | 0.17 | 0.00 | 0.45 |
| Arroyo Cabrera | 0.28 | 0.00 | 0.75 | 0.17 | 0.69 | 0.03 | 0.00 | 0.08 |
| Arroyo Ocoroni | 0.25 | 0.00 | 0.66 | 0.01 | 0.04 | 0.09 | 0.04 | 0.34 |

| | | | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Río Choix | 0.01 | 0.00 | 0.04 | 0.02 | 0.08 | 0.31 | 0.00 | 0.83 |
| Río Fuerte 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.33 | 0.00 | 0.89 |
| Río Fuerte 2 | 0.01 | 0.00 | 0.04 | 0.18 | 0.73 | 0.08 | 0.09 | 0.46 |
| Río Sinaloa 1 | 0.13 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 0.28 | 0.01 | 0.77 |
| Río Sinaloa 2 | 0.28 | 0.00 | 0.75 | 0.25 | 1.00 | 0.00 | 0.06 | 0.15 |

5.4.4 Resultados de vulnerabilidad a las sequías utilizando el Super Decisions

Los resultados de los valores de vulnerabilidad global correspondientes a las subcuencas del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, se muestran en la Tabla 5.12.

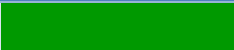




Tabla 5.12 Valores de vulnerabilidad global de las subcuencas del Consejo de Cuenca.

| Subcuenca | Peso _{SD} *Vulnerabilidad ambiental | Peso _{SD} *Vulnerabilidad social | Peso _{SD} *Vulnerabilidad económica | Vulnerabilidad ambiental + Vulnerabilidad social + Vulnerabilidad económica |
|-----------------------|--|---|--|--|
| Arroyo Álamos | 0.13 | 0.03 | 0.09 | 0.24 |
| Arroyo Cabrera | 0.30 | 0.05 | 0.03 | 0.38 |
| Arroyo Ocoroni | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 0.17 |
| Río Choix | 0.02 | 0.08 | 0.06 | 0.16 |
| Río Fuerte 1 | 0.00 | 0.27 | 0.01 | 0.28 |
| Río Fuerte 2 | 0.16 | 0.13 | 0.10 | 0.39 |
| Río Sinaloa 1 | 0.06 | 0.30 | 0.03 | 0.39 |
| Río Sinaloa 2 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 1.00 |

Finalmente, mediante la siguiente ecuación, se obtienen los valores finales normalizados con respecto al rango de los mismos (ver Tabla 5.13 y 5.14).

$$Z_j^{\text{normalizada}} = (Z_j - Z_{\min}) / (Z_{\max} - Z_{\min})$$

Tabla 5.13 Vulnerabilidad global a la sequía por subcuencas del Consejo.

| Subcuenca | Normalizado | Vulnerabilidad Global | |
|-----------------------|-------------|-----------------------|---|
| | | Clave | Color |
| Arroyo Álamos | 0.10 | Muy baja |  |
| Arroyo Cabrera | 0.26 | Baja |  |
| Arroyo Ocoroni | 0.01 | Muy baja |  |
| Río Choix | 0.00 | Muy baja |  |
| Río Fuerte 1 | 0.15 | Muy baja |  |
| Río Fuerte 2 | 0.28 | Baja |  |
| Río Sinaloa 1 | 0.27 | Baja |  |

| | | | |
|----------------------|------|----------|--|
| Río Sinaloa 2 | 1.00 | Muy alta | |
|----------------------|------|----------|--|

Tabla 5.14 Vulnerabilidad ambiental, económica y social a la sequía por subcuencas del Consejo.

| cuenca | Vulnerabilidad ambiental | | | Vulnerabilidad económica | | | Vulnerabilidad social | | |
|-----------------------|--------------------------|----------|-------|--------------------------|----------|-------|-----------------------|----------|-------|
| | Norma-lizado | Clave | Color | Norma-lizado | Clave | Color | Norma-lizado | Clave | Color |
| Arroyo Álamos | 0.38 | Baja | | 0.26 | Baja | | 0.09 | Muy baja | |
| Arroyo Cabrera | 0.9 | Muy alta | | 0.1 | Muy baja | | 0.14 | Muy baja | |
| Arroyo Ocoroni | 0.5 | Baja | | 0 | Muy baja | | 0 | Muy baja | |
| Río Choix | 0.07 | Muy baja | | 0.17 | Baja | | 0.24 | Baja | |
| Río Fuerte 1 | 0 | Muy baja | | 0.04 | Muy baja | | 0.81 | Muy alta | |
| Río Fuerte 2 | 0.48 | Baja | | 0.3 | Baja | | 0.39 | Baja | |
| Río Sinaloa 1 | 0.19 | Baja | | 0.08 | Muy baja | | 0.9 | Muy alta | |
| Río Sinaloa 2 | 1 | Muy alta | | 1 | Muy alta | | 1 | Muy alta | |

Los resultados muestran que la subcuenca Río Sinaloa 2 es la más vulnerable, corresponde a las zonas con mayores presiones por el uso del agua en el sector agrícola. En esta subcuenca se registran los valores más altos de vulnerabilidad ambiental, social y económica. La Subcuenca Río Sinaloa 1 es la segunda con mayor grado de vulnerabilidad, cobra importancia la vulnerabilidad social, la cual depende de un único factor: el grado de marginación.

A los resultados por subcuencas se les sobrepuso la información de los municipios dando los siguientes resultados: (ver Tabla 5.15 y 5.16)

Tabla 5.15 Vulnerabilidad global a la sequía por municipios del Consejo de Cuenca.

| Municipio | Estado | Grado de vulnerabilidad | |
|--------------|---------|-------------------------|-------|
| | | Clave | Color |
| Ahome | Sinaloa | Baja | |

| | | | |
|--------------------------|-----------|----------|--|
| Batopilas | Chihuahua | Muy Alta | |
| Chinipas | Chihuahua | Alta | |
| Choix | Sinaloa | Media | |
| El Fuerte | Sinaloa | Media | |
| Guachochi | Chihuahua | Alta | |
| Guadalupe y Calvo | Chihuahua | Muy Alta | |
| Guasave | Sinaloa | Media | |
| Guazapares | Chihuahua | Alta | |
| Maguarichi | Chihuahua | Alta | |
| Morelos | Chihuahua | Muy Alta | |
| Sinaloa | Sinaloa | Media | |
| Urique | Chihuahua | Alta | |

Tabla 5.16 Vulnerabilidad ambiental, económica y social a la sequía por municipios que forman parte del Consejo de Cuenca.

| Municipio | Estado | Vulnerabilidad ambiental | | Vulnerabilidad económica | | Vulnerabilidad Social | |
|--------------------------|-----------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|-----------------------|-------|
| | | Clave | Color | Clave | Color | Clave | Color |
| Ahome | Sinaloa | Media | | Muy baja | | Muy baja | |
| Batopilas | Chihuahua | Muy Alta | | Muy Alta | | Muy Alta | |
| Chinipas | Chihuahua | Muy Alta | | Alta | | Alta | |
| Choix | Sinaloa | Alta | | Alta | | Baja | |
| El Fuerte | Sinaloa | Media | | Muy Alta | | Muy baja | |
| Guachochi | Chihuahua | Muy Alta | | Alta | | Alta | |
| Guadalupe y Calvo | Chihuahua | Muy Alta | | Muy Alta | | Alta | |
| Guasave | Sinaloa | Media | | Muy Alta | | Muy baja | |
| Guazapares | Chihuahua | Muy Alta | | Alta | | Media | |
| Maguarichi | Chihuahua | Muy Alta | | Muy Alta | | Media | |
| Morelos | Chihuahua | Muy Alta | | Muy Alta | | Alta | |
| Sinaloa | Sinaloa | Media | | Alta | | Baja | |
| Urique | Chihuahua | Muy Alta | | Alta | | Alta | |

5.4.5 Representación geográfica de los resultados

En forma espacial los resultados se muestran geográficamente en los mapas de las figuras 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10. En cuanto a la vulnerabilidad ambiental SON 8 los municipios más vulnerables del área de estudio: Maguarichi, Chinipas, Guazapares, Urique, Batopilas, Guachochi, Morelos y Guadalupe y Calvo, todos en el estado de

Chihuahua, con Vulnerabilidad Ambiental Muy Alta. Choix es de vulnerabilidad Ambiental Alta; el resto de los municipios del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, son de Vulnerabilidad Ambiental Media. (ver Figura 5.7).

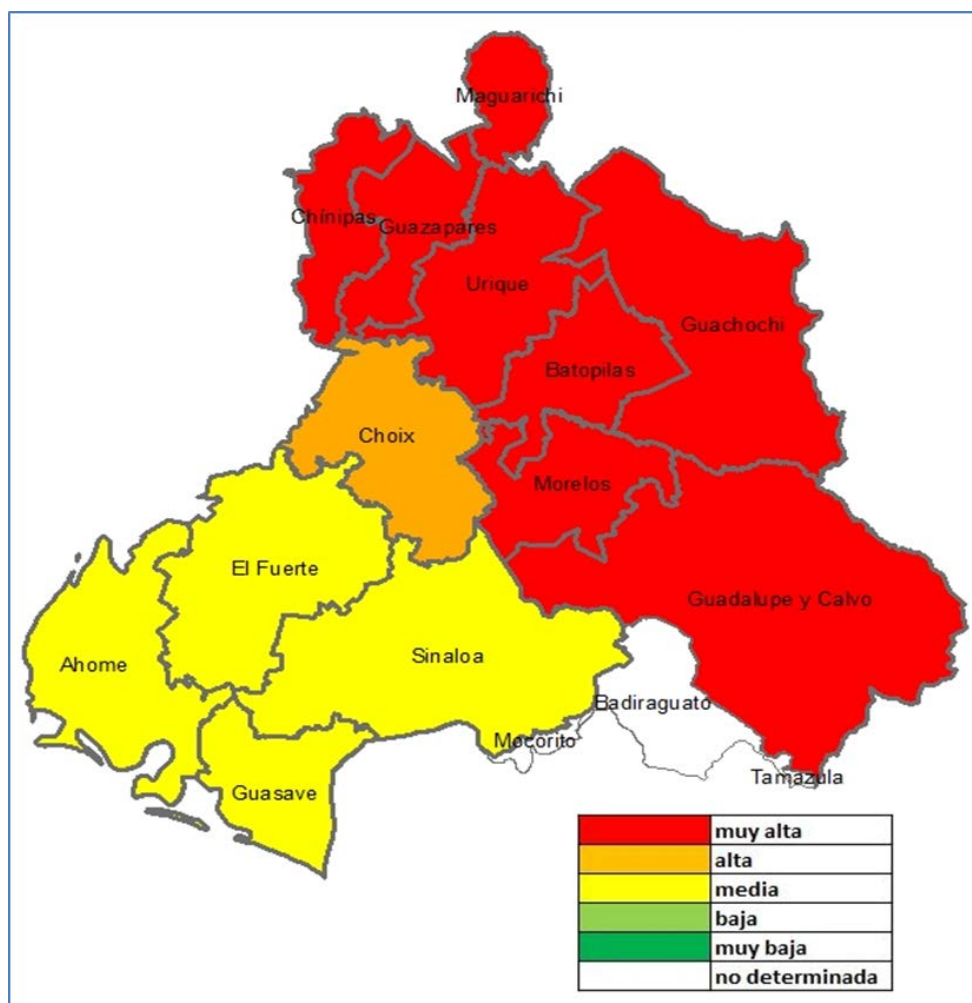


Figura 5.7 Vulnerabilidad ambiental a la sequía por municipios del Consejo.

En relación a la Vulnerabilidad Económica en la zona de estudio, los resultados muestran a 6 municipios con Vulnerabilidad económica Muy Alta, estos son: Maguarichi, Batopilas, Morelos y Guadalupe y Calvo en el estado de Chihuahua y El Fuerte y Guasave en el estado de Sinaloa; 6 de son de Vulnerabilidad Económica Alta: Chinipas, Guazapares, Urique, Guachochi, Choix y Sinaloa; el único municipio que resulto con una Vulnerabilidad Económica Muy Baja es Ahome en Sinaloa, (ver Figura 5.8).

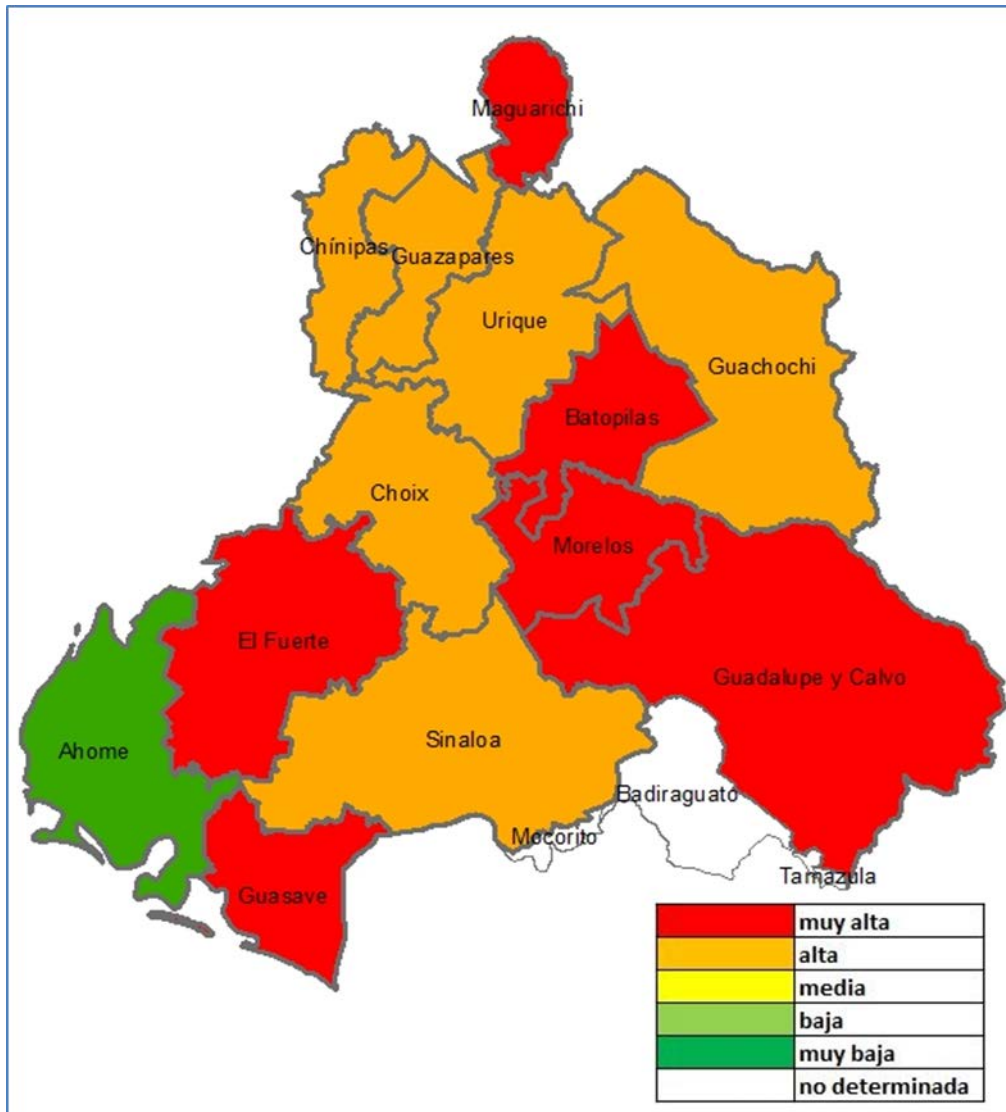


Figura 5.8 Vulnerabilidad económica a la sequía por municipios del Consejo de Cuenca.

En relación a la vulnerabilidad social en la zona de estudio, los resultados muestran que un municipio tiene Muy Alta Vulnerabilidad, este es: Batopilas; cinco de Alta Vulnerabilidad: Chinipas, Urique, Guachochi, Morelos y Guadalupe y Calvo; Uno de vulnerabilidad media: Maguarichi; dos de Baja Vulnerabilidad: Choix y Sinaloa y finalmente tres con Muy Baja Vulnerabilidad: Ahome, El Fuerte y Guasave, Sinaloa (ver Figura 5.9).

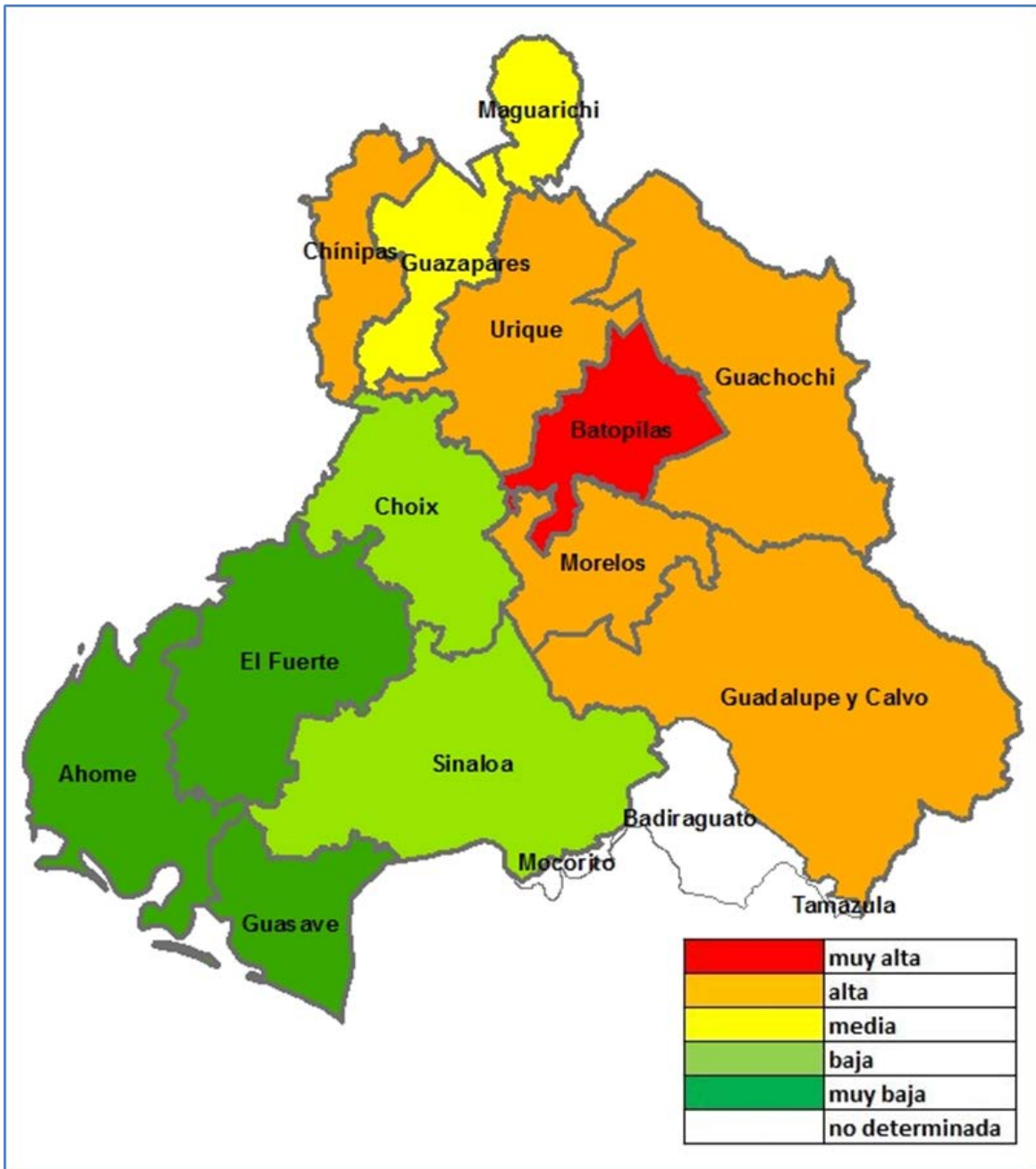


Figura 5.9 Vulnerabilidad social a la sequía por municipios del Consejo.

Al combinarse los resultados de las tres vulnerabilidades se genera una Vulnerabilidad Global, que permite ubicar en el espacio municipal zonas prioritarias que deben establecer un plan de manejo de la sequía para reducirla o mitigarla. Los municipios con muy alta vulnerabilidad son tres: Batopilas, Morelos y Guadalupe y Calvo en el estado de Chihuahua; cinco municipios de Alta Vulnerabilidad: Chinipas, Guazapares, Maguarichi, Urique y Guachochi en el estado de Chihuahua; cuatro municipios de Vulnerabilidad Global Media: Choix, El Fuerte, Sinaloa y Guasave; y solamente el municipio de Ahome, Sinaloa, presenta Vulnerabilidad Global Baja, (ver Figura 5.10).

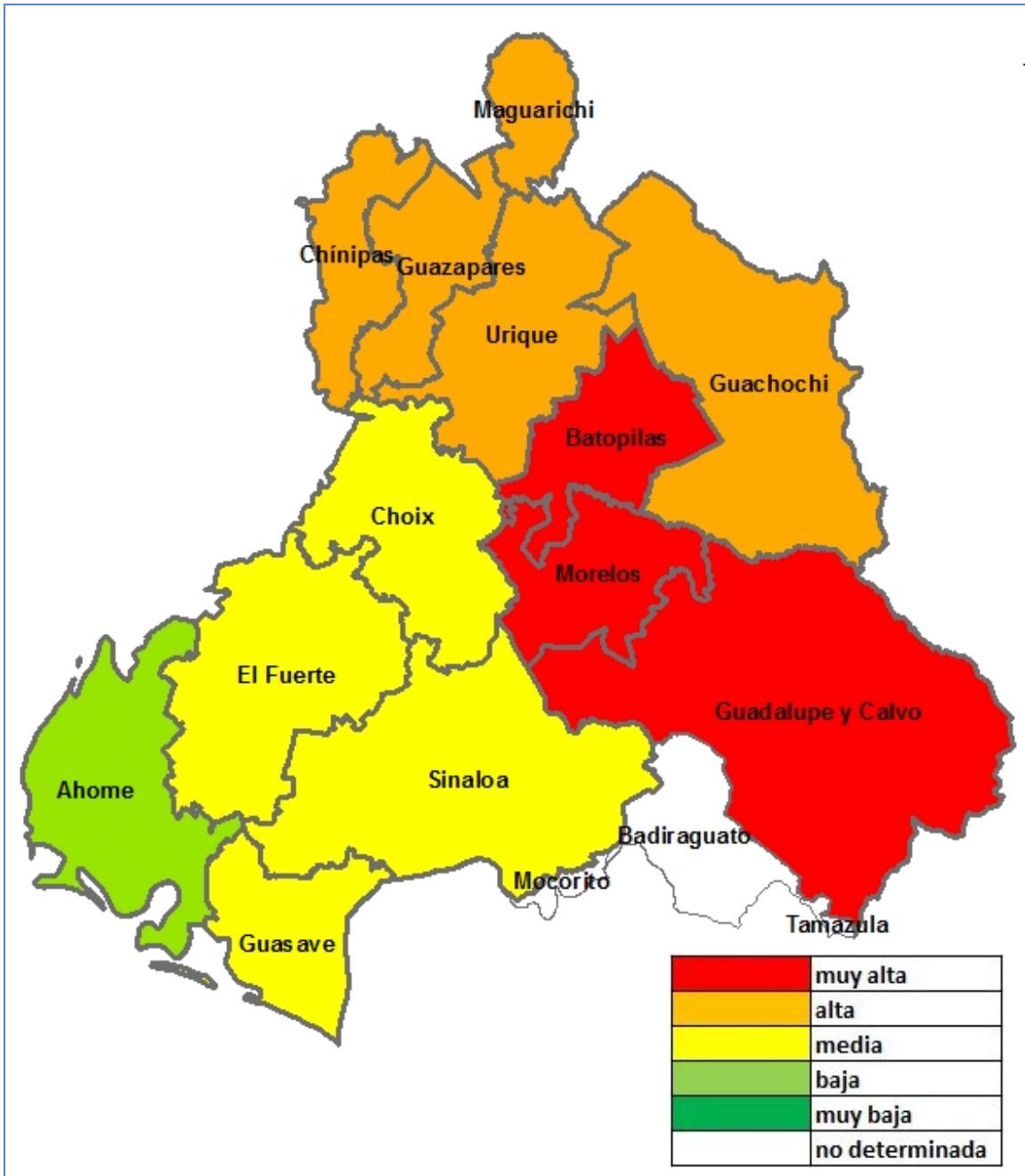


Figura 5.10 Vulnerabilidad global a la sequía por municipios del Consejo.

6

CONSEJO DE CUENCA DE LOS RÍOS FUERTE Y SINALOA

6.1 Umbrales de sequía

En este apartado se proponen los umbrales para determinar las etapas de evolución de la sequía y las medidas preventivas y de mitigación apropiadas para cada una de ellas. Se determinan con base en la información disponible, como se indica a continuación:

- La CONAGUA actualiza información diaria sobre presas (volumen de almacenamiento, aportación, extracción, evaporación, precipitación) y temperaturas máximas y mínimas.
- Es importante validar la veracidad de la información, así como disponer de un registro diario de las transferencias entre presas donde se establezca la razón de dicho movimiento y el usuario al que se destina el agua.
- Los volúmenes utilizados para generar energía eléctrica por parte de la Comisión Federal de Electricidad, no deben sumarse a los usos consuntivos del agua.
- Además es necesario documentar sucesos anormales que afecten los volúmenes almacenados y la duración del evento.

Los umbrales determinan los rangos de intensidad de sequía que sirven para definir acciones apropiadas para cada rango de intensidad y emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequías. La CONAGUA es la organización encargada de difundir la información sobre los umbrales, en el momento que se presenten las condiciones hidrometeorológicas tipificadas como sequía.

Para la selección de los umbrales de sequía, se tomaron en cuenta la disponibilidad de agua, el monitoreo de la sequía y los acuerdos para los lineamientos y mitigación de la sequía establecidos en el Diario Oficial de la Federación, que condicionan la periodicidad de la evaluación de cada etapa. Con base en lo anterior, se seleccionaron los siguientes indicadores:

- Determinación de la intensidad de la sequía.
- Precipitación.
- Escurrimiento.
- Niveles en los mantos acuíferos.
- Almacenamiento en las presas.

Los umbrales serán evaluados comparando los valores actuales con los valores hidrometeorológicos promedio en el periodo de evaluación. Las etapas de sequía serán clasificadas de acuerdo con valores de referencia de los indicadores, tal como se explica a continuación y se muestran en las tablas 6.2 y 6.3 Para declarar la etapa de sequía se utilizara el promedio de cada umbral por entidad federativa representada en el Consejo de Cuenca.

Finalmente, se recomienda adoptar el procedimiento automatizado con la información disponible por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para asegurar la calidad y visibilidad de la información. Se recomienda que a través del tiempo se impulse un sistema automatizado para la medición de la demanda de agua por los usuarios, pues es una herramienta esencial para la gestión del agua.

6.1.1 Intensidad de sequía

Para establecer la intensidad de sequía se utiliza el Standardized Precipitation Index (SPI, Índice de Precipitación Estandarizado). Se clasifica la intensidad de sequía de acuerdo con el North American Drought Monitor (NADM): anormalmente seco (D0), sequía moderada (D1), sequía severa (D2), sequía extrema (D3) y sequía excepcional (D4).

6.1.2 Precipitación

El índice de precipitación se evalúa cada mes mediante la comparación de la precipitación mensual del año actual, con los valores de precipitación mensual promedio de los años anteriores, esta información está disponible en el Servicio Meteorológico Nacional, o la que se obtenga directamente del OCPN. Esta última es la precipitación media mensual en un periodo de treinta años por estación climatológica. El valor de referencia se determina según el porcentaje del valor normal de precipitación para cada estación calculado por plazos desde los últimos tres a doce meses. Las estaciones por municipio donde se evalúa la precipitación se muestran en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1 Estaciones por municipio del Consejo de Cuenca.

| Estado | Estación | Municipio |
|------------------|------------------------------|-------------------|
| Chihuahua | Batovira | Maguarichi |
| | Guadalupe y Calvo (SMN) | Guadalupe y Calvo |
| | Urique I (DGE) | Urique |
| | Tubares | |
| Sonora | Yocoquihua | Álamos |
| Sinaloa | Huites | Choix |
| | Bacurato y La Vainilla (CFE) | Sinaloa |
| | Mahome | El Fuerte |
| | Sabino | |
| | Bocatoma Sufragio | Guasave |
| | Zopilote | |
| | Los Mochis | |
| | Higuera de Zaragoza | Ahome |

Si existe un déficit de precipitación fuera del rango normal, los registros de precipitación seguirán marcando este déficit hasta que se alcance una condición normal. El déficit de precipitación se presenta como una

disminución en la disponibilidad de los recursos hídricos según avanza el año, por lo tanto las etapas de sequía serán diferentes según los porcentajes de normalidad de la precipitación en la fecha de la evaluación.

6.1.3 Escurrimiento

El escurrimiento representa el gasto natural en los ríos y se mide en la estación hidrométrica ubicada como punto de control a la salida de la cuenca. El umbral del escurrimiento se calcula por medio del Streamflow Drought Index (SDI, Índice Hidrológico de Sequía), el valor resultante del análisis de los registros de escurrimiento o gasto en ríos sirve para determinar la severidad y temporalidad de una sequía. El SDI es monitoreado en las siguientes estaciones hidrométricas:

- Presa Huites, en la Subcuenca Río Fuerte 1 del Río Fuerte.
- Estación Hidrométrica Choix, en la Subcuenca Río Choix del Río Fuerte.
- Estación Hidrométrica Cazanate, en la Subcuenca Arroyo Álamos del Río Fuerte.
- Estación Hidrométrica Higueras de Zaragoza, en la desembocadura de la Subcuenca Río Fuerte 2 del Río Fuerte.
- Presa Gustavo Díaz Ordaz, en la Subcuenca Río Sinaloa 1 del Río Sinaloa.
- Presa Ing. Guillermo Blake Aguilar, en la Subcuenca Arroyo Ocoroni del Río Sinaloa.
- Estación Hidrométrica Zopilote, en la Subcuenca Arroyo Cabrera del Río Sinaloa.
- Estación Hidrométrica Guasave, en la desembocadura de la Subcuenca Río Sinaloa 2 del Río Sinaloa.

6.1.4 Niveles en los Mantos Acuíferos

Los niveles estáticos de agua subterránea en los pozos (piloto) representativos para cada acuífero se utilizarán para el seguimiento de los niveles en los acuíferos. Los niveles mensuales se compararán con los valores equivalentes al vigésimo quinto, décimo y el quinto percentil de los registros históricos. La selección de los puntos de monitoreo tiene que tomar en cuenta que los pozos se encuentren fuera de la zona de riego, para que no tengan la influencia de los retornos de riego, lo cual enmascara el efecto real de la sequía, la selección de los puntos de monitoreo será determinada por el OCPN de la CONAGUA. Los niveles en los acuíferos se miden en varios puntos de monitoreo, que varían según el tamaño de los acuíferos:

- Río Fuerte, 12 puntos: 3 en la parte alta de la cuenca, 3 en la parte media de la cuenca y 6 en la parte baja.
- Río Sinaloa, 7 puntos: 2 en la parte alta de la cuenca, 2 en la parte media y 3 en la parte baja.
- El Carrizo, 5 puntos: 2 en la parte alta de la cuenca, uno en la parte media y 2 en la parte baja.

6.1.5 Almacenamiento en las Presas

Debido a que la temporada de estiaje termina en junio, el momento más crítico para el almacenamiento comienza al inicio del verano. La evaluación mensual del nivel de almacenamiento en las presas de Sinaloa se realiza en las siguientes presas:

- Miguel Hidalgo y Costilla ubicada en el Río Fuerte.
- Luis Donaldo Colosio ubicada en el Río Fuerte.
- Gustavo Díaz Ordaz ubicada en el Río Sinaloa.
- Josefa Ortiz de Domínguez ubicada en el Río Fuerte.
- Ing. Guillermo Blake Aguilar ubicada en el Arroyo Ocoroni.

6.2 Etapas de la Sequía

Los umbrales se presentan en las Tablas 6.2 y 6.3, y según sus valores se definen las etapas de la sequía, permitiendo comunicar el estado actual a los usuarios y la toma de decisiones de manera oportuna. Las etapas son:

- Etapa 1, Alerta Temprana. Anormalmente seco (D0): se trata de una condición de sequedad, no es un tipo de sequía. Se presenta al principio o cuando no hay sequía. Al principio de la sequía, debido a la sequedad de corto plazo hay retraso de la siembra de cultivos anuales, limitado crecimiento de los cultivos o pastos y riesgo de incendios por arriba del promedio. Al concluir la sequía, existe un déficit persistente de agua y pastos o cultivos no recuperados completamente. Se recomienda una reducción voluntaria de la demanda de un 10%.
- Etapa 2, Respuesta. Sequía moderada (D1): cuando se presentan algunos daños a los cultivos y pastos, alto riesgo de incendios, niveles bajos en arroyos, embalses y pozos, y escasez de agua. Se requiere restringir el uso de agua de manera voluntaria y reducir la demanda un 20%.
- Etapa 3, Urgencia. Sequía severa (D2): Se presenta cuando se dan probables pérdidas en cultivos o pastos, muy alto riesgo de incendios y escasez de agua. Se imponen medidas voluntarias y algunas restricciones de uso del agua para reducir la demanda un 30%. Se prepara un plan de contingencia específico a la situación en la cuenca.
- Etapa 4, Emergencia. Sequía extrema (D3): se dan mayores pérdidas en cultivos o pastos, peligro extremo de incendio y condiciones de escasez de agua. Las restricciones de uso de agua son obligatorias con el objetivo de reducir la demanda el 40%. Se Activa el Plan de Contingencia específico a la situación en la cuenca.
- Etapa 5, Crítica. Sequía excepcional (D4): se presentan pérdidas excepcionales y generalizadas de los cultivos o pastos, riesgo de incendio excepcional, escasez de agua en los embalses, arroyos y pozos y se crean situaciones de emergencia debido a la ausencia de agua. Las restricciones de uso de agua son obligatorias con el objetivo de reducir la demanda un 50%. Se activa el plan de contingencia específico a la situación en la cuenca y se declara un estado de emergencia.

6.3 Evaluación de la sequía

Se recomienda la implementación de un proceso por etapas para la definición de las condiciones e índices de sequía. Los indicadores de sequía serán monitoreados de manera continua durante todo el año, y según el estado

de la sequía se determinará la respuesta para un plazo variable de acuerdo a la etapa de sequía. La frecuencia de la evaluación se incrementará si la sequía se intensifica, como se indica a continuación:

- Etapa 1 - Mensual
- Etapa 2 - Mensual
- Etapa 3 - Quincenal
- Etapa 4 - Semanal
- Etapa 5 - Semanal o según sea necesario

La CONAGUA debe preparar un informe según la etapa de sequía y distribuirlo a las dependencias de los tres niveles de gobierno, los Consejos de Cuenca, los organismos operadores, los distritos y módulos de riego, las asociaciones civiles y los medios de comunicación; así como publicar la información en la página *web*.

Los umbrales se establecen con base en un análisis de las fases progresivas de ocurrencia de sequía, tal como se describe a continuación.

6.3.1 Etapa 1, alerta temprana normal (azul)

El PSI está en la Fase de Anormalmente Seco. Las presas están al 80% o más de su capacidad.

6.3.2 Etapa 2, respuesta (verde)

El PSI está en la fase de sequía moderada. Solo un indicador fuera de la gama normal según estos criterios:

- La precipitación excede el porcentaje de la precipitación normal para el periodo de tiempo en la Tabla 6.2.
- El escurrimiento de los ríos y arroyos está por encima del 25 percentil normalizado.
- Los niveles freáticos están por encima del 25 percentil normalizado
- El nivel de almacenamiento de las presas en la cuenca es menor al 80%

6.3.3 Etapa 3, urgencia (amarillo)

El PSI está en la fase de sequía severa. Al menos dos indicadores cumplen las siguientes condiciones:

- Los niveles de precipitación están por debajo del porcentaje de la precipitación normal para el periodo de tiempo en la Tabla 6.2.
- El escurrimiento de los ríos y arroyos está entre el 10 y 25 percentil normalizado
- Los niveles freáticos se sitúan entre el 10 y 25 percentil normalizado
- El nivel de almacenamiento de las presas en la cuenca es menor al 65%.

6.3.4 Etapa 4, emergencia (naranja)

El PSI está en la Fase de Sequía Extrema. Al menos dos indicadores cumplen las siguientes condiciones:

- Los niveles de precipitación están en o por debajo del porcentaje de la precipitación normal para el periodo de tiempo en la Tabla 6.2.
- El escurrimiento de los ríos y arroyos está entre el 5 y 10 percentil normalizado.
- Los niveles freáticos se sitúan entre el 5 y 10 percentil normalizado.
- El nivel de almacenamiento de las presas en la cuenca es menor al 40%.

6.3.5 Etapa 5, crítica (rojo)

El PSI está en la fase de sequía excepcional. Al menos dos indicadores cumplen las siguientes condiciones:

- Los niveles de precipitación están por debajo del porcentaje de la precipitación normal para el periodo de tiempo en la Tabla 6.2.
- El escurrimiento de los ríos y arroyos es menor al 5 percentil normalizado.
- Los niveles freáticos por debajo del 5 percentil normalizado.
- El nivel de almacenamiento de las presas en la cuenca es menor al 20%.

Tabla 6.2 Umbrales por etapa según los Indicadores de Sequía.

| Etapa | Índice de precipitación estandarizado (SPI) | Precipitación normal para el periodo de evaluación (%) | Índice hidrológico de sequía | Percentil normalizado de los niveles en los mantos acuíferos | Almacenamiento en las presas (%) |
|------------------------|---|--|------------------------------|--|----------------------------------|
| Etapa 1 | | | | | |
| Alerta Temprana | Anormalmente Seco | 0.9 | $SDI > 0.0$ | >50 | > 80 |
| Etapa 2 | | | | | |
| Respuesta | Sequía Moderada | Ver Tabla 6.3 | $-1 < SDI < 0.0$ | >25 | < 80 |
| Etapa 3 | | | | | |
| Urgencia | Sequía Severa | Ver Tabla 6.3 | $-1.5 < SDI < -1.0$ | 25 | < 65 |

| | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|----|------|
| Etapa 4 Emergencia | Sequía Extraordinaria | Ver Tabla 6.3 | $-2.0 < SDI < -1.5$ | 10 | < 40 |
| Etapa 5 Crítica | Sequía Excepcional | Ver Tabla 6.3 | $SDI < -2.0$ | 5 | < 20 |

Tabla 6.3 Umbrales según la Precipitación.

| Número de meses analizados | Moderada | Severa | Extraordinaria | Crítica |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| | (% de la precipitación normalizada) | (% de la precipitación normalizada) | (% de la precipitación normalizada) | (% de la precipitación normalizada) |
| 3 | > 75.0 | 75.0 | 65.0 | 55.0 |
| 4 | > 80.0 | 80.0 | 70.0 | 60.0 |
| 5 | > 80.0 | 80.0 | 70.0 | 60.0 |
| 6 | > 80.0 | 80.0 | 70.0 | 60.0 |
| 7 | > 81.5 | 81.5 | 71.5 | 61.5 |
| 8 | > 82.5 | 82.5 | 72.5 | 62.5 |
| 9 | > 83.5 | 83.5 | 73.5 | 63.5 |
| 10 | > 85.0 | 85.0 | 75.0 | 65.0 |
| 11 | > 85.0 | 85.0 | 75.0 | 65.0 |
| 12 | > 85.0 | 85.0 | 75.0 | 65.0 |

7. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Las medidas de mitigación y los actores responsables de tomar las decisiones varían según la etapa de la sequía. La CONAGUA, los Consejos de Cuenca, las Comisiones Estatales de Agua, los Organismos Operadores, los Módulos y Distritos de Riego, y todos los usuarios del agua tienen un rol fundamental, pero según evolucione la sequía será necesario incluir otras dependencias de los tres niveles de gobierno.

Se recomienda que en cada etapa la CONAGUA y el Consejo de Cuenca formalmente acuerden y declaren la existencia de la situación de sequía, incluyendo la etapa en la que se encuentre. También es importante la participación de los responsables de la cultura del agua en cada una de las etapas y mantener informadas a las autoridades para evitar que se politice la situación de la sequía distraendo los esfuerzos de gestión.

En la etapa 1, la CONAGUA es responsable de monitorear e informar oportunamente del estado de sequía. En la etapa 2, debe convocar una reunión con el Consejo de Cuenca para informar del estado de sequía y acordar la necesidad de tomar acciones preventivas. En esta etapa se debe establecer un espacio donde se realicen las actividades necesarias para la gestión de la sequía, preferentemente en las oficinas de la CONAGUA en la ciudad de Los Mochis. Es importante que desde esta etapa se acuerde el responsable de la gestión, inicialmente podría ser la CONAGUA, pero a largo plazo se recomienda que el Consejo de Cuenca asuma esta responsabilidad, de acuerdo con el principio de que la gestión óptima de los recursos hídricos se logra a nivel local. Para realizar esta propuesta se necesita fortalecer el Consejo de Cuenca y dotarlo con los recursos necesarios, esta es una de las estrategias necesarias para lograr la Gestión integral de Recursos Hídricos en las Cuencas del Consejo. En esta etapa se coordinan todas las actividades entre los tres niveles de gobierno para atender las necesidades de la población. Se requiere que el Consejo de Cuenca lleve a cabo una reunión mensual. En la etapa 3, adicional a las actividades realizadas en la etapa 2, el Consejo de Cuenca debe mantener una reunión quincenal. Se informa a las otras dependencias de Gobierno del Estado, la posibilidad de aplicar recursos para enfrentar la sequía.

En la etapa 4, se intensifican las acciones realizadas en las etapas anteriores y se realizan reuniones semanales del Consejo de Cuenca con la participación de las dependencias responsables de los tres niveles de gobierno, sin perder la comunicación con los sectores sociales más vulnerables. Finalmente en la etapa 5 además de las medidas adoptadas en la etapa 4, la CONAGUA realizará una evaluación de los factores ambientales, económicos y sociales para emitir un Decreto de Estado de Emergencia. Las medidas de mitigación serán aplicadas según la evaluación de la existencia de sequía y su severidad.

7.1 Etapa 1

- La meta es reducir la demanda de agua en un 10% en forma voluntaria.
- Reducción obligatoria de la demanda de agua en el uso agrícola del 10%.
- Publicación mensual de un informe técnico o boletín con análisis de los umbrales, tendencias y pronóstico a largo plazo, para el Consejo de Cuenca. Además, el informe debe presentar el estado actual de los indicadores (verde, amarillo, naranja o rojo) y debe ser de fácil acceso en internet, incluyendo la página *web* de la CONAGUA, la SAGARPA, la Secretaría de Agricultura del Estado, el Consejo de Cuenca, la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado, los Organismos Operadores, los Módulos de Riego y las Asociaciones Civiles, entre otros.
- Preparación de un comunicado de prensa que contenga un resumen del informe técnico escrito de tal manera que pueda ser comprendido por la población.
- El Consejo de Cuenca elabora los planes y programas anuales para la gestión de la sequía

7.2 Etapa 2

- La meta es reducir la demanda del uso público urbano en un 20% en forma obligatoria.
- Reducción obligatoria de la demanda de agua en el uso agrícola del 20%.
- La CONAGUA notifica a los tres niveles de gobierno que en la cuenca se ha declarado la Etapa 2 de sequía.
- La CONAGUA y los medios de comunicación implementan una campaña de sensibilización, con el fin de ofrecer a los usuarios información actualizada sobre el estado de la sequía.
- Promoción en los medios de comunicación del uso racional del agua.
- Se activa el plan de gestión de la sequía para la cuenca y se establece la Organización para la Gestión de la Sequía.
- Los Consejos de Cuenca y los Organismos Operadores activan sus planes anuales para la gestión de la sequía.
- Los Consejos de Cuenca y los Organismos Operadores aplican la normatividad para asegurar que los usuarios cumplan con las metas establecidas para disminuir el consumo de agua.
- Los Consejos de Cuenca y los Organismos Operadores aumentan sus esfuerzos para la promoción de la cultura del agua, con el fin de educar a los usuarios sobre la necesidad y los aspectos prácticos para la conservación del agua.
- Los Consejos de Cuenca y los Organismos Operadores mantienen el monitoreo exacto del suministro, extracción y registro del consumo de agua.
- Los Organismos Operadores monitorean la producción de agua diaria y presentan un informe mensual a la CONAGUA y a la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado.
- Los Organismos Operadores determinan la pérdida de agua no contabilizada y ponen en marcha programas proactivos para la detección y reparación de fugas.

- Los Organismos Operadores desarrollan e implementan programas de calibración de medidores y remplazo de aquellos que no cumplan con los estándares de medición. Igualmente se implantarán programas para la detección y eliminación de tomas clandestinas.
- Se recomienda a los propietarios la reparación de fugas y goteos.
- Los propietarios instalan accesorios para la conservación del agua durante la construcción y rehabilitación de edificios.
- Instalaciones gubernamentales (de los tres niveles de gobierno) y las oficinas de los Organismos Operadores evalúan el uso del agua, identifican y reparan fugas e instalan dispositivos de ahorro o captación de agua de manera oportuna. Además se aplican programas de difusión y comunicación en las dependencias para involucrar a los empleados en programas para conservar el agua.
- Se invita a los módulos de riego, a los usuarios del área comercial e industrial, a desarrollar planes de contingencia para reducir el consumo de agua un 20%.
- Los módulos de riego, los comercios e industrias desarrollan e implementan medidas para la conservación del agua.

7.3 Etapa 3

- La meta es reducir la demanda el 30%.
- Reducción obligatoria en la demanda de agua en el uso agrícola del 30%..
- La CONAGUA notifica a los tres niveles de gobierno que en la cuenca se ha declarado la etapa 3 de Sequía.
- Se ejecuta el plan de gestión de la sequía para la cuenca y se establece la organización para la gestión de la sequía.
- La CONAGUA informa a los usuarios de los sectores público urbano, comercial e industrial de los cambios en los indicadores.
- El departamento de divulgación e información de la CONAGUA acuerda con las estaciones de radio y televisión locales emitir actualizaciones semanales del estado de sequía.
- Se establece el contacto con los coordinadores municipales de sequía.
- La CONAGUA, el Consejo de Cuenca, los módulos de riego y los organismos operadores proporcionan a los usuarios recomendaciones para la conservación del agua.
- La CONAGUA y la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado monitorean problemas detectados en los sistemas de agua.
- La página *web* de la CONAGUA se actualiza cada 2 semanas o más frecuentemente si es necesario.
- Los Organismos Operadores activan los planes de conservación del agua.
- Los Organismos Operadores realizan activamente la detección de fugas y los programas de reparación.
- Se reduce el consumo de agua municipal, por ejemplo en fuentes y riego de parques y jardines.
- Los sectores industrial y comercial activan planes de emergencia de agua.

- Los propietarios de viviendas, instalaciones de gobierno y los sectores industrial y comercial, reducen el uso de agua para riego.
- Instalaciones gubernamentales (de los tres niveles de gobierno) y las oficinas de los Organismos Operadores evalúan el uso del agua, identifican y reparan fugas e instalan dispositivos de ahorro o captación de agua de manera oportuna. Además se aplican programas de difusión y comunicación en las dependencias para involucrar a los empleados en programas para la conservación del agua.

7.4 Etapa 4

- La meta es reducir la demanda el 40%.
- Reducción obligatoria de la demanda de agua en el uso agrícola del 40%.
- La CONAGUA notifica a los tres niveles de gobierno que en la cuenca se ha declarado la etapa 4 de sequía.
- Se ejecuta el plan de gestión de la sequía para el Consejo de Cuenca, la organización para la gestión de la sequía ya está funcionando.
- La CONAGUA informa a los usuarios del agua, servicios públicos, comercios e industrias, de los cambios en los Indicadores.
- El departamento de divulgación e información de la CONAGUA acuerda con las estaciones de radio y televisión locales emitir las actualizaciones diarias del estado de sequía a los usuarios.
- Se impulsan acciones con los coordinadores municipales de sequía.
- La CONAGUA, el Consejo de Cuenca, los módulos de riego y los Organismos Operadores proporcionan a los usuarios recomendaciones para la conservación del agua.
- La CONAGUA y la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado monitorean problemas detectados en los sistemas de agua.
- La página *web* de la CONAGUA se actualiza cada semana o más frecuentemente si es necesario.
- Los organismos operadores activan los planes de conservación del agua.
- Los organismos operadores realizan activamente la detección de fugas y los programas de reparación.
- La CONAGUA y los organismos operadores establecen contacto con los grandes consumidores de los sectores industrial y comercial.
- Se prohíbe el uso de agua potable no esencial, en fuentes y riego de parques y jardines.
- Los sectores industrial y comercial activan planes de emergencia de agua.
- Los propietarios de viviendas, instalaciones del gobierno, comercios e industrias reducen el uso de agua para riego.
- Las Instalaciones gubernamentales (de los tres niveles de gobierno) y las oficinas de los organismos operadores evalúan el uso del agua, identifican y reparan fugas e instalan dispositivos de ahorro o captación de agua de manera oportuna. Además se aplican programas de difusión y comunicación en las dependencias para involucrar a los empleados en programas para la conservación del agua.

7.5 Etapa 5

- La meta es reducir la demanda de agua el 50%.
- La CONAGUA notifica a los tres niveles de gobiernos que en la cuenca se ha declarado la etapa 5 de Sequía.
- La CONAGUA emite el “Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía”.
- Reducción obligatoria de la demanda de agua en el uso agrícola del 50%.
- Se ejecuta el Plan de Gestión de la Sequía para las Cuencas del Consejo. La organización para la gestión de la sequía ya está funcionando.
- La CONAGUA informa a los usuarios de los cambios en los indicadores de sequía.
- El departamento de divulgación e información de la CONAGUA acuerda con las estaciones de radio y televisión locales emitir actualizaciones diarias del estado de sequía a los usuarios.
- Se establece una línea telefónica de atención.
- Se impulsan acciones con los coordinadores municipales de sequía.
- La CONAGUA, el Consejo de Cuenca, los módulos de riego y los Organismos Operadores proporcionan a los usuarios recomendaciones para la conservación del agua.
- La CONAGUA y la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado monitorean problemas detectados en los sistemas de agua.
- La página *web* de CONAGUA se actualiza diariamente.
- Los organismos operadores activan los planes de conservación del agua.
- La CONAGUA y los organismos operadores informan formalmente a los usuarios de la gravedad de la escasez de agua.
- Los organismos operadores realizan activamente la detección de fugas y los programas de reparación.
- Se establecen sistemas de vigilancia para asegurar el cumplimiento de las restricciones.
- La CONAGUA, PROFEPA y los organismos operadores impulsan programas de eficiencia del uso del agua con los grandes consumidores de los sectores industrial y comercial.
- Se prohíbe el uso de agua potable no esencial en viviendas, instalaciones de gobierno, comercios e industrias.
- Los sectores industrial y comercial activan Planes de Emergencia de Agua.
- Los sectores industrial y comercial reducen el consumo de agua.
- Instalaciones gubernamentales (de los tres niveles de gobierno) y las oficinas de los Organismos Operadores evalúan el uso del agua, identifican y reparan fugas e instalan dispositivos de ahorro y captación de agua. Además se aplican programas de difusión y comunicación en las dependencias de gobierno para involucrar al personal en programas para la conservación del agua.

8. MEDIDAS PREVENTIVAS

Las estrategias para la gestión de la demanda están fundamentadas en dos principios:

- No se puede administrar lo que no se conoce. Por ello, es importante analizar a detalle la demanda de agua de los usuarios y la evaluación de las fuentes de abastecimientos, para determinar el equilibrio entre la oferta y la demanda.
- No se cuida lo que no se paga. El consumo se incrementa cuando no se paga el costo real de captación y distribución del agua al usuario. En el caso de la ciudad de Nelson, en Nueva Zelanda, la cobertura universal de medición y la introducción de pago por uso disminuyó la demanda un 37% (BEACON, 2008).

8.1 Medidas para la gestión de la demanda

8.1.1 Políticas Óptimas de Operación de Presas

Se recomienda determinar el nivel de servicio a través de las Políticas Óptimas de Operación de Presas por medio del siguiente proceso:

- El Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas (CTOOH) propone políticas óptimas de operación de las presas de Sinaloa a los Comités Hidráulicos de los Distritos de Riego para su discusión y aprobación, antes del 1 de septiembre.
- Las políticas óptimas de operación aprobadas por el CTOOH y los comités hidráulicos, serán dados a conocer antes del 1 de octubre a los usuarios de riego, a través de una campaña de comunicación y participación social a cargo del Organismo de Cuenca Pacifico Norte.

8.1.2 Pronóstico de la oferta, demanda y planes de riego

En relación al pronóstico de la oferta y la demanda de agua, el objetivo es desarrollar un modelo integral de optimización anual para definir la operación del sistema de presas y la asignación del volumen mensual de agua para la irrigación de diferentes cultivos, así como para satisfacer los requerimientos del uso público urbano basado en las condiciones hidrológicas, agronómicas y económicas en el territorio del Consejo de Cuenca.

El modelo debe maximizar los beneficios anuales netos del sector agrícola, al minimizar el riesgo de déficit o derrames en el sistema de presas, incluyendo cambios en el suministro de agua debido a la incertidumbre de las precipitaciones y del escurrimiento de los ríos y establecer cambios en la demanda de agua provocados por la incertidumbre de los precios y costos de los cultivos con respecto a datos del año agrícola. Los resultados obtenidos con el modelo se deben analizar y comparar con los resultados reales obtenidos, en particular para conocer las funciones analíticas del modelo.

Los resultados se utilizan para optimizar y analizar la operación del sistema de presas, así como para manejar los recursos hidráulicos en los distritos de riego, permitiendo seleccionar el patrón de cultivos de acuerdo con sus máximos beneficios económicos y las extracciones óptimas mensuales del agua disponible del sistema de presas. De no contar con este modelo, se recomienda que el OCPN realice los cálculos básicos de oferta y demanda con base en la información histórica al 1 de julio del año correspondiente. Los cálculos deben considerar escenarios de escurrimiento según la probabilidad de la presencia del tipo de sequía (de Anormalmente Seco a Crítica). El OCPN deberá determinar el escenario más probable, considerando un factor de seguridad que contribuya a la recuperación del nivel de almacenamiento en las presas y deberá informar a los usuarios el volumen de agua disponible.

Los resultados de los cálculos de oferta y demanda deberán ser presentados al Consejo de Cuenca y a los Distritos de Riego antes del 1 de agosto del año correspondiente, para acordar sus magnitudes en el año agrícola que comienza el 1 de octubre del mismo año.

Subsecuentemente:

1. La Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola y el OCPN instruirán a los Comités Hidráulicos para que realicen los planes de riego integrados por fuentes de abastecimiento (presas, pozos y plantas de bombeo) para el año agrícola.
2. El OCPN consolidará los planes de riego de los distritos de Sinaloa y los presentará al Consejo Estatal de Desarrollo Rural Sustentable para que los aprueben, apoyen y respeten.
3. El OCPN monitoreará la demanda y tomará acciones contra los usuarios que no cumplan con sus obligaciones.
4. El OCPN publicará un informe mensual de oferta y demanda en las cuencas, con observaciones de las tendencias.

8.1.3 Cobro y pago por el uso del agua

Los derechos por explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales según *zonas de disponibilidad, 2013*, se muestran en la Tabla I-1 del Apéndice I. Se puede observar que el consumo agropecuario, sin exceder la concesión, es gratuito. Esto plantea varios problemas; primero, el consumo se calcula por superficie irrigada y no por el volumen real utilizado; además no existe un sistema para validar las concesiones.

Si se aplicara un cobro de 0.30 centavos por metro cúbico a los 4066 Mm³ demandados por el sector agrícola en las Cuencas del Consejo, se generaría un recurso anual de 12.2 millones de pesos que se podría dedicar a crear un fondo para mejorar la eficiencia de la infraestructura del sector agrícola. El cobro propuesto por el uso del agua es menor al costo de bombeo en los distritos de riego del Consejo de Cuenca (ver Tabla I-2 del Apéndice I).

Un estudio de la demanda de agua en la Comarca Lagunera, Coahuila y Durango, concluyó que todos los sectores consumidores responden inelásticamente a cambios en las tarifas y cuotas cobradas por su uso y servicio. Los sectores con mayor inelasticidad son el residencial y el pecuario, donde los consumidores responden pobremente a cambios en el precio, de tal manera que una política de precios en éstos no tendría éxito. Los sectores donde la demanda de agua resultó menos inelástica fueron la agricultura de riego por bombeo y la industria, donde políticas de administración de la demanda de agua tendrán que contemplar aumentos en el precio del agua usada en la industria, cuota por el servicio de riego y tarifa eléctrica para uso agrícola. La demanda de agua respondió inelástica e inversamente a cambios en la tarifa eléctrica en los sectores residencial, pecuario e industrial. Dicha relación de complementariedad indica que un aumento en las tarifas eléctricas disminuiría de manera significativa el consumo total de agua en la región (Fortis *et al.*, 2006).

En el sector público urbano los problemas que se presentan son:

- La falta de recursos para abatir las fugas y dar mantenimiento a los sistemas de agua potable y alcantarillado.
- La alta morosidad.
- En muchos municipios existe el sistema de facturación mixto, algunos usuarios pagan por volumen y otros por cuota fija. Según los organismos operadores algunas poblaciones con cuota fija consumen hasta 800 litros por habitante por día; mientras que un consumo sustentable es de 200 litros por habitante por día.
- Las dependencias de gobierno y del sector educativo, entre otros, no pagan por el uso del agua, por lo tanto se puede asumir que el consumo es más alto que si pagaran por el servicio.

En la actualidad, las pérdidas del recurso hídrico (eficiencia física) son altas y las deficiencias en el cobro del servicio (eficiencia comercial) no son aceptables y deben mejorarse. Para ello, si bien en principio pareciera que todo se podría resolver con más apoyos financieros y el aumento de las inversiones, en realidad la tarea menos costosa y que más reditúa en el aumento de la disponibilidad de agua es el incremento en la eficiencia

física y en la eficiencia comercial. Los resultados del estudio indican que si no se hacen cambios en los patrones de consumo, las ciudades demandarían en conjunto 55% más de agua que la que consumen actualmente (Pineda P. N *et al.*, 2010).

Para progresar en este tema se recomienda el siguiente curso de acción:

- Elaboración de una propuesta para la sustentabilidad financiera del sector hídrico en las cuencas, por la CONAGUA, la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado y el Consejo de Cuenca.
- Un proceso de consulta pública sobre la propuesta.
- Revisión de la propuesta con base en los comentarios recibidos.
- Presentación de la propuesta al gobierno del estado.

Idóneamente este tema se debe de tomar en cuenta en el próximo Plan Hídrico para la Región Hidrológica Administrativa Pacífico Norte.

8.1.4 Medidas estructurales para la gestión de la demanda

- Utilización de cultivos de bajo consumo de agua que demanden los mercados: siembra de frijol, garbanzo, cártamo y sorgo en lugar de maíz y trigo.
- Suministro de agua volumétrica y por tandeo a los usuarios.
- Programación de riego en tiempo real, con base en los informes meteorológicos actualizados.
- Modificaciones de los títulos de concesión de aguas superficiales.
- Aplicación del Programa de Adecuación de Derechos de Agua y redimensionamiento.
- Cancelación de los aprovechamientos de agua irregulares.
- Normas para dispositivos ahorradores.
- Impulso de una iniciativa a nivel nacional, para que sólo se vendan en el país dispositivos ahorradores.
- Establecimiento de sistemas de etiquetas ahorradoras para los dispositivos.
- Información sobre el consumo histórico en el recibo del agua
- Mejora del recibo del agua.
- Fomento de la Cultura del Agua.
- Mejora en la facturación.
- Evaluación de los medidores.
- Estudios de patrón de consumo.
- Modelo de predicción de la demanda y oferta por sector.
- Desarrollo y diseño de bajo impacto (DDBI).
- Cumplimiento con el Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-164-SCFI-2012. Edificación Sustentable Criterios y Requerimientos Ambientales Mínimos (DOF, 2012c).

8.2 Medidas preventivas por sector

8.2.1 Sector agrícola

8.2.1.1 Objetivo principal

Reducir los impactos de la sequía mediante la Implementación de medidas preventivas y de operación para lograr el uso eficiente del agua en el sector agrícola.

8.2.1.2 Objetivo General del Programa

Gestionar recursos financieros con base en un diagnóstico del sector, para la concientización, modernización y tecnificación del sector agrícola para lograr el uso eficiente del agua.

8.2.1.3 Objetivos específicos

- Identificar las diferentes fuentes de financiamiento y la forma de disposición.
- Mantener y operar la infraestructura hidráulica eficientemente.
- Incrementar la productividad agrícola mediante la rotación de cultivos.
- Asegurar agua de calidad, libre de insecticidas y productos nocivos.
- Lograr una gestión integral en el uso del agua, en coordinación con los tres niveles de gobierno.
- Proveer a los usuarios los recursos técnicos y de capacitación necesarios para el uso eficiente del agua.
- Modernizar las redes de estaciones climatológicas y pluviométricas e hidrológicas para proveer información en tiempo real para la prevención y mitigación de la sequía.
- Diseñar un programa de prevención y mitigación de contingencia ante fenómenos hidrometeorológicos extremos.

8.2.1.4 Medidas preventivas

- Identificar las características del suelo tomando en cuenta la pendiente de los terrenos, para una tecnificación adecuada y eficiente.
- Diseño de un plan estratégico de rentabilidad y producción de la diversificación de cultivos.
- Fortalecimiento financiero del sector agrícola: cálculo del precio de garantía de los productos agrícolas y consideración de la asignación de recursos económicos para el sector agrícola en el plan de asignaciones de egresos del Gobierno Federal.
- Tecnificación de los sistemas de riego.
- Programa de reforestación y arborización en las Cuencas del Consejo.
- Control sanitario de plagas con la posibilidad de diversificar los cultivos.
- Diseño de un plan por pago de servicios ambientales para el uso del agua.
- Modernización del sistema de medición y control de la distribución del agua.

- Capacitación y asistencia técnica en el uso eficiente del agua.
- Adecuación del marco jurídico del sector agrícola.
- Diseño de un plan estratégico de rentabilidad y producción de la diversificación de cultivos.
- Diseño de sistemas operativos avanzados de medición y control del agua.
- Ampliación y modernización de la red de estaciones climatológicas y pluviométricas.
- Establecer un programa de prevención y mitigación de contingencias ante fenómenos hidrometeorológicos extremos (inundaciones, huracanes, sequías, heladas).
- Respetar los programas de riego de acuerdo con la disponibilidad del agua en las presas.
- Mejorar la regulación de la extracción de los acuíferos.
- Establecer una política que facilite el acceso a los recursos gubernamentales.

8.2.2 Sector público urbano.

8.2.2.1 Objetivo principal

Mejorar la eficiencia de los Organismos Operadores para atender a la sequía.

8.2.2.2 Objetivo general del programa

Asegurar que los usuarios cuenten con suficiente agua de calidad las 24 horas del día en época de sequía.

8.2.2.3 Objetivos específicos

- Gestionar los recursos financieros suficientes para la operación de los organismos del consejo de cuenca.
- Promover la rehabilitación y ampliación de la infraestructura.
- Capacitar al personal de los organismos del Consejo de Cuenca.
- Lograr una eficiente distribución del recurso hídrico.
- Dar seguimiento coordinado a los programas que se implementan para enfrentar la sequía.
- Asegurar la calidad del agua para el consumo humano.
- Fomentar la Cultura del Agua entre los usuarios.

8.2.2.4 Medidas preventivas

- Habilitación de las fuentes de abastecimiento de agua.
- Ampliación de la infraestructura disponible de acuerdo una demanda futura.
- Capacitación permanente del personal: impartir cursos de capacitación al personal de los organismos operadores, asignación de recursos económicos suficientes para la capacitación permanente del personal, e implementación de un programa de planeación estratégica a corto, mediano y largo plazo.

- Administración y racionalización del uso del agua.
- Institucionalizar programas permanentes del uso y conservación de agua.
- Crear el departamento de información y promoción de la cultura del agua para los usuarios.
- Impartir campañas de información y concientización sobre el uso eficiente y responsable del agua.
- Generar recursos financieros suficientes: recursos propios crecientes, aumento en la cobertura del servicio de cobro, eficiente recaudación y gestión eficaz para el logro de recursos externos.
- Promover la recarga de acuíferos de acuerdo a las normas 014 y 015 de la CONAGUA.
- Fomentar el uso eficiente del agua: impulsar tarifas de acuerdo a los costos de captación, distribución y crecimiento futuro.
- Promover la recarga de los mantos freáticos: saneamiento de las fuentes, supervisión permanente de los aprovechamientos, y aplicación de programas de cultura ambiental.

8.2.3 Sectores industrial y comercial

8.2.3.1 Objetivo principal

Mejorar la administración del agua para el uso industrial y comercial.

8.2.3.2 Objetivo general del programa

Asegurar el suministro del agua para el beneficio de los usuarios industrial y comercial.

8.2.3.3 Objetivos específicos

- Asegurar el uso eficiente del agua.
- Monitorear el consumo de agua en los sectores industrial y comercial.
- Asegurar el abastecimiento de agua.
- Reducir la contaminación ambiental mediante medidas de prevención y control.
- Mejorar la productividad en la industria y darle valor agregado.

8.2.3.4 Medidas preventivas

- Aplicación de las sanciones contenidas en el Reglamento de Aguas Nacionales a aquellos usuarios que no respeten las concesiones y asignaciones.
- Suministro independiente de agua para uso industrial.
- Asegurar el uso eficiente del agua mediante programas de optimización.
- Implementación de programas de acción conjunta Gobierno Empresa para la extracción de aguas subterráneas.
- Fomento de programas entre Gobierno e Industria para el uso eficiente del agua y tratamiento de sus descargas de acuerdo al cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas.
- Elaborar e implementar un programa de concientización para el uso eficiente y responsable del agua en la industria.

8.3 Acciones de seguimiento posteriores a la ocurrencia de la sequía

El fin de una sequía se presenta cuando los riesgos de su impacto en las presas o acuíferos han disminuido y se mide con relación a los umbrales, es decir, que los indicadores estén más altos que en la etapa 1. La CONAGUA en conjunto con el Consejo de Cuenca dictaminará una situación de normalidad. En el escenario de que las restricciones de la demanda se han cumplido, éstas serán levantadas de forma inmediata por medio de un comunicado de prensa y aviso formal a las otras dependencias.

Una vez que las condiciones normales se han establecido y todas las restricciones han sido levantadas, el GTD efectuará una revisión de los procesos de gestión de la sequía comparados con el PMPMS. Esto se logrará a través de la evaluación de las medidas adoptadas durante el periodo de sequía y la identificación de las lecciones aprendidas para su uso en la gestión de futuras sequías. La Revisión Post-Sequía deberá incluir:

- Un Informe de las acciones realizadas a los 3 a 6 meses de concluida la sequía, mismo que será revisado anualmente con las evidencias de acuerdo a la planeación establecida.
- Revisión de los impactos sociales, económicos y ambientales de la sequía en referencia a la información recopilada durante y posteriormente a la sequía
- Evaluación de los umbrales y su medición.
- Evaluación de los sistemas de monitoreo y su funcionamiento durante la sequía.
- Revisión y registro de la eficacia de las medidas de mitigación adoptadas durante la sequía.
- Análisis que permita evaluar el éxito, la eficacia y los costos de las acciones de gestión de la sequía.
- Evaluación de la disponibilidad de agua en la cuenca.
- Valoración de los pronósticos de reducción en la demanda y de ser necesario, proponer nuevas medidas para la gestión de la demanda durante la sequía.
- Calibración de los modelos de predicción de la demanda y las estrategias para su control, si los patrones de demanda durante la sequía difieren de los asumidos en el plan de sequía.
- Identificación de los planes e inversión necesaria para asegurar el suministro de agua de los usuarios en tiempo y forma.

9. MONITOREO, EVALUACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PMPMS

Para asegurar el logro de los objetivos del PMPMS se establece un ciclo de mejora continua, de acuerdo con el diagrama de la Figura 9.1.



Figura 9.1 Ciclo de mejora continua del PMPMS

En este apartado se describe el sistema para evaluar los resultados, las medidas de prevención y mitigación y el proceso para actualizar el PMPMS. El monitoreo se realizará de forma continua y la evaluación cada seis meses. Inicialmente se contempla que el PMPMS será actualizado anualmente, pero una vez que se demuestren resultados tangibles a largo plazo la actualización se podría realizar cada tres años, coincidiendo con los cambios en los gobiernos estatales y municipales.

9.1 Programación y coordinación para realizar el plan de monitoreo, evaluación y actualización

Se otorga al Consejo de Cuenca la responsabilidad del monitoreo, evaluación y actualización del PMPMS, por medio del GTD, apoyado por la CONAGUA, la SAGARPA, CONAFOR, CENAPRED, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado y la Secretaría de Protección Civil. La metodología para el monitoreo, evaluación y actualización del PMPMS incluye:

- Establecer los objetivos y la programación de las actividades del GTD para el monitoreo, evaluación y actualización del PMPMS.
- Facilitar las reuniones del GTD.
- Solicitar formalmente a las dependencias de los tres niveles de gobierno información para el monitoreo, evaluación y actualización.
- Gestionar el apoyo técnico y financiero para la elaboración del plan de monitoreo, evaluación y actualización con las dependencias de los tres niveles de gobierno.

- Comunicar y motivar a las dependencias que participan en el seguimiento de los avances del PMPMS en la cuenca.
- Coordinar las reuniones con las dependencias y el GTD.
- Promover la participación de los usuarios y el público en el monitoreo, evaluación y actualización del PMPMS.

Se responsabiliza al GTD de:

- Obtener de los datos pertinentes a las medidas de prevención y mitigación en las cuencas el Plan de Monitoreo, Evaluación y Actualización.
- Coordinar los programas de monitoreo y evaluación realizados por las dependencias de gobierno.
- Ejecutar el programa de monitoreo del PMPMS y comunicar casos exitosos de las medidas de prevención y mitigación.
- Evaluar el Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía;
- Documentar e incorporar los resultados de la evaluación y análisis del programa de monitoreo en la próxima edición del PMPMS.
- Recopilar la información financiera tal como el costo de las medidas de prevención y mitigación, el impacto económico de la sequía, los beneficios logrados por el programa PMPMS, actualización del presupuesto del PMPMS y de los fondos disponibles de subvención o apoyo a las poblaciones afectadas por la sequía.
- Coordinar un ejercicio anual de simulación para la implementación del PMPMS.
- Actualizar y publicar el PMPMS.

Las dependencias de los tres niveles de gobierno tendrán las siguientes responsabilidades para la preparación del Plan de Monitoreo, Evaluación y Actualización del PMPMS:

- Participar en las reuniones del GTD.
- Implementar las medidas de prevención y mitigación competentes a cada dependencia.
- Elaborar informes sobre el progreso y logros de las medidas de prevención y mitigación asignadas a la dependencia. Durante cada Etapa de sequía, los informes se elaboraran mensualmente y anualmente cuando no se haya presentado una sequía.
- Monitorear y documentar los desastres climatológicos de importancia atendidos por la dependencia y proporcionar esta información a las entidades de Protección Civil.
- Sugerir modificaciones del PMPMS del Consejo de Cuenca para reflejar los cambios en las prioridades, normatividad, políticas o cambios organizacionales.
- Monitorear y evaluar eficazmente el desempeño de la dependencia en el proceso de planificación e impartir acciones correctivas si se demuestra que no se están logrando los resultados esperados.
- Informar al Consejo de Cuenca de cambios en la política o prioridades del Gobierno Federal y Estatal en relación a programas de subvención o las políticas de prevención y mitigación de la sequía.

El GTD se reunirá al menos dos veces al año, una al fin de la temporada de estiaje en junio y la otra al fin de la temporada de lluvias en diciembre. En estas reuniones deben participar la CONAGUA, la SAGARPA, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca y la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado para coordinar la planificación de la disponibilidad, demanda y medidas de prevención y mitigación para el año siguiente.

La reunión de junio se centrará en los avances en las acciones de prevención y mitigación realizadas; en esta reunión cada dependencia presentará un informe de las medidas ejecutadas. Además se realizará un taller interactivo para realizar una evaluación grupal para reflexionar sobre la efectividad de las medidas impartidas y de otras medidas de prevención y mitigación de la sequía que se deben ejecutar en el año siguiente. En la reunión de diciembre se evaluarán los umbrales de la sequía y las necesidades de preparación, revisión y priorización de las medidas de prevención y mitigación en el PMPMS.

9.2 Monitoreo del seguimiento de las medidas de prevención y mitigación

Entre la información que se debe recabar para el monitoreo se encuentra:

- La medición mensual de los indicadores de sequía.
- La medición diaria de la demanda de agua de las presas y de los acuíferos por los organismos operadores.
- El número de personas a las que se les suministro agua potable por medio de pipas, clasificadas por mes, localidad, municipio y estado.
- El costo del suministro de agua por medio de pipas, por mes y localidad en cada municipio en el territorio del Consejo de Cuenca.
- La reducción de la demanda en cada etapa de sequía. En las etapas 1 a 3 se medirá mensualmente, en la etapa 4 se medirá quincenalmente y en la etapa 5 cada semana.
- La duración y localidad de cada etapa de Sequia declarada formalmente por el Consejo de Cuenca.
- La efectividad, beneficios y resultados de las medidas permanentes de prevención y mitigación contempladas en el PMPMS.
- La efectividad, beneficios y resultados de otras medidas de prevención y mitigación que no estaban contempladas originalmente en el PMPMS.
- Las localidades declaradas oficialmente en estado de emergencia, la fecha de publicación en el DOF y el análisis de justificación correspondiente realizado por CONAGUA.
- El Costo, los beneficios y la justificación de apoyos otorgados por la SAGARPA, CONAFOR y CENAPRED.
- Un sondeo anual de la actitud de la población con relación a la sequía y cultura del agua, así como su opinión respecto a las acciones de prevención y mitigación.

- Los resultados de los programas de educación ambiental y proyectos de investigación.
- Las medidas estructurales para aumentar el suministro de agua y la infraestructura de abastecimiento y distribución.
- Los efectos y pérdidas que causa la sequía, reales o potenciales, en la agricultura, la ganadería, la producción forestal, la producción pesquera, la economía en general, el suministro de agua, la afectación en la actividad turística y financiera.

También se recopila información sobre las afectaciones que la sequía trae a la población, como estrés físico y mental, desnutrición, aumento de las enfermedades respiratorias y digestivas, impactos sobre la salud en general, emigración, conflictos entre los usuarios conflictos políticos, sociales y de gestión del PMPMS.

Para favorecer la transparencia y rendición de cuentas, se utilizarán los controles establecidos por las dependencias que otorgan recursos o financiamiento al PMPMS. Los proyectos o medidas deben ser completados y reconciliados en tiempo y forma. A su terminación los beneficiados deben presentar al Consejo de Cuenca una bitácora que documente las medidas de prevención y mitigación y un informe final elaborado por la dependencia competente confirmando los resultados de las medidas realizadas.

El GTD evaluará los resultados de las medidas de prevención y mitigación y su contribución al logro de los objetivos del PMPMS. Se considera que todas las medidas deben contribuir al logro de los objetivos del PMPMS y por lo tanto, la evaluación de los resultados tomará en cuenta la contribución correspondiente. De esta manera, se podrán establecer las medidas más efectivas y favorecer aquellas que lograron un resultado multiplicador, es decir, con un mayor beneficio.

El Consejo de Cuenca será responsable de la revisión y el seguimiento de las medidas de prevención y mitigación contempladas en el PMPM, las cuales se actualizarán cada año y se añadirán nuevas medidas que se vayan desarrollando.

9.3 Metodología para evaluar el PMPMS

La evaluación consiste en la revisión analítica de las medidas de prevención y mitigación con datos cualitativos y cuantitativos de los resultados y el costo-beneficio de las medidas efectuadas. Además, se deben tomar en cuenta los avances en la gestión de la sequía, así como la información del cambio climático y la evaluación de la gestión del PMPMS. La evaluación debe recabar y registrar información que permita posteriormente hacer un análisis de factibilidad técnica y efectividad costo-beneficio que facilite el flujo de recursos ante futuras sequías. Además, deberá tomar en cuenta cualquier criterio adicional emitido por alguna dependencia de las entidades federales o estatales o debido a un cambio en la normatividad. La evaluación se debe publicar en un informe de resultados del PMPMS para su difusión y establecer un sistema de captura para elaborar una base de datos para las variables del programa.

También se debe realizar un ejercicio anual de simulación para la implementación del PMPMS, con el propósito de evaluarlo e identificar las deficiencias, así como capacitar y educar a los usuarios del agua. La simulación se debe programar para coincidir con los cambios en la administración de los tres niveles de gobierno para la concienciación y capacitación de las dependencias y su personal de acuerdo con su función en el PMPMS. Los resultados del ejercicio se deben evaluar e incorporar en el PMPMS.

Se recomienda la evaluación de los indicadores claves de desempeño (ver Tabla 9.1), con el fin de evaluar si a través del tiempo las medidas de prevención y mitigación son efectivas en el territorio del Consejo de Cuenca.

Tabla 9.1 Indicadores Claves de Desempeño.

| Indicador | Definición | Método de medición | Valor 2012 | Meta 2020 | Meta 2030 |
|--|--|---|------------|-----------|-----------|
| Grado de presión sobre el recurso agua. | Porcentaje del agua empleada en usos consuntivos con respecto al volumen medio anual de escurrimiento sustentable. | 100% * (Volumen concesionado de agua superficial / volumen medio anual de escurrimiento sustentable). | 74.0% | 70% | 65% |

| | | | | | |
|---|---|---|-------|-------|-------|
| Sobreexplotación de acuíferos en función de la relación extracción/recarga. | Porcentaje de disponibilidad en los acuíferos. | 100% * (Volumen concesionado de agua subterránea/ recarga sustentable de los acuíferos. | 43.1% | 50% | 60% |
| Proporción de agua pública residual tratada con respecto al agua residual colectada. | Volumen total de agua residual municipal tratada comparada con el volumen total de agua residual colectada por los Organismos Operadores. | 100 * (Volumen de agua residual tratada/ volumen de agua residual colectada). | 55.8% | 72.9% | 90% |
| Cobertura de servicios de agua potable. | Población con servicio de agua potable con base en las localidades proporcionadas por los propios encargados de la prestación del servicio. | 100 * (Población con servicio de agua potable/ proyección de la población sugeridas por CONAPO a partir de los censos de población y vivienda 1995, 2005 y 2010). | 96.3% | 98.1% | 99.9% |

Tabla 9.1 Indicadores Claves de Desempeño.

| Indicador | Definición | Método de medición | Valor 2012 | Meta 2020 | Meta 2030 |
|--|--|--|------------|-----------|-----------|
| Dotación anual consumo público urbano lt/hab/día | El cociente del volumen promedio diario producido en fuentes de abastecimiento entre la población atendida. | Dotación promedio por estado calculada proporcionalmente según la representación del estado en la cuenca (52% Chihuahua, 40% Sinaloa y 8% Sonora). | 377 | 288 | 200 |
| Productividad del agua en los distritos de riego. | Evalúa la eficiencia en el uso del agua para la producción de alimentos, que depende de la eficiencia en la conducción desde la fuente de abastecimiento hasta las parcelas y la aplicación de la misma. | Estadísticas de la CONAGUA. Expresada en kilogramos por metro cúbico (kg/m ³) | 1.37 | 1.7 | 2.0 |
| Población sin suministro de agua. | Población que depende del suministro de agua por pipas, debido a la falta del recurso hídrico como consecuencia de una sequía. | Número anual de personas que dependen del suministro de agua por pipas. | 70 000 | 36 000 | 2 000 |
| Opinión pública. | Sondeos de la actitud de la población y su disponibilidad a tomar medidas de prevención y mitigación. | Porcentaje de personas encuestadas que opinan que el PMPMS es efectivo y están dispuestos a cooperar con el mismo. | 0% | 30% | 60% |

9.4 Metodología y calendarización para la actualización del PMPMS

La actualización del PMPMS se deberá presentar cada tres años, en el mes de diciembre. La actualización también debe coincidir con las estrategias del Plan Nacional Hídrico y el Plan Hídrico Regional, por lo tanto es importante contar con un plan y suficiente tiempo para la actualización, de acuerdo con la calendarización anual siguiente:

- Enero a febrero. Elaboración de un plan para la actualización. Actualización de la normatividad, estrategias gubernamentales vigentes, cambios en las dependencias y recursos y fondos de financiamiento disponibles. Coordinación con las otras dependencias para lograr su participación y programación de reuniones de trabajo. Establecer los recursos humanos disponibles y, de ser necesario, con el apoyo de consultores.
- Marzo. Recopilación de los resultados de la evaluación semestral. Evaluación de la vulnerabilidad, análisis de programas y políticas, y la identificación de nuevas acciones de prevención y mitigación. Comenzar la negociación para asegurar recursos y financiamiento.
- Abril a junio. Preparación de un borrador del PMPMS y aprobación del mismo por el Consejo de Cuenca. El borrador deberá incluir las medidas de prevención y mitigación, los recursos, las responsabilidades y el plan financiero.
- Julio a septiembre. Consulta pública participativa del borrador del PMPMS
- Octubre a diciembre. Finalización y aprobación del PMPMS, actualizado por el Consejo de Cuenca. Acuerdos con las otras dependencias para impartir el PMPMS.

9.5 Desarrollo de sistemas de monitoreo, evaluación y pronóstico de sequías

9.5.1 Importancia del sistema de monitoreo, evaluación y pronóstico de sequías

En general, el enfoque tradicional sobre el manejo de las sequías ha estado orientado a la reacción y la respuesta. Sin embargo, este enfoque ha sido inefectivo y en muchos casos, ha incrementado el grado de vulnerabilidad frente a las sequías debido a que se establece una mayor dependencia hacia el gobierno o las organizaciones donantes. Para reducir el riesgo de futuras sequías será necesario desarrollar un enfoque proactivo y preventivo, haciendo énfasis en la planificación de la preparación y en la implementación apropiada de acciones y programas de mitigación. Este enfoque debe abarcar una diversidad de temas y ser de carácter multisectorial. Además, los sistemas optimizados de alertas tempranas son esenciales para reducir el riesgo de sequías, debido a que los encargados de tomar decisiones podrán utilizar la información suministrada para tomar decisiones oportunas en términos del manejo y las políticas a implementar.

El desarrollo de la capacidad institucional para la reducción del riesgo de las sequías es la clave para establecer sociedades más resistentes a la adversidad climática (ONU-EIRD, 2009), de allí el concepto de gestión de riesgo de desastres (ver Figura 9.2). El manejo de los desastres implica una respuesta y asistencia a la comunidad, así

como la rehabilitación y reparación de daños. Los elementos clave son la preparación para los desastres y la prevención de los mismos a través de alertas tempranas (sistemas informáticos) y transferencia del riesgo (seguros colectivos). Un tercer elemento es la reducción de la vulnerabilidad a través de la deconstrucción del riesgo, la gestión armónica del ambiente y el desarrollo socioeconómico.

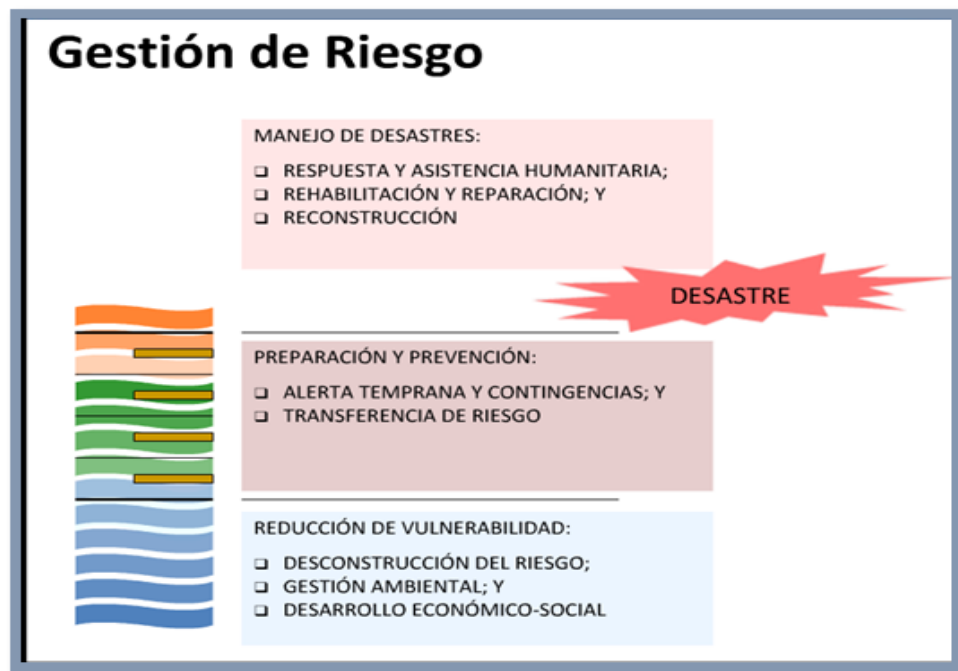


Figura 9.2 Componentes de la gestión del riesgo de desastres (EIRD/ONU, 2009).

En algunas instancias puede plantearse el dilema de reducción *versus* manejo de riesgo de desastres. En la reducción de riesgo se presentan los mecanismos de transferencia de riesgo: fondos de reserva, seguros y líneas de crédito. Por otro lado, el manejo de riesgo implica fundamentalmente la reducción de la vulnerabilidad. Esto puede lograrse mediante el ordenamiento territorial, la gestión ambiental y la adaptación al cambio climático, la educación y la mejora de las condiciones socioeconómicas (ver Figura 9.3). En la práctica, ambas acciones (reducción y manejo de riesgo) son complementarias y la preponderancia de una u otra dependerá de cada situación en particular.

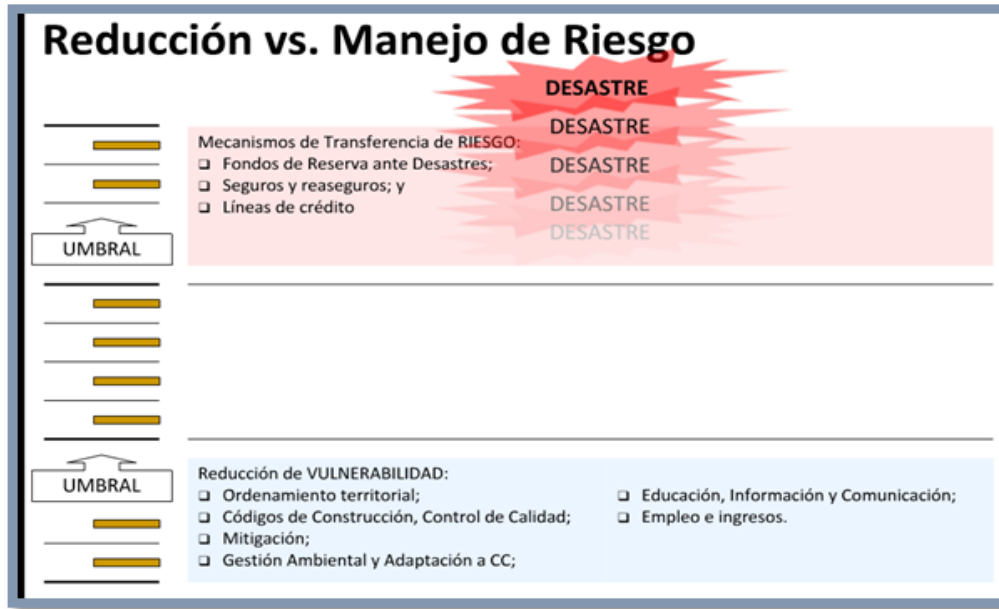


Figura 9.3 Comparación de acciones entre reducción y manejo del riesgo (EIRD/ONU, 2009).

9.5.2 Identificación de costos y beneficios relativos

A nivel mundial, en lo referente a los costos de daños ocasionados por las sequías, destacan algunos países y un área geográfica: Estados Unidos, Australia y el sureste asiático. En segundo término destacan México, Brasil e India. Los costos ascienden a miles de millones de dólares en las áreas y países mencionados. En el caso particular de México se pueden identificar acciones proactivas a nivel municipal, estatal y nacional con relación a los costos y beneficios relativos.

Municipal: El ahorro del recurso hídrico es la base de cualquier acción a nivel local y esto incluye al consumo doméstico, rural e industrial. Si se instrumentan medidas de uso eficiente y responsable del agua durante épocas sin sequías, es posible reducir significativamente el impacto negativo de las épocas de escasez hídrica. Se deben dictar normas y controlar su cumplimiento en los distintos ámbitos de la sociedad. Los costos de estos procedimientos son relativamente bajos y poseen un importante retorno económico directo (menor consumo de agua) e indirecto (reducción de impactos durante las sequías).

Estatal: Las acciones del gobierno estatal deberán estar orientadas a reforzar las normas municipales y proveer fondos a los municipios para acciones de prevención y lograr un aumento de la capacidad de las comunidades para afrontar con una mayor rapidez de recuperación los impactos negativos.

Nacional: El gobierno federal deberá establecer el marco legislativo e institucional para apoyar a las autoridades estatales y municipales en las acciones de mitigación y respuesta a las sequías. El otorgamiento de fondos específicos para esas acciones deben establecerse anualmente y su asignación de acuerdo a los niveles de vulnerabilidad y riesgo de las diferentes zonas.

9.6 Metodología para el desarrollo del sistema de monitoreo, evaluación y pronóstico de sequías

El desarrollo de los aspectos sobre la evaluación de las sequías históricas, la vulnerabilidad y riesgo y las acciones de mitigación, así como la preparación del presente informe en esas áreas, se basan en la metodología presentada en los informes de consultoría llevados a cabo por el Dr. Andrés C. Ravelo en el contexto del Proyecto de Fortalecimiento del Manejo Integrado del Agua (PREMIA) de CONAGUA/OMM durante el periodo 2007-2012.

9.6.1 Principales aspectos metodológicos considerados

9.6.1.1 Sistema Operativo de Sequias (SOS)

El Sistema Operativo de Sequías (SOS) (ver Figura 9.4) se utilizó en la Cuenca del Río Culiacán para luego expandir su cobertura geográfica a todo el OCPN (Ravelo, 2012) como módulo integral de un Sistema de Evaluación del Riesgo Extremo de Sequias para la misma región que se describe más adelante en el presente documento. El SOS consiste en un programa desarrollado en lenguaje C y utiliza módulos del sistema operativo Windows e IDRISI para la ejecución y la obtención de resultados cartográficos. Se dispone de un manual del usuario para la operación del programa SOS.



Figura 9.4 Portada de apertura del programa SOS

Estructura funcional

El programa SOS utiliza un conjunto de ventanas emergentes y despletables.

Se debe indicar el archivo de datos diarios a utilizar para el cálculo de los índices de sequía.

Cálculo de índices de sequías

El programa permite seleccionar los índices que se desean calcular de una lista *ad hoc* (ver Figura 9.5). Una vez concluida la selección, se presionará el indicador de “Procesar” y el programa calculará automáticamente los índices para todas las estaciones.

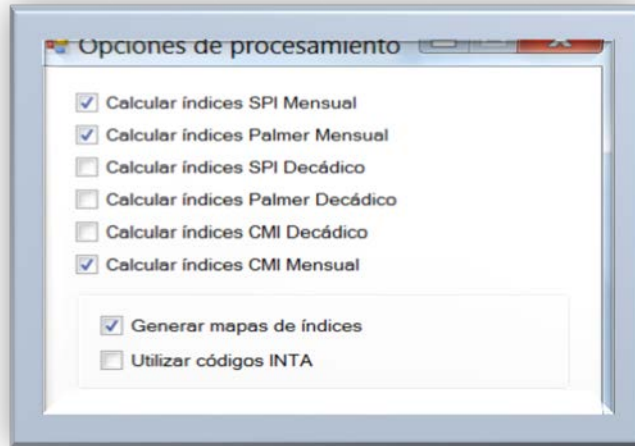


Figura 9.5 Selección de los índices de sequía.

Cartografía de las sequías

El SOS tiene la capacidad de desarrollar mapas de los índices que se calcularon. Inicialmente deben configurarse los mapas y las escalas con los colores a utilizar. Posteriormente el SOS genera un mapa para cada índice de la región indicada en la configuración (ver Figura 9.6).

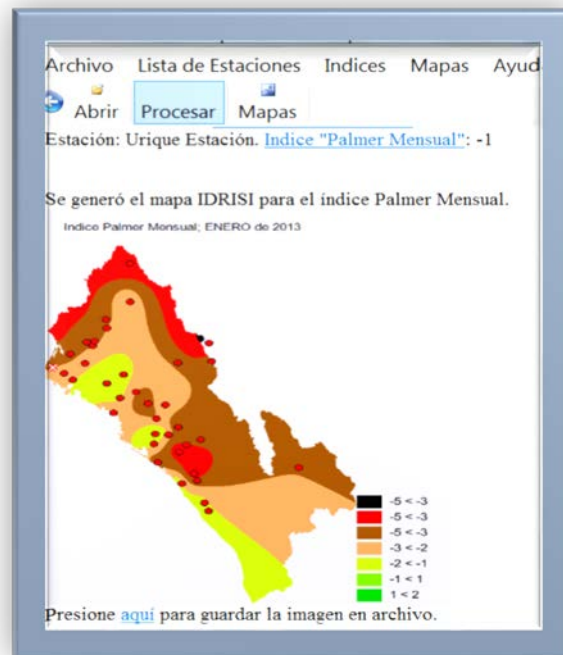


Figura 9.6 Mapa del índice de Palmer para el OCPN

9.6.1.2 Redes neuronales

Las redes neuronales son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales. Se trata de un sistema de interconexión de neuronas en una red que colabora en producir un estímulo de salida. El objetivo de una red neuronal es conseguir respuestas

similares a las que es capaz de dar el cerebro, que se caracterizan por su generalización y su robustez. La capacidad de aprendizaje adaptativo es una de las características más atractivas de las redes neuronales. Como las redes neuronales pueden aprender a diferenciar patrones mediante ejemplos y entrenamientos, no es necesario elaborar modelos *a priori* ni especificar funciones de distribución de probabilidad.

Las redes neuronales son sistemas dinámicos autoadaptativos: son adaptables debido a la capacidad de autoajuste de los elementos procesales (neuronas) que componen el sistema, y son dinámicos, pues son capaces de estar constantemente cambiando para adaptarse a las nuevas condiciones. Estas características son especialmente importantes para el análisis de las condiciones ambientales relacionadas con la sequía. La capacidad de pronosticar condiciones de humedad (ocurrencia o persistencia de sequías o no) mediante el análisis de condiciones recientes las convierte en una poderosa herramienta.

En el proceso de aprendizaje, los enlaces ponderados de las neuronas se ajustan de manera que se obtengan ciertos resultados específicos. Una red neuronal no necesita un algoritmo para resolver un problema, ya que ella puede generar su propia distribución de pesos en los enlaces mediante el aprendizaje. Este proceso es realizado con series temporales de los índices de sequía para lograr un sistema calibrado y validado para el pronóstico de la ocurrencia de sequías.

Estructura funcional

Las redes neuronales poseen una determinada arquitectura. La Figura 9.7 presenta un esquema del modelo Multi-Layer Perceptron (MLP).

Capa de entrada: sólo se encargan de recibir los patrones de entrada y propagarla a la siguiente capa.

Capa de salida: proporciona la respuesta de las redes neuronales para cada patrón de entrada.

Capas ocultas: realizan un procesamiento no lineal de los datos de entrada. Son redes *feedforward*: alimentadas hacia adelante. Cada neurona está conectada a todas las neuronas de la siguiente capa (conectividad total).

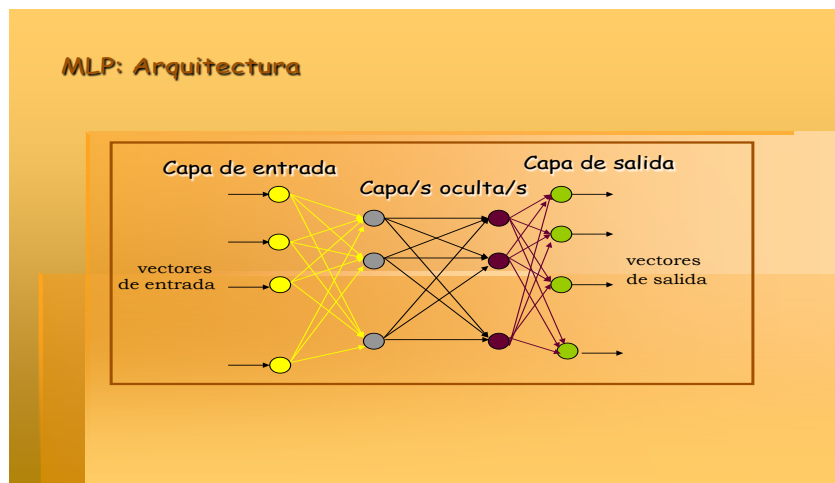


Figura 9.7 Esquema de entradas y salidas en un Perceptron Multicapa.

Pronóstico de sequías

La aplicación de redes neuronales permite la obtención de pronósticos de ocurrencia de sequías de uno a tres meses con precisión confiable. Es posible hacer pronósticos a largo plazo, pero se corre el riesgo de la aparición de errores mayores en el pronóstico.

9.6.1.3. Utilización de imágenes satelitales

El Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) es un índice obtenido de información satelital que está relacionado con la cantidad de vegetación verde en la superficie terrestre. El NDVI está directamente relacionado con el porcentaje de la cobertura vegetal, con la biomasa verde o herbácea total (toneladas/ha) para cada tipo de vegetación, con el “índice del área foliar” (LAI) que se usa a menudo en los modelos de cultivos y con la actividad fotosintética de la vegetación.

Evaluación del estado hídrico de la vegetación (NDVI)

El NDVI es un indicador de la vegetación verde y se ha usado para estimar la precipitación efectiva acumulada sobre un cierto periodo para estimar la capacidad de carga animal de las pasturas, los rendimientos producidos por diferentes tipos de cultivo y la calidad del ambiente como hábitat para distintos animales, pestes y enfermedades.

Identificación de deficiencias hídricas vegetacionales

Los valores del NDVI pueden fluctuar entre -1 a +1. Sin embargo, los valores del NDVI actualmente medidos van de montos negativos (agua) a través de cero (suelo desnudo) a +0.6 (vegetación verde densa). Debido a la variación espectral de suelos con poca cobertura vegetal, la vegetación de diferentes áreas/suelos sólo puede ser comparada sistemáticamente con valores de NDVI mayores a 0.05-0.06.

El NDVI es utilizado para el monitoreo y evaluación de las sequías mediante el cálculo de imágenes de anomalía (Ravelo & Pascale, 1997). Sus ventajas son la amplia cobertura y la adecuada escala geográfica, su complementación con otros índices y su relación con la productividad de los cultivos. Además, existe información satelital disponible en tiempo real y sin costo, lo cual permite disponer del NDVI en sistemas operativos.

Las ventajas de la utilización de información satelital pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Disponibles gratuitamente a través de internet.
- Poseen una amplia cobertura geográfica a nivel mundial.
- Tiene una escala adecuada para distintas aplicaciones.
- Son de rápido procesamiento mediante la utilización de programas disponibles y equipos de computación adecuados.
- Actualización de las bases de datos en tiempo real.
- Permiten reforzar y complementar la información meteorológica y ambiental terrestre.

Las anomalías negativas obtenidas indican las áreas con sequías y se observó que se relacionan positivamente con los valores del Índice de Sequía de Palmer. Esto permite calibrar las anomalías del NDVI con índices meteorológicos de sequía. Asimismo, las anomalías negativas están asociadas a riesgos ambientales como el estado de marchitez de la vegetación natural o pérdida de rendimientos de los cultivos (ver Figura 9.8).

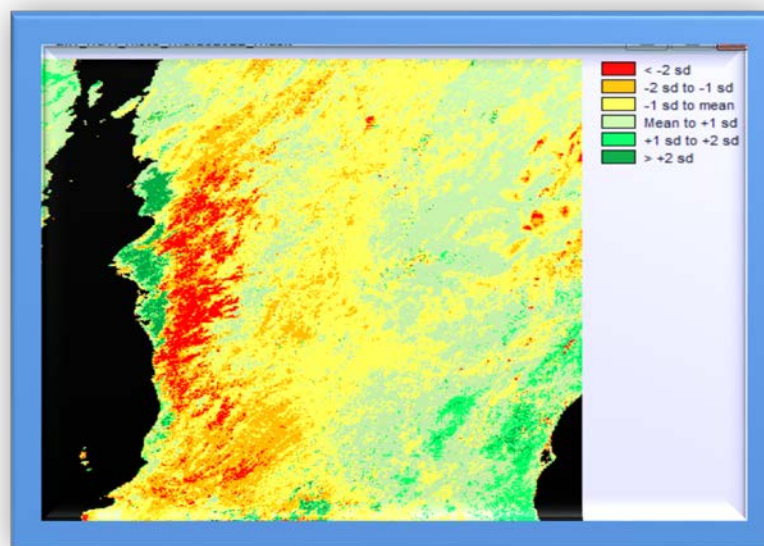


Figura 9.8 Anomalías del NDVI para marzo de 2012 expresadas en desviaciones estándares con respecto al valor promedio.

El índice de sequía hidrológica (SDI) puede ser calculado para estaciones selectas de la cuenca con el fin de establecer la ocurrencia, intensidad y duración de las sequías hidrológicas para diferentes periodos de los que se disponga de datos de escurrimiento.

10. PROGRAMA DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN MATERIA DE AGUA.

La gestión de la sequía en el Consejo de Cuenca es incipiente. Esto implica que el gobierno y los usuarios del agua requieran de esquemas para hacer funcionar apropiadamente a las organizaciones en torno a la gestión de la sequía; para aplicar formas de gestión sustentables del recurso hídrico con plena conciencia de la sociedad organizada; y para implementar un soporte sólido en las tecnologías de la información. Dichos esquemas o no existen o no se encuentran desarrollados, por lo que es necesario estimular su avance. En este sentido se propone el Programa de Educación, Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico en materia de agua.

10.1 Diseño y evaluación de estrategias para fortalecer el funcionamiento del Consejo de Cuenca y los Organismos Operadores.

Justificación

Las estrategias de prevención y mitigación de la sequía contempladas en el PMPMS, dependen del Consejo de Cuenca para facilitar el desempeño del programa, y de los Organismos Operadores para ampliar la cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado, así como la reducción de la demanda en el uso público-urbano. Sin embargo existe una carencia de recursos y capacidades para que estos organismos puedan realizar este propósito. La gestión integral de los recursos hídricos se fundamenta en tres ejes transversales:

- Fortalecer la participación a nivel local;
- Mejorar la coordinación entre dependencias y establecer alianzas para superar las limitaciones de capacidades, y
- Atender las necesidades inmediatas de la población y, por ende, ganar su confianza en los organismos.

A nivel internacional, el concepto de la RBO (Organización de Cuenca, o River Basin Organisation en inglés) está reconocida como el eje central para la gestión integral de los recursos hídricos, permitiendo la evaluación del desempeño del Consejo de Cuenca como una RBO.

Objetivo

Evaluar las alternativas para fortalecer y mejorar la función del Consejo de Cuenca y de los Organismos Operadores y desarrollar una propuesta para mejorar el desempeño de dichos organismos en un plazo de dos años.

Finalidad

Lograr el desarrollo de la capacidad institucional para impartir programas de cultura del agua y concientización de los usuarios, así como contribuir a una eficiente administración del agua, planificación para el desarrollo de la infraestructura hidráulica y la preservación de las cuencas, así como la participación de la sociedad, con base en:

- El mejor conocimiento de la ocurrencia del agua y su preservación;
- La eficiente administración de las aguas, inversiones, obras y servicios;
- El programa hídrico del Consejo de Cuenca;
- La consideración de la pluralidad de intereses, demandas y necesidades en las cuencas,
- La implementación de programas de prevención y mitigación para eventos hidrológicos extremos.

En cuanto a los Organismos Operadores, se busca establecer su organización óptima y eficiente para atender las necesidades inmediatas de la población, con el fin de asegurar en el futuro la cobertura de agua potable y alcantarillado con un servicio confiable y de calidad.

Metodología

- Realizar un análisis de la situación actual.
- Planificación estratégica para establecer el estado deseado.
- Análisis de alternativas utilizando múltiples criterios y costo-beneficio.
- Consulta pública sobre las alternativas.

- Diseño de una propuesta para lograr los objetivos establecidos.

Se evaluarán las capacidades de las organizaciones para atender las prioridades y descargar sus funciones, tal como se establece en la Ley de Aguas Nacionales y el Reglamento de Aguas Nacionales. Asimismo, con base en la metodología de mitigación de riesgo, se analizará la gobernanza, la estructura orgánica, los recursos, la eficiencia y la capacidad institucional de atender las necesidades inmediatas y futuras. Además, se realizará un estudio del funcionamiento de otros Consejos de Cuenca y organismos operadores en el país para se desarrollar una matriz que facilite la comparación entre pares y para sugerir alternativas de desempeño de la organización.

Debido a la importancia de involucrar a los actores representados en el Consejo de Cuenca, se facilitarán cuatro talleres para los Organismos Operadores y dependencias involucradas, como la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado y los ayuntamientos de los municipios del Consejo de Cuenca.

La evaluación del Consejo de Cuenca como una RBO consiste en el análisis de las principales fortalezas, debilidades, problemas y éxitos de la organización en la ejecución de sus funciones y responsabilidades para la gestión sostenible de los recursos hídricos, para identificar las acciones de desarrollo de capacidades y estrategias prioritarias para mejorar su eficiencia y eficacia. Los resultados de la evaluación se comparan con indicadores internacionales en un sistema de múltiples criterios que permite determinar el estado de evolución del Consejo de Cuenca y establecer prioridades para mejorar su eficiencia.

Tiempo estimado

Un semestre para el Consejo de Cuenca y dos semestres para los organismos operadores.

Beneficios (económicos, sociales, ambientales)

El desempeño efectivo del Consejo de Cuenca y los Organismos Operadores generará beneficios económicos y socioambientales, asegurando organizaciones robustas y dinámicas dispuestas a lograr la sustentabilidad hídrica en la cuenca y preparadas para atender los fenómenos extremos. Se logrará el costo óptimo de la provisión de agua para la sociedad, con base en el uso sustentable.

10.2 Modelos de Educación Ambiental y Cultura del Agua para la concienciación de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Justificación

El diagnóstico de la sequía en las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa estableció que el territorio del Consejo de Cuenca mantiene una alta vulnerabilidad debido al desperdicio en el consumo de agua de todos los sectores. Por lo tanto, el objetivo principal es reducir, reusar y recargar los cuerpos de agua y los acuíferos para reducir la vulnerabilidad, lo que conlleva la necesidad de promover la cultura del agua en el marco de la educación ambiental.

El proyecto se fundamenta en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND, 2013), en su objetivo 4.4: “Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo”. Dicho objetivo contempla cuatro estrategias:

- Estrategia 4.4.1. Implementar una política integral de desarrollo que vincule la sustentabilidad ambiental con costos y beneficios para la sociedad.
- Estrategia 4.4.2. Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso.
- Estrategia 4.4.3. Fortalecer la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resistente y de bajo carbono.
- Estrategia 4.4.4. Proteger el patrimonio natural.

Este proyecto se enmarca dentro del Plan Estatal para la Educación Ambiental, Capacitación para el Desarrollo Sustentable y Comunicación Educativa (PEECCE), plan que es impulsado por el CECADESU (Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable) y respaldado por la Delegación Federal de SEMARNAT, en estrecha colaboración con el Consejo Consultivo para el Desarrollo Sustentable de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Objetivo

Coadyuvar a la Cultura del Agua en el ámbito de Gestión Integral de los recursos hídricos de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa mediante la aplicación de un modelo de educación ambiental.

Finalidad

Establecer en los usuarios del agua de las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa una cultura del cuidado del medio ambiente en sus tres ejes: 5 Aguas, Suelo y Energía, concientizando sobre los impactos y consecuencias de las acciones humanas en el medio ambiente.

Metodología

El proyecto se encuadra principalmente en una perspectiva metodológica cualitativa, se propone hacer uso de la investigación acción, ya que, de acuerdo con Kart Lewis, con este tipo de investigación se puede lograr en forma simultánea avances teóricos y cambios sociales. Su uso justifica, por un lado, por la gestión integral de

los recursos hídricos, y por otro lado, porque las teorías de la acción requieren visiones comunes tanto del equipo como de la población involucrada, como prerequisites de las actividades compartidas en el proceso de la investigación. La implementación de este proyecto incluye un proceso educativo en materia ambiental y se dará a través de la impartición de cursos-talleres a alumnos y diplomados a los docentes de las escuelas ubicadas en la zona de influencia, al igual que a todos los usuarios del agua en las cuencas. Este proceso educativo es considerado por su importancia como una acción estratégica que articula todo el planteamiento y está orientado a lograr la concientización de la población y su intervención en aras del cambio, que mejore la salud de los ríos. La metodología contempla el liderazgo del proyecto por el Consejo de Cuenca trabajando en conjunto con las redes existentes de cultura del agua, educación ambiental y organizaciones civiles.

Tiempo estimado

Seis semestres

Beneficios (económicos, sociales, ambientales)

- Mejorar la productividad del uso del recurso hídrico.
- Promover la autosuficiencia de los habitantes en el territorio del Consejo de Cuenca en el uso de las 5 aguas.
- Minimizar el costo de programas de protección ambiental a través de la participación social.
- Fomentar una cultura ambiental y de cuidado del agua en la población de las cuencas;
- Reducir los impactos ambientales a través de la concientización y sensibilización de los habitantes en las cuencas.
- Capacitar al 80% de la población en las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa en un periodo máximo de 6 años.
- Reducir el consumo del agua.
- Reducir el índice de morosidad y actualizar el padrón de usuarios, realizar campañas para promover el pago oportuno, por ejemplo “Paga tu agua puntual” y “Pagando tu agua ahorras dinero”; impulsar una ley de agua potable estableciendo la responsabilidad de los organismos operadores y los usuarios.
- El establecimiento de una cultura positiva hacia el PCA en los organismos operadores y municipios involucrados.

10.3 Diseño de un programa sectorial de comunicación y motivación efectivo basado en un estudio socioeconómico

Justificación

Debido a que existe una carencia de información socioeconómica del impacto de la sequía en la cuenca, se necesita evaluar el impacto en todos los sectores y correlacionarlos con los datos históricos de sequía a fin de identificar la vulnerabilidad en la población y su aptitud y actitud para implementar medidas de prevención y mitigación. El análisis socioeconómico permitirá diseñar campañas de comunicación y motivación con

mensajes e información específica para cada sector y por ende lograr su participación efectiva para abatir los impactos de la sequía.

Objetivos

Realizar un estudio socioeconómico del impacto de la sequía en la cuenca y con base en los resultados diseñar un programa sectorial de comunicación y motivación efectivo.

Establecer una base de datos que sirva para realizar un análisis del impacto poblacional de la sequía, para la comparación de los resultados de encuestas futuras y así evaluar la efectividad de las medidas de prevención y mitigación del PMPMS que a su vez servirían para la actualización del mismo.

Finalidad

Reducir la vulnerabilidad de la población ante la sequía por medio de un programa de comunicación y motivación diseñado para entender y atender las necesidades específicas de cada sector, tomando en cuenta su estado socioeconómico, su cultura y nivel de educación. Los sectores se organizarán por usuarios agrícolas, público urbano, usuarios domésticos en las zonas urbanas, usuarios domésticos en las zonas rurales y otros usuarios.

Metodología

- Selección de una muestra de la población tomando en cuenta factores socioeconómicos, que incluya participantes del sector agropecuario con base en el tipo de cultivo, tipo de cosecha (de temporal o de riego), etc. Además, la selección de la población abarcará todos los municipios en la cuenca, representados proporcionalmente por la participación de la entidad federativa en la cuenca.
- Diseño de una encuesta específica por sector en consulta con el Consejo de Cuenca.
- Aplicación de la encuesta: en la zona rural será de manera personal y en la zona urbana por teléfono, además se entrevistará el personal de las dependencias de los tres niveles de gobierno.
- Análisis estadístico de los resultados y preparación de un informe.
- Diseño de campañas de comunicación y motivación con base en los resultados previamente discutidos con el Consejo de Cuenca.

Tiempo estimado

Un semestre inicialmente y después un semestre durante una etapa de sequía.

Beneficios (Económicos, sociales, ambientales)

- Permitirá evaluar la efectividad del PMPMS a largo plazo y así justificar los recursos necesarios para su implementación.
- Contar con una base de información para la planificación de la sequía.
- Involucrar a todos los sectores en la implementación de medidas de prevención y mitigación, promoviendo la autosuficiencia.

10.4 Modelo para predecir la disponibilidad de agua superficial y subterránea en las cuencas de los ríos Fuerte y Sinaloa

Justificación

Actualmente no existe un modelo hidrológico para la gestión integral de los recursos hídricos, lo que dificulta evaluar el comportamiento de las cuencas y priorizar las estrategias para lograr la gestión integral en las cuencas, de ahí la necesidad de sistemas de planificación y criterios de calidad del agua.

La estimación de la disponibilidad de las aguas superficiales y subterráneas fue calculada hace tres años con la metodología de 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. Además existe la necesidad de actualizar los estudios de la disponibilidad y demanda incluyendo escenarios de sequía.

En este proyecto se busca el desarrollo de modelos de predicción dinámicos de la disponibilidad y demanda en condiciones normales y de sequía, para evaluar la efectividad de las medidas de prevención y mitigación, tomando en cuenta la norma oficial ya citada.

Objetivo

Predecir la disponibilidad y demanda en las Cuencas del Consejo por medio de un modelo integral de optimización anual para definir la operación del sistema de presas y la asignación del volumen mensual de agua para los diferentes usuarios, incluyendo la irrigación de diferentes cultivos, así como para satisfacer los requerimientos de uso urbano basado en las condiciones hidrológicas, agronómicas y económicas en la cuenca.

Finalidad

Contar con un modelo confiable para la gestión integral de los recursos hídricos en las Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, permitiendo ajustar la demanda a la disponibilidad anual y mejorar la calidad del agua.

Metodología

La metodología consiste en la edición, revisión y análisis de modelos de simulación de la gestión de cuencas incluyendo la disponibilidad, la demanda y la simulación de la calidad de aguas.

Es necesario establecer un sistema con datos meteorológicos, de suelo y satelitales, mapas y gráficos de la evolución y tendencia de esos extremos climáticos para agricultura, salud y agua. Clasificación de la cartografía capturada en el Sistema de Información Geográfica (SIG), impacto del cambio climático sobre las actividades agrícolas y forestales, análisis de amenazas, análisis de vulnerabilidad y adaptación de las actividades agrícolas y forestales ante el cambio climático costo-beneficio, riesgo e incertidumbre, estrategias y recomendaciones y

procedimientos específicos para los sectores agrícola y forestal, considerando los distintos niveles de severidad de las adversidades climáticas.

Tiempo estimado

Cuatro semestres.

Beneficios (económicos, sociales, ambientales)

Entre los beneficios se encuentran:

- El desarrollo de una herramienta para garantizar el abastecimiento de agua para el consumo humano.
- Una metodología para asegurar la disponibilidad óptima de agua para los usuarios.
- La definición de las medidas necesarias para disminuir la contaminación y mantener el caudal ecológico.
- Desarrollo de la base fundamental para la gestión integral de los recursos hídricos en la cuenca y la participación de los usuarios y la sociedad en la toma de decisiones encaminadas a la gestión integral.

10.5 Diseño de un programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa

Justificación

En el artículo 7 bis de la Ley de Aguas Nacionales se declara de interés público:

La cuenca, conjuntamente con los acuíferos, como la unidad territorial básica para la gestión integrada de los recursos hídricos;

La descentralización y mejoramiento de la gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica, a través de Organismos de Cuenca de índole gubernamental y de Consejos de Cuenca de composición mixta, con participación de los tres órdenes de gobierno, de los usuarios del agua y de las organizaciones de la sociedad en la toma de decisiones y asunción de compromisos, y

La atención prioritaria de la problemática hídrica en las localidades, acuíferos, cuencas hidrológicas y regiones hidrológicas con escasez del recurso.

Objetivo

Diseñar un plan de Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Finalidad

Para lograr soluciones eficaces a largo plazo para los problemas del agua se requiere un nuevo paradigma de gobernanza y gestión del agua fundamentado en el concepto de la GIRH. La GIRH es una herramienta flexible

que ayuda a afrontar los retos que plantea el agua y a optimizar la contribución de ésta en un proceso de desarrollo sostenible. No se trata de una meta en sí misma. La GIRH permite reforzar las estructuras de gestión de aguas para fomentar una adecuada toma de decisiones en respuesta a necesidades y situaciones siempre cambiantes. Pretende evitar la pérdida de vidas, el dispendio de dinero y el agotamiento de los recursos naturales derivados de un proceso de toma de decisiones que no toma en cuenta las ramificaciones más amplias de las acciones sectoriales. Su fin es garantizar un desarrollo y gestión equitativos del agua y dar respuesta a las distintas necesidades que tienen en este ámbito el colectivo de mujeres y las capas de población más desfavorecidas. Busca asegurar un empleo del agua en pro de los objetivos de desarrollo socioeconómicos de los países, en una manera que no aventure la sostenibilidad de los ecosistemas esenciales ni ponga en peligro la capacidad de las generaciones futuras a la hora de satisfacer sus demandas de agua (Global Water Partnership, 2005).

Metodología

Para avanzar en la GIRH, es necesario seleccionar y aplicar correctamente el grupo de instrumentos que mejor se acomodan a una realidad específica, tomando en cuenta el consenso sociopolítico existente, los recursos disponibles y el contexto geográfico, social y económico. Para este propósito, es necesario que los tomadores de decisiones y la sociedad conozcan los instrumentos de gestión que están en uso, así como las experiencias y lecciones adquiridas después de aplicar dichos instrumentos en realidades diferentes, de manera que les resulte posible seleccionar las mejores opciones y adaptarlas a las condiciones locales. La metodología está basada en los lineamientos del Global Water Partnership, la Environmental Protection Agency (USEPA, 2008) y *Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas* (Torrecillas *et al.*, 2009). Incluye los siguientes pasos:

- Construir alianzas, involucrar a los responsables y los interesados; Confirmar el objetivo general y los objetivos específicos en la cuenca.
- La evaluación de recursos hídricos: Considera la recopilación, análisis y modelación de la información de los medios físico (específicamente el hidrológico), biológico y humano relacionados con la gestión del agua.
- Los planes para la GIRH incluyen las herramientas para el proceso de planificación, al integrar los aspectos ambientales, sociales y económicos de la gestión de los recursos hidrológicos.
- La gestión de la demanda: se refiere a las acciones encaminadas a mejorar la eficiencia en el uso, conservación, reciclaje y reúso del agua.
- Los instrumentos de cambio social: considera los instrumentos que buscan mejorar la gestión del agua a través de un cambio de comportamiento de las distintas partes involucradas en su gestión.
- La resolución de conflictos: Incluye aquellas herramientas que buscan prever, prevenir y administrar los conflictos, evitando llegar a un *impasse* y favoreciendo la construcción de soluciones ganar-ganar.

- Los instrumentos reguladores: consideran las normas reguladoras que requieren o permiten ciertas acciones, o bien, un número de resultados en relación con la gestión del agua, los servicios asociados y el uso del suelo.
- Los instrumentos económicos: se introducen los mecanismos económicos tales como el desarrollo de mercados, sistemas de tarifas, multas y subsidios encaminados a obtener una mayor eficiencia en la asignación del agua, aprovechamiento y conservación de los recursos hidrológicos por los usuarios, o la provisión apropiada de los servicios asociados con el agua.
- Consulta y foros ciudadanos para la planificación del GIRH y el Intercambio de Información: incluye aquellos instrumentos que buscan colocar la información en el poder de los diferentes interesados, especialistas y el público en general, para mejorar la participación y el proceso de toma de decisiones.
- Aprobación del Plan GIRH por el Consejo de Cuenca y las autoridades competentes;
- Impartir el Plan GIRH con monitoreo, evaluación y actualización.

Tiempo estimado

Dos semestres para la preparación del Plan GIRH y cinco semestres para la ejecución del plan en cinco etapas de seis meses cada una.

Beneficios ambientales, económicos y sociales

- Reducción en el costo de infraestructura hídrica.
- Disminución en el costo de atención a desastres hidrometeorológicos.
- Aumento en la producción agrícola, pesca, forestal y pecuaria.
- Disminución en la vulnerabilidad a la sequía.
- Protección de la salud pública.
- Disminución del grado de marginación de los habitantes.
- Restauración de la cuenca.
- Mantenimiento del caudal ecológico.
- Conservación de los recursos naturales.

10.6 Estudio de factores de riesgo ambiental de las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa mediante un Sistemas de Información Geográfica

Justificación

El estudio de las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa es importante para fomentar un proyecto de manejo integral como base para la elaboración de pautas de ordenamiento del territorio. El estudio del mismo permitirá identificar factores de riesgo ambiental actual y potencial, y en particular, el impacto de la erosión hídrica en las cuencas, mediante la aplicación de la tecnología del sistema de información geográfica (SIG).

Objetivo

La generación de un diagnóstico de los factores de impacto ambiental de las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa a partir de la capacidad de análisis cuantitativo y cualitativo de la información georreferenciada.

Finalidad

Establecer un diagnóstico de la degradación de los suelos y sus cambios de uso y poder establecer criterios y estrategias para la mitigación de los impactos de los mismos y de esta manera poder aprovechar al máximo los recursos naturales de las cuencas hidrológicas.

Metodología

La metodología adoptada consiste en concentrar el esfuerzo de investigación y desarrollo en la cuenca, tomando en cuenta sus características físicas, ambientales y socioeconómicas. Para alcanzar y cumplir con el objetivo de estudio propuesto, el procedimiento consistirá en detectar y estudiar los factores limitantes de la producción, caracterizando el ambiente, identificando las limitantes de carácter físico (geomorfológicas, geológicas, hidrológicas, meteorológicas, biológicas) y las vinculadas al uso del suelo.

La investigación se basará en el procesamiento y compatibilización de información georreferenciada disponible, en trabajo de campo y en observaciones sistemáticas de recurrencia y duración adecuadas a las exigencias de cada una de las variables involucradas. En primera instancia se realizará una recopilación y evaluación de toda la información relacionada con la cuenca del río Culiacán y su región de influencia. Para ello se determinarán unidades hidrológicas en cuanto a pérdidas de suelo; se confeccionarán mapas para la ordenación territorial y de uso del suelo mediante el SIG; y se estimará la emisión de sedimentos a la salida de las cuencas. El SIG permitirá contar con una fuente dinámica de inferencia de causas y efectos de modificaciones reales o simuladas en el marco regional, utilizando datos de diferente origen y configuración.

Tiempo estimado

Cuatro semestres

Beneficios (Económicos, sociales, ambientales)

- Optimizar los recursos hídricos de la cuenca y minimizar la contaminación.
- Fomentar de manera sustentable el uso recreativo de los ríos.
- Reducción de los impactos ambientales de las actividades humanas en las cuencas.

10.7 Gestión integral de residuos sólidos para mejorar la salud pública en las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Justificación

El manejo integral de los residuos sólidos a través de un centro de acopio comunitario en las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa, traerá consigo múltiples beneficios socioambientales y económicos, tales como: reducción del impacto ambiental, minimización de los residuos sólidos, generación de empleo y conservación de la biodiversidad, logrando mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Objetivo

Implementar un centro de acopio comunitario en los municipios que se encuentran en el territorio del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa para el manejo integral de los residuos sólidos, tomando en cuenta aspectos como el salario mínimo para la subsistencia, la salud, seguridad laboral y la protección social.

Finalidad

Minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables.

Metodología

- Formar un equipo comunitario a cargo del proyecto.
- Contactar individualmente a las escuelas y empresas de mayor generación de residuos sólidos que quieran integrarse al proyecto y realizar un directorio.
- Organizar un taller de planificación por objetivos, invitando a los usuarios claves con el fin de diseñar conjuntamente las estrategias para involucrar a los generadores y consumidores de los productos obtenidos de los residuos sólidos.
- Desarrollar el proyecto.
- Evaluar los resultados.
- Actualizar el proyecto para replicarlo.

Tiempo estimado

Dos semestres.

Beneficios (económicos, sociales, ambientales)

- Mejoramiento de las condiciones de trabajo y calidad de vida de los pepenadores.
- Disminución de los riesgos de salud.
- Fomento y generación de empleo.
- Disminución del impacto ambiental.

10.8 Tecnologías de Diseño y Desarrollo de Bajo Impacto (DDBI) para los sistemas hídricos y Cuencas.

Justificación

DDBI ayuda en el control de los escurrimientos de las aguas pluviales como consecuencia del desarrollo urbano minimizando los impactos negativos de los escurrimientos de aguas pluviales y la carga de contaminantes en los ecosistemas, por lo que se intenta mantener el aspecto del régimen hidrológico previo a la urbanización, manteniendo o mejorando la calidad del agua, y preservando los hábitats naturales y los ecosistemas.

Objetivo

Establecer un programa para desarrollar el diseño y desarrollo de bajo impacto en la cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Finalidad

Para maximizar los beneficios del DDBI, el desarrollo urbano debe adoptar el “tren de tratamiento” (primario, secundario y terciario) debido a que los principios del DDBI están vinculados en serie para alargar y reducir los picos del flujo de agua, logrando así un mayor control de las aguas pluviales en cantidad y calidad.

Metodología

- Establecer cursos, diplomados, especialidades, maestrías y doctorados en Diseño y Desarrollo de Bajo Impacto (DDBI).
- Programa de investigación de las tecnologías de DDBI incluyendo métodos y materiales para su construcción y comportamiento, eficiencia y eficacia de dicha tecnología.
- Construcción de proyectos modelos de DDBI en la Cuenca en poblaciones sin cobertura de agua, nuevos fraccionamientos, parques industriales y zonas comerciales.
- Promoción y socialización de DDBI.
- Promover cambios en los reglamentos de construcción y ordenamiento territorial para requerir DDBI en todo cambio del uso del suelo

Tiempo estimado

Doce semestres.

Beneficios (Económicos, sociales, ambientales)

El DDBI tiene numerosos beneficios y ventajas sobre los métodos convencionales de gestión de agua debido al uso de tecnologías adaptadas al ambiente natural y un enfoque más sostenible económicamente para combatir los impactos del uso del suelo, tales como la agricultura, la urbanización y la industria. Por ejemplo, mediante el manejo del escurrimiento cerca de su fuente, el DDBI puede mejorar el medio ambiente local, proteger la

salud pública, y mejorar el bienestar de la comunidad al mismo tiempo ahorrar dinero a los usuarios y las dependencias de gobierno.

10.9 Gestión de la infraestructura hídrica por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sistemas de planificación para las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Justificación

El desarrollo económico depende de la gestión de los servicios de infraestructura, tales como carreteras, electricidad, telecomunicaciones y las 5 aguas (potable, residual, pluvial, subterránea y virtual). Para optimizar el costo para la sociedad se requiere una planificación integral, tomando en cuenta la demanda y la condición de la infraestructura. Esto solo se puede realizar de una manera eficaz usando las últimas tecnologías, tales como se están usando en Inglaterra, Holanda, Australia, Nueva Zelanda y EE.UU.

Objetivo

Elaborar un programa de gestión de servicio de infraestructura hidráulica mediante el uso de sistemas de información geográfica y de planeación estratégica.

Finalidad

Planificación táctica para gestionar la infraestructura y activos de obras públicas, con la finalidad de cumplir un estándar del servicio para más de un activo, ya que diferentes activos se encuentran relacionados entre sí, obligando determinar un nivel de servicio para todos ellos; por ejemplo, la construcción y mantenimiento de una carretera o calle requiere consideración de otros servicios de electricidad, telecomunicaciones y las 5 aguas.

Dicha planificación permite la justificación y la optimización de obras públicas. La justificación significa dar visibilidad al costo y los beneficios asociados con el estándar de servicio acordado, mientras que la optimización permite minimizar el costo de la vida de la infraestructura incluyendo la explotación, mantenimiento y eliminación de cada uno.

Metodología

El proceso y preparación del plan de gestión de la infraestructura abarca:

- Encuestas para establecer el nivel de competencia de la organización.
- Preparación de un programa para desarrollar el plan de gestión de la infraestructura.
- Programa de concienciación en la organización.
- Desarrollo de una base de datos de la infraestructura en los sistemas SIG y de gestión.
- Definición del estándar de servicio.
- Evaluación del rendimiento actual de la infraestructura.

- Diseño de programas de mantenimiento, remplazo y extensión de servicio.
- Elaboración de presupuestos en plazos de uno, tres y diez años.
- Evaluación del costo-beneficio.
- Plan de mejora continua.
- Comunicación con otras entidades para coordinar proyectos y obras.
- Publicación de la información en el SIG y otros sistemas para dar transparencia a los proyectos de obras públicas

Tiempo estimado

Diez semestres

Beneficios (económicos, sociales, ambientales)

- Operación de los servicios de obras públicas con el gasto mínimo, tomando en cuenta los factores con base en el ciclo de vida.
- Provisión de los servicios de infraestructura hidráulica necesarios para la sociedad.
- Provisión de obras públicas con el mínimo impacto ambiental posible.

10.10 Determinación de escenarios por sequía mediante el análisis multivariado temporal usando redes neuronales en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Justificación

Las sequías recurrentes seguirán impactando el ámbito territorial del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa con sus consecuentes efectos ambientales, económicos y sociales. Para ello es necesario implementar los PMPMS para la mitigación, prevención y adaptación al fenómeno. Generalmente los PMPMS se realizan con base en el monitoreo, seguimiento y evaluación de la evolución del fenómeno, lo cual permite tomar acciones de mitigación; no obstante, para la planeación de acciones de prevención y atenuar los efectos de las sequías, mediante la aplicación de una alerta temprana es necesario determinar los escenarios por sequía mediante la aplicación de redes neuronales univariadas (RNU), que hasta el momento se ha estado aplicando las RNU con éxito en la cuenca del río Culiacán; y es necesario extender las proyecciones a todas las cuencas del OCPN. Se considera que las redes neuronales multivariadas (RNM) podrían mejorar dicho pronóstico, así mismo podrían elaborarse mapas de vulnerabilidad y riesgo, que permitan una mejor toma de decisiones para la disminución de los impactos del fenómeno.

Objetivo

Desarrollar un sistema de análisis multivariado temporal de los riesgos y vulnerabilidad ante la sequía mediante el uso de redes neuronales en la cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa para fungir como el instrumento rector de los PMPMS en la cuenca.

Finalidad

Establecer un sistema para pronosticar los índices de sequías meteorológicas, mediante las redes neuronales univariadas y multivariadas, para las principales localidades del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa, considerando los índices SPI, PDSI y otras variables.

Pronosticar los índices de sequía hidrológica, mediante las redes neuronales univariadas y multivariadas, para las principales corrientes y presas existentes en la cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa, considerando el índice de sequía hidrológica (SDI) y otras variables.

Analizar la vulnerabilidad y riesgo por municipios de la cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa ante la sequía, considerando los índices SPI, PDSI y variables económicas, agrícolas y almacenamientos en presas.

Metodología

La metodología que se aplicará incluye:

- La definición (selección, localización y descripción) del área de estudio, Revisión de bibliográfica de la información obtenida en los últimos 10 años.
- Creación de la base de los datos biofísicos, climatológicos e hidrométricos, e imágenes satelitales, para la caracterización temporal y espacial de sequía en de la cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa.
- Caracterización y evaluación de las sequías meteorológicas en de la cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa, mediante la aplicación de índices de sequía SPI, PDSI y el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y el Índice del agua de diferencia normalizada (NDWI).
- Caracterización y evaluación de las sequías hidrológicas en de la cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa, mediante la aplicación del índice SDI.
- Determinación de escenarios por sequía meteorológica en de la cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa, a 1, 2 y 3 meses, mediante la aplicación de redes neuronales univariadas y multivariadas a índices de sequía SPI, PDSI, SDI e índices satelitales.
- Evaluación del pronóstico de los índices utilizados en la determinación de escenarios por sequía meteorológica e hidrológica, comparando los valores pronosticados contra los reales observados, mediante la aplicación de métodos estadísticos.
- Análisis comparativo entre los resultados obtenidos mediante la aplicación de redes neuronales univariadas y los obtenidos mediante la aplicación de las redes neuronales multivariadas.
- Determinación de la vulnerabilidad y riesgo por municipios en la cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa ante la sequía, considerando los índices SPI, PDSI y variables económicas, agrícolas y almacenamientos en presas.

Tiempo estimado

6 Semestres.

Beneficios (económicos, sociales, ambientales)

El beneficio económico se logrará al disminuir las pérdidas multimillonarias ocurridas por la presencia de la sequía en la cuenca de los Ríos Fuerte al Sinaloa al contar con un sistema de alerta temprana que permitirá actualizar y activar los PMPMS.

El beneficio social principal es la mitigación del impacto de la sequía en la población por medio de la provisión oportuna de información que les permitirá implementar medidas de prevención para asegurar la salud y el bienestar de la población.

En cuanto al beneficio ambiental, se considera que por medio de los mapas de vulnerabilidad y riesgo se podrá minimizar los efectos negativos de la sequía sobre el estado ecológico de los cuerpos de agua y los recursos ambientales.

11. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

11.1 Presupuesto operativo.

Para la implementación del PMPMS en las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa, se propone que el Consejo de Cuenca se responsabilice de la gestión integral del programa. Por ello, deberá contar con los recursos humanos y financieros necesarios para cumplir con esta responsabilidad. Además, podrá fungir eficientemente con las funciones que le son otorgadas en la Ley de Aguas Nacionales. El presupuesto operativo anual, de 6 950 040 pesos se presenta desglosado en la Tabla 11.1. Además se necesitará un presupuesto de 1 044 200 pesos para los gastos de establecimiento del Consejo de Cuenca (ver Tabla 11.2).

Tabla 11.1 Presupuesto operativo del Consejo de Cuenca.

| Concepto | Cantidad | Monto/unidad (\$) | Monto total (\$) |
|---|-----------|-------------------|------------------|
| Gerente general | 1 | 452 400/año* | 452 400 |
| Personal técnico | 3 | 241 280/año* | 723 840 |
| Personal Cultura del Agua y comunicación | 3 | 211 120/año* | 633 360 |
| Personal administrativo y contabilidad | 2 | 180 960/año* | 361 920 |
| Total parcial salarios | | | 2 171 520 |
| Arrendamiento de oficina | 12 | 6 000/mes | 72 000 |
| Publicidad | 12 | 10 000/mes | 120 000 |
| Mercadotecnia | 12 | 8 000/mes | 96 000 |
| Insumos | 12 | 3 000/mes | 36 000 |
| Gastos operativos de autos | 75,000 km | 4.2/km | 315 000 |
| Gastos operativos de oficina | 12 | 4 000/mes | 48 000 |
| Captura de datos y mantenimiento del sistema | 12 | 10 000/mes | 120 000 |
| Evaluación y actualización del PMPMS | 1 | 200 000/año | 200 000 |
| Actividades Cultura del Agua | | | 700 000 |
| Proyectos GIRH e investigación | | | 900 000 |
| Total | | | 6 950 040 |

* Incluye impuestos y seguro social

Tabla 11.2 Presupuesto de gastos de establecimiento del Consejo de Cuenca.

| Concepto | Cantidad | Monto/unidad (\$) | Monto total (\$) |
|-------------------------------|----------|-------------------|------------------|
| Automóvil | 1 | 260 000 | 260 000 |
| Vehículo tipo pick up | 1 | 250 000 | 250 000 |
| Vehículo tipo van | 1 | 350 000 | 350 000 |
| Computadoras | 5 | 12 000 | 60 000 |
| Impresora/scanner | 2 | 4000 | 8000 |
| Muebles | 9 | 1800 | 16 200 |
| Preparación de oficina | 1 | 100 000 | 100 000 |
| Total | | | 1 044 200 |

En cuanto al financiamiento, inicialmente los fondos se podrían lograr por medio de los tres niveles de gobierno, pero se recomienda que se establezca un mecanismo para recuperar los gastos directamente de los usuarios.

11.2 Presupuesto Programa de educación, investigación científica y desarrollo tecnológico.

El presupuesto para el programa de educación, investigación científica y desarrollo tecnológico en los próximos seis años es de 16 millones de pesos, que representa tan sólo el 0.29% de la inversión en la infraestructura, es recomendable una inversión de por lo menos el 1% (ver Tabla 11.3)

Tabla 11.3 Programa de educación, investigación científica y desarrollo tecnológico.

| Concepto | Costo Anual (\$) | | | | | | Total (\$) |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | |
| Modelo hidrológico GIRH | 400 000 | 400 000 | 500 000 | | | 0 | 1 300 000 |
| Fortalecimiento del Consejo de Cuenca y los organismos operadores | 500 000 | 300 000 | | | 200 000 | 200 | 1 200 000 |
| Estudio socioeconómico y diseño de un programa comunicación y motivación | 350 000 | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 500 | 2 850 000 |
| Diseño e implementación de Plan GIRH | 450 000 | 300 000 | 300 000 | 300 000 | 300 000 | 300 | 1 950 000 |
| Estudio de factores de riesgo ambiental | | | | 400 000 | 400 000 | | 800 000 |
| Aplicación de modelos exitosos de educación ambiental y cultura del agua | 400 000 | 400 000 | 400 000 | | | | 1 200 000 |
| Gestión integral de residuos sólidos | | | 300 000 | 300 000 | | | 600 000 |
| Tecnologías de diseño y desarrollo de bajo impacto | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 500 | 3 000 000 |
| Gestión de la infraestructura hídrica SIG y sistemas de planificación | 400 000 | 600 000 | 600 000 | 600 000 | 600 000 | 300 000 | 3 100 000 |
| Total | 3 000 000 | 3 000 000 | 3 100 000 | 2 600 000 | 2 500 000 | 1 800 000 | 16 000 000 |

11.3 Presupuesto de proyectos de infraestructura.

Para realizar el presupuesto de proyectos de infraestructura se han revisado los presupuestos y proyectos contemplados en el Plan Hídrico de la Región Hidrológico Administrativa III Pacífico Norte 2007-2012. El presupuesto de esos proyectos se ha reducido en un 25%, bajo la suposición de que el costo de estos proyectos no es sustentable por razones de austeridad y que la experiencia a nivel mundial ha demostrado que se puede lograr la eficiencia económica al implementar tecnologías de diseño y desarrollo de bajo impacto y la gestión integral de recursos hídricos, siempre que se haya aplicado de manera sistémica e inclusiva con suficiente tiempo para la adaptación y aceptación por la comunidad. Los proyectos prioritarios con un valor de 6182 millones de pesos en un plazo de veinte años se presentan en la Tabla 11.4.

Tabla 11.4 Resumen de proyectos de infraestructura.

| Concepto | Costo Anual (Millones \$) | | | | Total |
|---|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2014-2018 | 2019-2023 | 2024-2028 | 2029-2033 | |
| Cobertura de servicio universal | | | | | |
| Agua potable | 300 | 300 | 154 | | 754 |
| Alcantarillado | 350 | 400 | 217 | | 967 |
| Eficiencia | | | | | |
| Productividad agrícola | 170 | 200 | 300 | 480 | 1150 |
| Sector industrial | 1 | | | | 1 |
| Sector público-urbano | 200 | 200 | 200 | 180 | 780 |
| Cobertura y mejoramiento de tratamiento de agua residuales | | | | | |
| Municipal | | 60 | 250 | 382 | 692 |
| Industriales | | 30 | 30 | 43 | 103 |
| Agrícolas | | | 300 | 400 | 700 |
| Gestión integral de cuenca | | | | | |
| Reducción y control de avenidas | 60 | 100 | 100 | 165 | 425 |
| Restauración y reforestación de la cuenca | 70 | 70 | 100 | 120 | 360 |
| Caudal ecológico | 50 | 50 | 70 | 80 | 250 |
| Total | 1201 | 1410 | 1721 | 1850 | 6182 |

11.4 Beneficios.

El beneficio principal en un plazo de 5 años es la prevención y mitigación de la vulnerabilidad ante la sequía de aproximadamente 1 166 976 habitantes en la cuenca, logrando a su vez la protección del medio ambiente.

Los beneficios específicos son:

- Instrumentación de acciones emergentes para la prevención y mitigación de los efectos del desabasto de agua para consumo humano causados por la sequía.
- Autosuficiencia del Consejo de Cuenca.
- Aumento en la cobertura de agua potable, beneficiando a 192,000 habitantes y aumento en la cobertura de alcantarillado, beneficiando a 276 000 habitantes en las zonas rurales; aumento en la cobertura de agua potable beneficiando a 113 615 habitantes y aumento en la cobertura de alcantarillado, beneficiando a 152 948 habitantes en zonas urbanas.
- Eficiencia global de los Organismos Operadores del 80%.
- Tratamiento del 90% de las aguas residuales municipales.
- Tratamiento del 100% de las aguas residuales industriales.
- Tratamiento del 50% de las aguas residuales agrícolas.
- Modernización del 25% de la superficie agrícola.
- Restauración de la cuenca y el caudal ecológico.
- Eficiencia física de la red de suministro agrícola del 85%.
- Generación y aplicación de innovación tecnológica.
- Fomento de la Cultura del Agua.
- Fomento de la Cultura Ambiental.
- Disminución de la generación de residuos sólidos.
- Reducción de los riesgos ambientales.
- Impulso del desarrollo sustentable.
- Desarrollo de una herramienta para garantizar el abastecimiento de agua para el consumo humano.
- Metodología para el aseguramiento de la disponibilidad óptima de agua para los usuarios.
- Reducción de la contaminación y mantenimiento del caudal ecológico.
- Desarrollo de la base fundamental para la gestión integral de los recursos hídricos en las cuencas y la participación de los usuarios y la sociedad en la toma de decisiones encaminadas a la gestión integral.
- A largo plazo se logrará el costo óptimo para la sociedad en la provisión de sistemas de agua.
- Evaluación de la efectividad del PMPMS a largo plazo y así justificación los recursos necesarios para su implementación.
- Involucramiento de todos los sectores en la implementación del DDBI.
- Reducción en el costo de la infraestructura hídrica y la atención de desastres hidrometeorológicos.
- Aumento en la producción agrícola, pesca, forestal y pecuaria.
- Disminución en la vulnerabilidad a la sequía.
- Protección de la salud pública.

- Disminución del grado de marginación de los habitantes.
- Restauración de la cuenca.
- Mantenimiento del caudal ecológico y conservación de los recursos naturales.
- Mejora de la productividad del uso del recurso hídrico.
- Fomento de la autosuficiencia de los habitantes en la cuenca en el uso de las 5 aguas.
- Reducción del costo de programas de protección ambiental a través de la participación social.
- Fomento de una cultura ambiental y de cuidado del agua en la población de las cuencas.
- Reducción de los impactos ambientales a través de la concientización y sensibilización de los habitantes de la cuenca.
- Capacitación del 80% de los habitantes en la cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa en un periodo máximo de 6 años.
- Reducción en el consumo del agua.
- Reducción en el índice de morosidad y actualización del padrón de usuarios, mediante campañas para promover el pago oportuno, por ejemplo “Paga tu agua puntual” y “Pagando tu agua ahorras dinero”.
- Impulso de una ley de agua potable, estableciendo la responsabilidad de los Organismos Operadores y los usuarios.
- Establecimiento de una cultura positiva hacia el PCA en los organismos operadores y municipios involucrados.
- Disminución del impacto ambiental al dar un manejo adecuado de los residuos sólidos municipales.
- Uso de tecnologías adaptadas al ambiente natural con un enfoque económicamente sostenible para combatir los impactos del uso del suelo, como la agricultura, la urbanización y la industria.
- Provisión de los servicios necesarios para el funcionamiento de la sociedad.
- Provisión de obras públicas con el impacto mínimo posible.

11.5 Seguimiento de las medidas de prevención de la sequía

11.5.1 Programa Conservación y Uso de Suelo y Agua, COUSSA

El Programa Conservación y Uso de Suelo y Agua tiene por objetivo contribuir a la conservación, uso y manejo sustentable de los recursos naturales utilizados en la producción primaria mediante el pago de apoyo y servicios. De manera que permita a los productores rurales desarrollar proyectos integrales que consideren el cálculo, diseño y ejecución de obras y prácticas para un aprovechamiento adecuado de sus recursos. En el Consejo de Cuenca de los Fuerte y Sinaloa se obtuvieron los beneficios que se indican en la Tabla 11.5.

Tabla 11.5 Relación de proyectos del componente y uso sustentable de suelo y agua, con recursos devengados al cierre del ejercicio fiscal 2013.

Municipio

| | | | | | |
|------------------|------------|-------------------|----------------|-------------|----------------|
| Ahome | 36 | 71 386.20 | 27.50% | 1.98 | 22.86% |
| El Fuerte | 0 | 0.00 | 0.00% | 0.00 | 0.00% |
| Choix | 32 | 63 865.00 | 24.60% | 2.78 | 32.01% |
| Guasave | 0 | 0.00 | 0.00% | 0.00 | 0.00% |
| Sinaloa | 36 | 124 315.44 | 47.89% | 3.92 | 45.14% |
| Total | 104 | 259 567.00 | 100.00% | 8.68 | 100.00% |

En el territorio del Consejo de Cuenca se invirtió un total de 8.68 millones de pesos, que significó un aumento en la capacidad de almacenamiento por el orden de 259 000 m³ y 104 beneficiarios.

11.5.2 Programa para la Construcción y Rehabilitación de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales

Con respecto al sector agua potable, a través del Programa para la Construcción de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales, durante el año 2014 se invirtieron en el Consejo de Cuenca 29.73 millones de pesos (ver Tabla 11.6).

Tabla 11.6 Inversiones en el sector Agua Potable.

| Municipio | Descripción del sistema | Población total beneficiada (hab) | Organismo operador | Inversión total (\$) |
|------------------|--|-----------------------------------|--------------------|----------------------|
| Sinaloa | Rehabilitación del sistema múltiple de agua potable. | 2103 | JUMAPAS | 6 282 350.00 |
| El Fuerte | Construcción del sistema de agua potable. | 257 | JAPAF | 4 426 000.00 |
| Choix | Construcción de la tercer Etapa del sistema múltiple de agua potable. Rehabilitación del sistema múltiple de agua potable. Construcción del sistema de agua potable. | 1841 | JAPAMCH | 18 162 619.00 |

| | | | | |
|--------------|--|-------------|--------|----------------------|
| | Construcción de galería filtrante vertical para sustitución de fuente. | | | |
| Ahome | Construcción de línea de conducción de agua potable. | 531 | JAPAMA | 862 501.00 |
| Total | | 4732 | | 29 733 470.00 |

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

12.1 Conclusiones

La presente actualización del PMPMS del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, se sustenta en la aplicación de un método para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía distinto al adoptado en la versión 2013. En ésta última, se aplicó el Sistema de Evaluación del Riesgo Extremo de Sequías, que utilizó tres factores para

determinar dicha vulnerabilidad: el ingreso per cápita (IPC), la disponibilidad de agua en presas; y el índice de Palmer para severidad de sequía. Estos factores fueron combinados mediante un esquema de pesos ponderados lineal (proceso analítico de jerarquías).

En la presente actualización del PMPMS 2014 se aplicó el sistema Super Decisions, que usaron 11 factores para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía (descritos en el capítulo 5), integrados a través del esquema de pesos ponderados en redes (proceso analítico de redes), en el que dichos pesos específicos son modificados cada uno respecto al otro. Se ha probado que este esquema arroja mejores resultados cuando se trata de combinaciones complejas entre gran número de factores, como es el caso de la vulnerabilidad ante la sequía en cuencas.

Los resultados muestran que en las zonas bajas se tiene la mayor vulnerabilidad. La incorporación correcta de un mayor número de factores en la evaluación de la vulnerabilidad implica mejores resultados, por lo que las acciones preventivas y de mitigación deberían focalizarse hacia los territorios antes mencionados.

De acuerdo con el análisis del régimen pluviométrico 2014, no hubo condiciones de sequía en el Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, por lo que no fue necesario aplicar las medidas de mitigación propuestas para cada una de las cinco etapas de la sequía. No obstante, se recomienda la implementación de acciones preventivas, algunas de las cuales forman parte de la operación normal de los programas institucionales. Tal es el caso, del Programa de Conservación y Uso de Suelo y Agua (COUSSA), mediante el que se ejercieron en 2013 en el territorio del Consejo de Cuenca un total de 8.68 millones de pesos que significaron un incremento de más de 259 000 m³ en la capacidad de almacenamiento en el territorio del Consejo de Cuenca. Además, por medio del Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS), en el año 2013, por medio del cual se invirtieron en el territorio del Consejo de Cuenca 29.73 millones de pesos en diversas obras de agua potable, beneficiando a más de 4732 habitantes de zonas rurales.

En este mismo sentido, se aplican las medidas preventivas para gestionar la demanda entre las que se encuentran: políticas óptimas de operación de presas; pronóstico de la oferta y la demanda en planes de riego, cobrar y pagar por el uso del agua; y las medidas estructurales para gestionar la demanda, así como las medidas preventivas por sector.

También se propone el Programa de Educación, Investigación científica y Desarrollo Tecnológico en materia de agua cuyo objetivo es apoyar la gestión de la sequía mediante el eficiente desempeño del Consejo de Cuenca y de los organismos operadores; aumentar el nivel de conciencia de la población en el tema del uso eficiente del agua; aplicar exhaustivamente sistemas de simulación digital de los procesos, para determinar la disponibilidad hídrica basados en sólidos sistemas de información geográfica; así como fomentar la aplicación de modelos conceptuales para la gestión sustentable de los recursos naturales y la infraestructura productiva y de servicios.

No obstante, quedan pendientes algunas tareas para una siguiente versión del PMPMS del Consejo de Cuenca, como son:

- Implementar un mecanismo eficaz para monitorear, evaluar y actualizar el PMPMS, cuyas características esenciales, entre las que destaca aplicar el ciclo de mejora continua, dar seguimiento a los resultados del *software* Super Decisions y calibrarlo con datos reales de los 11 factores considerados. El núcleo operativo de dicho mecanismo es la medición, registro, análisis y seguimiento de los indicadores claves de desempeño. La apropiada interpretación de los mismos permite evaluar la eficacia de los resultados obtenidos, compararlos con las metas establecidas para identificar diferencias y replantear acciones para reducir dichas diferencias.
- Instrumentación de un conjunto de medidas de carácter preventivo, tendientes a establecer un escenario favorable en torno a la gestión a largo plazo de la sequía. Esto a través del desarrollo de los recursos administrativos internos del Consejo de Cuenca, así como los aspectos culturales y tecnológicos existentes.

Finalmente, el reto para la sociedad y las instituciones gubernamentales es aceptar como práctica real que el fenómeno de la sequía es recurrente y que la planificación de acciones, constituidas en este caso por el conjunto organizado de medidas preventivas y de mitigación, es esencial para reducir los efectos negativos en la población, tanto en sus actividades domésticas como productivas.

12.2 Recomendaciones

Derivadas de las consultas con los actores involucrados en el sector hídrico del Consejo de Cuenca, se identifican algunas recomendaciones, que son en realidad acciones preventivas que coadyuvan a gestionar la sequía. Entre ellas:

- Armonizar esfuerzos con los programas de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas, CONAZA, Organismo Público Descentralizado del Gobierno Federal, sectorizado a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), cuyo objeto es promover el desarrollo de las zonas áridas y marginadas del país. Dichos programas son:
 - Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA)
 - Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria (PESA).
 - Construcción de Pequeñas Obras Hidráulicas, (POH).
 - Proyecto Estratégico de Desarrollo de las Zonas Áridas (PRODEZA).
- Cultura del agua (participación social). Reforzar las acciones de concientización de la población sobre las prácticas del uso eficiente del agua, en cantidad y calidad, con énfasis en las cuencas con alto desarrollo hidroagrícola, como son las de los ríos Fuerte y Sinaloa.

- Agua potable. Establecer sistemas de optimización para los tandeos de agua. En caso de existir tandeos por situaciones de escasez de agua potable, estudiar y aplicar los mecanismos que permitan reducir al máximo el desabasto por tiempos prolongados de amplios sectores de los núcleos de población.
- Vivienda vertical. Las viviendas verticales, por su constitución, reducen el consumo de agua por habitante al disminuir las áreas verdes y conexiones a la red de agua potable.
- Medir el agua de riego por volumen. Bajo el principio de que se cuida lo que se paga, promover paulatinamente la medición volumétrica al mínimo nivel territorial posible, junto al esquema de cobro por el uso del agua, contribuyendo con esto, a reducir el consumo del recurso hídrico. Dicho esquema de cobro, tendría que ser plenamente acordado entre los interesados en foros como los comités hidráulicas de cada distrito de riego y en el propio Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

REFERENCIAS

Alley, W.M. (1984). The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*.

Anglian Water Group Limited (2012). Anglian Water's draft Drought Plan 2012.

Arias Patrón, E. (2005). "Plan de acción para el uso eficiente de agua dulce en el Golfo de California. Reporte técnico final para WWF". México.

Auckland Region Water Network Operators (2004). "Auckland Water Incident Cooperation Plan". GHD.

Axis-Arroyo J, Mateu J (2001) Geostatistical methods for the evaluation of anthropogenic impact in marine bottom. En Villacampa Y, Brebbia CA, Usó JL (Eds.) *Ecosystems and Sustainable Development III*. WIT Press. Southampton, RU.

BEACON (2008). *Slowing the Flow: A Comprehensive Demand Management Framework for Reticulated Water Supply*.

Becerra, P. M. y Sainz, S. J. (2002). Base de datos sobre conflictos de Agua aparecidos en prensa nacional durante el periodo 1990-2002. Instituto Nacional de Ecología.

Castañeda, L.O. y F. Contreras E. (1994). *Bibliografía Comentada Sobre Ecosistemas Costeros Mexicanos. Volumen II, Litoral del Pacífico*. CONABIO/ UAM – I/ CDELM. 495 P. México, D.F.

CENAPRED (2013). Serie Fascículos Sequías. ISBN: 978-970-821-000-3. Pág. 38. Versión electrónica 2013. Publicado por la Secretaría de Gobernación.

CICESE-PEACCBC (2013). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California- Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático. Base de Datos Climáticos del Noroeste de México. Página web del CICESE-peaccBC <http://peac-bc.cicese.mx/datosclim/dcbc.php>.

CFE (2013). Centrales generadoras al mes de julio de 2013, base de datos en línea.

CNA (2000). Reactivación de redes de monitoreo piezométrico de los acuíferos de los valles le: Río Mocorito, Río Culiacán, Río Presidio, Río San Lorenzo Y Río Fuerte, Sin. Zona: Valle del Río Fuerte, Sin.

CNA (2003). Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua.- México. ISBN 968-817-565-X.

CNA (2004). Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua.- México. ISBN 968-817-601-X.

CNN México (2011).

<http://mexico.cnn.com/nacional/2011/11/09/la-sequia-del-norte-de-mexico-es-la-peor-en-70-anos-advierten-autoridades>

CONAGUA (2005). Síntesis de las Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua.- México. ISBN 968-817-561-7. Primera edición: junio, 2005.

CONAGUA (2006). Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua. Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua (SINA). ISBN 968-817-758-X.

CONAGUA (2007). Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua.-México, edición 2007. Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA (2007). Análisis de la Información del Agua de los Censos y Conteos 1990 a 2005, Comisión Nacional del Agua. Pág. 38. ISBN: 968-817-844-6 y ISBN: 978-968-817-844-7. Primera Edición. Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA (2008). Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua.-México. ISBN 978-968-817-895-9. 1a. Edición 2008. Editor: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209.

CONAGUA (2009). Estudio para la determinación de la disponibilidad media anual de agua superficial en las cuencas hidrológicas de los ríos Pericos, Rosamorada y Bejuco de la Región Hidrológica No. 11 Presidio San Pedro; así como la actualización de la disponibilidad de agua en las cuencas de los ríos Fuerte, Sinaloa y Culiacán de la Región Hidrológica No. 10 Sinaloa.

CONAGUA (2010a). Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua.- México, edición 2010. Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA (2010b). Estadísticas agrícolas del Año agrícola 2008-2009, Comisión Nacional del Agua. Pág. 323. Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA (2011a). Estadísticas del agua en México, Comisión Nacional del Agua. Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA (2011b). Base de Datos del REPDA.

CONAGUA (2012a). Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Comisión Nacional del Agua. Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Edición 2012. C.P 14210, Tlalpan, México, D.F.

CONAGUA (2012b). Atlas del Agua en México 2012, Comisión Nacional del Agua. ISBN: 978-607-8246-29-8. Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA (2012c). Programa Hídrico Regional Visión 2030 Región Hidrológico-Administrativa III Pacífico Norte.

CONAGUA (2012d). Estudios de investigación para caracterizar a las regiones del país en función del cambio climático, incluyendo los mapas asociados III Pacífico Norte.

CONAGUA (2013a). Base de Datos diarios climatológicos y de aportación, extracción y almacenamiento en las presas 1999-2013.

CONAGUA (2013b). Base de datos almacenamiento en las presas 1949-2013.

CONAGUA (2013c). Base de datos características principales de los distritos de riego.

CONAGUA (2013d). Base de datos del PDSI histórico en cada estación meteorológica.

CONAGUA OCPN (2013). Componentes del balance de agua superficial por cuenca.

CONAGUA (2013f). Base de datos del Índice de Calidad del Agua en Sinaloa.

CONAGUA (2014). Dirección Técnica, Aguas superficiales y meteorológicas.

CONAGUA (2014). Atlas del Agua en México.

CONANP (2013). Humedales de México, base de datos en línea. Página web <http://ramsar.conanp.gob.mx/>

CONAPO (2013a). Proyecciones de la Población de los Municipios de México 2010-2030, base de datos en línea. Página web <http://www.conapo.gob.mx/>

CONAPO (2013b). Índices de marginación por entidad federativa y municipio 2010 Apéndice B.-Índices de marginación por municipio, 2010, base de datos en línea.

DOF (2002). NOM-011-CONAGUA-2000. Conservación del recurso agua. Establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

DOF (2009). ACUERDO por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos.

DOF (2010a). ACUERDO por el que se determina la circunscripción territorial de los organismos de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua.

DOF (2010b). ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Río Sinaloa 1, Arroyo Ocoroni, Arroyo Cabrera y Río Sinaloa 2, mismas que forman parte de la porción de la región hidrológica denominada Río Sinaloa.

DOF (2010c). ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Río Fuerte 1, Río Choix, Arroyo Álamos y Río Fuerte 2, mismas que forman parte de la porción de la Región Hidrológica denominada Río Fuerte.

DOF (2012a). ACUERDO por el que se instruyen acciones para mitigar los efectos de la sequía que atraviesan diversas entidades federativas.

DOF (2012b). 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 (2012c). Aviso de consulta pública del Proyecto de Norma Mexicana: PROY-NMX-AA-164-SCFI-2012 Edificación Sustentable - Criterios y Requerimientos Ambientales Mínimos.

Escalante, C. y L. Reyes (1998). Identificación y análisis de las sequías en la región hidrológica número 10, Sinaloa. Ingeniería Hidráulica en México, vol. 2.

E-LOCAL (2013). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Secretaria de Gobierno.

Espinal, C. T., Sedeño, J. E., y López, L. E., (2013). Evaluación de la Calidad del Agua en la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México, Mediante Técnicas Multivariadas: Un Análisis de Valoración Para Dos Épocas 2005, 2009-2010 Revista Internacional Contaminación Ambiental.

FAO (2002). Las buenas prácticas agrícolas. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO (2004). Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). En búsqueda de la sostenibilidad, competitividad y seguridad alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Oficina Regional de la FAO para América y el Caribe Santiago de Chile.

Fortis-Hernández, M., García-Salazar, J.A., Guzmán-Soria E. J., Mora-Flores, S., Portillo-Vázquez, M., y Valdivia-Alcalá, R. (2006). La Demanda de Agua en la Comarca Lagunera, México. Publicado en Agrociencia.

Galindo-Reyes, G. (2000). Condiciones ambientales y de contaminación en los ecosistemas costeros de Sinaloa. Culiacán, Sin.

García, E., (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación Koppen. Instituto de Geografía, UNAM.

Global Water Partnership (GWP), (2005). Estimulando el cambio: Un manual para el desarrollo de estrategias de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) y de optimización del agua. Elaborado por el Comité Técnico del Global Water Partnership con la colaboración del Ministerio de Asuntos Exteriores de Noruega.

Global Water Partnership (GWP), (2005). Para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, Toolbox.

Hooper, B. P. (2006), River Basin Organization Performance Indicators. Technical Note [Forthcoming]. Alexandria, Virginia, US Army Corps of Engineers.

IMTA (2013). Guía para la formulación de Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía.

INEC (2005). El Cambio Climático en México. Información por Estado y Sector. http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/vulne_chihuahua.html

INEGI (2005). II Censo de población y vivienda 2005. <http://www.inegi.gob.mx>.

INEGI (2010a). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

INEGI (2010b). Población por municipio 2010, Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía.

INEGI (2012a). Perspectiva estadística Chihuahua Diciembre 2012.

INEGI (2012b). Perspectiva estadística Sinaloa Diciembre 2012.

INEGI (2012c). Perspectiva estadística Sonora Diciembre 2012.

IPCC (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (editors)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lankford, R.R. (1977). Coastal Lagoons of Mexico, Their Origin and Classification. Estuarine Processes, Vol. II. : 182 – 215.

Lewin, K. (1946). Action Research and Minority Problems. The Society for the Psychological Study of Social Issues. Journal of Social Issues, vol. 2.

NDMC (2012). National Drought Mitigation Center. Página web del NDMC www.unl.edu/ndmc Universidad de Nebraska.

Osuna-Flores, I. y Riva, M.C (2002). Organochlorine pesticide residue concentrations in shrimps, sediments, and surface water from Bay of Ohuira, Topolobampo, Sinaloa, Mexico. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 68: 532-539.

Palmer, W. C. (1965). Meteorological Drought. U. S. Department of Commerce. Weather Bureau. Research Paper No. 45. Washington D. C. 58 pp.

Paré, L., Robinson, D., y González, M.A, (2008). Gestión de cuencas y servicios ambientales perspectivas comunitarias y ciudadanas (SEMARNAT). Primera edición: septiembre de 2008. Pág. 297. ISBN: 978-968-817-871-3.

Pineda Olmedo R (1999) Evaluación de un ambiente lagunar estuarino mediante indicadores de calidad y biológicos. Tesis. Instituto Politécnico Nacional, México.

Pineda, P. N., Salazar A. A., y Rodríguez, M.B. (2010). Para dar de beber a las ciudades mexicanas: el reto de la gestión eficiente del agua ante el crecimiento urbano. El Agua en México: Cauces y Encauces. Pág. 702. Publicado por CONAGUA. ISBN 978-607-95166-1-1.

POE (2010). Periódico Oficial del Estado. Presupuesto de Egresos del Estado de Chiapas para el Ejercicio Fiscal 2010. Gobierno del estado de Chiapas.

PND (2013). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 del Gobierno de la Republica.

PRONACOSE (2013). Programa Nacional contra la Sequía. Lineamientos Generales para la elaboración de los Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de las Sequías. Documento publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

Raisz, E. (1959). Landforms of Mexico. Cambridge, Mass., Ed. privada.

Raisz, E. (1964). Landforms of México (chart). Geography Branch of the Naval Research.. Cambridge, Mass. USA.

Ravelo, A.C. (2007-2012). *Monitoreo, evaluación y pronóstico de sequías en el OCPN*. Proyecto PREMIA CONAGUA. Informe Final OMM. 315 pp + DVD.

Ravelo, A.C. y A.J. Pascale, (1997). Identificación de ocurrencia de sequías mediante imágenes del satélite NOAA e información terrestre. Rev. Facultad de Agronomía 17(1):105-107.

Romero Beltrán E., H. J. Parra Osuna, J. L. Guevara Osuna, J. A. Bect Valdéz y S. Retamoza Leyva (2002). Variación estacional de la calidad del agua en el sistema lagunar Agiabampo – Bacorehuis. México.

SAGARPA-CONAPESCA (2010). Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2010.

SAGARPA (2011). Estadística de uso tecnológico y de servicios en la superficie agrícola. Cuadros tabulares 2011.

SAGARPA (2013). Tecnologías a tu alcance del Componente COUSSA, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Sainz Santamaría, J. y Becerra Pérez, M. (2003). Los conflictos por el agua en México Gaceta Ecológica, núm. 67, abril-junio, 2003, pp. 61-68, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Secretaría de Marina (1999). Estudio de la Calidad del Agua en el estero El Capoa. Ramificación de la bahía de Bacorehuis, del sistema lagunar de Agiabampo. Informe técnico. Estación de Investigación Oceanográfica del Pacifico Centro. Topolobampo, Sinaloa.

SEGOB (2013). Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal Base de datos de Finanzas PIB Municipal 2005. Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM).

SEMARNAT (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Publicada en el DOF el 17 de abril del 2002.

SEMARNAT (2012). Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Comisión Nacional del Agua. Pag 280. Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Edición 2012. C.P 14210, Tlalpan, México, D.F.

SPIC (2010). Estudio Geohidrológico de los Acuíferos de los Ríos Culiacán, Mocorito, Sinaloa y Fuerte, en el Estado de Sinaloa - Informe Final Acuífero Río Sinaloa. Servicios y Proyectos de Ingeniería Civil, S.A. de C.V.

Torrecillas, N. C. E., y Cárdenas C. H. M. (2007). Evaluación de la Contaminación de Pesticidas y Metales Pesados en la Bahía de Bacorehuis Campo Pesquero Bacorehuis, Ahome, Sinaloa. Coordinación Nacional de Áreas Protegidas (CONANP).

Torrecillas, N. & Cárdenas C. (2009). Methodological Guide for an Integrated Catchment Management Plan. Response prepared for Autonomous University of Sinaloa. December 2009.

United States Environmental Protection Agency (USEPA), (2008). Handbook for Developing Watershed Plans to Restore and Protect Our Waters. United States Environmental Protection Agency Office of Water Nonpoint Source Control Branch.

APÉNDICES

CONTENIDO

Apéndice A. Taller de planeación estratégico para la conformación del Grupo Técnico Directivo, del Consejo de Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Contenido de Figuras:

Figura A. 1 Organigrama del Grupo Técnico Directivo (GTD).

Apéndice B. Temperatura media anual y precipitación en las estaciones climatológicas del Consejo de Cuenca del periodo 1951-2010.

Contenido de Gráficas:

Gráfica B. 1 Precipitación y temperatura media anual de la estación Guachochi.

Gráfica B. 2 Precipitación y temperatura media anual de la estación Guadalupe y Calvo.

Gráfica B. 3 Precipitación y temperatura media anual de la estación Cuiteco, Urique.

Gráfica B. 4 Precipitación y temperatura media anual de la estación Chínipas, Chinipas.

Gráfica B. 5 Precipitación y temperatura media anual de la estación Cerocahui, Urique.

Gráfica B. 6 Precipitación y temperatura media anual de la estación Urique, Urique.

Gráfica B. 7 Precipitación y temperatura media anual de la estación Batopilas, Batopilas.

Gráfica B. 8 Precipitación y temperatura media anual de la estación Guerachic, Guachochi.

Gráfica B. 9 Precipitación y temperatura media anual de la estación San José de Gracia, Sinaloa

Gráfica B. 10 Precipitación y temperatura media anual de la estación Choix, Choix.

Gráfica B. 11 Precipitación y temperatura media anual de la estación Bamicori, El Fuerte.

Gráfica B. 12 Precipitación y temperatura media anual de la estación El Fuerte, El Fuerte.

Gráfica B. 13 Precipitación y temperatura media anual de la estación Topolobampo, Ahome.

Gráfica B. 14 Precipitación y temperatura media anual de la estación Mochicahui, El Fuerte.

Gráfica B. 15 Precipitación y temperatura media anual de la estación Ruiz Cortines, Guasave.

Gráfica B. 16 Precipitación y temperatura media anual de la estación Los Mochis, Ahome.

Gráfica B. 17 Precipitación y temperatura media anual de la estación El Nudo, Guasave.

Gráfica B. 18 Precipitación y temperatura media anual de la estación Arroyo Hondo, Álamos.

Gráfica B. 19 Precipitación y temperatura media anual de la estación Cazanate, Álamos.

Gráfica B. 20 Precipitación y temperatura media anual de la estación Don, Huatabampo.

Apéndice C. Principales ecosistemas, recursos naturales, y características y uso del suelo en la cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Contenido de Tablas:

Tabla C. 1 Principales Ecosistemas de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Tabla C. 2 Recursos Naturales de las Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Tabla C. 3 Características y uso del suelo de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Apéndice D. Población Total, Indicadores Socioeconómicos, Índices y Grado de Marginación de los Municipios de Sinaloa y Chihuahua en el 2010.

Contenido de Tablas:

Tabla D. 1 Población total, indicadores socioeconómicos, índices y grado de marginación de los municipios de Chihuahua en el 2010.

Tabla D. 2 Población total, indicadores socioeconómicos, índices y grado de marginación de los municipio de Sinaloa en el 2010.

Apéndice E. Agrupación de Regiones Hidrológicas conforme a la Aportación al Producto Interno Bruto (PIB) Nacional 2012 Y PIB municipal 2010 de la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Contenido de Tablas:

Tabla E.1 Agrupación de Regiones Hidrológicas conforme a la aportación al PIB Nacional 2012.

Tabla E.2 PIB Municipal 2010 de la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Apéndice F. Modalidad hídrica de la producción agrícola y rendimiento agrícola de los distritos de riego.

Contenido de Tablas:

Tabla F.1 Superficie sembrada mecanizada por entidad y municipio según modalidad hídrica, año agrícola 2013

Tabla F. 2 Producción Agrícola 2013 por Municipio.

Tabla F. 3 Rendimiento agrícola por Distrito de Riego 1997-2013 (ton/ha).

Tabla F. 4 Superficie cosechada por Distrito de Riego 1997-2013 (ha).

Tabla F. 5 Valor de la cosecha de los Distritos de Riego 1997-2013.

Tabla F. 6 Distribución y Cobertura de Productores de Camarón de Cultivo, en Sinaloa.

Contenido de Gráficas:

Gráfica F. 1 Rendimiento Agrícola por Distrito de Riego 1997-2010 (ton/ha).

Gráfica F. 2 Superficie Anual Cosechada en los Distritos de Riego 1997-2013 (ha).

Gráfica F. 3 Valor de la Cosecha de los Distritos de Riego 1997-2013.

Apéndice G. Evaluación de la sequía histórica del periodo de 1977 al 2014

Contenido de Tablas:

Tabla G. 1 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1979 utilizando el PDSI.

Tabla G. 2 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1980 utilizando el PDSI.

Tabla G. 3 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1982 utilizando el PDSI.

Tabla G. 4 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1985 utilizando el PDSI.

Tabla G. 5 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1986 utilizando el PDSI.

Tabla G. 6 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1987 utilizando el PDSI.

Tabla G. 7 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1988 utilizando el PDSI.

Tabla G. 8 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1989 utilizando el PDSI.

Tabla G. 9 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1990 utilizando el PDSI.

Tabla G. 10 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1991 utilizando el PDSI.

Tabla G. 11 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1992 utilizando el PDSI.

Tabla G. 12 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1993 utilizando el PDSI.

Tabla G. 13 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1994 utilizando el PDSI.

Tabla G. 14 Registro de Ocurrencia de Sequías en 1995 utilizando el PDSI.

Tabla G. 15 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1996 utilizando el PDSI.

Tabla G. 16 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1997 utilizando el PDSI.

Tabla G. 17 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1998 utilizando el PDSI.

Tabla G. 18 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1999 utilizando el PDSI.

Tabla G. 19 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2000 utilizando el PDSI.

Tabla G. 20 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2001 utilizando el PDSI.

Tabla G. 21 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2002 utilizando el PDSI.

Tabla G. 22 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2003 utilizando el PDSI.

Tabla G. 23 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2004 utilizando el PDSI.

Tabla G. 24 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2005 utilizando el PDSI.

Tabla G. 25 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2006 utilizando el PDSI.

Tabla G. 26 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2007 utilizando el PDSI.

Tabla G. 27 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2008 utilizando el PDSI.

Tabla G. 28 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2009 utilizando el PDSI.

Tabla G. 29 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2010 utilizando el PDSI.

Tabla G. 30 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2011 utilizando el PDSI.

Tabla G. 31 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2012 utilizando el PDSI.

Tabla G. 32 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2013 utilizando el PDSI.

Tabla G. 33 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2014 utilizando el SPI.

Apéndice H. Disponibilidad y demanda del agua de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Contenido de Tablas:

Tabla H. 1 Almacenamiento en las Presas de la Cuenca Ríos Fuerte y Sinaloa 1998-2013.

Tabla H. 2 Años con el Mínimo Almacenamiento en las Presas de la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa al 1 de junio.

Tabla H. 3 Aportación a las presas en la cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, 2003-2013.

Tabla H. 4 Evolución del Agua Suministrada y Desinfectada para Consumo Humano por entidad

Tabla H. 5 Usos Consuntivos de Aprovechamientos de Aguas Superficiales en la Cuenca del Río Fuerte.

Tabla H. 6 Usos Consuntivos de Aprovechamientos de Aguas Superficiales en la Cuenca del Río Sinaloa.

Tabla H. 7 Sonora. Cobertura del Servicio de Agua Potable, Dotación Media y Agua No Contabilizada.

Tabla H. 8 Chihuahua. Cobertura del Servicio de Agua Potable, Dotación media y Agua No Contabilizada.

Tabla H. 9 Sinaloa .Cobertura del Servicio de Agua Potable, Dotación Media y Agua No Contabilizada.

Apéndice I. Medidas para la gestión de la demanda del agua en el Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Índice de Tablas:

Tabla I. 1 Derechos por Explotación, Uso o Aprovechamiento de Aguas Nacionales, según Zonas de Disponibilidad, 2010

Tabla I. 2 Costo del Bombeo de la Demanda del Sector Agrícola en los Distritos de Riego.

Apéndice J. Fundamentos del PMPMS del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa

Apéndice K. Marco físico del territorio del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Índice de Figuras:

Figura K. 1 Provincias de la Sierra Madre Occidental.

Figura K. 2 Zona hidrológica de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Figura K. 3 Zonas de vedas de aguas subterráneas en el estado de Sinaloa.

Figura K. 4 Humedales en las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Índice de Gráficas:

Gráfica K. 1 Almacenamiento en las Presas de la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa de 1995-2013.

Gráfica K. 2 Distribución de la Población en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa 2010-2030.

Gráfica K. 3 Cambio de la Composición del Producto Interno Bruto.

Contenido de Tablas:

Tabla K. 1 Distribución de los Municipios en el territorio del Consejo de Cuenca.

Tabla K. 2 Normales Climáticas 1951-2010. Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Tabla K. 3 Precipitación y temperaturas medias mensuales de la parte alta del territorio del Consejo de Cuenca.

Tabla K. 4 Precipitación y temperaturas medias mensuales de la parte media del territorio del Consejo de Cuenca.

Tabla K. 5 Precipitación y temperaturas medias mensuales de la parte baja del territorio del Consejo de Cuenca.

Tabla K. 6 Características de las principales cuencas del Consejo.

Tabla K. 7 Acuíferos en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Tabla K. 8 Presas en la cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Tabla K. 9 Plantas Hidroeléctricas en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Tabla K. 10 Distribución de la Población por estado en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa 2010-2030.

Tabla K. 11 Disponibilidad de Aguas de Primer Uso en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Tabla K. 12 Demanda de aguas de primer uso por usuarios en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Apéndice L. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Contenido de Figuras:

Figura L. 1 Concepto de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

Apéndice M. Siglas y Acrónimos.

Apéndice N. Glosario.

Apéndice A

Taller de planeación estratégico para la conformación del Grupo Técnico Directivo del Consejo de Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa

Conformación del Grupo Técnico Directivo

La Gerencia General de la Comisión Nacional del Agua convocó el día 22 de abril de 2013, al Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa para dar a conocer el Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE) y la necesidad de conformar un Grupo Técnico Directivo (GTD), encargado de la planeación del Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS).

Se acordó que CONAGUA y los responsables de la Facultad de Ingeniería tendrían una reunión para desarrollar el Plan de Trabajo y la conformación de una parte del GTD del Consejo de Cuenca. Las reuniones entre CONAGUA y la FIC fueron los días 3, 6 y 8 de mayo, acordándose la metodología y el cronograma para realizar un Taller Interactivo de Planeación Estratégica, el cual se llevó a cabo en la ciudad de Los Mochis los días 30 y 31 del mismo año. Asistieron 48 representantes de los diferentes usuarios del agua: Agrícola, Industrial, Servicios, Doméstico y Público Urbano, representados por los Módulos de Riego de Maviri, Sabina, del Valle del Carrizo, de Ahome, Leyva Solano y Batequis, Distritos de Riego, CEAPAS, JAPAMA, JUMAPAG, PROFEPA, JUMAPAS, CCS, H. Ayuntamiento de Ahome, SAGARPA, IPN DEL CIIDIR, SEDESOL, SDUOP, CONAGUA, Ingenio Mochis, Coca Cola, Red Mayor del Río Sinaloa, Red Mayor del Río Fuerte, Vocal de Uso Pecuario, Instituto Tecnológico de Los Mochis, AUPA PETATLAN, S. DE R.L., DISESOL, AARFC, UAIM Y FIC de la UAS.

El desarrollo del Taller Interactivo de Planeación Estratégica inició con la presentación de PRONACOSE por el Ing. Rafael Sanz Ramos de la CONAGUA. Posteriormente se presentó la metodología para la formulación de la Guía del PMPMS, utilizando las herramientas de la Planeación Estratégica con indicadores claves de desempeño y estrategias de innovación tecnológica de manejo integral de los recursos hídricos. Se dieron a conocer el objetivo general y los objetivos específicos del programa, además dentro del taller se definieron la visión, misión, objetivos generales y específicos, entre otros., los cuales se describen a continuación:

Misión.

Somos el GTD del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa con el propósito de generar el uso sustentable, eficiente y eficaz del recurso hídrico por medio del PMPMS para el beneficio de nuestras Cuencas y así mejorar nuestra calidad de vida y del país.

Visión.

Ser un programa consolidado tanto en el aspecto político, económico, social y ambiental, con base en la mitigación y prevención constante del recurso hídrico.

Objetivo General:

Elaborar el PMPMS para la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa con el fin de asegurar el suministro de agua disponible para el beneficio de los diferentes usuarios.

Objetivos Específicos:

- Aprobación del borrador del PMPMS por el Consejo de Cuenca el día 26 de julio del 2013.
- Aprobación del PMPMS por el Consejo de Cuenca para el 30 de septiembre del 2013.
- Optimizar la capacidad del suministro y demanda de agua.
- Mantener la calidad del agua según sus usos.

- Asegurar la protección de la salud pública.
- Promover la cultura del cuidado y manejo del agua.
- Asegurar el flujo en las presas y los sistemas de conducción.
- Conservar y restaurar los ecosistemas de las cuencas hidrológicas.
- Impulsar nuevas tecnologías.
- Establecer los recursos necesarios para la implementación del PMPMS.
- Impartir campañas de comunicación e intercambio de ideas Gobierno – Usuarios.
- Evaluación, control y seguimiento del PMPMS por el GTD.

La conformación del organigrama (véase Figura A-1 del Apéndice A) del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, se obtuvo en el desarrollo del Taller de Planeación estratégica y quedó constituido por dependencias Federales, Estatales, H. Ayuntamiento, Usuarios, Sociedad Organizada y Educación, quedando 22 representantes y 22 suplentes de los diferentes usuarios del agua. Se acordó la participación de cada uno de ellos en la formulación del PMPMS, apoyo en la evaluación, control y seguimiento e implementación del mismo, con el fin de lograr un buen augurio en la prevención y mitigación de las sequías o cualquier cambio climático que amenace la región.

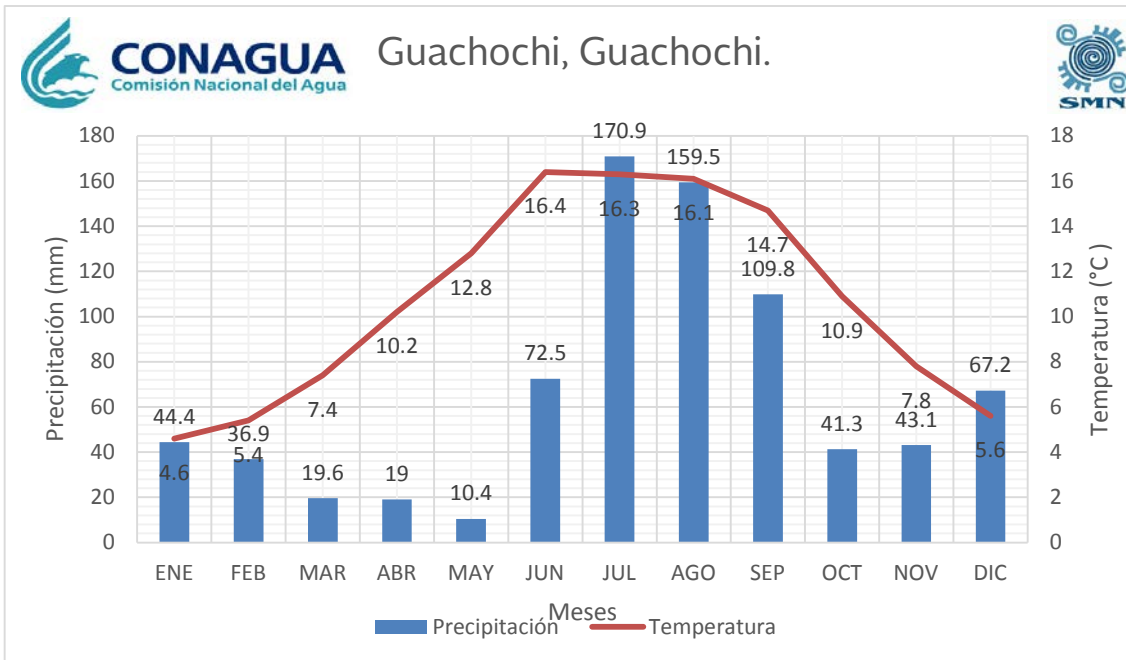


Figura A. 1 Organigramma del Gruppo Tecnico Direttivo (GTD).

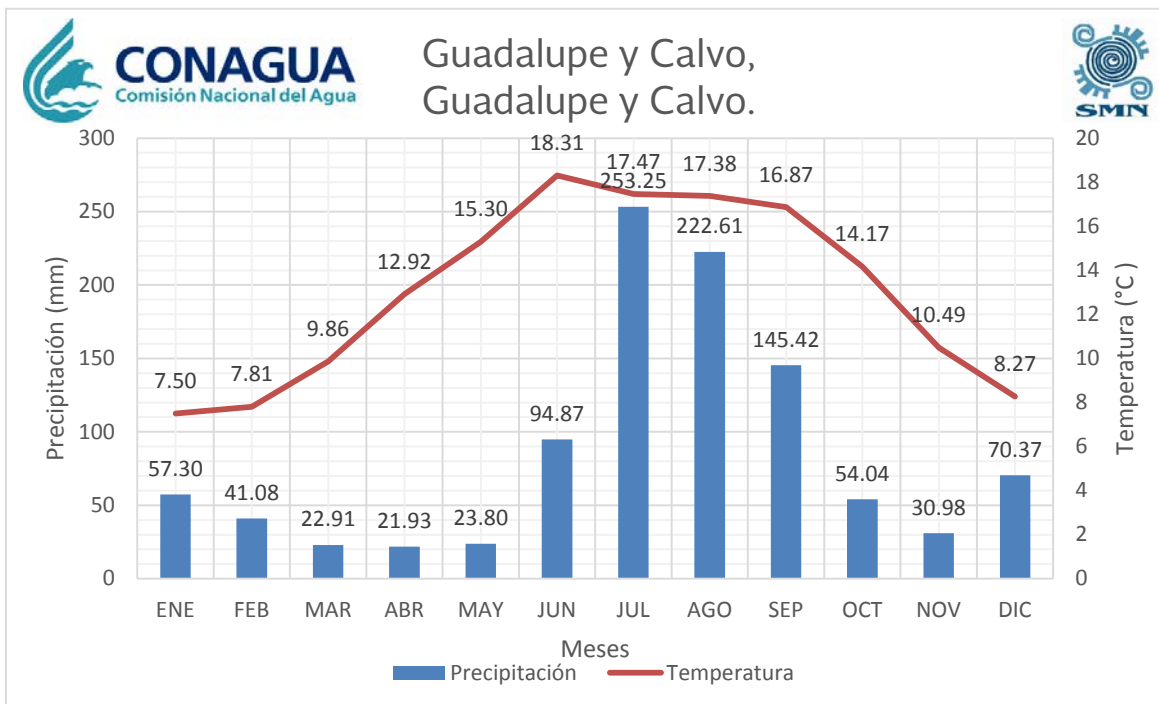
Apéndice B

Temperatura media anual y precipitación en las estaciones climatológicas del Consejo de Cuenca.

Gráficas de la precipitación y temperatura media anual por estación climatológica en el periodo de 1951 a 2010.



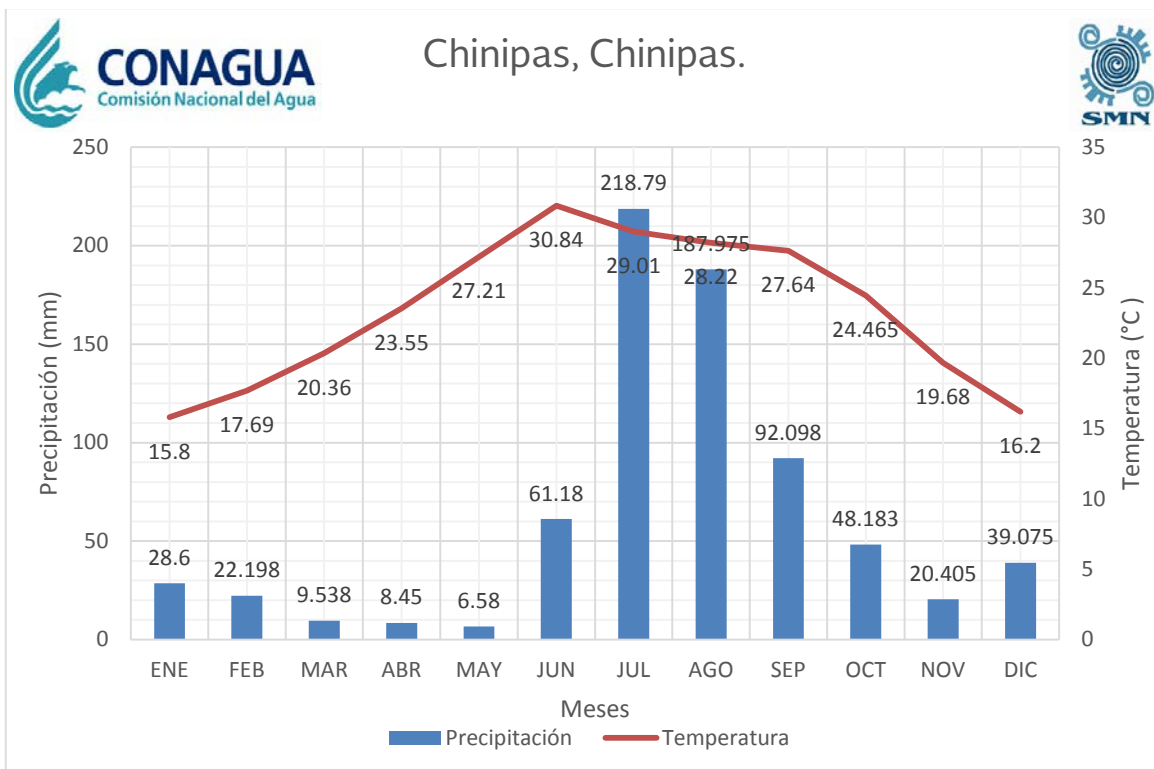
Gráfica B. 1 Precipitación y temperatura media anual de la estación Guachochi. Período 1951-2010.



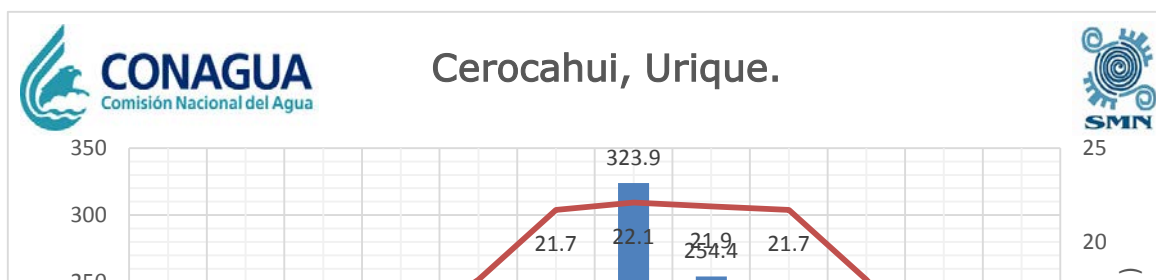
Gráfica B. 2 Precipitación y temperatura media anual de la estación Guadalupe y Calvo (1951-2010).



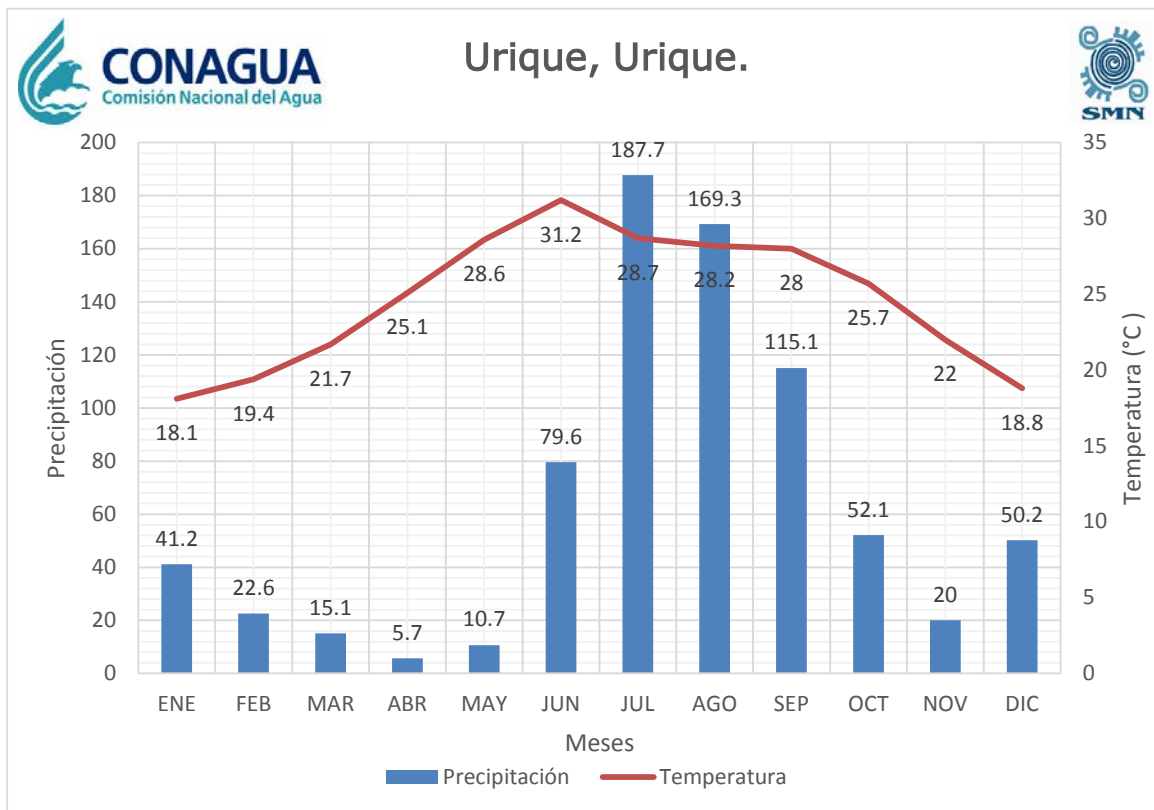
Gráfica B. 5 Precipitación y temperatura media anual de la estación Cuiteco, Urique. Período 1951-2010.



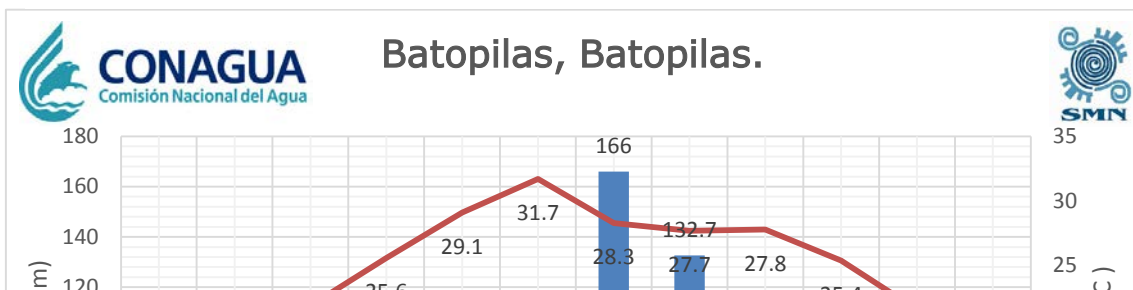
Gráfica B. 8 Precipitación y temperatura media anual de la estación Chínipas, Chinipas (1951-2010).



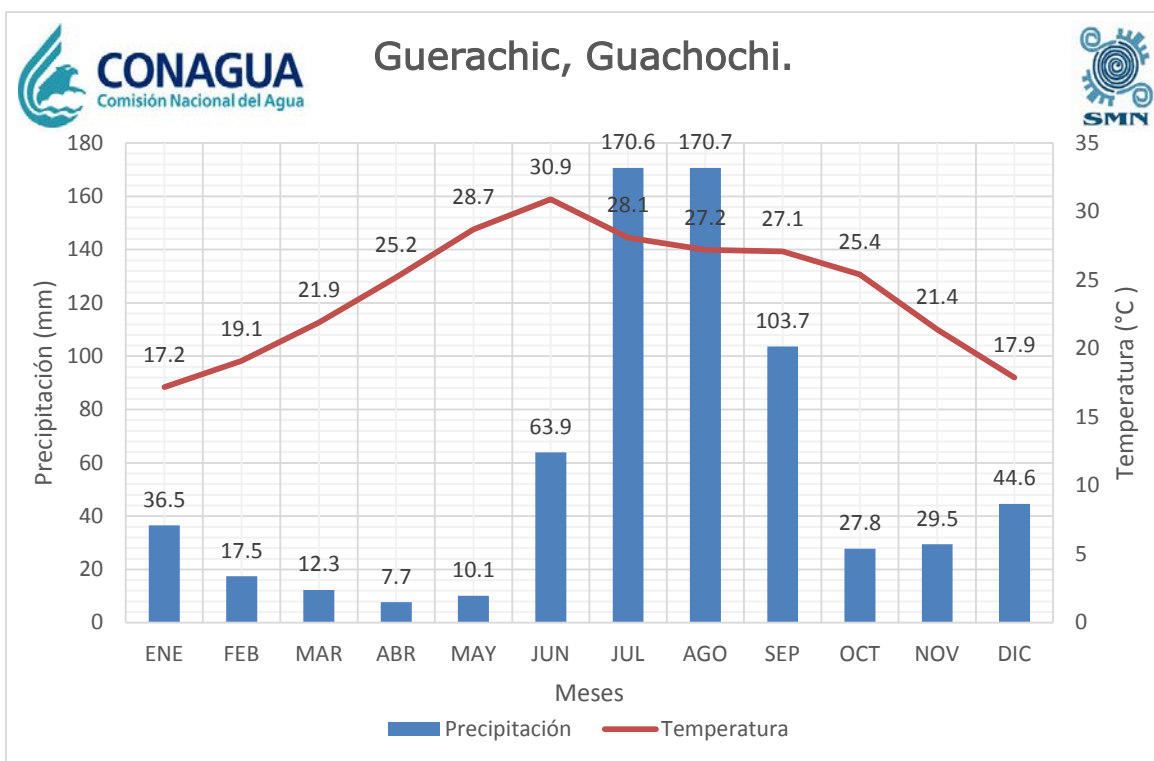
Gráfica B. 9 Precipitación y temperatura media anual de la estación Cerocahui, Urique (1951-2010).



Gráfica B. 12 Precipitación y temperatura media anual de la estación Urique, Urique (1951-2010).



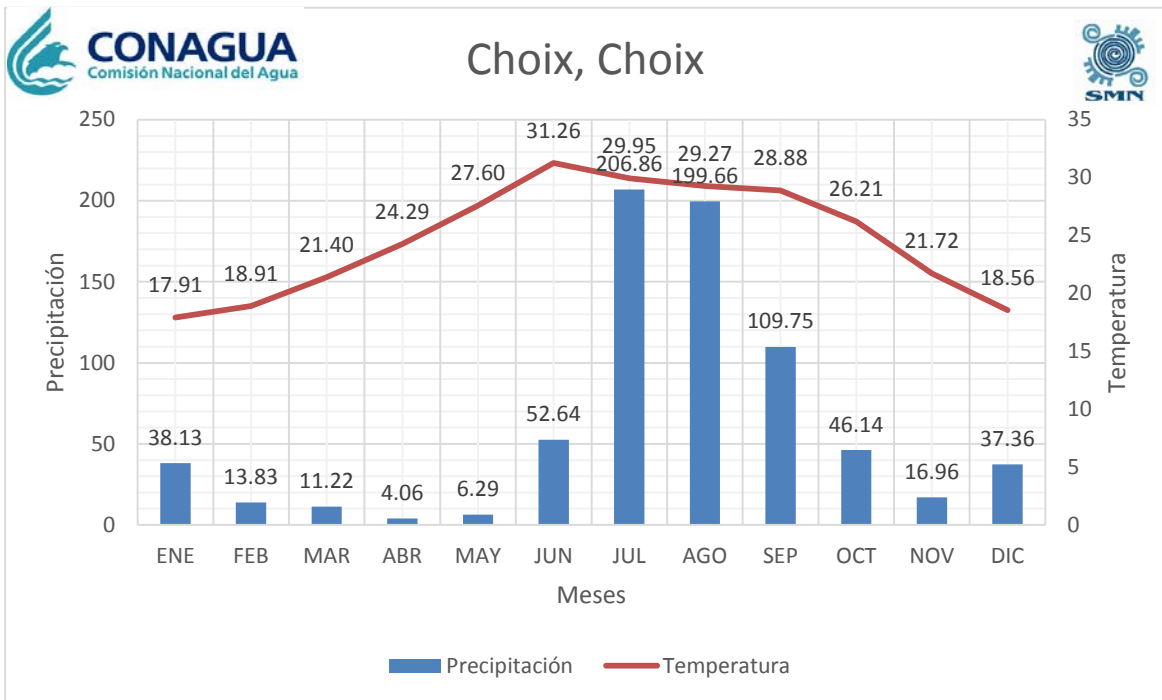
Gráfica B. 15. Precipitación y temperatura media anual de la estación Batopilas, Batopilas (1951-2010).



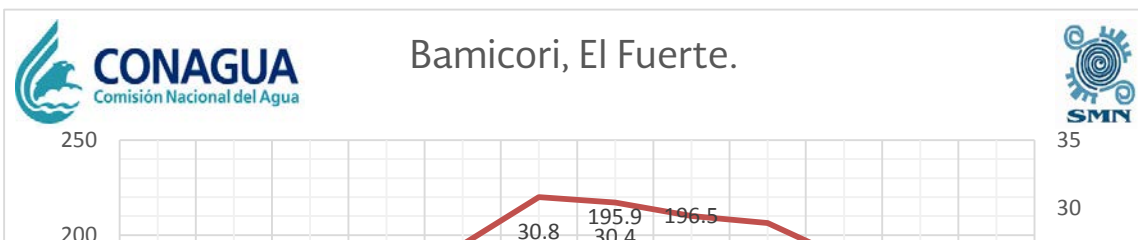
Gráfica B. 18 Precipitación y temperatura media anual de la estación Guerachic, Guachochi (1951-2010).



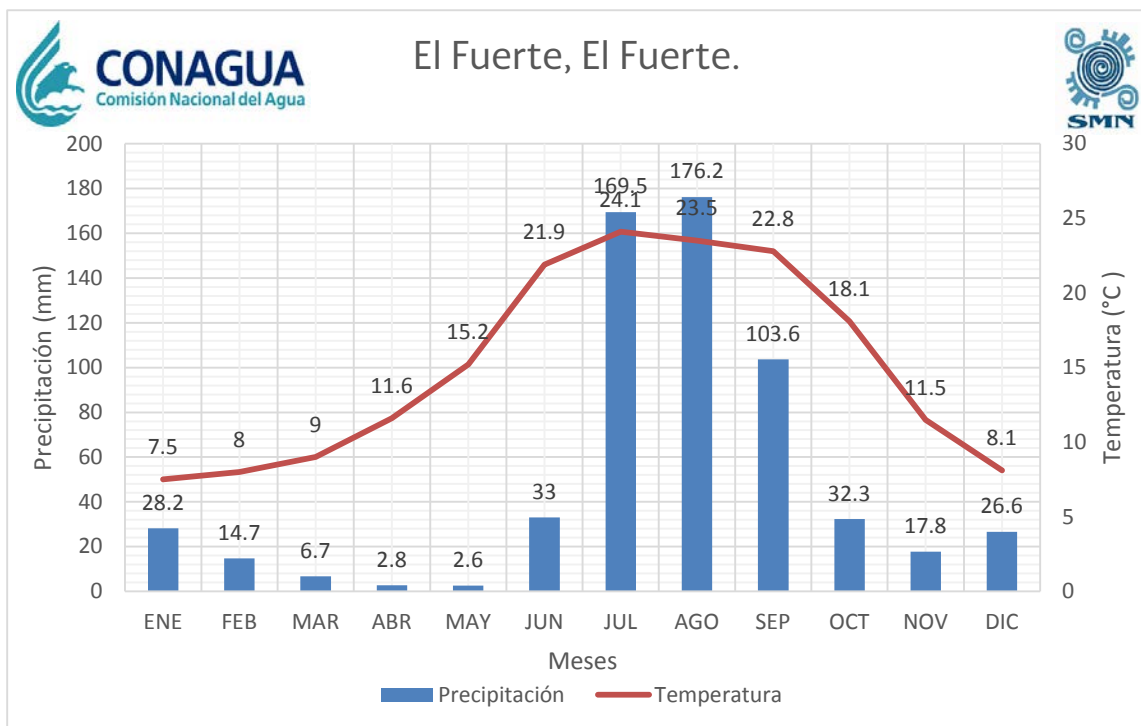
Gráfica B. 21 Precipitación y temperatura media anual de la estación San José de Gracia, Sinaloa (1951-2010).



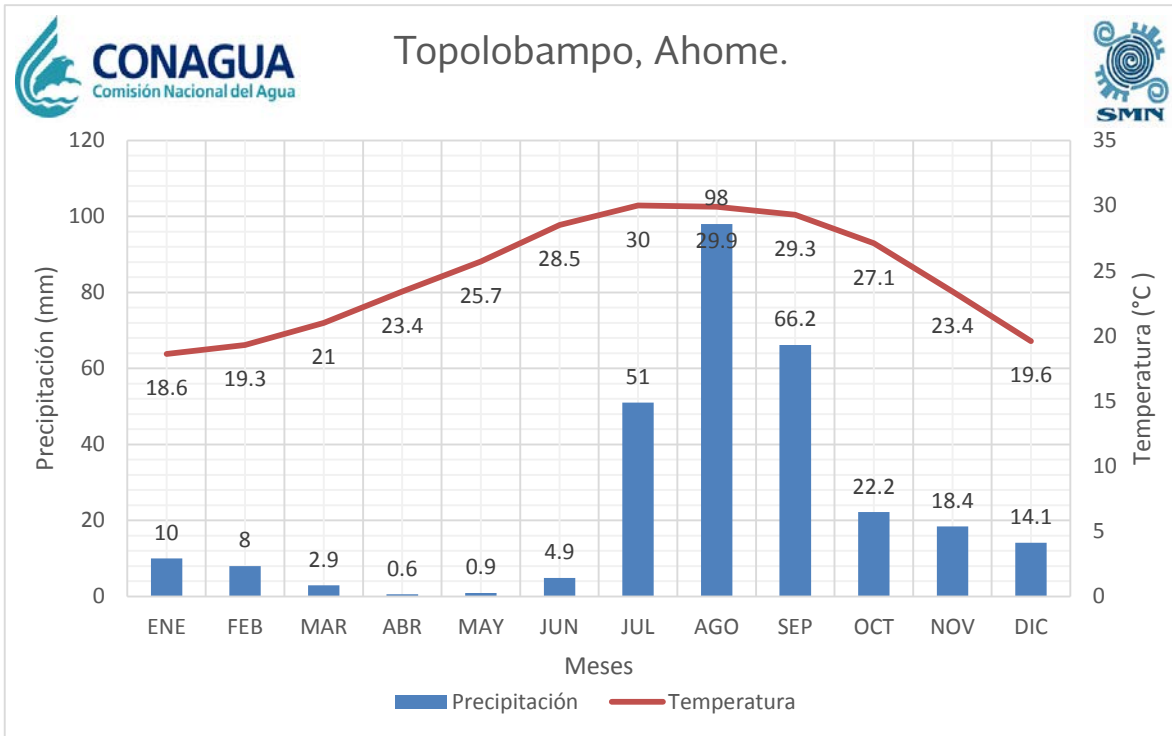
Gráfica B. 24 Precipitación y temperatura media anual de la estación Bamicori, El Fuerte (1951-2010).



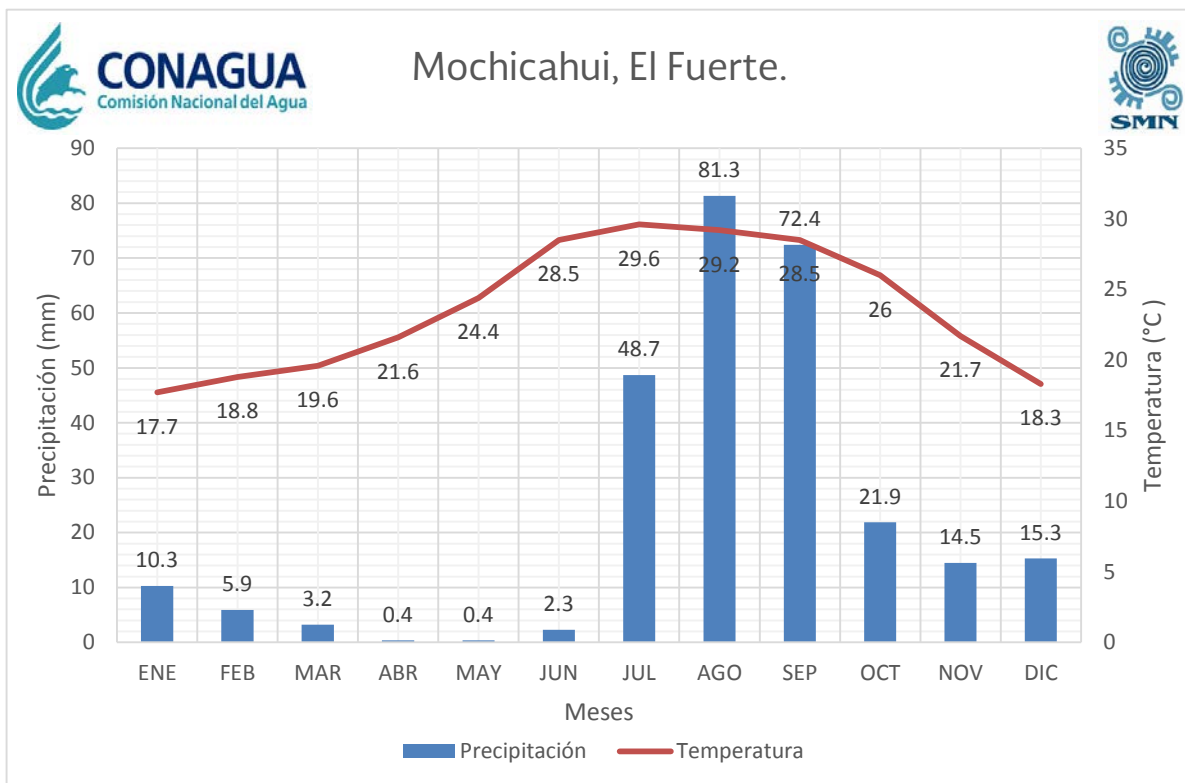
Gráfica B. 281 Precipitación y temperatura media anual de la estación Bamicori, El Fuerte (1951-2010).



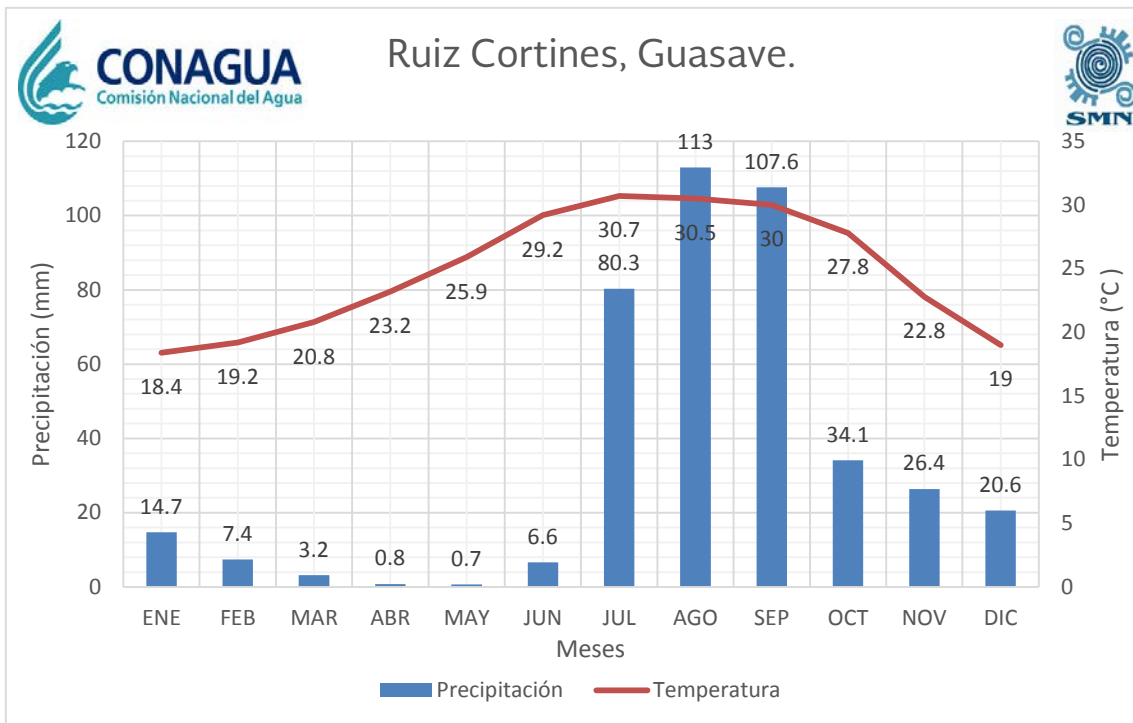
Gráfica B. 31 Precipitación y temperatura media anual de la estación El Fuerte, El Fuerte (1951-2010).



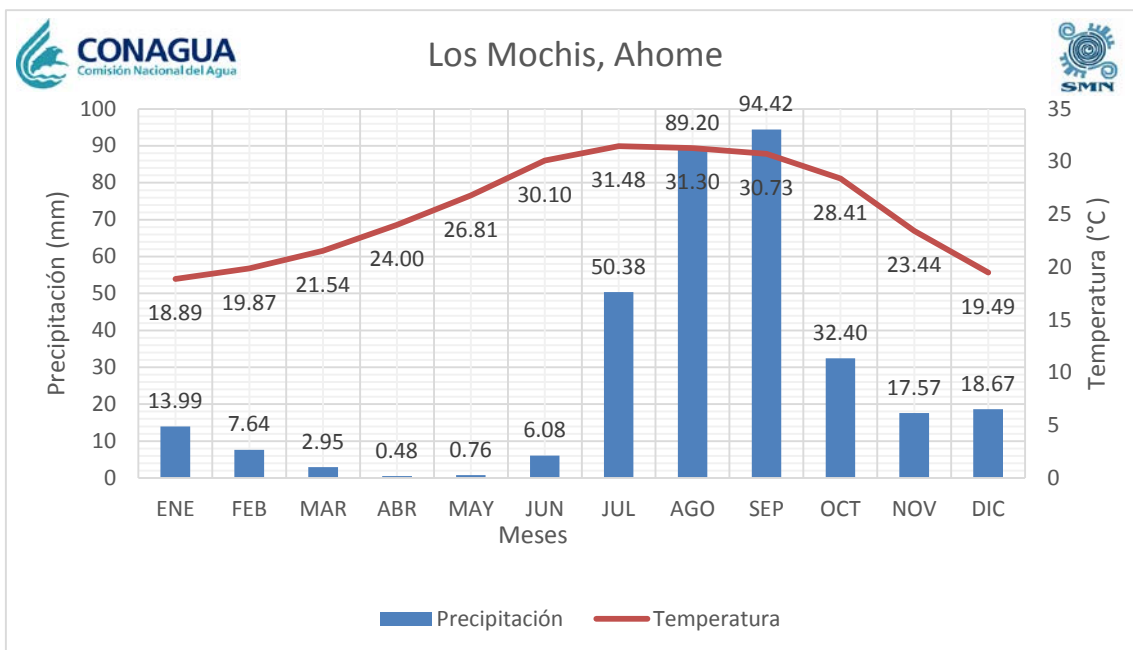
Gráfica B. 34 Precipitación y temperatura media anual de la estación Topolobampo, Ahome (1951-2010).



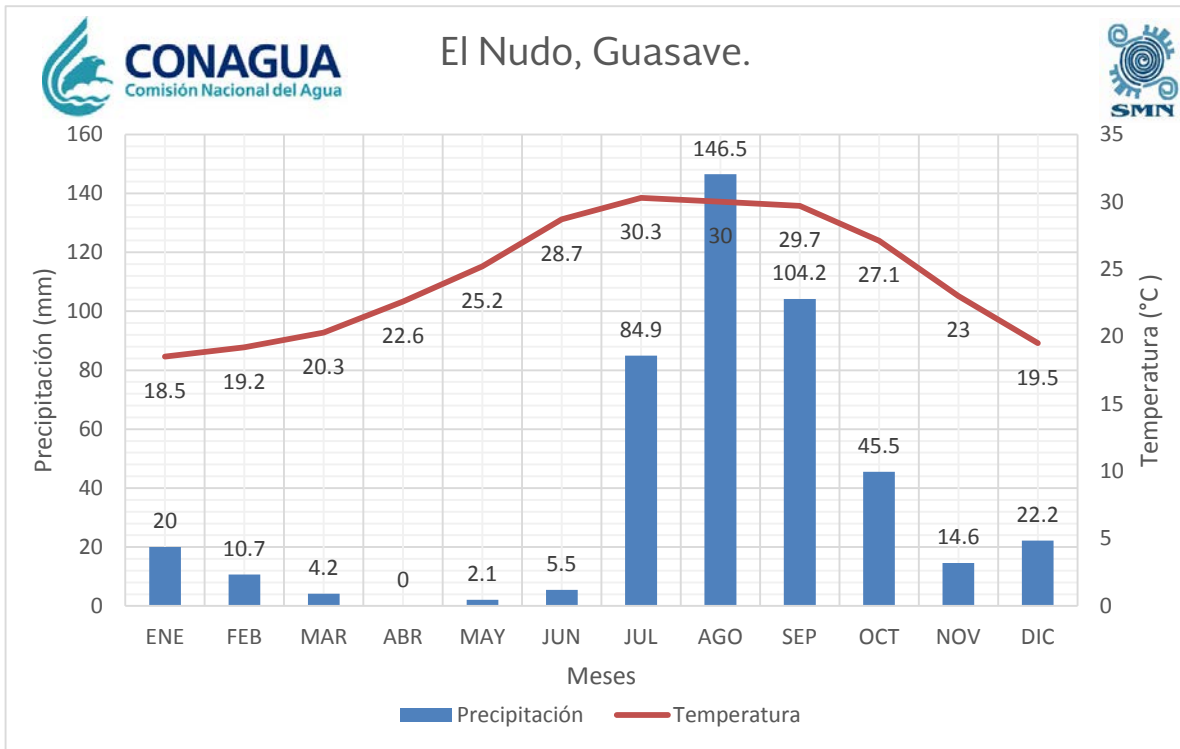
Gráfica B. 40 Precipitación y temperatura media anual de la estación Mochicahui, El Fuerte 1951-2010.



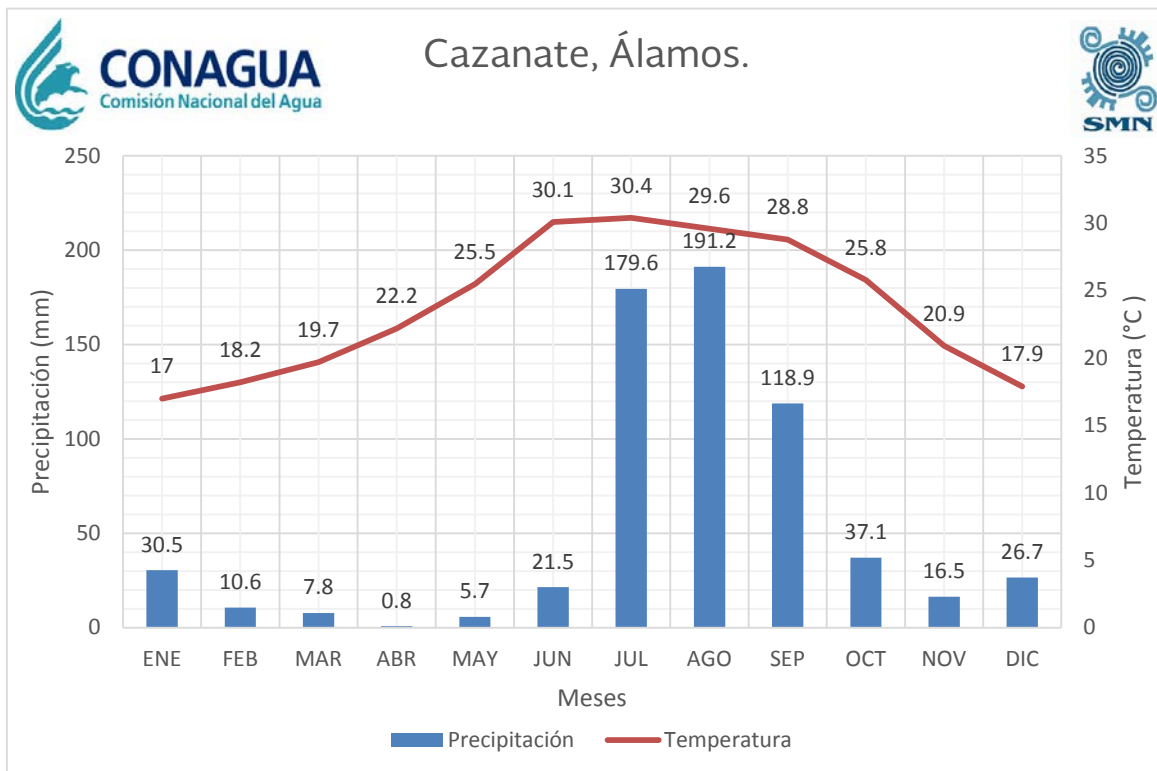
Gráfica B. 15 Precipitación y temperatura media anual de la estación Ruiz Cortines, Guasave 1951-2010.



Gráfica B. 41 Precipitación y temperatura media anual de la estación Los Mochis, Ahome (1951-2013).

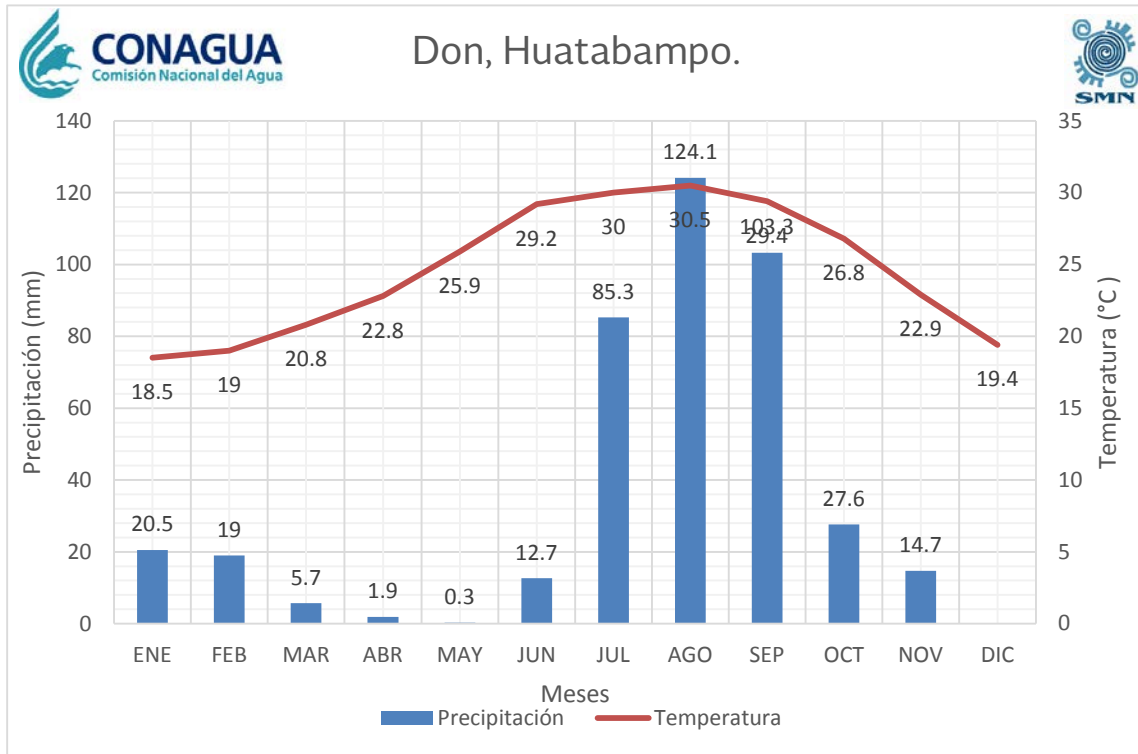


Gráfica B. 17 Precipitación y temperatura media anual de la estación El Nudo, Guasave (1951-2010).



Gráfica B. 44 Precipitación y temperatura media anual de la estación Arroyo Hondo, Álamos (1951-2010).

Gráfica B. 47 Precipitación y temperatura media anual de la estación Cazanate, Álamos (1951-2010).



Gráfica B. 48 Precipitación y temperatura media anual de la estación Don, Huatabampo (1951-2010).

Apéndice C

Principales ecosistemas, recursos naturales, y características y uso del suelo en la cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa

Resumen de los principales ecosistemas de la cuenca.

Tabla C. 1 Principales Ecosistemas de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| MUNICIPIO | PRINCIPALES ECOSISTEMAS |
|--------------------------|---|
| Cuenca Alta | |
| Guadalupe y Calvo, Chih. | La vegetación existente consta de: pino, encino, chupandia, tepeguajes, bonete, cazahuates, colorín, pochote y cuerauco. Se conforma por guajolote, paloma de collar, conejo, puma, gato montés y coyote. |
| Maguarichi, Chih. | La flora constituye: coníferas, pino, ciprés, cedro, cabeza de viejo, fresno, sauce, roble de San Luis, ébano, aile, álamo blanco, abeto, madroño, ceiba, copal, retama, olmo, coníferas y encino. La fauna está constituida por: venado cola blanca, puma, gato montés, coyote, paloma de collar y conejo. |
| Morelos, Chih. | La flora está constituida por: aile, abeto, chamal, ciprés, diferentes pinos, encinos, y palo Brasil. La fauna está conformada principalmente por: guajolote, paloma de collar, conejo, puma, gato montés, coyote y venado. |
| Guazapares, Chih. | Su flora está constituida por: aile, abeto, chamal, ciprés, diferentes encinos, coníferas y pináceas. La fauna la constituyen: guajolote, paloma de collar, conejo, venado cola blanca, puma, gato montés y coyote. |

Tabla C-1. Principales Ecosistemas de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| MUNICIPIO | PRINCIPALES ECOSISTEMAS |
|------------------|--|
| Cuenca media | |
| Sinaloa, Sin. | El territorio está cubierto por vegetación característica de la selva baja caducifolia, con algunas pequeñas zonas en el extremo oriental que cuentan con bosques de encino y pino. La fauna está conformada principalmente por el conejo, venado, armadillo, coyote, víbora de cascabel, coralillo y diversas variedades de aves. |
| El Fuerte, Sin. | La parte noroeste y suroeste del municipio está cubierta por selva baja caducifolia y el oeste por matorral sarco-crasicaule. En cuanto a la fauna se encuentran en la región: Conejo, paloma, mapache, venado cola blanca, pato, especies de agua dulce, escorpión, entre otros. |
| Urique, Chih. | La flora está constituida por: pino, aile, abeto, chamal, ciprés, diferentes encinos y palo brasil. En cuanto a la fauna se encuentran en la región: guajolote, paloma de collar, conejo, puma, gato montés y coyote. |
| Batopilas, Chih. | La vegetación la constituyen: ceiba, ciprés, guayacán, palo brasil, sauce, anana, aguacate, plátano, limón, guayaba, olmo, palo blanco, nogal, guamúchil, fresno, palma real, granadillo y gramíneas. En la alta tarahumara: pino y encino. La fauna está conformada por: venado, guajolote silvestre o de monte, jabalí, tigrillo, tlacuache, tejón, puma, liebre, conejo, aves como: guacamaya, colibrí, codorniz, paloma montés, entre otros. |
| Chínipas, Chih. | La vegetación existente es de pino, aile, abeto, chamal, ciprés, diferentes encinos y palo de Brasil, así como diversas cactáceas. La fauna está conformada por: guajolote, paloma de collar, conejo, puma, gato montés, coyote y venado de cola blanca. |

Tabla C-1. Principales Ecosistemas de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| MUNICIPIO | PRINCIPALES ECOSISTEMAS |
|---------------|--|
| Cuenca Baja | |
| Ahome, Sin. | <p>La vegetación se caracteriza por la proliferación de zacates bajos, arbustos, chaparrales y vegetación tropical como palmeras y mangles. Entre sus mamíferos encontramos al tlacuache, al jabalí al venado cola blanca, etc., así como iguanas, caimanes y tortugas. Entre las aves figuran el gorrión, la codorniz, palomas, guacamayas, el carpintero, el guajolote silvestre, etc. Existen una gran variedad de especies marinas como son la almeja, el camarón, la jaiba, la langosta, calamar gigante, el pargo, la corvina, mojarra, robalo, cazón, atún, huachinango, sardina, sierra, jurel, baqueta, delfines, focas, ballenas, tiburón y lobos marinos entre las principales.</p> |
| Guasave, Sin. | <p>La vegetación en Guasave se encuentra ubicada en la llanura costera y consiste en vegetación halófila propia de dunas costeras, vegetación secundaria matorral y hacia el centro del municipio existe selva baja caducifolia. La flora está clasificada como bosque espinoso, vegetación propia de las zonas más secas. Su vegetación se presenta en forma de zacates bajos que se propagan por rizomas. Este tipo de vegetación es una muestra de las formas de adaptación de la naturaleza a condiciones extremas. Es posible encontrar diversas variedades de árboles como el mezquite, el árbol recio, el espino y el amole. Otras especies muy características de este tipo de bosque son las cactáceas que llegan a medir de dos a cinco metros de altura. La fauna se caracteriza por una mezcla de animales de zonas áridas y especies tropicales. Sobresale de entre los arácnidos el alacrán y entre sus pocos anfibios característicos: lagarto, cocodrilo, tortuga, caimanes; además, encontramos los sapos, de los cuales tres son especies endémicas. Los gecos, los anolis, las culebras ratoneras, las iguanas y las serpientes de cascabel, son reptiles característicos de esta región. Las aves como el correcaminos, el aguililla de swainson, tecolotes, búhos, chachalacas, así como también palomas y codornices son especies abundantes en la fauna del municipio. Dentro de los mamíferos es posible encontrar ratones de campo, ardillas, conejos, liebres, mapaches y tejones. Destacan en la fauna de la región, la zorra gris, el jabalí y el venado cola blanca; y depredadores como el gato montés, el coyote y el puma.</p> |

Resumen de los recursos naturales en la cuenca

Tabla C. 2 Recursos Naturales de las Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| MUNICIPIO | RECURSOS NATURALES |
|--------------------------|--|
| Cuenca Alta | |
| Guadalupe y Calvo, Chih. | El municipio de Guadalupe y Calvo cuenta con bosque, minería y pesca. |
| Maguarichi, Chih. | El municipio cuenta con recursos minerales, forestales y aguas termales. |
| Guazapares, Chih. | Se encuentra totalmente cubierto por las cadenas montañosas de la Sierra Madre Occidental siendo su terreno completamente accidentado y surcado por profundas barrancas y altos picos. |
| Morelos, Chih. | Las riquezas naturales más importantes son: minería, recursos forestales y fruticultura. |

| Cuenca Media | |
|------------------|--|
| Sinaloa, Sin. | El potencial de explotación del pino en el municipio es de 52,897 hectáreas localizadas en la zona serrana, pero solo se están en producción 2,350 hectáreas. Existen yacimientos de oro, plata, zinc, molibdeno, tungsteno, barita y calcio. En el municipio se localizan 116 minas, que amparan una superficie de 16,276 hectáreas explotándose únicamente 75 hectáreas. |
| El Fuerte, Sin. | Los suelos son ricos en material orgánico; sus tierras de San Pablo Gocopiro, La Tasajera, Sanabari y los cerros de Camayeca y Santa Ana, conservan ricas vetas de minerales en espera de su explotación. |
| Chínipas, Chih. | Dominan los kastañozems; se localizan además en la parte oriental del municipio, suelos luvisoles orticon, en una franja de aproximadamente 200 km². |
| Urique, Chih. | Minerales, oro, pino, encino, arena, grava, ganado de rodeo y caprino, venado cola blanca y guajolote. |
| Batopilas, Chih. | Minería: oro, plata, plomo, cobre y explotación forestal. |

Tabla C-2. Recursos Naturales de las Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| MUNICIPIO | RECURSOS NATURALES |
|---------------|--|
| Cuenca Baja | |
| Ahome, Sin. | Sus ricos suelos y litorales son los principales recursos naturales. Los suelos con abundante materia orgánica, permeables y con la característica especial de retener muy bien el agua, son propicios para la actividad agrícola y ganadera. El cordón litoral tiene una extensión de 120 kilómetros, donde se alojan 52,100 hectáreas de aguas protegidas que cuentan con lagunas, Bahías y costas que contienen una amplia variedad de ecosistemas con importantes recursos naturales como peces comestibles así como lugares que reúnen admirables condiciones portuarias naturales idóneos para las actividades marítimas. |
| Guasave, Sin. | Guasave cuenta con 50 kilómetros de litoral que corresponden al 7.6% del total en el Estado. La Bahía más importante es la de Navachiste que posee una superficie de 19,400 kilómetros cuadrados, y comprende los Esteros de Babaraza, Algodones, El Cuchillo, El Colorado y El Tortugo. Además la Bahía de Macapule que se localiza en la llanura costera del municipio, dentro del Golfo de California, contando con 2,600 hectáreas de superficie. Entre las islas más importantes se encuentran las de Vinorama, El Indio, Sierra de Negro y San Ignacio, San Lucas, Guasayeye y Cerro de Huituviana. La más importante es la del Macapule que cuenta con 22.7 kilómetros de longitud y cierra la Bahía de Navachiste. |

Resumen de las características y usos del suelo en la cuenca

Tabla C. 3 Características y uso del suelo de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| MUNICIPIO | CARACTERÍSTICAS Y USO DEL SUELO |
|--------------------------|--|
| Cuenca Alta | |
| Guadalupe y Calvo, Chih. | <p>Los suelos dominantes son los Kastañozems Háplicos, con texturas medias en pendientes quebradas, salvo en el noroeste, en su colindancia con Morelos, donde se localizan pequeños lunares de litosoles con xerosoles, sin asociaciones.</p> <p>El uso del suelo es eminentemente ganadero (39%), agricultura de temporal (5%) y forestal (4%). En la tenencia de la tierra predomina la propiedad ejidal con 158,000 hectáreas equivalente al 17.2%, seguida por la propiedad privada con 145,292 hectáreas que representan el 15.9%.</p> |
| Maguarichi, Chih. | <p>La región pertenece al periodo Terciario; su composición es de rocas ígneas andesíticas y Ríolíticas. Dominan los suelos Kastañozems Háplicos y Lúvicos también pequeños lunares de lotosoles, sin asociaciones, inclusiones o fases, así como luvisoles órtricos, cálcicos e inclusiones de luvisoles gleycos y pequeñas manchas de pozoles órtricos en sus fases líticas, textura y medida con pendiente quebrada. El uso del suelo es fundamentalmente forestal (33%), minero y ganadero (2%). La tenencia de la tierra en su mayoría es privada de con 17,453 hectáreas, equivalentes al 25.2%. El régimen ejidal comprende 7,245 hectáreas que representan el 10.5% del suelo total.</p> |
| Guazapares, Chih. | <p>Sus suelos dominantes son: los Kastañozem Háplicos y Lúvicos, con texturas medias en pendientes quebradas, sin asociaciones, salvo con litosoles en pequeños manchones. El uso del suelo es fundamentalmente pastal, forestal y minero. En la tenencia de la tierra destaca el régimen de propiedad ejidal con 119,188 hectáreas equivalentes al 63.59%, la pequeña propiedad está constituida por 56,100 hectáreas</p> |

que representan el 29.93%; a usos urbanos corresponden 26 hectáreas que significan el 0.02% del suelo total.

Tabla C-3. Características y Uso del Suelo de las Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| MUNICIPIO | CARACTERÍSTICAS Y USO DEL SUELO |
|------------------|--|
| Cuenca Media | |
| Sinaloa, Sin. | Los suelos que predominan son los cherrosem o negro y el castaños o Chesnut en 70% de la superficie. El Cherrosem, susceptible de aprovechamiento agrícola, representa un 20% de la superficie cultivable. El uso de suelo es del 80% destinado a la ganadería por el desarrollo de zacate y el resto a la agricultura de riego. El 70% del municipio tiene una geografía accidentada o altiplano y el resto presenta terreno planos dedicados a la agricultura de riego. |
| El Fuerte, Sin. | El municipio está constituido por terrenos del Cenozoico y del Terciario. Predominando los suelos Cambisol y Feozem, y en menor medida, suelos Vertisol, Regosol, Solonchak, Yermosol y Litosol. La zona de llanuras se utiliza para la agricultura y al norte, su uso es ganadero. |
| Chínipas, Chih. | El uso del suelo es ganadero (68%), forestal (12%) y minero. La tenencia de la tierra privada es 54,561 hectáreas que representan el 28.7%. El régimen ejidal comprende 76,672 hectáreas que representan el 40.04%. |
| Urique, Chih. | Dominan los suelos kastañozems en sus modalidades lúvicas y háplicas. También se localizan los luvisoles órticos en una amplia faja que se prolonga al vecino Estado de Durango, con asociaciones de luvisoles gleicos, nitosoles dístricos y litosoles sin inclusiones y en fases líticas. El suelo es fundamentalmente forestal y ganadero (33%). En la tenencia de la tierra el régimen de propiedad ejidal comprende 81,545 hectáreas que representan el 30.17% distribuidas en 27 ejidos. La propiedad privada está constituida por 12,463 hectáreas equivalentes al 4.61%; a usos urbanos corresponden 28 hectáreas que significan el 0.01% del suelo total. |
| Batopilas, Chih. | Sus suelos dominantes son los Kastañozems Lúvicos y Háplicos, tiene también Litosoles sin asociaciones, inclusiones o fases; o en su defecto de Xerosoles. El uso predominante del suelo es eminentemente ganadero (81%), forestal y agrícola. La tenencia de la tierra en su mayoría es ejidal con 83,315 hectáreas que representan el 59.5%. El régimen privado comprende 29,322 hectáreas que equivale el 20.9%; a usos urbanos corresponden 143 hectáreas que significan el 0.10% del suelo total. |

Tabla C-3. Características y Uso del Suelo de las Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| MUNICIPIO | CARACTERÍSTICAS Y USO DEL SUELO |
|---------------|--|
| Cuenca Baja | |
| Ahome, Sin. | <p>Los suelos se pueden clasificar en su mayoría dentro de los Kastañozem Cálcidos (con acumulaciones importantes de yeso o cal), con una textura calificada de gruesa (mayor de 35% de arena) y con profundidad superior a los 14 cm. Los cuerpos de agua cubren un total de 1,094.57 ha (0.31% de la superficie municipal) y las áreas urbanas ocupan 6,719.56 ha, con 1.98% del municipio. Aunque su uso agrícola se haya limitado a cultivos muy resistentes a las sales hay una amplia diversificación y su uso pecuario depende de la vegetación que sostenga, pero de cualquier forma sus rendimientos son bajos. Aun así, la agricultura es una de las principales actividades económicas del municipio, la cual se encuentra altamente tecnificada; presenta una superficie de 187,689.29 hectáreas (55.18% de la superficie total municipal), considerándose un 43.86% que no son aptas para que se lleve a cabo esta actividad. Con 9,904 unidades de producción rural. Se estima que 168,518.35 hectáreas son de riego (49.54%), y 19,170.94 hectáreas de temporal (5.64%). La agricultura de Ahome tiene entre sus principales cultivos los de papa, trigo, frijol, garbanzo, soya, caña de azúcar, algodón, cártamo, tomate, maíz, sorgo, arroz, tomatillo, calabaza y cempaxúchitl. Un 23.61% de la superficie estatal es apto para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal.</p> |
| Guasave, Sin. | <p>En la composición del suelo del municipio de Guasave, predominan los suelos Kastañozem o Chestnut, prototipo de regiones de clima seco con deficiencia de humedad, por lo que su vegetación se presenta en forma de zacates bajos que se propagan por rizomás. Una característica muy importante de esta unidad edafológica es su riqueza en materia orgánica, lo que determina un matiz café castaño en su superficie. El uso del suelo es principalmente para la agricultura que abarca el 80.53% del municipio, con productores con alta tecnología y hasta aquellos de subsistencia. Las zonas urbanas representan el 1.80% del municipio.</p> |

Apéndice D

Población total, indicadores socioeconómicos, índices y grado de marginación de los municipios del Estado de Sinaloa, Chihuahua y Sonora en el 2010

Tabla D. 1 Población total, indicadores socioeconómicos, índices y grado de marginación de los municipios de Chihuahua en el 2010.

| Municipio | Población total | Ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado | Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica | Ocupantes en viviendas sin agua entubada | Población en localidades con menos de 5000 habitantes | Grado de Marginación | Índice de Marginación escala 0 a 100 |
|--------------------------|-----------------|--|--|--|---|----------------------|--------------------------------------|
| Batopilas | 14 362 | 8 141 | 9 539 | 12 387 | 14 362 | Muy alto | 72.268 |
| Chínipas | 8 441 | 1 632 | 5 108 | 2 958 | 8 441 | Muy alto | 49.177 |
| Guachochi | 49 689 | 15 966 | 26 133 | 29 287 | 35 175 | Muy alto | 54.602 |
| Guadalupe y Calvo | 53 499 | 11 227 | 27 219 | 33 763 | 47 684 | Muy alto | 56.644 |
| Guazapares | 8 998 | 2 102 | 3 378 | 3 386 | 8 998 | Muy alto | 47.004 |
| Maguarichi | 1 921 | 398 | 309 | 359 | 1 921 | muy alto | 40.482 |
| Morelos | 8 343 | 2 053 | 5 345 | 5 173 | 8 343 | Muy alto | 55.967 |
| Urique | 20 386 | 6 854 | 8 112 | 5 755 | 20 386 | Muy alto | 48.856 |
| TOTAL | 165639 | 48373 | 85143 | 93068 | 145310 | | |

Fuente: CONAPO, 2013b.

Tabla D. 2 Población total, indicadores socioeconómicos, índices y grado de marginación de los municipio de Sinaloa en el 2010.

| Municipio | Población total | Ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado | Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica | Ocupantes en viviendas sin agua entubada | Población en localidades con menos de 5000 habitantes | Grado de Marginación | Índice de Marginación escala 0 a 100 |
|------------------|-----------------|--|--|--|---|----------------------|--------------------------------------|
| Ahome | 416 299 | 7 910 | 2 040 | 3 455 | 126 388 | Muy bajo | 12.422 |
| El Fuerte | 97 536 | 6 281 | 1 824 | 6 603 | 61 750 | Medio | 23.014 |
| Choix | 32 998 | 4 501 | 2 924 | 9 936 | 23 693 | Alto | 34.074 |
| Guasave | 285 912 | 10 293 | 1 458 | 23 388 | 146 530 | Bajo | 18.254 |
| Sinaloa | 88 282 | 10 011 | 2 887 | 13 083 | 76 735 | Medio | 31.039 |
| TOTAL | 921 027 | 38 996 | 11 132 | 56 465 | 435 096 | | |

Fuente: CONAPO, 2013b.

Apéndice E

Agrupación de Regiones Hidrológicas conforme a la aportación al producto interno bruto (PIB) Nacional 2012 y PIB Municipal 2010 de la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa

Tabla E. 1 Agrupación de Regiones Hidrológicas conforme a la aportación al PIB Nacional 2012.

| No. | RHA | Superficie Continental (km ²) | Agua Renovable (hm ³ /año) | Población a Dic 2012 | Aportación al PIB nacional (%) |
|-----------------------|------------------------------|---|---|-------------------------|--------------------------------------|
| I | Península de Baja California | 156500 | 4999 | 4212851 | 3.64 |
| II | Noroeste | 197523 | 8325 | 2725114 | 2.86 |
| III | Pacífico Norte | 150524 | 25939 | 4381090 | 2.72 |
| IV | Balsas | 116104 | 22899 | 11435955 | 6.14 |
| V | Pacífico Sur | 82844 | 32351 | 4945506 | 2.39 |
| VI | Río Bravo | 388750 | 12757 | 11842132 | 14.02 |
| VII | Cuencas Centrales del Norte | 185813 | 8065 | 4415924 | 4.36 |
| VIII | Lerma Santiago Pacífico | 191374 | 35754 | 23293482 | 18.19 |
| IX | Golfo Norte | 125778 | 28115 | 5140024 | 2.43 |
| X | Golfo Centro | 102225 | 95124 | 10310755 | 6.07 |
| XI | Frontera Sur | 99328 | 163845 | 7385382 | 5.30 |
| XII | Península de Yucatán | 141367 | 29856 | 4343184 | 8.01 |
| XIII | Aguas del Valle de México | 18110 | 3468 | 22622350 | 23.86 |
| Total Nacional | | 1956239 | 471498 | 117053749 | 100 |

Fuente: CONAGUA. Sistema nacional de información del agua, edición 2012.

Tabla E. 2 PIB Municipal 2010 de la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| Municipio | Población | PIB 2010 en pesos a precios corrientes | PIB Per cápita 2010 en pesos a precios corrientes |
|--------------------------|----------------|--|---|
| Chihuahua | | | |
| Batopilas | 14 362 | 520 200 000 | 36 221 |
| Chínipas | 8441 | 418 700 000 | 49 603 |
| Guachochi | 49 689 | 1 783 400 000 | 35 891 |
| Guadalupe y Calvo | 53 499 | 1 935 300 000 | 36 175 |
| Guazapares | 8998 | 366 900 000 | 40 776 |
| Maguarichi | 1921 | 87 400 000 | 45 497 |
| Morelos | 7172 | 450 100 000 | 62 758 |
| Urique | 20 386 | 792 500 000 | 38 875 |
| Total Chihuahua | 164 468 | 6 354 500 000 | 38 637 |
| Sinaloa | | | |
| Ahome | 416 299 | 27 023 500 000 | 64 914 |
| Choix | 32 998 | 886 000 000 | 26 850 |
| El Fuerte | 97 536 | 4 311 100 000 | 44 200 |
| Guasave | 285 912 | 16 260 700 000 | 56 873 |
| Sinaloa | 88 282 | 2 898 700 000 | 32 835 |
| Total Sinaloa | 921 027 | 51 380 000 000 | 55 786 |

Fuente: INIFAP, 2014. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.

Apéndice F

Modalidad hídrica de la producción agrícola y rendimiento agrícola de los distritos de riego.

Tabla F. 1 Superficie sembrada mecanizada por entidad y municipio según modalidad hídrica, año agrícola 2013.

| Entidad federativa | Municipio | Superficie sembrada (ha) | Superficie cosechada (ha) | Valor de producción (miles de pesos) |
|---------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Chihuahua | | | | |
| | Batopilas | 2592 | 2592 | 7406 |
| | Chinipas | 3220 | 3220 | 10 499 |
| | Guachochi | 22 356 | 22 314 | 106 660 |
| | Guadalupe y calvo | 15 681 | 15 681 | 87 026 |
| | Guazapares | 4 155 | 4155 | 12 182 |
| | Maguarichi | 1544 | 1544 | 5 632 |
| | Morelos | 2725 | 2725 | 7869 |
| | Urique | 5950 | 5950 | 19 672 |
| Total Chihuahua | | 58 223 | 58 181 | 256 946 |
| Sinaloa | | | | |
| | Ahome | 190 615 | 157 232 | 5 482 806 |
| | Choix | 21 990 | 21 990 | 201 977 |
| | El fuerte | 32 249 | 25 127 | 718 771 |
| | Guasave | 177 241 | 160 812 | 5 765 303 |
| | Sinaloa | 123 751 | 84 348 | 1 826 991 |
| Total Sinaloa | | 545 846 | 449 509 | 13 995 848 |
| Total de la Cuenca | | 604 069 | 507 690 | 14 252 794 |

Fuente: SAGARPA, 2014

Tabla F. 2 Producción Agrícola 2013 por Municipio.

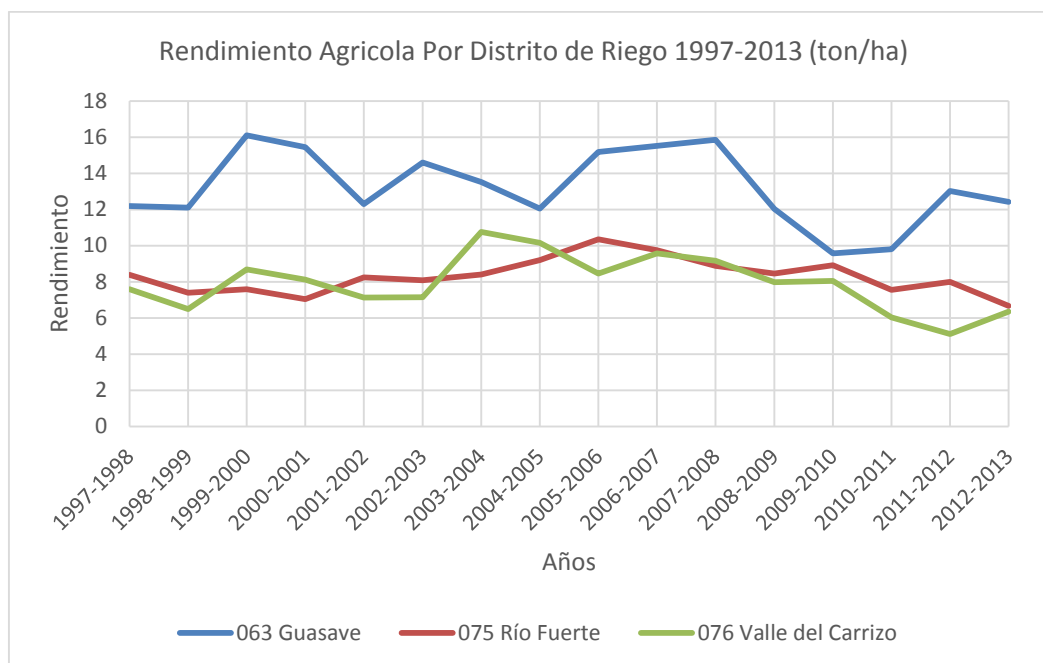
| Entidad federativa | Municipio | Superficie sembrada (ha) | Superficie cosechada (ha) | Valor de producción (miles de pesos) |
|---------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Chihuahua | | | | |
| | Batopilas | 2592 | 2592 | 7406 |
| | Chinipas | 3220 | 3220 | 10 499 |
| | Guachochi | 22 356 | 22 314 | 106 660 |
| | Guadalupe y calvo | 15 681 | 15 681 | 87 026 |
| | Guazapares | 4155 | 4155 | 12 182 |
| | Maguarichi | 1544 | 1544 | 5632 |
| | Morelos | 2725 | 2725 | 7869 |
| | Urique | 5950 | 5950 | 19 672 |
| Total Chihuahua | | 58 223 | 58 181 | 256 946 |
| Sinaloa | | | | |
| | Ahome | 190 615 | 157 232 | 5 482 806 |
| | Choix | 21 990 | 21 990 | 201 977 |
| | El fuerte | 32 249 | 25 127 | 718 771 |
| | Guasave | 177 241 | 160 812 | 5 765 303 |
| | Sinaloa | 123 751 | 84 348 | 1 826 991 |
| Total Sinaloa | | 545 846 | 449 509 | 13 995 848 |
| Total de la Cuenca | | 604 069 | 507 690 | 14 252 794 |

Fuente: SAGARPA, 2014

Tabla F. 3 Rendimiento agrícola por Distrito de Riego 1997-2013 (ton/ha).

| Rendimiento agrícola por Distrito de Riego (Ton/ha) | | | |
|---|-------------|----------------|-----------------------|
| Año | 063 Guasave | 075 Río Fuerte | 076 Valle del Carrizo |
| 1997-1998 | 12.20 | 8.40 | 7.60 |
| 1998-1999 | 12.10 | 7.40 | 6.50 |
| 1999-2000 | 16.10 | 7.60 | 8.70 |
| 2000-2001 | 15.46 | 7.04 | 8.13 |
| 2001-2002 | 12.31 | 8.25 | 7.13 |
| 2002-2003 | 14.60 | 8.09 | 7.16 |
| 2003-2004 | 13.52 | 8.41 | 10.76 |
| 2004-2005 | 12.05 | 9.20 | 10.16 |
| 2005-2006 | 15.18 | 10.36 | 8.46 |
| 2006-2007 | 15.52 | 9.75 | 9.58 |
| 2007-2008 | 15.86 | 8.88 | 9.17 |
| 2008-2009 | 12.04 | 8.47 | 7.99 |
| 2009-2010 | 9.58 | 8.92 | 8.06 |
| 2010-2011 | 9.80 | 7.56 | 6.04 |
| 2011-2012 | 13.02 | 8.00 | 5.11 |
| 2012-2013 | 12.43 | 6.67 | 6.36 |

Fuente: SAGARPA, 2014

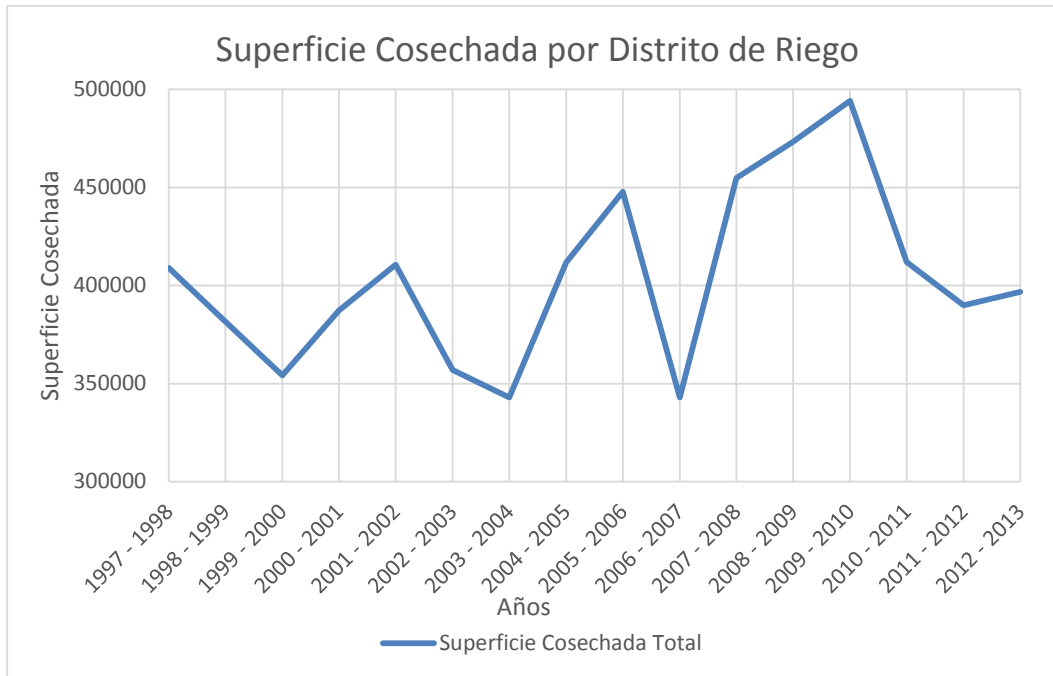


Gráfica F. 1 Rendimiento Agrícola por Distrito de Riego 1997-2010 (ton/ha).

Tabla F. 4 Superficie cosechada por Distrito de Riego 1997-2013 (ha).

| Año Agrícola | 063 Guasave (ha) | 075 Río Fuerte (ha) | 076 Valle del Carrizo (ha) | Superficie cosechada Total (ha) |
|--------------|------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1997 - 1998 | 113 549 | 255 231 | 40 301 | 409 081 |
| 1998 - 1999 | 112 866 | 229 496 | 39 250 | 381 612 |
| 1999 - 2000 | 102 015 | 212 320 | 39 910 | 354 245 |
| 2000 - 2001 | 113 756 | 234 053 | 39 485 | 387 294 |
| 2001 - 2002 | 107 373 | 249 574 | 53 657 | 410 604 |
| 2002 - 2003 | 107 251 | 198 327 | 51 325 | 356 903 |
| 2003 - 2004 | 106 097 | 197 731 | 39 106 | 342 934 |
| 2004 - 2005 | 110 374 | 242 671 | 58 664 | 411 709 |
| 2005 - 2006 | 121 330 | 261 920 | 64 615 | 447 865 |
| 2006 - 2007 | 119 045 | 158 509 | 65 323 | 342 877 |
| 2007 - 2008 | 119 108 | 273 988 | 61 831 | 454 927 |
| 2008 - 2009 | 126 744 | 274 638 | 71 843 | 473 225 |
| 2009 - 2010 | 130 215 | 287 382 | 76 611 | 494 208 |
| 2010 - 2011 | 96 947 | 252 367 | 62 606 | 411 920 |
| 2011 - 2012 | 102 686 | 232 890 | 54 284 | 389 860 |
| 2012 - 2013 | 114 922 | 231 118 | 50 649 | 396 689 |

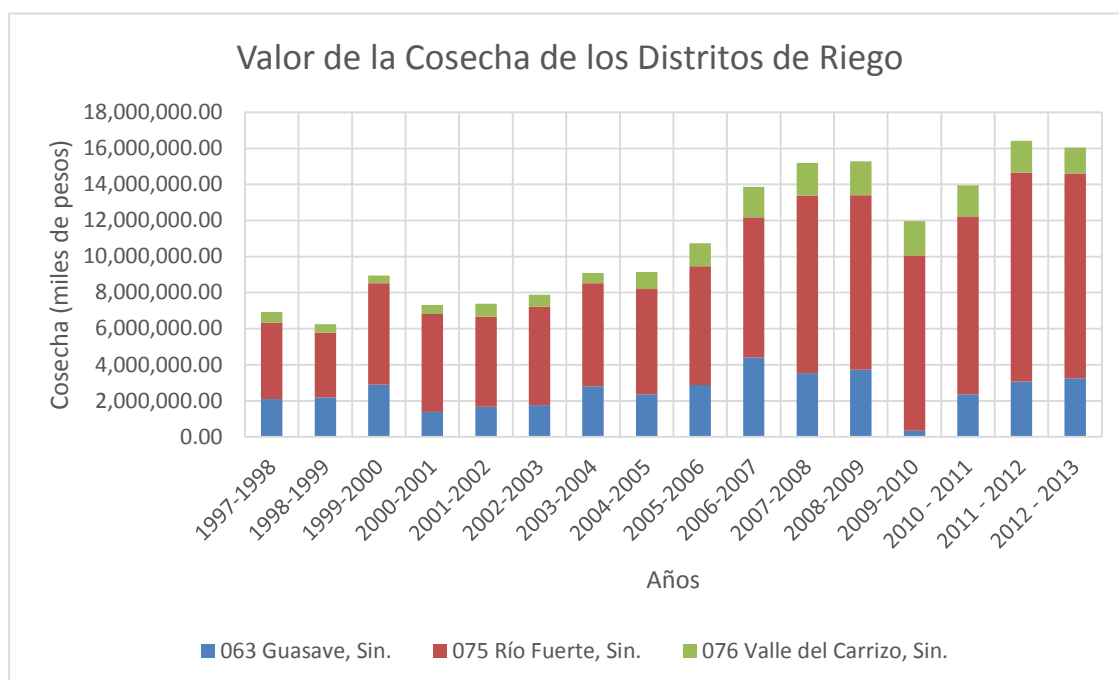
Fuente: SAGARPA, 2014



Gráfica F. 2 Superficie Anual Cosechada en los Distritos de Riego 1997-2013 (ha).

Tabla F. 5 Valor de la cosecha de los Distritos de Riego 1997-2013.

| Año Agrícola | 063 Guasave (\$) | 075 Río Fuerte (\$) | 076 Valle del Carrizo (\$) | Total (\$) |
|--------------|------------------|---------------------|----------------------------|------------|
| 1997 - 1998 | 2 090 340 | 4 255 565 | 579 316 | 6 925 221 |
| 1998 - 1999 | 2 182 622 | 3 585 146 | 480 078 | 6 247 846 |
| 1999 - 2000 | 2 900 063 | 5 625 363 | 422 005 | 8 947 431 |
| 2000 - 2001 | 1 384 761 | 5 425 827 | 504 366 | 7 314 954 |
| 2001 - 2002 | 1 668 612 | 4 996 351 | 727 952 | 7 392 915 |
| 2002 - 2003 | 1 759 920 | 5 462 136 | 665 549 | 7 887 605 |
| 2003 - 2004 | 2 808 476 | 5 715 749 | 557 043 | 9 081 267 |
| 2004 - 2005 | 2 347 464 | 5 847 107 | 953 506 | 9 148 077 |
| 2005 - 2006 | 2 875 396 | 6 594 158 | 1 265 957 | 10 735 510 |
| 2006 - 2007 | 4 407 773 | 7 774 965 | 1 671 610 | 13 854 349 |
| 2007 - 2008 | 3 528 548 | 9 859 680 | 1 801 888 | 15 190 116 |
| 2008 - 2009 | 3 724 291 | 9 670 314 | 1 886 048 | 15 280 654 |
| 2009 - 2010 | 3 369 409 | 9 725 837 | 1 900 765 | 14 996 011 |
| 2010 - 2011 | 2 349 301 | 9 877 953 | 1 724 465 | 13 951 719 |
| 2011 - 2012 | 3 067 045 | 11 589 891 | 1 768 387 | 16 425 323 |
| 2012 - 2013 | 3 243 542 | 11 362 907 | 1 431 888 | 16 038 337 |



Gráfica F. 3 Valor de la Cosecha de los Distritos de Riego 1997-2013.

Tabla F. 6 Distribución y Cobertura de Productores de Camarón de Cultivo, L. Vannamei, en el Estado de Sinaloa.

| Municipio | granjas | Hectáreas | Cobertura (%) | Producción (toneladas) | Rendimiento (t/ha) | Producción estatal 2009 (%) |
|----------------------------------|---------|-----------|---------------|------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Ahome | 58 | 6 009.92 | 20.1 | 11 423 | 1.346 | 30.8 |
| Angostura | 30 | 3 156.00 | 10.6 | 3 536 | 0.790 | 9.6 |
| Culiacán | 169 | 4 651.69 | 15.6 | 4 432 | 0.698 | 11.9 |
| Elota | 13 | 892.00 | 3.0 | 468 | 0.427 | 1.3 |
| El Rosario | 6 | 462.58 | 1.6 | 599 | 0.701 | 1.6 |
| Escuinapa | 23 | 947.00 | 3.2 | 1 261 | 1.112 | 3.3 |
| Guasave | 100 | 6 774.70 | 22.7 | 7 154 | 0.590 | 19.3 |
| Navolato | 60 | 5 887.03 | 19.7 | 6 980 | 0.823 | 18.9 |
| San Ignacio- Mazatlán | 15 | 1 036.00 | 3.5 | 1 244 | 0.747 | 3.3 |
| Total | 474 | 29 816.92 | 100.0 | 37 097 | 0.804 | |

Apéndice G

Evaluación de la sequía histórica del periodo de 1977 al 2014 y su impacto

Tablas de los registros de Ocurrencia de Sequías de 1979 al 2014.

Tabla G. 1 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1979 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|---------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Guadalupe y Calvo | Octubre - diciembre | 3 meses | -2.4 | Moderada |

Tabla G. 2 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1980 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|---------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Jaina | Enero - junio | 6 meses | -2.3 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Enero - julio | 7 meses | -3.2 | Severa |
| Jaina | Julio | 1 mes | -3.0 | Severa |

Tabla G. 3 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1982 **utilizando el PDSI.**

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|-------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| El Vergel. | Agosto, septiembre, diciembre | 3 meses | -2.4 | Moderada |
| Huítes | Junio, julio y septiembre | 3 meses | -2.5 | Moderada |
| Urique | Febrero y octubre | 9 meses | -2.5 | Moderada |
| La Rosilla | Septiembre y octubre | 2 meses | -2.6 | Moderada |
| El Zopilote | Agosto | 1 mes | -2.3 | Moderada |
| El Fuerte | Octubre | 1 mes | -2.3 | Moderada |
| Choix | Junio, julio y septiembre | 3 mes | -2.3 | Moderada |
| Los Mochis | Noviembre y diciembre | 2 meses | -2.2 | Moderada |
| El Vergel. | Octubre y noviembre | 2 meses | -3.1 | Severa |
| Huítes | Agosto y octubre | 2 meses | -3.3 | Severa |
| Choix | Agosto y octubre | 2 meses | -3.2 | Severa |

Tabla G. 4 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1985 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|----------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| El Fuerte | Agosto-noviembre | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| El Sabino J. O. | Agosto-diciembre | 5 meses | -2.3 | Moderada |
| Sufragio | Octubre-diciembre | 4 meses | -2.6 | Moderada |
| El Mahone M. H | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.2 | Moderada |
| La Rosilla | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.3 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.2 | Moderada |
| Tubares | Diciembre | 1 meses | -2.1 | Moderada |
| El Zopilote | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.2 | Moderada |
| El Fuerte | Diciembre | 1 mes | -3.0 | Severa |

Tabla G. 5 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1986 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|--|----------|----------------------------|---------------------|
| El Fuerte | Abril, mayo | 2 meses | -2.8 | Moderada |
| Huítes | Enero-marzo | 3 meses | -2.2 | Moderada |
| El Mahone M. H | Enero-abril | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| La Rosilla | Enero-junio | 6 meses | -2.5 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Enero-julio, septiembre, noviembre-diciembre | 12 meses | -2.2 | Moderada |
| El Sabino J. O. | Enero-marzo | 3 meses | -2.9 | Moderada |
| Tubares | Enero-marzo | 3 meses | -2.4 | Moderada |
| El Zopilote | Enero-diciembre | 12 meses | -2.5 | Moderada |
| Choix | Marzo | 1 meses | -2.1 | Moderada |
| El Carrizo | Enero-marzo | 3 meses | -2.2 | Moderada |
| Higueras de Z | Enero | 1 meses | -2.4 | Moderada |
| Los Mochis | Enero- abril, junio, julio, agosto. | 7 meses | -2.3 | Moderada |
| Batovira | Abril – junio | 3 meses | -3.1 | Severa |
| El Fuerte | Enero –marzo | 3 meses | -3.0 | Severa |
| El Sabino J. O. | Enero, febrero | 2 meses | -3.0 | Severa |
| El Zopilote | Agosto-septiembre | 2 meses | -3.3 | Severa |
| Los Mochis | Octubre- diciembre | 3 meses | -3.1 | Severa |

Tabla G. 6 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1987 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|--------------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Ahome | Julio, agosto | 2 meses | -2.3 | Moderada |
| El Carrizo | Julio-septiembre | 3 meses | -2.5 | Moderada |
| El Fuerte | Septiembre-noviembre | 3 meses | -2.5 | Moderada |
| Higueras de Z. | Mayo-agosto | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| Jaina | Septiembre, octubre | 2 meses | -2.4 | Moderada |
| El Mahone M. H | Agosto, septiembre | 2 meses | -2.8 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Mayo- agosto | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| Sufragio | Junio-noviembre | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| El Zopilote | Enero-septiembre | 9 meses | -2.5 | Moderada |
| La Rosilla | Octubre – diciembre | 3 meses | -2.4 | Moderada |
| Tubares | Agosto – diciembre | 5 meses | -2.4 | Moderada |
| Batovira | Febrero-mayo | 4 meses | -2.2 | Moderada |
| Choix | Agosto – octubre | 3 meses | -2.5 | Moderada |
| Los Mochis | Abril-agosto | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Ahome | Septiembre - diciembre | 4 meses | -3.4 | Severa |
| El Carrizo | Octubre - diciembre | 3 meses | -3.4 | Severa |
| Choix | Noviembre, diciembre | 2 meses | -3.3 | Severa |
| El Fuerte | Diciembre | 1 mes | -3.0 | Severa |
| Higueras de Z. | Enero-Abril y Septiembre – Diciembre | 8 meses | -3.5 | Severa |
| Jaina | Noviembre- diciembre | 2 meses | -3.2 | Severa |
| El Mahone M. H | Octubre-diciembre | 3 meses | -3.7 | Severa |
| Ruíz Cortines | Enero-abril, junio-julio | 8 meses | -3.6 | Severa |
| Sufragio | Diciembre | 1 mes | -3.0 | Severa |
| El Zopilote | Octubre-diciembre | 3 meses | -3.4 | Severa |
| Los Mochis | Enero-marzo, diciembre, septiembre | 5 meses | -3.4 | Severa |
| Los Mochis | Octubre - diciembre | 2 meses | -4.2 | Extrema |

Tabla G. 7 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1988 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|---|----------|----------------------------|---------------------|
| Ahome | Septiembre, octubre, Mayo-julio | 5 meses | -2.6 | Moderada |
| Batovira | Enero-mayo | 5 meses | -2.1 | Moderada |
| El Carrizo | Mayo, junio, septiembre | 3 meses | -2.5 | Moderada |
| Sufragio | Abril-agosto | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Tubares | Enero-junio, diciembre | 7 meses | -2.5 | Moderada |
| El Fuerte | Abril, mayo | 2 meses | -2.8 | Moderada |
| Jaina | Septiembre-noviembre | 3 meses | -2.9 | Moderada |
| La Rosilla | Julio, agosto | 2 meses | -2.6 | Moderada |
| Uriques | Marzo-junio | 5 meses | -2.3 | Moderada |
| El Sabino | Enero-Marzo, junio | 4 meses | -2.2 | Moderada |
| Higueras de Z. | Mayo-agosto | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Mayo-agosto | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| El Zopilote | Mayo, junio | 2 meses | -2.8 | Moderada |
| Los Mochis | Abril- agosto | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Ahome | Enero - abril, noviembre, diciembre | 6 meses | -3.4 | Severa |
| El Carrizo | Enero - abril , octubre - noviembre | 6 meses | -3.3 | Severa |
| Choix | Enero - junio | 6 meses | -3.3 | Severa |
| El Fuerte | Enero-marzo, junio | 4 meses | -3.2 | Severa |
| Higueras de Z. | Enero-abril, septiembre, diciembre | 8 meses | -3.5 | Severa |
| Jaina | Enero- agosto | 8 meses | -3.3 | Severa |
| El Mahone M. H | Enero-junio | 6 meses | -3.5 | Severa |
| La Rosilla | Enero-junio, septiembre | 7 meses | -3.3 | Severa |
| Ruíz Cortines | Enero-abril septiembre-diciembre | 8 meses | -3.6 | Severa |
| Sufragio | Enero-marzo septiembre-noviembre | 6 meses | -3.2 | Severa |
| El Zopilote | Enero-abril, julio, agosto, octubre-diciembre | 8 meses | -3.4 | Severa |
| Los Mochis | Enero-marzo, julio, agosto, septiembre, diciembre | 7 meses | -3.4 | Severa |
| La Rosilla | Octubre-diciembre | 3 meses | -4.2 | Extrema |
| Los Mochis | Octubre-diciembre | 3 meses | -4.2 | Extrema |

Tabla G. 8 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1989 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|--|----------|----------------------------|---------------------|
| Higueras de Z. | Enero-abril, julio, septiembre-diciembre | 9 meses | -2.2 | Moderada |
| Ahome | Enero, Septiembre y Octubre | 3 meses | -2.3 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Febrero-julio, septiembre, noviembre | 9 meses | -2.3 | Moderada |
| La Rosilla | Septiembre -diciembre | 4 meses | -2.7 | Moderada |
| El Zopilote | Mayo | 1 meses | -2.8 | Moderada |
| Los Mochis | Febrero-abril, junio, octubre, noviembre | 6 meses | -2.3 | Moderada |
| La Rosilla | Marzo-agosto | 6 meses | -3.6 | Severa |
| Ruíz Cortines | Enero, octubre | 2 meses | -3.1 | Severa |
| El Zopilote | Enero-abril junio-diciembre | 11 meses | -3.4 | Severa |
| Los Mochis | Enero | 1 meses | -3.4 | Severa |
| La Rosilla | Enero, febrero | 2 meses | -4.3 | Extrema |

Tabla G. 9 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1990 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|------------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| La Rosilla | Julio, Agosto, Octubre y Noviembre | 4 meses | -2.3 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Enero-junio | 6 meses | -2.5 | Moderada |
| El Zopilote | Mayo | 1 meses | -2.9 | Moderada |
| Los Mochis | Enero-febrero | 2 meses | -2.1 | Moderada |
| La Rosilla | Enero-junio | 6 meses | -3.1 | Severa |
| El Zopilote | Enero-abril junio-diciembre | 11 meses | -3.4 | Severa |

Tabla G. 10 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1991 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|-----------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| El Zopilote | Mayo | 1 meses | -2.9 | Moderada |
| El Zopilote | Enero-abril junio-diciembre | 11 meses | -3.5 | Severa |

Tabla G. 11 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1992 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|--|----------|----------------------------|---------------------|
| El Mahone M. H | Agosto-octubre, diciembre | 4 meses | -2.3 | Moderada |
| El Zopilote | Mayo-junio, septiembre | 3 meses | -2.8 | Moderada |
| Tubares | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.3 | Moderada |
| El Mahone M. H | Noviembre | 1 mes | -3.1 | Severa |
| El Zopilote | Enero-abril julio, agosto, octubre-diciembre | 9 meses | -3.3 | Severa |

Tabla G. 12 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1993 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|---------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| El Sabino J. O. | Septiembre | 1 mes | -2.6 | Moderada |
| El Mahone M. H | Enero-marzo, abril | 3 meses | -2.3 | Moderada |
| El Zopilote | Mayo, septiembre, octubre | 3 meses | -2.6 | Moderada |
| La Rosilla | Mayo, junio, diciembre | 3 meses | -2.0 | Moderada |
| Tubares | Enero | 1 mes | -2.0 | Moderada |
| El Sabino J. O. | Octubre-diciembre | 3 meses | -3.3 | Severa |
| El Zopilote | Enero-abril, junio-agosto | 7 meses | -3.3 | Severa |

Tabla G. 13 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1994 utilizando el PDSI

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| La Rosilla | Enero-junio, noviembre | 7 meses | -2.6 | Moderada |
| Higuera | Octubre | 1 mes | -2.5 | Moderada |
| El Sabino J. O. | Mayo, julio | 2 meses | -2.4 | Moderada |
| Tubares | Enero-abril | 4 meses | -2.1 | Moderada |
| El Zopilote | Octubre | 1 mes | -2.2 | Moderada |
| La Rosilla | Julio-octubre | 4 meses | -3.2 | Severa |
| El Sabino J. O. | Enero-abril | 4 meses | -3.5 | Severa |

Tabla G. 14 Registro de Ocurrencia de Sequías en 1995 **utilizando el PDSI.**

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|----------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| El Vergel | Diciembre | 1 mes | -2.0 | Moderada |
| Uriques | Diciembre | 1 mes | -2.2 | Moderada |
| Choix | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.4 | Moderada |
| El Zopilote | Diciembre | 1 mes | -2.0 | Moderada |
| Los Mochis | Agosto | 1 mes | -2.6 | Moderada |
| El Carrizo | Diciembre | 1 mes | -2.2 | Moderada |

Tabla G. 15 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1996 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|--------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Batovira | Enero-marzo, julio | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| El Carrizo | Enero-julio, octubre-diciembre | 10 meses | -2.4 | Moderada |
| Choix | Enero, abril-junio | 4 meses | -2.8 | Moderada |
| El Vergel | Enero-mayo | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Higueras de Z. | Enero-diciembre | 12 meses | -2.3 | Moderada |
| La Rosilla | Enero-junio | 6 meses | -2.3 | Moderada |
| Urique | Enero-mayo | 5 meses | -2.7 | Moderada |
| El Zopilote | Enero-abril | 4 meses | -2.2 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Enero-marzo, junio-agosto | 6 meses | -2.6 | Moderada |
| Tubares | Marzo-junio | 4 meses | -2.1 | Moderada |
| Los Mochis | Enero-marzo | 3 meses | -2.0 | Moderada |
| El Fuerte | Febrero-abril | 3 meses | -2.1 | Moderada |
| Choix | Febrero - marzo | 2 meses | -3.0 | Severa |
| Guadalupe y Calvo | Abril, mayo | 2 meses | -3.1 | Severa |
| Batovira | Abril-junio | 3 meses | -3.1 | Severa |

Tabla G. 16 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1997 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|---|----------|----------------------------|---------------------|
| Batovira | Febrero-marzo | 3 meses | -2.2 | Moderada |
| El Carrizo | Enero- abril, julio | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Jaina | Agosto- Septiembre y Noviembre-Diciembre | 6 meses | -2.4 | Moderada |
| Ahome | Agosto | 1 mes | -2.3 | Moderada |
| Jaina | Octubre | 1 mes | -3.4 | Severa |

Tabla G. 17 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1998 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|-----------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Jaina | Enero-junio diciembre | 7 meses | -2.0 | Moderada |
| Uriques | Diciembre | 1 mes | -2.3 | Moderada |
| Huítes | Diciembre | 1 mes | -2.3 | Moderada |
| El Mahone M. H | Junio, julio | 2 meses | -2.2 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Diciembre | 1 mes | -2.3 | Moderada |

Tabla G. 18 Registros de Ocurrencia de Sequías en 1999 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|-------------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Batovira | Agosto-diciembre | 5 meses | -2.6 | Moderada |
| El Carrizo | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.7 | Moderada |
| Choix | Enero-mayo, noviembre, diciembre | 7 meses | -2.2 | Moderada |
| El Vergel | Octubre-diciembre | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| Higueras de Z. | Noviembre, diciembre, junio-agosto | 5 meses | -2.3 | Moderada |
| La Rosilla | Febrero-mayo | 4 meses | -2.2 | Moderada |
| El Sabino J.O. | Enero-abril, diciembre | 5 meses | -2.2 | Moderada |
| Huítes | Enero-junio, agosto | 7 meses | -2.7 | Moderada |
| Ahome | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.3 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Febrero-marzo, noviembre, diciembre | 4 meses | -2.2 | Moderada |
| Urique | Octubre-diciembre | 10 meses | -2.7 | Moderada |
| El Mahone M. H | Febrero-marzo, noviembre, diciembre | 4 meses | -2.4 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Enero-marzo, mayo | 4 meses | -2.6 | Moderada |
| Jaina | Febrero-abril | 3 meses | -2.0 | Moderada |
| Los Mochis | Enero -abril | 4 meses | -2.2 | Moderada |
| Huítes | Enero-julio, octubre-diciembre | 4 meses | -3.5 | Severa |
| Los Mochis | Noviembre, diciembre | 2 meses | -3.3 | Severa |
| Huítes | Noviembre, diciembre | 2 meses | -4.1 | Extrema |

Tabla G. 19 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2000 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|-------|----------|----------------------------|---------------------|
|------------------------|-------|----------|----------------------------|---------------------|

| | | | | |
|-------------------|---|----------|------|----------|
| El Carrizo | Abril-junio, agosto-octubre, diciembre | 7 meses | -2.6 | Moderada |
| Choix | Enero, marzo-mayo | 4 meses | -2.7 | Moderada |
| El Zopilote | Febrero-marzo | 2 meses | -2.0 | Moderada |
| El Fuerte | Enero-mayo, diciembre | 6 meses | -2.3 | Moderada |
| El Vergel | Enero, marzo-abril | 3 meses | -2.8 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Enero-febrero, junio-julio, noviembre-diciembre | 6 meses | -2.6 | Moderada |
| La Rosilla | Enero-abril | 4 meses | -2.4 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Enero-abril | 4 meses | -2.6 | Moderada |
| El Sabino J. O. | Enero-mayo, julio-diciembre | 11 meses | -2.5 | Moderada |
| Sufragio | Mayo, junio, noviembre, diciembre | 4 meses | -2.3 | Moderada |
| Tubares | Enero-junio | 6 meses | -2.4 | Moderada |
| Batovira | Enero | 1 meses | -2.8 | Moderada |
| Higueras de Z. | Julio | 7 meses | -2.6 | Moderada |
| El Mahone M. H | Enero, abril, mayo, noviembre, diciembre | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Los Mochis | Abril-agosto | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Ahome | Enero-mayo, agosto-diciembre | 10 meses | -2.6 | Moderada |
| Ahome | Diciembre | 1 mes | -3.0 | Severa |
| Batovira | Febrero -abril | 3 meses | -3.2 | Severa |
| El Carrizo | Enero - marzo | 3 meses | -3.1 | Severa |
| Choix | Febrero | 1 mes | -3.0 | Severa |
| El Vergel. | Febrero | 1 mes | -3.1 | Severa |
| El Mahone M. H | Febrero, marzo | 2 meses | -3.0 | Severa |
| Guadalupe y Calvo | Marzo - mayo, agosto- octubre | 6 meses | -3.2 | Severa |
| Sufragio | Enero-marzo | 3 meses | -3.0 | Severa |
| Urique | Enero-mayo | 5 meses | -3.1 | Severa |
| Huítes | Abril, mayo | 2 meses | -3.7 | Severa |
| Los Mochis | Enero – marzo, septiembre-diciembre | 7 meses | -3.3 | Severa |
| Huítes | Enero - marzo | 3 meses | -4.2 | Extrema |

Tabla G. 20 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2001 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|--|----------|----------------------------|---------------------|
| Higueras de Z. | Enero, febrero, diciembre | 3 meses | -2.8 | Moderada |
| El Mahone M. H | Enero | 1 mes | -2.6 | Moderada |
| La Rosilla | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.3 | Moderada |
| El Sabino J. O. | Enero, febrero, agosto, noviembre, diciembre | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Sufragio | Enero, febrero | 3 meses | -2.1 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Marzo | 1 meses | -2.9 | Moderada |
| El Vergel | Diciembre | 1 mes | -2.0 | Moderada |
| El Fuerte | Enero, febrero | 2 meses | -2.1 | Moderada |
| El Carrizo | Enero, febrero | 2 meses | -2.1 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Enero, febrero, abril | 3 meses | -3.1 | Severa |
| Higueras de Z. | Enero, febrero | 2 meses | -3.8 | Severa |
| Ahome | Enero, febrero | 2 meses | -3.3 | Severa |

Tabla G. 21 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2002 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|---------------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Choix | Junio-septiembre | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| El Fuerte | Julio-septiembre | 3 meses | -2.4 | Moderada |
| Jaina | Enero-diciembre | 12 meses | -2.3 | Moderada |
| La Rosilla | Enero | 1 mes | -2.4 | Moderada |
| El Sabino J. O. | Enero-julio, octubre-diciembre | 10 meses | -2.3 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.5 | Moderada |
| Sufragio | Agosto, septiembre, octubre-diciembre | 4 meses | -2.4 | Moderada |
| Tubares | Junio-septiembre | 4 meses | -2.6 | Moderada |
| El Vergel | Enero | 1 mes | -2.1 | Moderada |
| Huítes | Agosto | 1 mes | -2.0 | Moderada |
| Urique | Julio, agosto | 2 meses | -2.3 | Moderada |
| El Zopilote | Julio-diciembre | 6 meses | -2.5 | Moderada |
| Batovira | Septiembre-octubre, diciembre | 3 meses | -2.4 | Moderada |
| Choix | Octubre-diciembre | 3 meses | -3.3 | Severa |
| El Fuerte | Octubre - diciembre | 3 meses | -3.1 | Severa |
| Sufragio | Noviembre | 1 mes | -3.0 | Severa |
| Tubares | Octubre-diciembre | 3 meses | -3.2 | Severa |
| Batovira | Noviembre | 1 mes | -3.0 | Severa |

Tabla G. 22 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2003 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|--|----------|----------------------------|---------------------|
| Batovira | Enero, julio-noviembre | 6 meses | -2.6 | Moderada |
| Choix | Febrero-mayo, junio, noviembre-diciembre | 7 meses | -2.3 | Moderada |
| El Fuerte | Febrero-mayo, agosto-diciembre | 9 meses | -2.4 | Moderada |
| Jaina | Enero-abril | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Mayo, octubre-diciembre | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| Sufragio | Febrero-julio | 6 meses | -2.4 | Moderada |
| El Mahone M. H | Enero | 1 mes | -2.1 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.3 | Moderada |
| Huítés | Enero | 1 mes | -2.1 | Moderada |
| El Sabino | Enero-marzo, septiembre-diciembre | 7 meses | -2.3 | Moderada |
| Higuera de Z. | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.3 | Moderada |
| Ahome | Enero, agosto-octubre, diciembre | 5 meses | -2.4 | Moderada |
| Los Mochis | Enero, noviembre, diciembre | 3 meses | -2.4 | Moderada |
| Batovira | Diciembre | 1 mes | -3.3 | Severa |
| Choix | Enero | 1 mes | -3.4 | Severa |
| El Fuerte | Enero | 1 mes | -3.2 | Severa |
| Sufragio | Enero, agosto-diciembre | 6 meses | -3.2 | Severa |
| Tubares | Enero | 1 mes | -3.3 | Severa |
| El Zopilote | Enero | 1 mes | -3.0 | Severa |

Tabla G. 23 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2004 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Guadalupe y Calvo | Marzo-mayo | 3 meses | -2.2 | Moderada |

Tabla G. 24 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2005 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|----------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Ahome | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.3 | Moderada |
| Higueras de Z. | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.4 | Moderada |
| Huítes | Septiembre, octubre | 2 meses | -2.6 | Moderada |
| El Mahone M. H | Agosto, septiembre | 2 meses | -2.3 | Moderada |
| Sufragio | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.5 | Moderada |
| Tubares | Agosto | 1 mes | -2.2 | Moderada |
| Batovira | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.4 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Agosto-octubre | 3 meses | -2.5 | Moderada |
| Jaina | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.2 | Moderada |
| El Vergel | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.2 | Moderada |
| La Rosilla | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.2 | Moderada |
| El Zopilote | Septiembre-diciembre | 4 meses | -2.3 | Moderada |
| El Fuerte | Agosto | 1 mes | -2.4 | Moderada |
| Los Mochis | Diciembre | 1 mes | -2.0 | Moderada |
| El Fuerte | Septiembre-diciembre | 4 mes | -3.7 | Severa |
| Huítes | Noviembre, diciembre | 2 meses | -3.2 | Severa |
| El Mahone M. H | Octubre-diciembre | 3 meses | -3.3 | Severa |
| Ruíz Cortines | Noviembre, diciembre | 2 meses | -3.3 | Severa |
| El Sabino J. O. | Septiembre-noviembre | 3 meses | -3.7 | Severa |
| El Sabino J. O. | Diciembre | 1 mes | -4.0 | Extrema |

Tabla G. 25 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2006 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|------------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Ahome | Julio, septiembre-diciembre | 5 Meses | -2.1 | Moderada |
| Batovira | Marzo, junio-septiembre | 5 meses | -2.8 | Moderada |
| Choix | Febrero-abril | 3 meses | -2.0 | Moderada |
| El Vergel. | Enero-abril | 4 meses | -2.7 | Moderada |
| El Fuerte | Julio, agosto | 2 meses | -2.7 | Moderada |
| Higueras de Z. | Marzo-junio | 4 meses | -2.6 | Moderada |
| Jaina | Enero-septiembre | 9 meses | -2.5 | Moderada |
| El Mahone M. H | Febrero-mayo | 4 meses | -2.0 | Moderada |
| La Rosilla | Enero-abril | 4 meses | -2.3 | Moderada |
| El Sabino J. O. | Junio-agosto | 3 meses | -2.5 | Moderada |
| Sufragio | Marzo, abril, mayo | 3 meses | -2.3 | Moderada |
| Tubares | Abril, julio | 2 meses | -2.0 | Moderada |
| Urique | Febrero-abril | 3 meses | -2.0 | Moderada |
| El Zopilote | Enero-abril | 4 meses | -2.6 | Moderada |
| El Carrizo | Enero- abril | 4 meses | -2.3 | Moderada |
| Los Mochis | Enero- abril, septiembre-diciembre | 8 meses | -2.3 | Moderada |
| Batovira | Enero, febrero, abril, mayo | 4 meses | -3.1 | Severa |
| El Fuerte | Marzo - junio | 4 meses | -3.6 | Severa |
| Higueras de Z. | Febrero | 1 mes | -3.0 | Severa |
| Huítas | Enero- abril | 4 meses | -3.5 | Severa |
| El Mahone M. H | Enero | 1 mes | -3.2 | Severa |
| Ruíz Cortines | Enero-abril | 4 meses | -3.3 | Severa |
| El Sabino J. O. | Marzo-mayo | 3 meses | -3.6 | Severa |
| Sufragio | Enero, febrero | 2 meses | -3.0 | Severa |
| El Fuerte | Enero, febrero | 2 meses | -4.0 | Extrema |
| El Sabino | Enero, febrero | 2 meses | -4.0 | Extrema |

Tabla G. 26 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2007 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|----------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| El Fuerte | Febrero, marzo | 2 meses | -2.1 | Moderada |
| Ahome | Enero, mayo-agosto | 5 Meses | -2.4 | Moderada |
| Sufragio | Enero, abril-julio | 5 meses | -2.3 | Moderada |
| Tubares | Marzo-mayo, noviembre, diciembre | 5 meses | -2.1 | Moderada |
| Los Mochis | Enero-julio | 7 meses | -2.3 | Moderada |

Tabla G. 27 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2008 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|-----------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Guadalupe y Calvo | Septiembre, diciembre | 2 meses | -2.2 | Moderada |
| Jaina | Julio, septiembre-diciembre | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Ahome | Febrero, marzo | 2 meses | -2.0 | Moderada |
| Tubares | Enero-mayo | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| El Vergel | Mayo, junio | 2 meses | -2.2 | Moderada |
| Tubares | Junio-octubre | 5 meses | -3.2 | Severa |
| Tubares | Noviembre, diciembre | 2 meses | -4.1 | Extrema |

Tabla G. 28 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2009 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|---|----------|----------------------------|---------------------|
| El Vergel. | Febrero-mayo, julio, agosto, noviembre, diciembre | 8 meses | -2.2 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Enero-marzo septiembre - diciembre | 7 meses | -2.4 | Moderada |
| Jaina | Enero-mayo, agosto, octubre | 7 meses | -2.7 | Moderada |
| El Carrizo | Enero-abril | 4 meses | -2.1 | Moderada |
| El Sabino | Julio-septiembre | 3 meses | -2.3 | Moderada |
| El Mahone | Febrero-abril, agosto, septiembre | 5 meses | -2.2 | Moderada |
| Tubares | Mayo-julio, octubre-diciembre | 6 meses | -2.5 | Moderada |
| Batovira | Febrero, abril | 2 meses | -2.1 | Moderada |
| Jaina | Septiembre, noviembre, diciembre | 3 meses | -3.4 | Severa |
| Tubares | Abril, agosto, septiembre | 3 meses | -3.4 | Severa |
| Guadalupe y Calvo | Abril | 1 mes | -3.0 | Severa |
| Tubares | Enero-marzo | 3 meses | -4.1 | Extrema |

Tabla G. 29 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2010 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|------------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Guadalupe y Calvo | Enero-agosto, noviembre, diciembre | 10 meses | -2.4 | Moderada |
| Huítes | Agosto, septiembre | 2 meses | -2.4 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.5 | Moderada |
| Tubares | Enero-julio, septiembre | 8 meses | -2.6 | Moderada |
| Choix | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.3 | Moderada |
| Urique | Noviembre, diciembre | 2 meses | -2.3 | Moderada |
| El Vergel | Enero-marzo | 3 meses | -2.3 | Moderada |
| El Zopilote | Septiembre- diciembre | 4 meses | -2.5 | Moderada |
| Huítes | Octubre-diciembre | 3 meses | -3.4 | Severa |
| Tubares | Agosto, octubre-diciembre | 4 meses | -3.3 | Severa |
| El Zopilote | Agosto | 1 mes | -3.0 | Severa |
| Jaina | Enero-junio | 6 meses | -3.7 | Severa |
| Jaina | Julio, septiembre, octubre | 3 meses | -4.9 | Extrema |
| Jaina | Agosto, noviembre, diciembre | 3 meses | -5.0 | Excepcional |

Tabla G. 30 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2011 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|---|----------|----------------------------|---------------------|
| Ahome | Enero-Abril, julio-Septiembre, Noviembre, Diciembre | 9 meses | -2.3 | Moderada |
| Batovira | Enero, febrero, julio, septiembre, octubre | 5 meses | -2.7 | Moderada |
| El Fuerte | Enero-junio, septiembre, octubre, diciembre | 9 meses | -2.3 | Moderada |
| Higueras de Z. | Febrero-abril, julio-diciembre | 9 meses | -2.1 | Moderada |
| El Mahone M. H | Enero | 1 mes | -2.9 | Moderada |
| La Rosilla | Mayo-julio | 3 meses | -2.4 | Moderada |
| El Sabino J. O. | Enero-junio | 6 meses | -2.7 | Moderada |
| Sufragio | Enero-agosto | 8 meses | -2.4 | Moderada |
| Urique | Enero, abril-junio, agosto, noviembre, diciembre | 7 meses | -2.7 | Moderada |
| El Zopilote | Enero-junio, octubre-diciembre | 9 meses | -2.5 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Marzo-junio, agosto | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Enero | 1 mes | -2.9 | Moderada |
| Choix | Febrero, marzo, julio, agosto, noviembre, diciembre | 6 meses | -2.8 | Moderada |
| El Vergel | Febrero-mayo | 4 meses | -2.3 | Moderada |
| Los Mochis | Octubre-diciembre | 3 meses | -2.4 | Moderada |
| Ahome | Octubre | 1 mes | -3.3 | Severa |
| Batovira | Marzo – mayo | 3 meses | -3.2 | Severa |
| Choix | Febrero, marzo, julio, agosto, noviembre, diciembre | 6 meses | -3.4 | Severa |
| Huítes | Enero-septiembre, noviembre | 10 meses | -3.8 | Severa |
| El Mahone M. H | Febrero-mayo | 4 meses | -3.4 | Severa |
| Jaina | Mayo | 1 meses | -3.9 | Severa |
| Ruíz Cortines | Enero, febrero, julio, septiembre, noviembre, diciembre | 6 meses | -3.3 | Severa |
| Sufragio | Septiembre-diciembre | 4 meses | -3.4 | Severa |
| El Vergel. | Junio | 1 meses | -3.3 | Severa |

Tabla G. 31 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2011 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|--|----------|----------------------------|---------------------|
| Guadalupe y Calvo | Febrero-mayo | 4 meses | -3.4 | Severa |
| Tubares | Enero-junio | 6 meses | -3.7 | Severa |
| Urique | Febrero, marzo, septiembre, octubre | 4 meses | -3.3 | Severa |
| La Rosilla | Agosto, septiembre, noviembre, diciembre | 4 meses | -3.6 | Severa |
| Choix | Septiembre, octubre | 2 meses | -4.1 | Extrema |
| Guadalupe y Calvo | Junio-octubre | 5 meses | -4.3 | Extrema |
| Jaina | Febrero-abril, junio | 4 meses | -4.6 | Extrema |
| Tubares | Julio, agosto | 2 meses | -4.4 | Extrema |
| La Rosilla | Octubre | 1 mes | -4.1 | Extrema |
| Huítes | Octubre, diciembre | 2 meses | -4.1 | Extrema |
| Ruíz Cortines | Octubre | 1 mes | -4 | Extrema |
| Tubares | Septiembre-diciembre | 4 meses | -5.6 | Excepcional |
| Guadalupe y Calvo | Noviembre y Diciembre | 2 meses | -5.3 | Excepcional |
| Jaina | Enero | 1 mes | -5 | Excepcional |
| El Vergel. | Julio-diciembre | 6 meses | -6.2 | Excepcional |

Tabla G. 32 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2012 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|-----------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Ahome | Enero-mayo, julio | 6 meses | -2.7 | Moderada |
| El Carrizo | Mayo, agosto, octubre-diciembre | 5 meses | -2.6 | Moderada |
| Choix | Julio, agosto | 2 meses | -2.3 | Moderada |
| El Fuerte | Enero-julio, noviembre, diciembre | 9 meses | -2.3 | Moderada |
| El Mahone M. H | Septiembre-diciembre | 4 meses | -2.4 | Moderada |
| Ruíz Cortines | Mayo-julio | 3 meses | -2.4 | Moderada |
| Sufragio | Mayo, junio | 2 meses | -2.4 | Moderada |

| | | | | |
|-------------------|---|----------|------|-------------|
| Urique | Enero-septiembre noviembre | 10 meses | -2.4 | Moderada |
| El Zopilote | Enero-abril | 4 meses | -2.4 | Moderada |
| Huítes | Junio-diciembre | 7 meses | -2.5 | Moderada |
| Batovira | Enero-marzo | 3 meses | -2.6 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Diciembre | 1 mes | -2.5 | Moderada |
| La Rosilla | Diciembre | 1 mes | -2.7 | Moderada |
| Los Mochis | Enero-mayo | 5 meses | -2.5 | Moderada |
| Choix | Enero-junio | 6 meses | -3.6 | Severa |
| Huítes | Abril, mayo | 2 meses | -3.7 | Severa |
| El Mahone M. H | Enero-marzo | 3 meses | -3.2 | Severa |
| La Rosilla | Febrero-junio, septiembre- noviembre | 8 meses | -3.6 | Severa |
| El Sabino J. O. | Enero-abril | 4 meses | -3.3 | Severa |
| Sufragio | Enero-abril | 4 meses | -3.3 | Severa |
| Urique | Enero-junio | 6 meses | -3.1 | Severa |
| Batovira | Abril - julio | 4 meses | -3.4 | Severa |
| Guadalupe y Calvo | Octubre | 1 meses | -3.8 | Severa |
| Ruíz Cortines | Enero-abril | 4 meses | -3.3 | Severa |
| Guadalupe y Calvo | Mayo, septiembre, noviembre | 3 meses | -4.5 | Extrema |
| Huítes | Enero-marzo | 3 meses | -4.1 | Extrema |
| La Rosilla | Julio, agosto | 2 meses | -4.2 | Extrema |
| El Vergel. | Enero-diciembre | 12 meses | -5.6 | Excepcional |
| Guadalupe y Calvo | Enero-abril | 4 meses | -5.2 | Excepcional |

Tabla G. 33 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2013 utilizando el PDSI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (PDSI) | Grado de Afectación |
|------------------------|------------|----------|----------------------------------|---------------------|
| El Carrizo | Enero-mayo | 5 meses | -2.6 | Moderada |
| Choix | Enero-mayo | 5 meses | -2.4 | Moderada |
| El Fuerte | Enero-mayo | 5 meses | -2.3 | Moderada |
| Guadalupe y Calvo | Enero-mayo | 5 meses | -2.3 | Moderada |
| Huítes | Enero-mayo | 5 meses | -2.8 | Moderada |
| El Mahone M. H | Enero-mayo | 5 meses | -2.6 | Moderada |
| La Rosilla | Enero-mayo | 5 meses | -2.7 | Moderada |

| | | | | |
|-----------------|------------|---------|------|-------------|
| El Sabino J. O. | Enero-mayo | 5 meses | -2.3 | Moderada |
| Batovira | Enero-mayo | 5 meses | -4.6 | Extrema |
| El Vergel. | Enero-mayo | 5 meses | -5.4 | Excepcional |

Tabla G. 34 Registros de Ocurrencia de Sequías en 2014 método de SPI.

| Estación Climatológica | Meses | Duración | Intensidad Promedio (SPI) | Grado de Afectación |
|---------------------------|-----------|----------|---------------------------|---------------------|
| Periodo de 1 mes | | | | |
| Los Mochis | Diciembre | 1 mes | -0.53 | Ligeramente seco |
| El Fuerte | Octubre | 1 mes | -0.87 | Moderadamente seco |
| El Fuerte | Diciembre | 1 mes | -0.72 | Ligeramente seco |
| Periodo de 3 meses | | | | |
| Los Mochis | Marzo | 1 mes | -0.95 | Moderadamente seco |
| Los Mochis | Abril | 1 mes | -0.51 | Ligeramente seco |
| El Fuerte | Marzo | 1 mes | -0.54 | Ligeramente seco |
| El Fuerte | Diciembre | 1 mes | -1.01 | Moderadamente seco |
| Periodo de 6 meses | | | | |

| | | | | |
|---------------------|---------------|---------|-------|--------------------|
| Los Mochis | Enero - Marzo | 3 meses | -0.63 | Ligeramente seco |
| Los Mochis | Junio | 1 mes | -1.26 | Moderadamente seco |
| Periodo de 9 meses | | | | |
| Los Mochis | Enero - Junio | 6 meses | -0.81 | Moderadamente seco |
| El Fuerte | | | 0.3 | No hay sequía. |
| Periodo de 12 meses | | | | |
| Los Mochis | Enero - Junio | 6 meses | -0.94 | Moderadamente seco |
| El Fuerte | | | 0.25 | No hay sequía. |
| Periodo de 24 meses | | | | |
| Los Mochis | | | -0.21 | No hay sequía |
| El Fuerte | Enero - Junio | 6 meses | -0.6 | Ligeramente seco |

Apéndice H

Disponibilidad y demanda del agua de las Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Tabla H. 1 Almacenamiento en las Presas de la Cuenca Ríos Fuerte y Sinaloa 1995-2014.

| PRESA | | | | | | | | | | |
|-------|--|---------------|-------------------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|--|---------------|---|---------------|
| Año | Miguel Hidalgo y Costilla (2,921 Mm³) | | Luis Donaldo Colosio (2,908 Mm³) | | Gustavo Díaz Ordaz (1,860Mm³) | | Josefa Ortiz de Domínguez (514 Mm³) | | Ing. Guillermo Blake Aguilar (300 Mm³) | |
| | Volumen Mm³ | Por cien % | Volumen Mm³ | Por cien % | Volumen Mm³ | Por cien % | Volumen Mm³ | Por cien % | Volumen Mm³ | Por cien % |
| 1995 | 2 133.7 | 73.05 | 576.1 | 19.8 | 966.4 | 51.95 | 460.7 | 89.62 | 155 | 51.67 |
| 1996 | 876 | 29.99 | 1 052.2 | 36.2 | 700.5 | 37.66 | 176.5 | 34.34 | 151.4 | 50.46 |
| 1997 | 1 241.7 | 42.51 | 1 203.5 | 41.4 | 933.1 | 50.16 | 348.3 | 67.75 | 185.3 | 61.76 |
| 1998 | 884 | 30.26 | 1 118.0 | 38.4 | 667 | 35.86 | 269.5 | 52.42 | 124.9 | 41.64 |
| 1999 | 622.4 | 21.31 | 979.1 | 33.7 | 506 | 27.2 | 188.3 | 36.64 | 167 | 55.68 |
| 2000 | 499.2 | 17.09 | 1 156.1 | 39.8 | 554.7 | 29.82 | 242.3 | 47.13 | 132.9 | 44.29 |
| 2001 | 918.4 | 31.44 | 1 750.4 | 60.2 | 896.6 | 48.2 | 317.8 | 61.83 | 86.6 | 28.86 |
| 2002 | 755.8 | 25.88 | 1 097.2 | 37.7 | 492 | 26.45 | 274.5 | 53.4 | 64.7 | 21.55 |
| 2003 | 355.8 | 12.18 | 768.9 | 26.4 | 427.7 | 22.99 | 85.5 | 16.63 | 72.3 | 24.11 |
| 2004 | 486.6 | 16.66 | 1 020.1 | 35.1 | 755.6 | 40.62 | 198.2 | 38.57 | 113.8 | 37.94 |
| 2005 | 2 087.6 | 71.47 | 2 465.8 | 84.8 | 1 666.2 | 89.58 | 363.3 | 70.68 | 191.4 | 63.81 |
| 2006 | 1 463.5 | 50.1 | 2 087.3 | 71.8 | 1 035.8 | 55.69 | 385.7 | 75.04 | 114.1 | 38.03 |
| 2007 | 2 058.3 | 70.47 | 2 364.4 | 81.3 | 1 097.9 | 59.03 | 453.7 | 88.27 | 101.6 | 33.86 |
| 2008 | 2 237.6 | 76.6 | 2 202.8 | 75.7 | 1 122.4 | 60.35 | 484.2 | 94.21 | 144.4 | 48.13 |
| 2009 | 1 920.8 | 65.76 | 2 016.4 | 69.3 | 1 290.2 | 69.37 | 466.5 | 90.75 | 194.4 | 64.8 |
| 2010 | 1 980.1 | 67.79 | 2 332.8 | 80.2 | 1 111.2 | 59.74 | 394.6 | 76.77 | 120.2 | 40.06 |
| 2011 | 1 717.6 | 58.8 | 1 498.4 | 51.5 | 697.2 | 37.48 | 289.4 | 56.31 | 68.3 | 22.76 |
| 2012 | 511.8 | 17.52 | 873.1 | 30 | 449.0 | 24.14 | 230.0 | 44.74 | 94.5 | 31.49 |
| 2013 | 497.6 | 17.04 | 1270.8 | 43.69 | 701.8 | 37.72 | 189.4 | 36.86 | 110.9 | 36.91 |
| 2014 | 1322.36 | 45.26 | 1730.57 | 59.51 | 912.57 | 49.07 | 329.29 | 64.08 | 126.71 | 42.15 |

Fuente. CONAGUA, 2014. Variación en el almacenamiento, aportaciones y extracciones de las principales presas.

Tabla H. 2 Años con el Mínimo Almacenamiento en las Presas de la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa al 1 de junio.

| Año | Miguel Hidalgo y Costilla | | Luis Donaldo Colosio | | Gustavo Díaz Ordaz | | Josefa Ortiz de Domínguez | | Guillermo Blake Aguilar | | Vol. Total | Vol. Total |
|------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|---------------------------|--------|-------------------------|--------|-----------------|------------|
| | Vol. Mm ³ | Vol. % | Vol. Mm ³ | Vol. % | Vol. Mm ³ | Vol. % | Vol. Mm ³ | Vol. % | Vol. Mm ³ | Vol. % | Mm ³ | % |
| 1996 | 439 | 15 | 170 | 5.9 | 221 | 11.9 | 54 | 10.4 | 64 | 21.3 | 948 | 11.1 |
| 1999 | 139 | 4.8 | 400 | 13.8 | 146 | 7.8 | 50 | 9.8 | 101 | 33.5 | 836 | 9.8 |
| 2000 | 160 | 5.5 | 613 | 21.1 | 181 | 9.7 | 74 | 14.5 | 93 | 31.1 | 1122 | 13.2 |
| 2002 | 360 | 12.3 | 946 | 32.5 | 248 | 13.3 | 201 | 39.1 | 36 | 12 | 1 790 | 21.1 |
| 2003 | 169 | 5.8 | 519 | 17.8 | 176 | 9.5 | 35 | 6.8 | 47 | 15.5 | 946 | 11.1 |
| 2004 | 124 | 4.2 | 561 | 19.3 | 357 | 19.2 | 39 | 7.6 | 52 | 17.2 | 1 133 | 13.3 |
| 2012 | 129 | 4.4 | 342 | 11.8 | 190 | 10.2 | 51 | 10 | 55 | 18.3 | 766 | 9 |
| 2013 | 154 | 5.3 | 499 | 17.1 | 272 | 14.6 | 52 | 10 | 68 | 22.7 | 1 044 | 12.3 |
| 2014 | 721.8 | 24.7 | 867.8 | 29.8 | 520.6 | 28.0 | 133 | 25.9 | 61.0 | 20.3 | 2304.2 | 27.1 |

Fuente. CONAGUA, 2013b.

Tabla H. 3 Aportación a las presas en la cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa, 2003-2012.

| Año | Aportación Anual (Mm ³) | Precipitación Máxima (mm) | Precipitación Mínima (mm) | Evaporación Máxima (mm) |
|------|--|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 2003 | 2 367.8 | 764.0 | 215.0 | 2 691.7 |
| 2004 | 6 602.3 | 1 290.6 | 236.1 | 2 377.7 |
| 2005 | 4 791.5 | 1 068.3 | 164.3 | 2 572.3 |
| 2006 | 5 447.6 | 1 229.1 | 247.5 | 2 681.1 |
| 2007 | 6 428.7 | 969.4 | 169.6 | 2 587.8 |
| 2008 | 8 560.2 | 855.0 | 203.9 | 2 500.1 |
| 2009 | 6 195.1 | 822.5 | 183.0 | 2 560.2 |
| 2010 | 5 552.1 | 893.8 | 146.0 | 3 055.6 |
| 2011 | 1 857.7 | 976.4 | 211.8 | 2 689.3 |
| 2012 | 3 837.1 | 946.0 | 173.7 | 2 614.2 |
| 2013 | 2 519.3 | | | |
| 2014 | 1 781.2 | | | |

Fuente. CONAGUA, 2013b.

Tabla H. 4 Evolución del Agua Suministrada y Desinfectada para Consumo Humano por entidad federativa, 2000-2013.

| Año | Agua Suministrada y Desinfectada para Consumo Humano por Entidad Federativa, 2000 a 2013 (Litros por segundo) | | | | | |
|-------------|---|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| | Chihuahua | | Sinaloa | | Sonora | |
| | Agua Producida | Agua Desinfectada | Agua Producida | Agua Desinfectada | Agua Producida | Agua Desinfectada |
| 2000 | 15 510 | 14 636 | 11 103 | 10 400 | 12 129 | 11 205 |
| 2001 | 16 420 | 14 410 | 9 800 | 9 390 | 13 240 | 12 520 |
| 2002 | 16 426 | 14 410 | 9 797 | 9 390 | 13 239 | 12 540 |
| 2003 | 16 426 | 14 300 | 10 254 | 9 930 | 13 239 | 12 540 |
| 2004 | 16 426 | 14 300 | 10 188 | 9 940 | 13 239 | 12 540 |
| 2005 | 16 426 | 14 301 | 10 288 | 10 189 | 13 239 | 12 535 |
| 2006 | 16 426 | 14 301 | 10 288 | 10 189 | 13 239 | 12 535 |
| 2007 | 13 215 | 13 215 | 10 111 | 9 888 | 12 848 | 12 422 |
| 2008 | 13 215 | 13 215 | 10 135 | 9 914 | 12 956 | 12 589 |
| 2009 | 13 215 | 13 215 | 10 135 | 9 914 | 12 231 | 12 026 |
| 2010 | 13 215 | 13 215 | 10 174 | 9 949 | 13 030 | 12 727 |
| 2011 | 12 915 | 12 915 | 10 135 | 9 940 | 13 198 | 12 909 |
| 2012 | 12 915 | 12 915 | 10 194 | 10 086 | 13 300 | 13 060 |
| 2013 | 12 915 | 12 915 | 10 251 | 10 138 | 14 792 | 14 533 |

Fuente. SEMARNAT, 2013.

Tabla H. 5 Usos Consuntivos de Aprovechamientos de Aguas Superficiales en la Cuenca del Río Fuerte.

| Usuario | Río Fuerte 1 | Río Choix | Arroyo Álamos | Río Fuerte 2 | Volumen Total | % |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------|
| | Volumen Mm ³ | Volumen Mm ³ | Volumen Mm ³ | Volumen Mm ³ | Mm ³ | |
| Agrícola | 2.37 | 0 | 1.5 | 4211.75 | 4215.62 | 97.4 |
| Domestico | 0.01 | 0 | 0 | 0.06 | 0.07 | 0 |
| Múltiple | 1.29 | 0 | 0.07 | 0.17 | 1.53 | 0.04 |
| Pecuario | 0 | 0 | 0.07 | 0.52 | 0.6 | 0.01 |
| Público Urbano | 15.75 | 0.55 | 0.22 | 65.92 | 82.44 | 1.91 |
| Industrial | 0 | 0.21 | 0 | 25.93 | 26.14 | 0.6 |
| Servicios | 0.15 | 0 | 0 | 0.34 | 0.49 | 0.01 |
| Agroindustrial | 0 | 0 | 0 | 0.12 | 0.12 | 0 |
| Otros | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 | 0.01 |
| Total | 19.87 | 0.76 | 1.86 | 4305.75 | 4328.25 | 100 |

Tabla H. 6 Usos Consuntivos de Aprovechamientos de Aguas Superficiales en la Cuenca del Río Sinaloa.

| Usuario | Río Sinaloa 1 | Arroyo Ocoroni | Arroyo Cabrera | Río Sinaloa 2 | Volumen Total | % |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------|
| | Volumen Mm ³ | Volumen Mm ³ | Volumen Mm ³ | Volumen Mm ³ | Mm ³ | |
| Agrícola | 0 | 0 | 0.127 | 1462.899 | 1463.026 | 99.601 |
| Domestico | 0 | 0 | 0 | 0.003 | 0.003 | 0 |
| Múltiple | 0.002 | 0 | 0 | 0.062 | 0.064 | 0.004 |
| Pecuario | 0.017 | 0 | 0.004 | 0.036 | 0.057 | 0.004 |
| Público Urbano | 3.425 | 0.106 | 0 | 1.921 | 5.452 | 0.371 |
| Industrial | 0 | 0 | 0 | 0.261 | 0.261 | 0.018 |
| Servicios | 0 | 0 | 0 | 0.028 | 0.028 | 0.002 |
| Agroindustrial | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Otros | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 3.444 | 0.106 | 0.131 | 1 465.210 | 1468.891 | 100 |

Tabla H. 7 Sonora. Cobertura del Servicio de Agua Potable, Dotación Media y Agua No Contabilizada.

| Localidad | Población | Población con servicio | | Caudal producido (litros) | Dotación Media (l/hab/día) | Agua no contabilizada (%) |
|------------|-----------|------------------------|-----|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | (habitantes) | (%) | | | |
| Navojoa | 116 176 | 111 517 | 96 | 637 | 474 | 52 |
| Huatabampo | 30 806 | 30 070 | 98 | 152 | 426 | 45 |
| Álamos | 9 585 | 9 248 | 96 | 33 | 300 | 31 |

Tabla H. 8 Chihuahua. Cobertura del Servicio de Agua Potable, Dotación media y Agua No Contabilizada.

| Localidad | Población | Población con servicio | | Caudal Producido (litros) | Dotación Media (l/Hab/día) | Agua No Contabilizada (%) |
|-------------|-----------|------------------------|-----|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | (habitantes) | (%) | | | |
| Guachochi | 14 997 | 13 497 | 90 | 69 | 398 | 71 |
| San Juanito | 10 823 | 9 741 | 90 | 45 | 359 | |
| Creel | 5 173 | 5 018 | 97 | 20 | 334 | 62 |

Tabla H. 9 Sinaloa .Cobertura del Servicio de Agua Potable, Dotación Media y Agua No Contabilizada.

| Localidad | Municipio | Población | Población con servicio | | Caudal Producido (litros) | Dotación Media (l/hab/día) | Agua No Conta- bilizada (%) |
|------------------------------------|-----------|-----------|------------------------|-----|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| | | | habitantes | (%) | | | |
| Guasave | Guasave | 72 834 | 72 106 | 99 | 243 | 288 | 35 |
| Los Mochis | Ahome | 267 093 | 266 559 | 100 | 1,258 | 407 | 44 |
| Adolfo Ruíz Cortines | Guasave | 19 103 | 17 575 | 92 | 63 | 286 | 30 |
| Ahome | Ahome | 11 711 | 10 891 | 93 | 38 | 280 | 48 |
| Alfonso G. Calderón | Ahome | 3 480 | 3 236 | 93 | 14 | 348 | 41 |
| Bachoco | Guasave | 3 211 | 2 890 | 90 | 13 | 344 | 54 |
| Bagojo Colectivo | Ahome | 8 266 | 7 687 | 93 | 29 | 303 | 56 |
| Bamoa | Guasave | 5 425 | 4 883 | 90 | 15 | 236 | |
| Callejones de Guasavito | Guasave | 3 052 | 2 747 | 90 | 9 | 266 | 49 |
| Compuertas | Ahome | 4 192 | 3 982 | 95 | 14 | 289 | 44 |
| El Burrión | Guasave | 3 911 | 3 324 | 85 | 13 | 282 | 38 |
| El Cerro Cabezón | Guasave | 3 851 | 3 466 | 90 | 14 | 303 | 69 |
| El Colorado | Guasave | 2 917 | 2 771 | 95 | 10 | 296 | 60 |
| Estación Bamoa (Campo Wilson) | Guasave | 7 263 | 6 537 | 90 | 26 | 308 | 39 |
| Gustavo Díaz Ordaz (El Carrizo) | Ahome | 9 624 | 9 143 | 95 | 40 | 359 | 41 |
| Higuera de Zaragoza | Ahome | 13 710 | 13 162 | 96 | 49 | 309 | 50 |
| La Trinidad | Guasave | 4 220 | 3 798 | 90 | 13 | 262 | 41 |
| Las Grullas Margen Izquierda | Ahome | 2 662 | 2 476 | 93 | 10 | 325 | 39 |
| León Fonseca (Estación Verdura) | Guasave | 3 108 | 2 797 | 90 | 10 | 264 | 44 |
| Mochis (Ejido Mochis) | Ahome | 3 811 | 3 697 | 97 | 15 | 340 | 32 |
| Nño | Guasave | 8 591 | 6 443 | 75 | 20 | 199 | 44 |
| Nuevo San Miguel | Ahome | 4 939 | 4 741 | 96 | 19 | 332 | 56 |
| Primero de Mayo | Ahome | 3 776 | 3 700 | 98 | 13 | 297 | 38 |
| San Miguel Zapotitlán | Ahome | 7 281 | 6 990 | 96 | 25 | 297 | 43 |
| Tamazula | Guasave | 3 660 | 3 367 | 92 | 18 | 432 | 43 |

Apéndice I.

Medidas para la gestión de la demanda del agua del territorio del Consejo de Cuenca.

Tabla I. 1 Derechos por Explotación, Uso o Aprovechamiento de Aguas Nacionales, según Zonas de Disponibilidad, 2010
(Centavos por metro cúbico).

| Uso | Zona | | | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Régimen General | 1 828.94 | 1 463.10 | 1 219.24 | 1 005.89 | 792.5 | 716.2 | 539.1 | 191.5 | 143.5 |
| Agua Potable, consumo mayor a 300 l/hab-d | 72.46 | 72.46 | 72.46 | 72.46 | 72.46 | 72.46 | 33.74 | 16.85 | 8.39 |
| Agua Potable, consumo igual o inferior a 300 l/hab-día | 36.23 | 36.23 | 36.23 | 36.23 | 36.23 | 36.23 | 16.87 | 8.43 | 4.19 |
| Agropecuario, sin exceder concesión | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Agropecuario, por cada m ³ que exceda del concesionado | 12.95 | 12.95 | 12.95 | 12.95 | 12.95 | 12.95 | 12.95 | 12.95 | 12.95 |
| Balnearios y Centros Recreativos | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 0.51 | 0.24 | 0.11 |
| Generación Hidroeléctrica | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 |
| Acuicultura | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.15 | 0.07 | 0.03 |

Fuente: CONAGUA. Subdirección General de Programación.

Tabla I. 2 Costo del Bombeo de la Demanda del Sector Agrícola en los Distritos de Riego.

| Distrito de Riego | Pozos no. | Plantas de bombeo no. | Superficie a beneficiar (ha) | Importe Combustible, Supervisión, Mantenimiento y Traslado (\$) | Costo de Electricidad de pozos (\$) | Costo total de Bombeo (\$) |
|---|------------|-----------------------|------------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------|
| DR 076 Valle del Carrizo | 9 | 19 | 2 159 | 7 693 804 | 3 000 000 | 10 693 804 |
| DR 075 Rio Fuerte | 58 | 42 | 22 770 | 11 451 165 | 11 200 000 | 22 651 165 |
| DR 063 Rio Sinaloa | 191 | 43 | 17 791 | 6 443 438 | 17 477 000 | 23 920 438 |
| Total | 258 | 104 | 42720 | 25 588 406 | 31 677 000 | 57 265 406 |

Fuente: CONAGUA, OCPN, 2013

Apéndice J

Fundamentos del PMPMS del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte
y Sinaloa

Marco legal e institucional

DOF, 25 enero de 2012: Acuerdo por el que se instruyen acciones para mitigar los efectos de la sequía que atraviesan diversas entidades federativas:

- a) abastecimiento hídrico emergente a población;
- b) financiamiento/indemnizaciones/reactivación del campo, y
- c) proyectos/programas de apoyo en sequías.

DOF, 22 de noviembre de 2012: “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”.

Pacto por México (diciembre de 2012): las sequías deberán ser atendidas de manera prioritaria y oportuna.

10 de Enero de 2013, Fresnillo, Zacatecas, el C. Presidente de la República, ordena la formulación del Programa Nacional Contra la sequía (PRONACOSE).

CONAGUA: elabora el Proyecto de implementación del PRONACOSE, que tiene como elementos base el monitoreo de la sequía y la elaboración de programas por cuencas para afrontar las sequías de manera preventiva, más que reactiva.

Ley de Aguas Nacionales

ARTÍCULO 84 BIS. "La Comisión", con el concurso de los organismos de cuenca, deberá promover entre la población, autoridades y medios de comunicación, la cultura del agua acorde con la realidad del país y sus regiones hidrológicas, para lo cual deberá:

- I. Coordinarse con las Autoridades Educativas en los órdenes federal y estatales para incorporar en los programas de estudio de todos los niveles educativos los conceptos de cultura del agua, en particular, sobre disponibilidad del recurso; su valor económico, social y ambiental; uso eficiente; necesidades y ventajas del tratamiento y reúso de las aguas residuales; la conservación del agua y su entorno; el pago por la prestación de servicios de agua en los medios rural y urbano y de derechos por extracción, descarga y servicios ambientales;
- II. Instrumentar campañas permanentes de difusión sobre la cultura del agua;

- III. Informar a la población sobre la escasez del agua, los costos de proveerla y su valor económico, social y ambiental; y fortalecer la cultura del pago por el servicio de agua, alcantarillado y tratamiento;
- IV. Proporcionar información sobre efectos adversos de la contaminación, así como la necesidad y ventajas de tratar y reusar las aguas residuales;
- V. Fomentar el uso racional y conservación del agua como tema de seguridad nacional, y alentar el empleo de procedimientos y tecnologías orientadas al uso eficiente y conservación del agua, y
- VI. Fomentar el interés de la sociedad en sus distintas organizaciones ciudadanas o no gubernamentales, colegios de profesionales, órganos académicos y organizaciones de usuarios, para participar en la toma de decisiones, asunción de compromisos y responsabilidades en la ejecución, financiamiento, seguimiento y evaluación de actividades diversas en la gestión de los recursos hídricos.

Instrumentos de Política Hídrica Vigente

Ley de Aguas Nacionales:

ARTÍCULO 5. Para el cumplimiento y aplicación de esta Ley, el Ejecutivo Federal:

I. Promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos de los estados y de los municipios, sin afectar sus facultades en la materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones. La coordinación de la planeación, realización y administración de las acciones de gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica o por región hidrológica será a través de los consejos de cuenca, en cuyo seno convergen los tres órdenes de gobierno, y participan y asumen compromisos los usuarios, los particulares y las organizaciones de la sociedad, conforme a las disposiciones contenidas en esta Ley y sus reglamentos; contempla un capítulo sobre cultura del agua y mandata a la CONAGUA con el concurso de los organismos de cuenca, a promover entre la población, autoridades y medios de comunicación, la cultura del agua acorde con la realidad del país y sus regiones hidrológicas.

ARTÍCULO 7 BIS. Se declara de interés público:

I. La cuenca conjuntamente con los acuíferos como la unidad territorial básica para la gestión integrada de los recursos hídricos;

II. La descentralización y mejoramiento de la gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica, a través de organismos de cuenca de índole gubernamental y de consejos de cuenca de composición mixta, con participación de los tres órdenes de gobierno, de los usuarios del agua y de las organizaciones de la sociedad en la toma de decisiones y asunción de compromisos

V. La atención prioritaria de la problemática hídrica en las localidades, acuíferos, cuencas hidrológicas y regiones hidrológicas con escasez del recurso.

ARTÍCULO 13. "La Comisión", previo acuerdo de su Consejo Técnico, establecerá consejos de cuenca, órganos colegiados de integración mixta, conforme a la fracción XV del Artículo 3 de esta Ley. La coordinación, concertación, apoyo, consulta y asesoría referidas en la mencionada fracción están orientadas a formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca, así como las demás que se establecen en este Capítulo y en los Reglamentos respectivos. Los consejos de cuenca no están subordinados a "la Comisión" o a los organismos de cuenca.

Los consejos de cuenca considerarán la pluralidad de intereses, demandas y necesidades en la cuenca o cuencas hidrológicas que correspondan.

ARTÍCULO 14 BIS 6. Son instrumentos básicos de la política hídrica nacional:

V. La participación de las organizaciones de la sociedad y de los usuarios, y su corresponsabilidad en el desarrollo de actividades específicas.

ARTÍCULO 15. La planificación hídrica es de carácter obligatorio para la gestión integrada de los recursos hídricos, la conservación de recursos naturales, ecosistemas vitales y el medio ambiente. La formulación, implantación y evaluación de la planificación y programación hídrica comprenderá:

III. Los subprogramas específicos, regionales, de cuencas hidrológicas, acuíferas, estatales y sectoriales que permitan atender problemas de escasez o contaminación del agua, ordenar el manejo de cuencas y acuíferos.

IV. Programas especiales o de emergencia que instrumente "la Comisión" o los organismos de cuenca para la atención de problemas y situaciones especiales en que se encuentre en riesgo la seguridad de las personas o sus bienes;

Pacto por México 2013

Desarrollo Sustentable.

El cambio climático es un reto global que se debe enfrentar con responsabilidad y realismo. Es necesaria una nueva cultura y compromiso ambiental que modifique nuestro estilo de vida, la forma en que se produce, consume e incluso se desecha.

Para lograrlo, se realizarán las siguientes acciones:

- Transitar hacia una economía baja en carbono.

Para reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles, se impulsará la inversión para la investigación y el desarrollo de proyectos de energías a partir de fuentes renovables, como la energía solar y la eólica. (Compromiso 49)

- Replantear el manejo hídrico del país.

El agua es un recurso estratégico en todo el mundo, México no es la excepción. Su futuro depende de su manejo inteligente y sustentable.

El agua de lluvia debe ser un recurso, no una amenaza. Por ello, se creará un programa para el impulso de la infraestructura para la captación y el almacenamiento del agua pluvial. Así mismo, se concluirán las obras de control de inundaciones en diversos estados del país. (Compromiso 50)

Se incrementarán las coberturas de agua, drenaje y tratamiento. Se llevará a cabo la revisión y rehabilitación de 115 presas con alto riesgo, se inspeccionarán 5 mil kilómetros de bordos y se realizarán las acciones correctivas correspondientes. (Compromiso 51)

Se atenderán de manera prioritaria y oportuna las sequías que afectan el norte centro del país. Se impulsará el agua de mar como fuente de abastecimiento con plantas desalinizadoras. Para llevar a cabo todo lo anterior se impulsará la aprobación de la nueva Ley de Agua Potable y Saneamiento y reformar la Ley de Aguas Nacionales. (Compromiso 52)

- Mejorar la gestión de residuos.

Se creará un programa para aumentar la infraestructura para recolectar, separar, reciclar y aprovechar el potencial de los residuos en todo el país. (Compromiso 53)

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018

OBJETIVO 1.6. Salvaguardar a la población, a sus bienes y a su entorno ante un desastre de origen natural o humano.

Estrategia 1.6.1. Política estratégica para la prevención de desastres.

Líneas de acción

- Promover y consolidar la elaboración de un atlas nacional de riesgos a nivel federal, estatal y municipal, asegurando su homogeneidad.
- Impulsar la Gestión Integral del Riesgo como una política integral en los tres órdenes de gobierno, con la participación de los sectores privado y social.
- Fomentar la cultura de protección civil y la autoprotección
- Fortalecer los instrumentos financieros de gestión del riesgo, privilegiando la prevención y fortaleciendo la atención y reconstrucción en casos de emergencia y desastres.
- Promover los estudios y mecanismos tendientes a la transferencia de riesgos.

- Fomentar, desarrollar y promover Normas Oficiales Mexicanas para la consolidación del Sistema Nacional de Protección Civil.
- Promover el fortalecimiento de las normas existentes en materia de asentamientos humanos en zonas de riesgo, para prevenir la ocurrencia de daños tanto humanos como materiales evitables.

Estrategia 1.6.2. Gestión de emergencias y atención eficaz de desastres.

Líneas de acción

- Fortalecer la capacidad logística y de operación del Sistema Nacional de Protección Civil en la atención de emergencias y desastres naturales.
- Fortalecer las capacidades de las Fuerzas Armadas para proporcionar apoyo a la población civil en casos de desastres naturales.
- Coordinar los esfuerzos del Gobiernos Federal, Estatal y Municipal en el caso de emergencias y desastres naturales.

OBJETIVO 4.4. Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo.

Estrategia 4.4.1. Implementar una política integral de desarrollo que vincule la sustentabilidad ambiental con costos y beneficios para la sociedad.

Líneas de acción

- Alinear y coordinar programas federales, e inducir a los estatales y municipales para facilitar un crecimiento verde incluyente con un enfoque transversal.
- Actualizar y alinear la legislación ambiental para lograr una eficaz regulación de las acciones que contribuyen a la preservación y restauración del medio ambiente y los recursos naturales.
- Promover el uso y consumo de productos amigables con el medio ambiente y de tecnologías limpias, eficientes y de bajo carbono.
- Establecer una política fiscal que fomente la rentabilidad y competitividad ambiental de nuestros productos y servicios.
- Promover esquemas de financiamiento e inversiones de diversas fuentes que multipliquen los recursos para la protección ambiental y de recursos naturales.
- Impulsar la planeación integral del territorio, considerando el ordenamiento ecológico y el ordenamiento territorial para lograr un desarrollo regional y urbano sustentable.
- Impulsar una política en mares y costas que promueva oportunidades económicas, fomente la competitividad, la coordinación y enfrente los efectos del cambio climático protegiendo los bienes y servicios ambientales.

- Orientar y fortalecer los sistemas de información para monitorear y evaluar el desempeño de la política ambiental.
- Colaborar con organizaciones de la sociedad civil en materia de ordenamiento ecológico, desarrollo económico y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Estrategia 4.4.2. Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso.

Líneas de acción

- Asegurar agua suficiente y de calidad adecuada para garantizar el consumo humano y la seguridad alimentaria.
- Ordenar el uso y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos afectados por déficit y sobreexplotación, propiciando la sustentabilidad sin limitar el desarrollo.
- Incrementar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Sanear las aguas residuales con un enfoque integral de cuenca que incorpore a los ecosistemas costeros y marinos.
- Fortalecer el desarrollo y la capacidad técnica y financiera de los Organismos Operadores para la prestación de mejores servicios.
- Fortalecer el marco jurídico para el sector de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Reducir los riesgos de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos por inundaciones y atender sus efectos.
- Rehabilitar y ampliar la infraestructura hidroagrícola.

Estrategia 4.4.3. Fortalecer la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono.

Líneas de acción

- Ampliar la cobertura de infraestructura y programas ambientales que protejan la salud pública y garanticen la conservación de los ecosistemas y recursos naturales.
- Desarrollar las instituciones e instrumentos de política del Sistema Nacional de Cambio Climático.
- Acelerar el tránsito hacia un desarrollo bajo en carbono en los sectores productivos primarios, industriales y de la construcción, así como en los servicios urbanos, turísticos y de transporte.
- Promover el uso de sistemas y tecnologías avanzadas, de alta eficiencia energética y de baja o nula generación de contaminantes o compuestos de efecto invernadero.

- Impulsar y fortalecer la cooperación regional e internacional en materia de cambio climático, biodiversidad y medio ambiente.
- Lograr un manejo integral de residuos sólidos, de manejo especial y peligroso, que incluya el aprovechamiento de los materiales que resulten y minimicen los riesgos a la población y al medio ambiente.
- Realizar investigación científica y tecnológica, generar información y desarrollar sistemas de información para diseñar políticas ambientales y de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Lograr el ordenamiento ecológico del territorio en las regiones y circunscripciones políticas prioritarias y estratégicas, en especial en las zonas de mayor vulnerabilidad climática.
- Continuar con la incorporación de criterios de sustentabilidad y educación ambiental en el Sistema Educativo Nacional, y fortalecer la formación ambiental en sectores estratégicos.
- Contribuir a mejorar la calidad del aire, y reducir emisiones de compuestos de efecto invernadero mediante combustibles más eficientes, programas de movilidad sustentable y la eliminación de los apoyos ineficientes a los usuarios de los combustibles fósiles.
- Lograr un mejor monitoreo de la calidad del aire mediante una mayor calidad de los sistemas de monitoreo existentes y una mejor cobertura de ciudades.

Estrategia 4.4.4. Proteger el patrimonio natural.

Líneas de acción

- Promover la generación de recursos y beneficios a través de la conservación, restauración y aprovechamiento del patrimonio natural, con instrumentos económicos, financieros y de política pública innovadores.
- Impulsar e incentivar la incorporación de superficies con aprovechamiento forestal, maderable y no maderable.
- Promover el consumo de bienes y servicios ambientales, aprovechando los esquemas de certificación y generando la demanda para ellos, tanto a nivel gubernamental como de la población en general. Fortalecer el capital social y las capacidades de gestión de ejidos y comunidades en zonas forestales y de alto valor para la conservación de la biodiversidad.
- Incrementar la superficie del territorio nacional bajo modalidades de conservación, buenas prácticas productivas y manejo regulado del patrimonio natural.
- Focalizar los programas de conservación de la biodiversidad y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, para generar beneficios en comunidades con población de alta vulnerabilidad social y ambiental.
- Promover el conocimiento y la conservación de la biodiversidad, así como fomentar el trato humano a los animales.
- Fortalecer los mecanismos e instrumentos para prevenir y controlar los incendios forestales.

- Mejorar los esquemas e instrumentos de reforestación, así como sus indicadores para lograr una mayor supervivencia de plantas.
- Recuperar los ecosistemas y zonas deterioradas para mejorar la calidad del ambiente y la provisión de servicios ambientales de los ecosistemas.

OBJETIVO 4.10. Construir un sector agropecuario y pesquero productivo que garantice la seguridad alimentaria del país.

Estrategia 4.10.1. Impulsar la productividad en el sector agroalimentario mediante la inversión en el desarrollo de capital físico, humano y tecnológico.

Líneas de acción

- Orientar la investigación y desarrollo tecnológico hacia la generación de innovaciones que aplicadas al sector agroalimentario eleven la productividad y competitividad.
- Desarrollar las capacidades productivas con visión empresarial.
- Impulsar la capitalización de las unidades productivas, la modernización de la infraestructura y el equipamiento agroindustrial y pesquero.
- Fomentar el financiamiento oportuno y competitivo.
- Impulsar una política comercial con enfoque de agronegocios y la planeación del balance de demanda y oferta, para garantizar un abasto oportuno, a precios competitivos, coadyuvando a la seguridad alimentaria.
- Apoyar la producción y el ingreso de los campesinos y pequeños productores agropecuarios y pesqueros de las zonas rurales más pobres, generando alternativas para que se incorporen a la economía de manera más productiva.
- Fomentar la productividad en el sector agroalimentario, con un énfasis en proyectos productivos sostenibles, el desarrollo de capacidades técnicas, productivas y comerciales, así como la integración de circuitos locales de producción, comercialización, inversión, financiamiento y ahorro.
- Impulsar la competitividad logística para minimizar las pérdidas poscosecha de alimentos durante el almacenamiento y transporte.
- Promover el desarrollo de las capacidades productivas y creativas de jóvenes, mujeres y pequeños productores.

Estrategia 4.10.2. Impulsar modelos de asociación que generen economías de escala y mayor valor agregado de los productores del sector agroalimentario.

Líneas de acción

- Promover el desarrollo de conglomerados productivos y comerciales (clústeres de agronegocios) que articulen a los pequeños productores con empresas integradoras, así como de agroparques.
- Instrumentar nuevos modelos de agronegocios que generen valor agregado a lo largo de la cadena productiva y mejoren el ingreso de los productores.
- Impulsar, en coordinación con los diversos órdenes de gobierno, proyectos productivos, rentables y de impacto regional.

Estrategia 4.10.3. Promover mayor certidumbre en la actividad agroalimentaria mediante mecanismos de administración de riesgos.

Líneas de acción

- Diseñar y establecer un mecanismo integral de aseguramiento frente a los riesgos climáticos y de mercado, que comprenda los diferentes eslabones de la cadena de valor, desde la producción hasta la comercialización, fomentando la inclusión financiera y la gestión eficiente de riesgos.
- Priorizar y fortalecer la sanidad e inocuidad agroalimentaria para proteger la salud de la población, así como la calidad de los productos para elevar la competitividad del sector.

Estrategia 4.10.4. Impulsar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del país.

Líneas de acción

- Promover la tecnificación del riego y optimizar el uso del agua.
- Impulsar prácticas sustentables en las actividades agrícola, pecuaria, pesquera y acuícola.
- Establecer instrumentos para rescatar, preservar y potenciar los recursos genéticos.
- Aprovechar el desarrollo de la biotecnología, cuidando el medio ambiente y la salud humana.

Estrategia 4.10.5. Modernizar el marco normativo e institucional para impulsar un sector agroalimentario productivo y competitivo.

Líneas de acción

- Realizar una reingeniería organizacional y operativa.
- Reorientar los programas para transitar de los subsidios ineficientes a los incentivos a la productividad y a la inversión.
- Desregular, reorientar y simplificar el marco normativo del sector agroalimentario.
- Fortalecer la coordinación interinstitucional para construir un nuevo rostro del campo.

Apéndice K

Marco físico del territorio del Consejo de Cuenca de los Ríos
Fuerte y Sinaloa

Fisiografía

Con el propósito de la caracterización del territorio del Consejo de Cuenca se ha definido la parte alta, media y baja como se muestra en la Tabla K-1.

Tabla K. 1 Distribución de los Municipios en el territorio del Consejo de Cuenca.

| MUNICIPIO | ELEVACION (msnm) |
|-------------------------------|------------------|
| Cuenca Alta | |
| Guachochi, Chihuahua. | 400 a 2 800 |
| Guadalupe y Calvo, Chihuahua. | 200 a 3 300 |
| Guazapares, Chihuahua. | 200 a 2 800 |
| Maguarichi, Chihuahua. | 900 a 2 800 |
| Cuenca Media | |
| Batopilas, Chihuahua. | 300 a 2 800 |
| Chinipas, Chihuahua. | 200 a 2 400 |
| Choix, Sinaloa. | 100 a 2 200 |
| El Fuerte, Sinaloa. | 5 a 1 000 |
| Morelos, Chihuahua. | 300 a 2 500 |
| Sinaloa, Sinaloa. | 5 a 2 300 |
| Urique, Chihuahua. | 200 a 2 700 |
| Cuenca Baja | |
| Ahome, Sinaloa. | 0 a 700 |
| Guasave, Sinaloa. | 0 a 300 |

parcialmente y adquieren hacia al oriente elevaciones del orden de 150 m. Las rocas de esta franja son jóvenes, ya que es fácil reconocer sobre las lavas los centros de los focos de erupción y sus formas bien conservadas.

Provincia de la llanura costera del estado de Sinaloa

Está comprendida en las subprovincias de deltas y costas de Sinaloa, de la provincia fisiográfica de cordilleras sepultadas; comprende prácticamente la mayor parte de la zona del Acuífero Río Fuerte en la parte baja de la Cuenca. La fisiografía de la llanura costera, está caracterizada por abanicos aluviales, antiguos Valles fluvio deltaicos, pequeñas colinas constituidas por rocas predeltaicas, deltas actuales, estuarios, complejos Lagunares, cauces de ríos y arroyos, rías, depósitos eólicos y marinos, las cuales pueden ser clasificadas como unidades fisiográficas en cuanto al ambiente de formación como: continentales, fluviales, mixtas o de transición, eólicas y marinas.

Geomorfología

La cuenca presenta dos rasgos fisiográficos principales; una zona montañosa y otra de planicie. Los rasgos montañosos se inician hacia el oriente, en dirección hacia la sierra madre occidental, que se caracteriza por presentar relieves más accidentados, donde generalmente los Valles son estrechos en forma de “v” y las corrientes poseen gradientes considerables, por lo que se considera que se encuentran en una etapa juvenil.

La zona de planicie es sensiblemente plana con una ligera pendiente hacia el Golfo de California donde los ríos han depositado materiales deltaicos, formando numerosos meandros que hacia la desembocadura de los mismos han sido divagantes, dejando huellas de antiguos cauces, que en muchos casos han sido habilitados como drenes agrícolas. Estos cauces por lo general tienen la forma típica de “u” por lo que se considera a la planicie en etapa de madurez avanzada. Hacia el este y sureste, los arroyos se amplían adquiriendo los relieves topográficos formas más suaves y redondeadas, determinado que se encuentran en una etapa de madurez incipiente.

Las rocas más antiguas que afloran en la región y que constituyen el basamento geológico, están formadas por esquistos y pizarras pertenecientes a la formación conocida como complejo Sonobari; se encuentra afectada por un intrusivo ácido de edad Cretácica perteneciente al batolito que aflora en sonora y Sinaloa, compuesto por granitos, granodioritas, monzonitas y tonalitas. Sobre yaciendo en forma discordante a estas rocas, descansa un paquete de calizas marinas con intercalaciones de margas y lutitas Cretácicas. El Terciario se encuentra representado por rocas volcánicas volcanoclasticas de composición que varía de ácida a básica y una unidad de tobas, areniscas y conglomerados estratificados y cementados con un buzamiento regional hacia el noroeste denominados como la formación Baucarit de origen continental. El Cuaternario presenta depósitos de sedimentos clásicos de origen aluvio fluvial, constituido por gravas, arenas, limos y arcillas que se encuentran mezclados entre sí en diferentes porcentajes y en ocasiones en horizontes puros, compuestos por diferentes unidades fisiográficas.

Este proceso, marco una serie de eventos en los cuales durante la época de metamorfización de los sedimentos marinos Precámbricos, constituidos de clásticos finos algo carbonatados, fueron intrusionados por un batolito ácido compuesto de granito, monzonita cuarcífera y tonalita, que deformaron estos sedimentos por esfuerzos de compresión, adoptando las capas inclinaciones considerables tal como se puede observar actualmente en la Sierra de San Francisco. La transformación de rocas metamórficas por procesos regionales a mediados del Mesozoico, fue acompañada por fallas en zonas de debilidad de la corteza terrestre, por donde se extrusaron rocas volcánicas de composición básica que también fueron metamorfizadas en rocas corneanas. Posteriormente en el Cretácico, sobrevino un hundimiento regional, donde se depositaron sedimentos marinos de plataforma, caracterizado por calizas fosilíferas, margas y lutitas, iniciándose al final de este periodo un levantamiento cortical acompañado de fallamiento de carácter regional, por donde se generaron extrusiones, primero intermedias (andesitas) y posteriormente ácidas (derrames Ríolitas, ignimbritas y tobas) que representan el Terciario inferior y medio respectivamente.

El rejuvenecimiento resultante, ocasiono la formación de algunas cuencas cerradas, que al actuar conjuntamente con la acción explosiva de la última etapa de vulcanismo del terciario, dieron lugar a depósitos de tobas de tipo lacustre que incluyen material clástico continental. Esta actividad continuó hasta el Terciario, predominando los clásticos continentales que representan el inicio de la regresión del mar. Como esta regresión se debió a movimientos ascendentes del continente, se propiciaron fallas que ocasionaron la extrusión de lavas basálticas por aparatos volcánicos y fisuras. En el cuaternario, se registró un descenso del mar, hasta su nivel actual, originando que la corriente del Río Fuerte formara deltas con las gravas, arenas y arcillas, los cuales fueron semi clasificados en el contacto de este Río con el mar, al perder su fuerza de transporte el primero.

En la actualidad los procesos geológicos que tienen lugar, consisten principalmente en la erosión de los deltas por la corriente del Río Fuerte y el depósito de materiales de playa a lo largo de la línea de costa, ya sea en forma de barras por la acción del aire o mixta. Estas estructuras, al extenderse a lo largo de la línea de costa y a profundidades someras, atrapan cuerpos de agua salada, que se convierten en lagunas marginales, tal como los Esteros que actualmente se están formando a todo lo largo del estado de Sinaloa. En el pasado, en esas lagunas marginales, se propiciaba la concentración de sales marinas, dando lugar a la formación de la capa de sales, las cuales eran cubiertas por los sedimentos acarreados por las corrientes superficiales (SPIC, 2010a).

Geología Estructural y Tectónica

La situación geográfica y las características geológicas favorecen la observación de los principales rasgos estructurales de la secuencia de rocas existentes en la región. Los rasgos estructurales son claramente observables en rocas precámbricas, paleozoicas y mesozoicas, disminuyendo su intensidad en relación inversa a su edad, es decir se puede observar que los efectos de los esfuerzos compresionales en las rocas desde el precámbrico hasta el mesozoico tardío o cenozoico temprano, disminuyeron rápidamente en intensidad hacia edades menores.

Los movimientos tectónicos tensionales en ocasiones fueron bastante fuertes, pues eventualmente la unidad paleozoica sedimentaria, aflora por levantamientos y posterior erosión, la región debió sufrir ascensos diferenciales, como contracciones por enfriamiento en función del paquete de rocas intrusionadas. Estas últimas debieron ser responsables de la falta de control estructural que se observa a menudo, así como de hundimientos sucesivos, en ocasiones escalonados, que afectaron a gran parte de la secuencia terciaria (SPIC, 2010a).

Climatología

El clima en el territorio del Consejo de Cuenca posee una gran variabilidad. En la cuenca alta prevalece un clima templado, húmedo con régimen de lluvias uniformemente repartidas, con verano fresco y largo. La oscilación térmica se caracteriza por temperaturas medias mensuales entre 10.7°C y 22.7°C y una precipitación media anual de 1067 milímetros. Mientras que en la cuenca media, el clima es semiseco, cálido, con régimen de lluvias en verano, las temperaturas medias anuales oscilan entre 23.9 y 24.9 y la precipitación media anual es de 723 milímetros por año. La cuenca baja posee un clima seco, cálido con lluvias en verano, con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales mayor de 23.1° C y una precipitación media anual de 407 milímetros. La evaporación es hasta el 550 por ciento mayor que la precipitación, lo que presenta un gran desafío para la conservación del recurso hídrico. La gran variabilidad del clima se puede observar en los registros de las estaciones meteorológicas en las cuencas de 1951 al 2010, ordenadas por estado y municipio (ver Tabla K-2 y Gráficas del 1 al 20 del apéndice B).

Tabla K. 2 Normales Climáticas 1951-2010. Cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa

| Estación, Municipio | Elevación (msnm) | Temp. máx. °C | Temp. media °C | Temp. min. °C | Precipitación anual (mm) | Evaporación anual (mm) | No. de días con lluvia |
|---------------------|------------------|---------------|----------------|---------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| SONORA | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------------------|-------------------|------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Arroyo Hondo, Álamos. | 251 | 33.1 | 24.5 | 15.8 | 602.9 | | 37.6 |
| Cazanate, Álamos. | 137 | 34.5 | 23.9 | 13.3 | 658.7 | 1994.5 | 52.2 |
| Don, Huatabampo. | 50 | 33 | 24.6 | 16.2 | 436.7 | | 25 |
| CHIHUAHUA | | | | | | | |
| Guachochi, Guachohi. | 2320 | 20.2 ³ | 10.7 | 1.5 | 794.7 ³ | 1151.7 | 92.1 |
| Guadalupe y Calvo. | 2 279 | 21.9 ³ | 13.1 | 4.3 | 1014.5 | 1211 | 94 ⁴ |
| Baborigame, Guadalupe y Calvo. | 1896 | | | | 1422.5 | | 99.7 |
| Cuiteco, Urique. | 1 700 | 24.8 | 15.8 | 6.8 | 1078.7 | 1363.5 | 91.5 |
| Chínipas, Chínipas. | 1 640 | 30.3 ⁴ | 22.7 | 15.9 | 969.3 | | 56 |
| Cerocahui, Urique. | 1 500 | 24.8 ⁴ | 16.2 | 7.9 | 1120.4 | 1326.9 | 89.9 |
| Urique, Urique | 599 | 33.6 ³ | 24.6 | 16 | 769.3 | 2052 | 73.9 |
| Batopilas, Batopilas | 501 | 31 | 24.9 | 17.9 | 613 | | 65.3 |
| Guerachi, Guachochi | 490 | 32.8 | 24.2 | 15.6 | 694.9 | 1966.4 | 97.5 |
| SINALOA | | | | | | | |
| San José de Gracia, Sinaloa | 375 | 32.1 | 24.6 | 14.6 | 986.5 | 2060.1 | 61.3 |
| Choix, Choix | 225 | 34.9 ⁴ | 24.5 ⁴ | 14.5 | 754.5 ⁴ | 1962.4 ⁴ | 59.8 ⁴ |
| Bamicori, El Fuerte | 152 | 34 | 24.5 | 15 | 708.4 | 1873.7 | 54.3 |
| El Fuerte, El Fuerte | 84 | 34.3 ⁴ | 24.4 | 15.1 | 604.7 ⁴ | 2194.1 | 51.1 |
| Topolobampo, Ahome | 34 | 30.5 | 25.4 | 20.3 | 312.6 | 1808.1 | 20 |
| Mochicahui, El Fuerte | 22 | 31.5 ² | 23.1 | 15.9 | 276.6 | 2003.2 | 23.5 |
| Ruiz Cortines, Guasave | 15 | 33.3 ⁴ | 24.8 | 16.6 | 415.4 | 2024.5 | 32.3 |
| Los Mochis, Ahome | 14 | 33 ⁴ | 25.5 ³ | 18.3 | 329.2 ⁴ | 2182.5 ¹ | 31.9 |
| El Nudo, Guasave | 9 | 32.8 | 24.5 | 16.2 | 460.4 | 2289.1 | 34.8 |

Fuente CONAGUA 2014.

¹ Datos hasta 2011. ² Datos hasta 2012. ³ Datos hasta 2013. ⁴ Datos hasta 2014

El promedio climático de 1951 al 2010 en la parte alta, media y baja de las cuencas se presenta en las Tablas K-3, K-4 y K-5.

Tabla K. 3 Precipitación y temperaturas medias mensuales de la parte alta del territorio del Consejo de Cuenca.

| Estación, Municipio | Estado | Elevación (msnm) | Temp. Máx. °C | Temp. media °C | Temp. Min. °C | Precipitación media anual (mm) |
|--------------------------------|-----------|------------------|-------------------|----------------|---------------|--------------------------------|
| Guadalupe y Calvo. | Chihuahua | 2 279 | 21.9 ³ | 13.1 | 4.3 | 1015 |
| Cuiteco, Urique. | Chihuahua | 1 700 | 24.8 | 15.8 | 6.8 | 1079 |
| Chínipas, Chínipas. | Chihuahua | 1 640 | 30.3 ⁴ | 22.7 | 15.9 | 969 |
| Cerocahui, Urique. | Chihuahua | 1 500 | 24.8 ⁴ | 16.2 | 7.9 | 1120 |
| Guachochi, Guachohi. | Chihuahua | 2320 | 20.2 ³ | 10.7 | 1.5 | 794.7 ³ |
| Baborigame, Guadalupe y Calvo. | Chihuahua | 1896 | | | | 1423 |

Tabla K. 4 Precipitación y temperaturas medias mensuales de la parte media del territorio del Consejo de Cuenca.

| Estación, Municipio | Estado | Elevación (msnm) | Temp. Máx. °C | Temp. media °C | Temp. Min. °C | Precipitación media anual (mm) |
|-----------------------------|-----------|------------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------------------------|
| Batopilas, Batopilas | Chihuahua | 501 | 31 | 24.9 | 17.9 | 613 |
| Guerachi, Guachochi | Chihuahua | 490 | 32.8 | 24.2 | 15.6 | 695 |
| San José de Gracia, Sinaloa | Sinaloa | 375 | 32.1 | 24.6 | 14.6 | 987 |
| Arroyo Hondo, Álamos. | Sonora | 251 | 33.1 | 24.5 | 15.8 | 603 |
| Choix, Choix | Sinaloa | 225 | 34.9 ⁴ | 24.5 ⁴ | 14.5 | 754.5 ⁴ |
| Bamicori, El Fuerte | Sinaloa | 152 | 34.0 | 24.5 | 15 | 708 |
| Cazanate, Álamos. | Sonora | 137 | 34.5 | 23.9 | 13.3 | 659 |

Tabla K. 5 Precipitación y temperaturas medias mensuales de la parte baja del territorio del Consejo de Cuenca.

| Estación, Municipio | Estado |
|---------------------|--------|
|---------------------|--------|

| | | | | | | |
|---------------------------|---------|----|-------------------|-------------------|------|--------------------|
| | | | | | | |
| El Fuerte, El Fuerte | Sinaloa | 84 | 34.3 ⁴ | 24.4 | 15.1 | 604.7 ⁴ |
| Don, Huatabampo. | Sonora | 50 | 33 | 24.6 | 16.2 | 437 |
| Topolobampo, Ahome | Sinaloa | 34 | 30.5 | 25.4 | 20.3 | 313 |
| Mochicahui, El Fuerte | Sinaloa | 22 | 31.5 ² | 23.1 | 15.9 | 277 |
| Ruiz Cortines, Guasave | Sinaloa | 15 | 33.3 ⁴ | 24.8 | 16.6 | 415 |
| Los Mochis, Ahome | Sinaloa | 14 | 33 ⁴ | 25.5 ³ | 18.3 | 329.2 ⁴ |
| El Nudo, Guasave | Sinaloa | 9 | 32.8 | 24.5 | 16.2 | 460 |

Principales ecosistemas en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

En la Tabla C-1 del apéndice C, se presenta un resumen de los principales ecosistemas encontrados en el territorio del Consejo de Cuenca.

Recursos naturales en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

En la Tabla C-2 del Apéndice C. se presenta un resumen de los principales recursos naturales encontrados en el territorio del Consejo de Cuenca.

Características y uso del suelo en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

En la Tabla C-3 del Apéndice C. se presenta un resumen de las características y usos del suelo en el territorio del Conejo de Cuenca.

Aguas superficiales

La región se subdivide en dos cuencas hidrológicas principales, correspondientes a los Ríos Fuerte y Sinaloa, siendo la más importante por su tamaño la del Río Fuerte, con una superficie de 34,562 km²seguido por el Río Sinaloa con una superficie de 12,902.4 km², ver Figura K-2.

En la Tabla K-6 se presenta un resumen de las características de las principales cuencas hidrológicas.

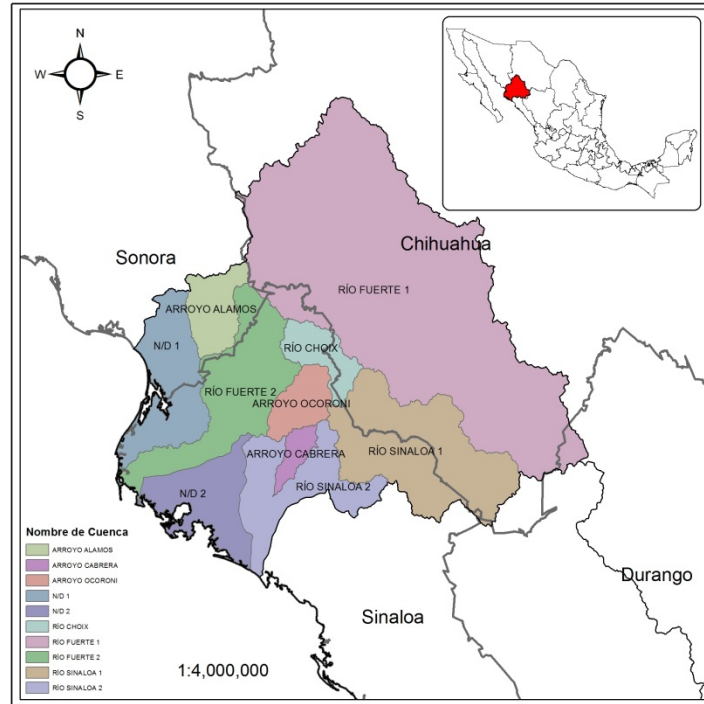


Figura K. 4 Zona hidrológica de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Tabla K. 6 Características de las principales cuencas del Consejo.

| Cuenca | Volumen medio anual de escurrimiento natural (Mm ³) | Disponibilidad (Mm ³) | Clasificación |
|--------------------|---|-----------------------------------|----------------|
| Río Fuerte | 5024.44 | 409.68 | Disponibilidad |
| Río Sinaloa | 2099.55 | 928.86 | Disponibilidad |
| Total | 7123.99 | 1338.54 | |

Río Fuerte

La porción de la región hidrológica que comprende el Río Fuerte es la más importante, tanto por su extensión, como por los escurrimientos que en ella se generan y las obras hidráulicas que se han realizado. El Río Fuerte tiene una longitud de 540 km, presenta un orden máximo de 6 y un tipo de drenaje angulado. La cuenca es exorreica con una altura máxima de 3,198 metros sobre el nivel del mar (CONAGUA, 2010a).

Esta porción de región hidrológica se localiza en los estados de Chihuahua, Durango, Sinaloa y Sonora; y está constituida por la corriente principal del mismo nombre y tiene un desarrollo a lo largo del colector general hasta la desembocadura al Golfo de California de 540 km. Tiene su origen en un punto situado en el estado de Durango, que es común a los parteaguas de los Ríos Nazas y Culiacán.

La referida porción de región hidrológica abarca una superficie total de 34 562 km², y tiene como límites las siguientes cuencas hidrológicas: al Norte con las cuencas hidrológicas de los Ríos Conchos y Mayo, al Sur con la cuenca hidrológica del Río Sinaloa y el Golfo de California, al Este con la cuenca hidrológica del Río Conchos y al Oeste con la cuenca hidrológica del Río Mayo.

La subregión hidrológica Río Fuerte abarca las cuencas hidrológicas: Río Fuerte 1, Río Choix, Arroyo Álamos y Río Fuerte 2 que se describen a continuación.

La cuenca del Río Fuerte 1 tiene una superficie de 26 020 km² y se encuentra delimitada al Norte por las cuencas hidrológicas de los Ríos Conchos y Río Mayo, al Sur por las cuencas hidrológicas de los Ríos Sinaloa y Choix, al Este por la cuenca hidrológica del Río Conchos y Oeste con la cuenca hidrológica del Río Mayo.

El Río Fuerte 1 tiene su origen en un punto situado en el estado de Durango, que es común a los parteaguas de los Ríos Nazas y Culiacán; en dicho lugar, la corriente formadora se inicia con el nombre de Río Verde, el cual, 17.0 km aguas abajo entra al estado de Chihuahua con rumbo general Noroeste. A 30.0 km abajo de la confluencia del Arroyo Tenoriba, dentro del estado de Chihuahua, pierde la denominación de Río Verde para cambiar por la de Río San Miguel. Recibe el nombre de Río Fuerte, aguas abajo de la confluencia de los Ríos Urique y el San Miguel. Sus principales afluentes son los Ríos Chinatú o Tumachic, Los Loera, Batopilas, Urique, Septentrión, Chinipas y Choix. El volumen disponible en la cuenca hidrológica Río Fuerte 1 es de 129.24 Mm³, el cual comprende desde el nacimiento del río citado hasta donde se localiza la Presa Luis Donaldo Colosio Murrieta (DOF, 2010c).

El Río Choix tiene su origen a 1837 m de altitud, en los límites con la cuenca hidrológica del Río San José de Gracia afluente del Río Sinaloa y se desarrolla dentro del estado de Sinaloa; su recorrido general hasta su confluencia con el Río Fuerte es de 98 kilómetros. Sus principales afluentes son los Arroyos Los Llanos y Grande. Tiene una superficie de aportación de 1403 km² y se encuentra delimitada al Norte y al Este con las cuencas hidrológicas Río Fuerte 1 y Río San José de Gracia, al Sur por la cuenca hidrológica del Río San José de Gracia y al Oeste por la cuenca hidrológica Río Fuerte 2. El volumen disponible en la cuenca hidrológica Río Choix es de 9.41 Mm³, el cual comprende desde el nacimiento del Río Choix hasta donde se localiza la estación hidrométrica Choix (DOF, 2010c).

El Arroyo Álamos tiene su origen en los límites del estado de Chihuahua, con el de Sonora, en la Vertiente Sur de la Sierra de Las Chinacas, y escurre con rumbo Sur Suroeste, con el nombre de Arroyo Chuchujaqui, y después de 20 km de recorrido recibe el nombre de Álamos, llamado así por que pasa por la población del mismo nombre en el estado de Sonora; su recorrido general hasta su confluencia con el Río Fuerte es de 160 km. Su principal afluente es el Arroyo Huiricoba. Tiene una superficie de aportación de 1813 km² y se encuentra delimitada al Norte por las cuencas hidrológicas de los Ríos Fuerte 1 y mayo, al Sur y al Este por la cuenca hidrológica del Río Fuerte 2 y al Oeste con la Cuenca Hidrológica del Río Mayo. El volumen disponible en la

cuenca hidrológica Arroyo Álamos es de 3.11 Mm³, el cual comprende desde el nacimiento del Arroyo Alamos hasta donde se localiza la Estación Hidrométrica Cazanate (DOF, 2010c).

El Río Fuerte 2 se desarrolla principalmente en el estado de Sinaloa y una menor parte en el estado de Sonora, su corriente principal es el Río Fuerte. Sus principales afluentes son los Arroyos Baroten y Sivajahui. Tiene una superficie de aportación de 5326 km² y se encuentra delimitada al Norte por la cuenca hidrológica Río Fuerte 1, al Sur por la cuenca hidrológica del Río Sinaloa y el Golfo de California, al Este por la cuenca hidrológica del Arroyo Ocoroni y grupo de corrientes de la región hidrológica número 10 Sinaloa y al Oeste con la cuenca hidrológica del Arroyo Álamos y grupo de corrientes de la misma región hidrológica número 10 Sinaloa. El volumen disponible en la cuenca hidrológica Río Fuerte 2 es de 267.92 Mm³, el cual comprende desde la Presa Huites, y las Estaciones Hidrométricas Choix y Cazanate, hasta su desembocadura al Golfo de California (DOF, 2010c).

Río Sinaloa

La porción de la región Hidrológica que comprende el Río Sinaloa pertenece a la región hidrológica número 10 Sinaloa, misma que se encuentra localizada en el Norte Oeste del país, en parte de los estados de Chihuahua y Sinaloa. El Río Sinaloa tiene una longitud de 400 km, presenta un orden máximo de 5 y un tipo de drenaje angulado. La Cuenca es exorreica con una altura máxima de 3267 metros sobre el nivel del mar.

El Río Sinaloa está limitado al Norte y al Oeste con la cuenca hidrológica del Río Fuerte, al Sur con las cuencas hidrológicas Río Culiacán y Río Mocorito y el Golfo de California y al Este con la cuenca hidrológica Río Culiacán. La superficie que ocupa comprende un área de 12 902.4 km².

La subregión hidrológica Río Sinaloa de la región hidrológica Número 10 Sinaloa abarca las cuencas hidrológicas: Río Sinaloa 1, Arroyo Ocoroni, Arroyo Cabrera y Río Sinaloa 2 que se describen a continuación.

El Río Sinaloa 1 tiene una superficie de aportación de 7,443.4 km² y se ubica en la parte Norte Oeste del país, que se encuentra delimitada al Norte, por la cuenca hidrológica del Río Fuerte, al Este y al Sur por la cuenca hidrológica del Río Culiacán, así como por la cuenca Río Sinaloa 2 y al Oeste por las cuencas hidrológicas Arroyo Ocoroni y Río Sinaloa 2. El volumen disponible en la cuenca hidrológica Río Sinaloa 1 es de 340.83 Mm³, el cual comprende desde el nacimiento del Río Sinaloa hasta donde se localiza la presa Gustavo Díaz Ordaz (DOF, 2010b).

La cuenca hidrológica Arroyo Ocoroni tiene una superficie de aportación de 1429.5 km², y se ubica en la parte Norte Oeste del país, que se encuentra delimitada al Norte y al Oeste por la cuenca hidrológica del Río Fuerte, al Sur por las cuencas hidrológicas Arroyo Cabrera y Río Sinaloa 2 y al Este por las cuencas hidrológicas de los Río Fuerte y Río Sinaloa 1. El volumen disponible en la cuenca hidrológica Arroyo Ocoroni es de 38.26

Mm³, el cuál comprende desde el nacimiento del Arroyo Ocoroni hasta donde se localiza la presa Guillermo Blake Aguilar (DOF, 2010b).

La cuenca hidrológica Arroyo Cabrera, tiene una superficie de aportación de 633.9 km², y se ubica en la parte Norte Oeste del país, que se encuentra delimitada al Norte por la cuenca hidrológica Arroyo Ocoroni, al Sur, Este y Oeste por la cuenca hidrológica Río Sinaloa 2. El volumen disponible en la cuenca hidrológica Arroyo Cabrera es de 21.37 Mm³, el cual comprende desde el nacimiento del Arroyo Cabrera hasta donde se localiza la estación hidrométrica Zopilote (DOF, 2010b).

El Río Sinaloa 2, tiene una superficie de aportación de 3395.6 km², y se ubica en la parte Norte Oeste del país, que se encuentra delimitada al Norte por la cuenca hidrológica Arroyo Ocoroni, al Sur por la cuenca hidrológica Río Mocorito y la cuenca hidrológica Arroyo San Rafael, al Este por la cuenca hidrológica Río Sinaloa 1 y la cuenca hidrológica Río Culiacán y al Oeste por la cuenca hidrológica Río Fuerte y el Golfo de California. El volumen disponible en la cuenca hidrológica Río Sinaloa 2 es de 528.40 Mm³, el cual comprende desde las Presas Gustavo Díaz Ordaz y Guillermo Blake Aguilar y la estación hidrométrica Zopilote, hasta su desembocadura al Golfo de California (DOF, 2010b).

Aguas subterráneas

Se definen tres acuíferos en esta cuenca; el acuífero Río Fuerte, el acuífero Río Sinaloa y el acuífero El Carrizo. Según los estudios publicados en el DOF, la extracción de agua subterránea en la zona es del orden de 467.70 Mm³ por año, véase Tabla K-7.

Tabla K. 7 Acuíferos en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa. (DOF, 2013).

| Acuífero | Subregión Hidrológica | Recarga Hm ³ /Año | Extracción Hm ³ /Año | Disponibilidad Mm ³ | Condición Geohidrológica |
|--------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Río Fuerte | Río Fuerte | 372.30 | 215.30 | 140.50 | Subexplotado |
| Río Sinaloa | Río Sinaloa | 448.60 | 252.40 | 105.24 | Subexplotado |
| El Carrizo | Río Fuerte | 160.00 | 0 | 24.0 | Subexplotado |
| Total | | 980.90 | 467.70 | 269.74 | |

Los acuíferos se encuentran en zona de veda de control, decretada para el Río Fuerte y la margen derecha del Río Sinaloa (véase Figura K-3).

La disponibilidad de agua superficial ha disminuido por efectos de sequías recurrentes, así como por el aumento considerable de las demandas, dando lugar a que el agua subterránea se convierta en uno de los principales recursos para el desarrollo de esa región, lo que ha provocado que se intensifique su extracción. El aumento de la demanda se ha tenido que satisfacer, incrementando el número de obras subterráneas, sin tener una contabilidad adecuada de ellas, por lo que es necesario actualizar el inventario de dichas obras, para conocer sus volúmenes de extracción y su distribución, clasificando y estimando estos volúmenes por usos, para estar en posibilidades de aplicar criterios apropiados para la administración del agua del subsuelo. Es importante señalar que los principales usuarios de aguas subterráneas, son los módulos de riego, estimando que los propietarios de pozos particulares de uso agrícola, así como para el servicio público urbano de los principales centros de población, tienen asignado el resto del volumen concesionado en este acuífero, aunque existen otros aprovechamientos para diversos usos, que se encuentran irregulares y en proceso de trámite para su concesión correspondiente. Es importante señalar que los principales usuarios de aguas subterráneas, lo constituyen los módulos de riego, que cuentan con un volumen concesionado de 67 107 000 m³ cúbicos/año en la margen derecha del Río Sinaloa, dentro del área que ocupa el D.R. 075, mientras que en esta misma margen y la izquierda, que forma parte de la jurisdicción del D.R. 063, cuentan con un volumen de 93 800 000 m³/año; estimando que los propietarios de pozos particulares de uso agrícola, así como para el servicio público urbano de los principales centros de población, tienen asignado el resto del volumen concesionado en este acuífero, aunque existen otros aprovechamientos de diversos usos, que se encuentran irregulares y en proceso de trámite para su concesión correspondiente (SPIC, 2010).

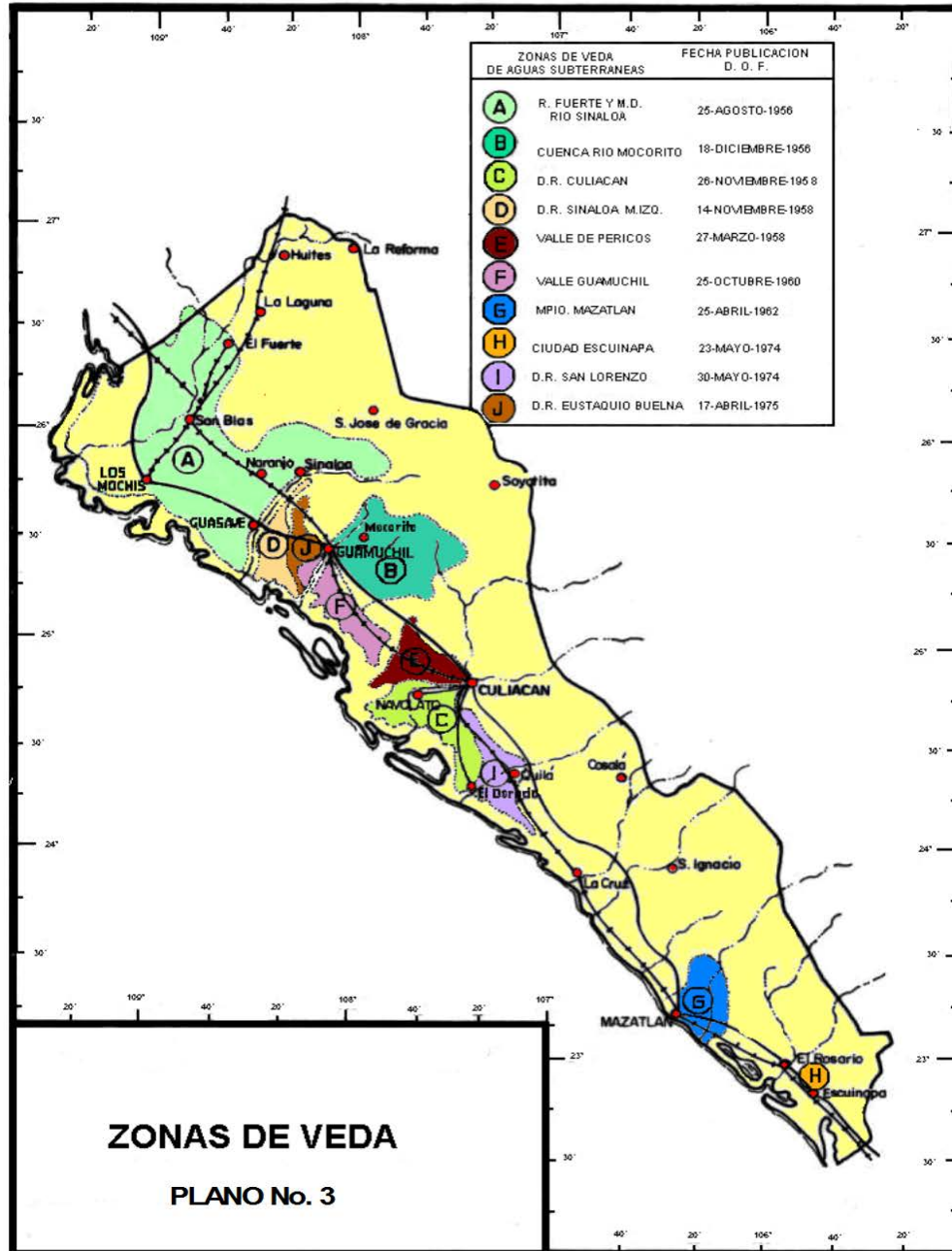


Figura K. 5 Zonas de vedas de aguas subterráneas en el estado de Sinaloa.

Acuífero Río Fuerte

El Acuífero Río Fuerte incluye varios municipios. Entre ellos se encuentran, en forma total, Ahome y El Fuerte; en casi toda su extensión, se encuentra Choix; y en menor proporción, se encuentran Guasave y Sinaloa. El Acuífero Río Fuerte se localiza dentro del área que se determinó para la unidad hidrogeológica del Río Fuerte la cual se encuentra localizada en la porción Norte del Estado de Sinaloa, a una distancia de 220 km de la ciudad de Culiacán, ocupando la mayor parte de la zona de explotación la planicie costera, estimando que la zona dentro de la unidad geohidrológica, cuenta con una extensión aproximada de 4298 km².

De acuerdo con las condiciones geohidrológicas existentes dentro de la zona, se considera al Río Fuerte como un acuífero libre, que se localiza dentro de una cuenca hidrológica abierta, donde se puede apreciar que la circulación del agua en el subsuelo tiene lugar de la sierra madre occidental, que comprende la zona de recarga, hacia el Golfo de California, con una dirección principal perpendicular a la línea de costa. Los mecanismos de la recarga y descarga del acuífero están controlados principalmente por el funcionamiento del Río Fuerte, el cual, drena al acuífero a lo largo del trayecto desde la Estación Hidrométrica "Las Cañas" hasta la desembocadura (SPIC, 2010a).

Acuífero Río Sinaloa

El acuífero Río Sinaloa incluye varios municipios. Entre ellos se encuentran, en forma total, Guasave y Sinaloa; en casi toda su extensión; y en menor proporción, se encuentran Angostura, Salvador Alvarado y El Fuerte. El Acuífero Río Sinaloa se localiza dentro del área que se determinó para la unidad hidrogeológica del Río Sinaloa; la cual se encuentra localizada en la porción Norte del estado de Sinaloa, a una distancia de 145 km de la ciudad de Culiacán, ocupando la mayor parte de la zona de explotación la planicie costera, estimando que la zona dentro de la unidad geohidrológica, cuenta con una extensión aproximada de 4192.01 km² (SPIC, 2010b).

De acuerdo con las condiciones geohidrológicas existentes dentro de la zona, se considera al Río Sinaloa como un acuífero libre, que se localiza dentro de una cuenca hidrológica abierta, donde se puede apreciar que la circulación del agua en el subsuelo tiene lugar de la sierra madre occidental, que comprende la zona de recarga, hacia el Golfo de California, con una dirección principal perpendicular a la línea de costa. La recarga natural del acuífero es generada por los flancos de la sierra madre occidental, en la parte alta de la planicie y por la infiltración de los escurrimientos superficiales.

Otra fuente de recarga, no natural, la constituye la infiltración producida por la presa Bacurato, la red de canales hidroagrícola y los retornos de riego. En cuanto a las descargas, estas se realizan a través del flujo subterráneo que escapa hacia el mar, así como caudal base que el almacenamiento subterráneo aporta al Río Sinaloa en la parte baja del valle y la evapotranspiración de aguas freáticas en las áreas próximas a esa corriente. Estas descargas, forman la descarga natural del acuífero, mientras que las no naturales están constituidas por los drenes del distrito de riego y el bombeo de pozos (SPIC, 2010b).

Acuífero El Carrizo

El acuífero El Carrizo abarca parcialmente los municipios de Ahome y El Fuerte. En esta zona del valle del Carrizo no existen ríos ni arroyos importantes que lo crucen, la cuenca donde se encuentra este valle es drenada través de corrientes de tipo dendrítico cuya cuantía durante el estiaje es prácticamente nula. En su desembocadura y junto a la línea costera, a lo largo de la unidad acuífera, existen lagunas de agua salada y

marismas comunicadas con el Océano Pacífico por medio de esteros (estuarios), en la “Bolsa de Tosalibampo” (DOF, 2009).

El acuífero es de tipo libre y está contenido en materiales aluviales constituidos principalmente de arcillas, gravas y arenas de origen aluvio-fluvial, que presentan cambios importantes en su granulometría tanto en sentido vertical y horizontal, típicos de ambientes de depósitos deltáicos, lacustres y depósitos mixtos de tipo continental y palustres, marinos y eólicos. Hacia la línea costera se localizan depósitos evaporíticos asociados a antiguas lagunas cerradas y pantanos. Ocasionalmente el acuífero presenta condiciones locales de semiconfinamiento (DOF, 2009).

El espesor de estos depósitos se desconoce, pero es posible que alcance los 400 m reconocidos en los acuíferos vecinos al Norte Fuerte-Mayo y Valle del Mayo, en el Estado de Sonora. Actualmente la extracción de agua subterránea en el valle es prácticamente nula y la principal limitante para el aprovechamiento de las aguas subterráneas someras es su calidad química debido a la concentración de sales en la mayor parte del acuífero, excepto en su porción alta (DOF, 2009).

La recarga que recibe el acuífero El Carrizo proviene principalmente de los retornos de riego agrícola, de la infiltración vertical de la lluvia y de los escurrimientos superficiales que se producen durante la temporada de lluvias. En cuanto a la descarga, podemos mencionar que se produce principalmente por la evapotranspiración en las zonas de niveles freáticos someros y por flujo horizontal. El bombeo es incipiente y ocurre hacia las estribaciones de la sierra (DOF, 2009).

Humedales

Los humedales son ambientes de transición entre los ecosistemas terrestres y los acuáticos, incluyendo a los ambientes costeros, con una biodiversidad propia y valiosa que debe conservarse; muchos de ellos son ecosistemas muy productivos, que funcionan como verdaderos criaderos de especies de peces, moluscos y crustáceos de importancia económica. Son también ecosistemas y conjuntos de ecosistemas que debido a su ubicación geográfica en las cuencas y las costas desempeñan papeles de enorme importancia para la conservación y regulación de los ciclos hidrológicos locales al absorber una buena parte del exceso del agua producto de las tormentas y aguaceros, permitir la recarga de los acuíferos, y descargar agua al subsuelo para el mantenimiento del manto freático y la permanencia de fuentes de agua en tiempos de sequía (CONANP, 2013).

Los humedales en esta cuenca se describen a continuación y se muestra su ubicación en la Figura K-4.

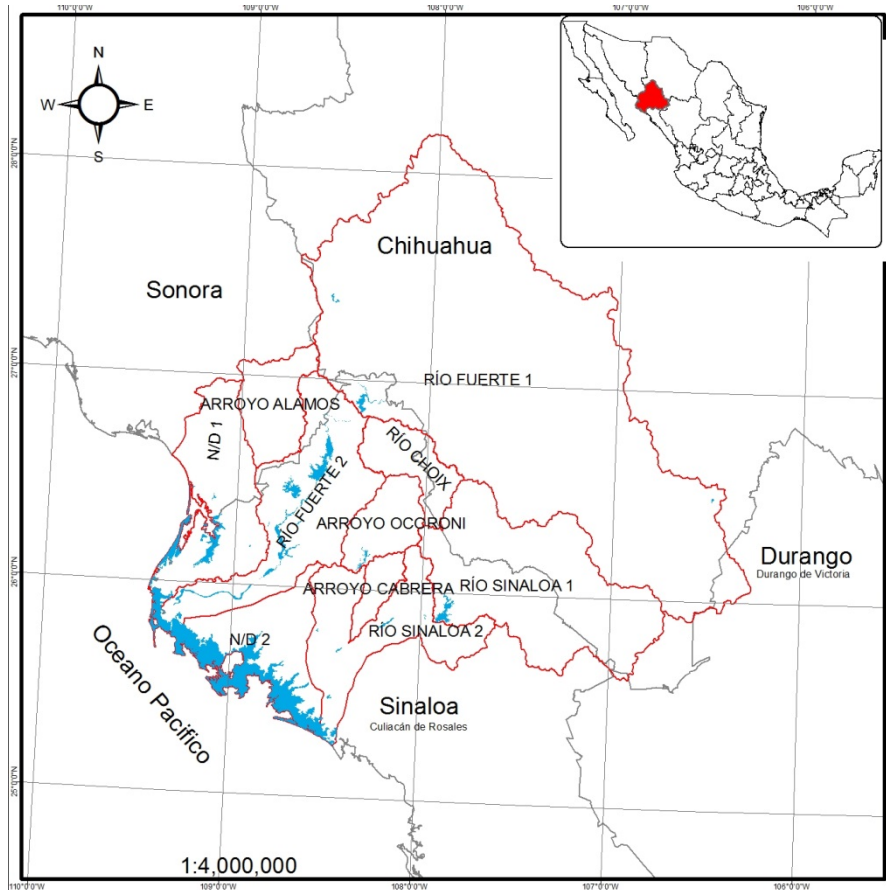


Figura K. 6 Humedales en las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Sistema Lagunar - Estuario Agiabampo - Bacorehuis - Río Fuerte Antiguo

Ubicado en la zona costera al Sur del Estado de Sonora y al Norte del Estado de Sinaloa, con comunicación directa con el golfo de California. El Sistema Lagunar costero Agiabampo – Bacorehuis – Río Fuerte Antiguo comprende cinco cuerpos de agua, el de mayor superficie es el Sistema Agiabampo –Bacorehuis, que a su vez se compone de tres cuerpos de agua principales conectados entre sí, que comparten una sola boca conectada al Golfo de California: la Bahía de Agiabampo dirigida hacia el Norte que culmina con el Estero de Bamocha, la Bahía de El Jitzámuri orientada al Suroeste, y la Bahía de Bacorehuis orientado hacia el Sureste culminando en el Estero de Capoa; y los Esteros Las Lajas, La Chicura Viva, San Juan y Río Fuerte Antiguo.

En los cuerpos de agua que componen el sitio, destaca el hecho de no presentar aportes de agua dulce naturales importantes, excepto los que recibe de los drenes del Distrito de Riego Valle del Carrizo, Fuerte - Mayo y del Valle del Fuerte. La profundidad promedio de la laguna de Agiabampo – Bacorehuis es de 2.11 m, con variaciones entre los 9.0 y 0.40 m. Por su parte en el Estero Las Lajas la profundidad media es de 3.0 m, en el Estero La Chicura viva es de 2.10 m, en el Estero de San Juan de 3.0 m y en el Estero Río Fuerte Antiguo es de 2.7 m. La temperatura media del agua es de 25.1°C, con oscilaciones desde 13.4 hasta 31.8°C y salinidad media de

35.2% con variaciones desde 18.8 hasta 51.2%. Las riberas de la laguna y los Esteros se encuentran circundados con la presencia de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y Botoncillo (*Conocarpus erectus*), (Romero et al; 2002). Se aprecian 5 islas: Balnahua y Basocari al noroeste de la laguna; Músicos hacia el suroeste, frente a Punta Partida; Bocanita al noreste, frente a la Bolsa de Bamocha, y Pasiotecola hacia el sureste del poblado de Agiabampo. (Castañeda, 1994).

El clima de la región es del tipo BW (h') w (e), (García, 1973). Es un clima cálido muy seco, con una temperatura media anual de 22°C, y una precipitación media anual de 300 mm. (Secretaría de Marina, 1999). Según Lankford, 1977 se clasifica como Tipo II-A (sedimentación terrígena diferencial) y con base en la clasificación de Kjerfve (1994), como lagunas estranguladas (CHK). Las actividades económicas que se practican en el área de influencia del Sistema Lagunar Agiabampo – Bacorehuis – Río Fuerte Antiguo son: la agricultura, pesca, acuacultura, y turismo. Ecológicamente el sitio se encuentra ubicado en el corredor migratorio de diversas aves proporcionando protección y alimento en su paso, además es zona de refugio, alimentación, protección y crecimiento de especies marinas como crustáceos, peces, moluscos y mamíferos marinos (CONANP, 2013).

Sistema Lagunar San Ignacio – Navachiste – Macapule

El Sistema Lagunar se encuentra a 40 km al Sur de la ciudad de Guasave, Sinaloa. Según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), es una de las Regiones Hidrológicas Prioritarias del País. Por su origen, la denominada Bahía San Ignacio es una depresión deltaica con una barra de sedimentación terrígena diferencial y la de Navachiste como una depresión inundada en la margen interna del bordo continental, protegida por una barra arenosa (Lankford, 1977).

Es el hábitat de 21 especies en riesgo, y de una importante diversidad de especies de flora y fauna. A pesar de que no existe un estudio completo, los primeros resultados reportan: 99 especies de moluscos, 43 de aves, 14 de reptiles, 22 de crustáceos, 9 de mamíferos y alrededor de 140 especies de peces. De estas especies sobresalen por su valor comercial: los camarones azul *Litopenaeus stylirostris*, blanco *L. vanamei*, café *Farfantepenaeus californiensis* y cristal *F. brevirostris*; además de especies carismáticas como el delfín nariz de botella *Tursiops truncatus*, el lobo marino *Zalophus californianus* y tres especies de tortugas (*Chelonia agassizii*, *Eretmochelys imbricata* y *Lepidochelys olivacea*). Es un área de Importancia para la Conservación de las Aves con la categoría G-4-C. Con relación a la flora también es muy diversa. Se han registrado 87 especies de plantas terrestres y halófitas, representadas principalmente por bosque de manglar, plantas halófitas, matorrales sarcocauléscentes; así como 32 especies de macroalgas (CONANP, 2013).

Lagunas de Santa María- Topolobampo-Ohuira

El Sistema Lagunar Topolobampo-Ohuira-Santa María está compuesto por tres cuerpos costeros localizados en el Noroeste del Estado de Sinaloa. La Bahía de Santa María, conocida también como Bahía Lechuguilla o Estero

San Esteban (Gilmartin y Revelante, 1978), es una laguna costera típica que se extiende en forma paralela a la costa en dirección noroeste, y se encuentra separada de la Bahía de Topolobampo por un canal de 800 metros de ancho. Este Sistema tiene 15 kilómetros de largo y 2 a 3 kilómetros de ancho y cuenta con un área de aproximadamente 40 kilómetros cuadrados (Escobedo-Urías, 1997). La Bahía de Topolobampo es uno de los puertos naturales más importantes del Pacífico mexicano y posee un área de aproximadamente 60 kilómetros cuadrados. Se encuentra separada del Golfo de California por las barras de arena de la Isla Santa María en el noroeste y Punta Copas en el Sureste. Estas tienen un promedio de 2 kilómetros de ancho y están en partes cubiertas por dunas de arena. La boca de la Bahía de Topolobampo tiene 3 kilómetros de ancho y se encuentra localizada entre la Isla de Santa María y Punta Copas, está separada de la Bahía de Ohuira por un canal de 700 metros de ancho a la altura del Puerto de Topolobampo. La Bahía de Ohuira con 125 kilómetros cuadrados de área era la Cuenca de un antiguo canal del Río Fuerte que se prolongaba por la Bahía de Topolobampo y desembocaba en este puerto. Es un área de bajos que en época lluviosa presenta una zona profunda de localización variable dependiendo de las mareas y arrastre de sedimentos y cuenta con un ramal que la conecta a la Bahía de Navachiste. En total, el Sistema cuenta con 8 islas: 6 en la Bahía de Ohuira: Patos, Bledos, Bleditos, Tunosa, Mazocahui I. y Mazocahui II, 1 en Topolobampo: Isla Baviri (Maviri) y 1 en la Bahía Santa María: Isla Santa María (CONANP, 2013).

Infraestructura hídrica

La infraestructura hídrica se compone por: presas, estaciones hidroeléctricas, infraestructura de los Distritos de Riego e infraestructura para la provisión de servicios de agua potable y alcantarillado.

Presas

Las presas son de suma importancia en esta cuenca debido a que son la fuente principal de abastecimiento para todos los usos y cuentan una capacidad total de 8,503 milímetros cúbicos (ver Tabla K-8).

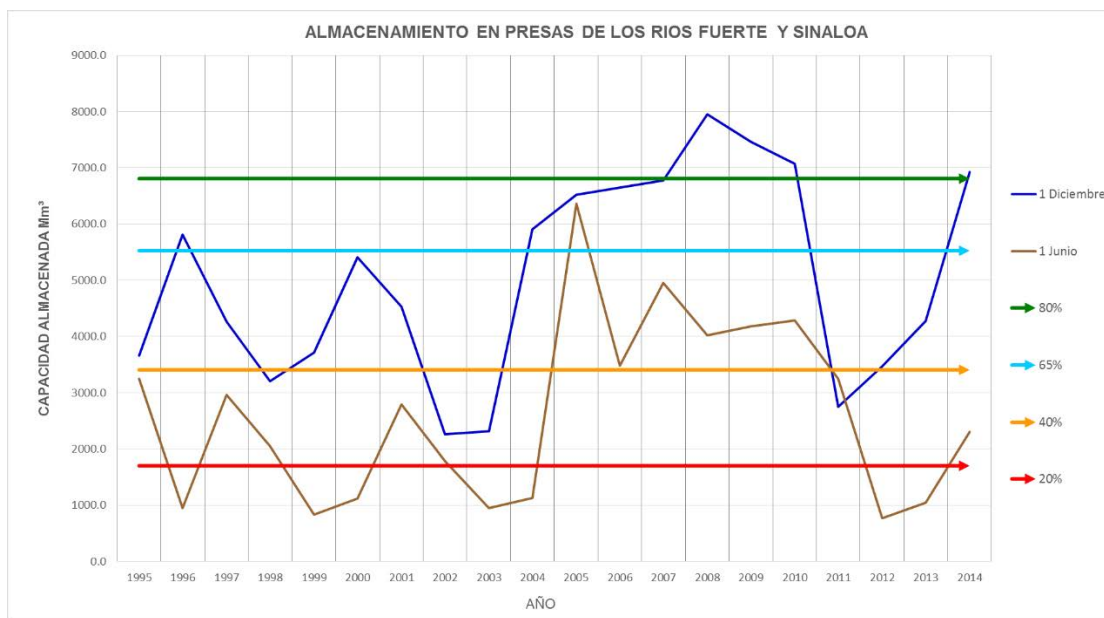
Tabla K. 8 Presas en la cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| Nombre Oficial | Nombre Común | Capacidad al NAMO (hm ³) | Año de terminación | Usos | Quien Opera | Corriente en la que se ubica la Presa |
|----------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------------|------|-------------|---------------------------------------|
| Miguel Hidalgo y Costilla | El Mahone | 2,921.4 | 1956 | G, I | D.R. # 075 | Río Fuerte |
| Luis Donald Colosio | Huites | 2,908.1 | 1995 | G, I | CNA | Río Fuerte |
| Gustavo Díaz Ordaz | Bacurato | 1,859.8 | 1981 | G, I | D.R. # 063 | Río Sinaloa |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|----------------|------|------|--------|--------------------|
| Josefa Ortiz de Domínguez | El Sabino | 595.3 | 1967 | I | D.R. # | Río Álamos 076 |
| Ing. Guillermo Blake Aguilar | El Sabinal | 300.6 | 1985 | C. I | D.R. # | Arroyo Ocoroni 063 |
| Total | | 8,585.2 | | | | |

NOTA: Abreviaturas= G: Generación de energía eléctrica, I: Irrigación, C: Control de avenidas. Fuente: CONAGUA, 2010a.

El volumen de almacenamiento en las presas del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa de 1995 a 2014, al 1 de junio y 1 de diciembre de cada año, muestran una gran variabilidad debido a factores climatológicos normales tales como la precipitación, la evaporación, la evapotranspiración y eventos extremos como la sequía y las heladas y la demanda para uso agrícola. El volumen máximo de almacenamiento de 7954.6 hm³ se registró en el 1 de diciembre de 2008 mientras que el volumen mínimo de 766.4 hm³ se registró en el 1 de junio de 2012, véase Gráfica K-1.



Gráfica K. 1 Almacenamiento en las Presas de la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa de 1995-2014.

Generación hidroeléctrica

Existen tres plantas hidroeléctricas para la generación de energía aprovechando el volumen de agua almacenado en las Presas y por lo tanto no presentan un uso consuntivo del agua debido a que CONAGUA distribuye el agua con que se genera electricidad en las plantas hidroeléctrica conjuntamente con los programas de cultivos con el fin de aprovechar el mismo volumen para los dos usos (ver Tabla K-9). Estas plantas son susceptibles a la sequía hidráulica debido a que cesan de operar cuando el nivel de las Presas es menor al 20% del volumen

almacenado, por lo que se requiere la generación de energía con fuentes alternativas posiblemente más costosas y de mayor impacto ambiental.

Tabla K. 9 Plantas Hidroeléctricas en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| Nombre de la central | Cantidad de unidades | Fecha de entrada en operación | Capacidad efectiva instalada (MW) | Ubicación |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| Bacurato | 2 | 16 de julio de 1987 | 92 | Presa Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa de Leyva, Sinaloa |
| Luis Donaldo Colosio (Huites) | 2 | 15 de septiembre de 1996 | 422 | Presa Luis Donaldo Colosio, Choix, Sinaloa |
| 27 de septiembre (El Fuerte) | 3 | 27 de agosto de 1960 | 59 | Presa Miguel Hidalgo y Costilla, El Fuerte, Sinaloa |
| Total | | | 573 | |

Fuente: CFE, 2013.

Infraestructura de los Distritos de Riego

Los tres distritos de riego en la cuenca cuentan con la infraestructura esencial para la gestión del agua para el riego, entre las que destacan:

- Distrito de Riego No. 76 Valle del Carrizo, depende de la Presa Josefa Ortiz de Domínguez: 782 kilómetros. de red de distribución, 619 kilómetros. de red de drenaje y 9 diques;
- Distrito de Riego No. 75 Río Fuerte depende de la Presa Miguel Hidalgo y Costilla con apoyo de la Presa Luis Donaldo Colosio: 4 plantas de bombeo, 74 pozos profundos, 2,322 kilómetros. de red de distribución, 2722 kilómetros. de red de drenaje, 2 Presas derivadoras y 12 diques; y
- Distrito de Riego No. 63 Guasave, depende de las Presas Gustavo Díaz Ordaz y Guillermo Blake Aguilar: 20 plantas de bombeo, 128 pozos profundos, 1217 kilómetros. de red de distribución, 911 kilómetros. de red de drenaje, 2 Presas derivadoras y 4 diques.

Además para apoyar su funcionamiento los distritos de riego cuentan con una red de caminos, estructuras, casetas y edificios (CONAGUA, 2013c).

Servicios de agua potable y alcantarillado

El promedio estatal de la población con servicio de agua potable a diciembre de 2011 en el estado de Chihuahua es el 96.1%, en Sonora el 96.6 %, mientras que en Sinaloa es el 95.5% (CONAGUA, 2012a).

A nivel estatal la dotación de agua anual promedio en Chihuahua es 332 litros/habitante/día, en Sonora es 426 litros/habitante/día y en Sinaloa la dotación es 314 litros/habitante/día, todos más altas que el promedio nacional de 252 litros/habitante/día, además muy por encima de la dotación de 200 litros/habitante/día que se puede lograr aplicando estrategias para la gestión integral del recurso hídrico (CONAGUA, 2012a).

A nivel de entidad federativa la cobertura de alcantarillado es más alto que el promedio nacional del 90.2%, pero inferior a la máxima cobertura del 99.2% en el Distrito Federal y el 98% en Colima. El promedio estatal de la población con servicio de alcantarillado a diciembre de 2011 en el estado de Chihuahua es el 92.3%, en Sonora el 90% mientras que en Sinaloa es el 92.9% (CONAGUA, 2012a).

La cobertura de agua suministrada y desinfectada en Chihuahua es el 100%, en Sonora el 97.8% y en Sinaloa el 98.1% (CONAGUA, 2012a).

En Chihuahua el 74.2% de las aguas residuales son tratadas, en Sonora solo el 35.9% y en Sinaloa el 76.6 % de las aguas residuales reciben tratamiento. La falta de cobertura de tratamiento de las aguas residuales presenta un riesgo a la salud pública y al ambiente aguas abajo y puede contribuir a la disminución de la disponibilidad del recurso hídrico (CONAGUA, 2012a).

Caracterización demográfica

La cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa representa el 2.86% del país pero en ella se asienta solo el 0.99% de la población; mientras que la densidad poblacional es 19.94 habitantes por kilómetros cuadrados, comparado con el promedio nacional de 57.34 habitantes por kilómetros cuadrados. Estos datos demuestran que la cuenca está relativamente despoblada probablemente debido a que gran parte de la cuenca está ubicada en la Sierra Madre Oriental. El grado de urbanización en la cuenca es relativamente bajo, en Chihuahua el 84% de la población vive en núcleos de menos de 5,000 habitantes, en Sonora esta cifra es 41.6% y en Sinaloa el 47.2% de la población vive en localidades con menos de 5000 habitantes (CONAPO, 2013a).

En la cuenca del Río Fuerte el 57.82 % de agua en la cuenca es capturada en territorios indígenas de los Rarámuris y Tepehuánes; los Tepehuanes también se encuentran en el parteaguas de la cuenca del Río Sinaloa,

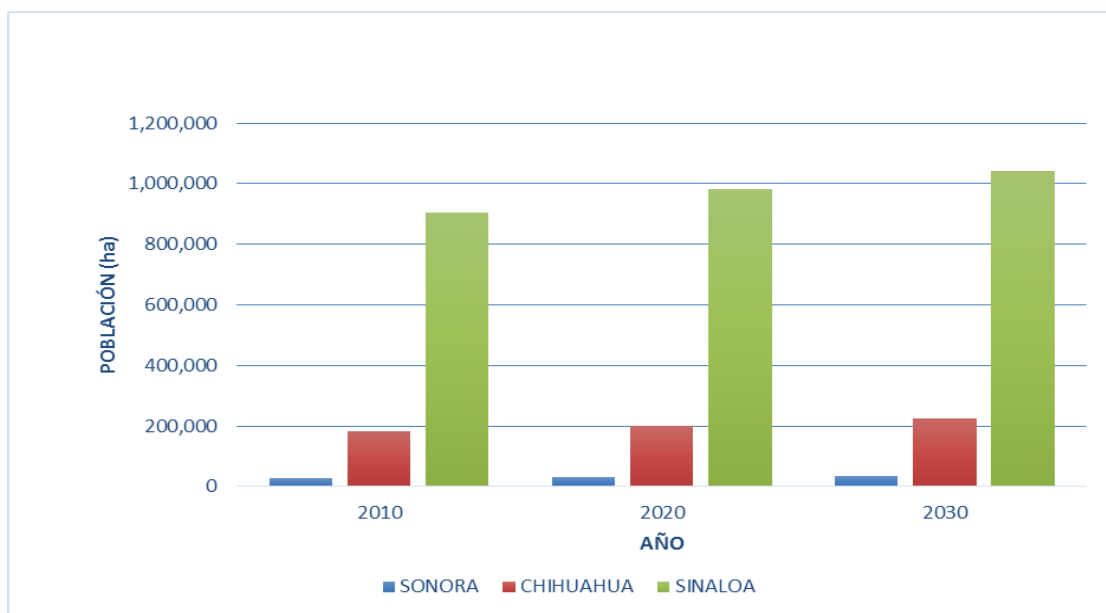
por lo tanto será de suma importancia incluir a los pueblos indígenas en la gestión de los recursos hídricos de la Cuenca (Paré, L., Robinson, D., y González, M.A., 2008).

Población

Según cálculos con base a las estadísticas de CONAPO (2013a), la población en la cuenca en 2013 es de 1 146 916 habitantes correspondiendo el 17.17% a Chihuahua en la parte alta, y el 2.68% a Sonora y el 80.14% a Sinaloa en la parte media-baja. El pronóstico de crecimiento poblacional muestra un leve aumento del 16.5% para el periodo 2010-2030 cuando se realizará una población total de 1 301 330 habitantes (ver Tabla K-10 y Gráfica K-2.).

Tabla K. 10 Distribución de la Población por estado en las Cuencas del Consejo 2010-2030.

| Estado | 2010 | 2013 | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | % de la población |
|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Sonora | 28 745 | 29 594 | 30 174 | 31 674 | 33 248 | 34 901 | 2.68% |
| Chihuahua | 182 283 | 186 946 | 190 746 | 201 207 | 212 412 | 223 483 | 17.17% |
| Sinaloa | 905 738 | 930 376 | 946 056 | 982 523 | 1 014 938 | 1 042 946 | 80.14% |
| Total | 1 116 766 | 1 146 916 | 1 166 976 | 1 215 404 | 1 260 598 | 1 301 330 | 100.00% |



Gráfica K. 2 Distribución de la Población en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa 2010-2030.

Los centros de desarrollo más importantes desde el punto de vista económico y demográfico son las localidades de Los Mochis, tiene una población de 256 613 habitantes; Guasave, con una población de 71 196 habitantes; Gabriel Leyva Solano (Benito Juárez), municipio de Guasave, con una población de 24 914 habitantes; Juan José Ríos, municipio de Guasave, que cuenta con una población de 23 553 habitantes; y El Fuerte, con una

población de 12 566 habitantes, todos ellos ubicados en la cuenca baja en Sinaloa. La población en estas localidades urbanas es equivalente al 34.8% de la población total de las cuencas. (CONAPO, 2013a).

Índices de marginación

El objetivo primordial de los índices de marginación es coadyuvar al buen funcionamiento de políticas y programas orientados a reducir las brechas en el desarrollo regional del país.

El índice de marginación es una medida que permite diferenciar entidades y municipios del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas. El índice de marginación contribuye a identificar las disparidades territoriales que existen entre las entidades federativas y los municipios del país. Así mismo, ha sido utilizado como criterio de las reglas de operación de diversos programas, lo que es un indicativo de su aceptación y uso cada vez más generalizado.

La población que reside en viviendas sin drenaje, sanitario, energía eléctrica, agua entubada y espacio suficiente y adecuado, se enfrenta a una mayor vulnerabilidad que genera algunas privaciones cruciales en la vida de las familias y sus integrantes (CONAPO, 2013b).

Debido a que la población sin cobertura de agua potable y alcantarillado es más vulnerable ante la sequía se han tomado en cuenta los índices de marginación siguientes en el diseño de las medidas de prevención y mitigación:

- Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares sin drenaje ni servicio sanitario. La carencia de este servicio aumenta el riesgo de contraer enfermedades transmisibles, principalmente las gastrointestinales, lo cual supone un problema de salud pública que puede generar peligros a la salud de los habitantes que comparten ese espacio. Además la falta de Sistemas de recolección y tratamiento de las aguas residuales causa contaminación de los cuerpos de agua disminuyendo la cantidad de agua disponible para satisfacer la demanda de la población.
- Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares sin energía eléctrica. La falta de electricidad tiene un alto costo ambiental por el uso de ineficientes fuentes de energía alternas. Este factor también afecta el suministro de agua debido a que muchas comunidades necesitan la electricidad para operar los Sistemas de agua, por ejemplo bombas y plantas de tratamiento, o alternativamente si no disponen de electricidad necesitan equipos motorizados con combustible.
- Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares sin agua entubada. La falta de provisión de este servicio provoca que el vital líquido se utilice en condiciones perjudiciales para la salud, debido a las formas de almacenamiento poco sanitarias, lo que además obliga a invertir tiempo y esfuerzo físico en

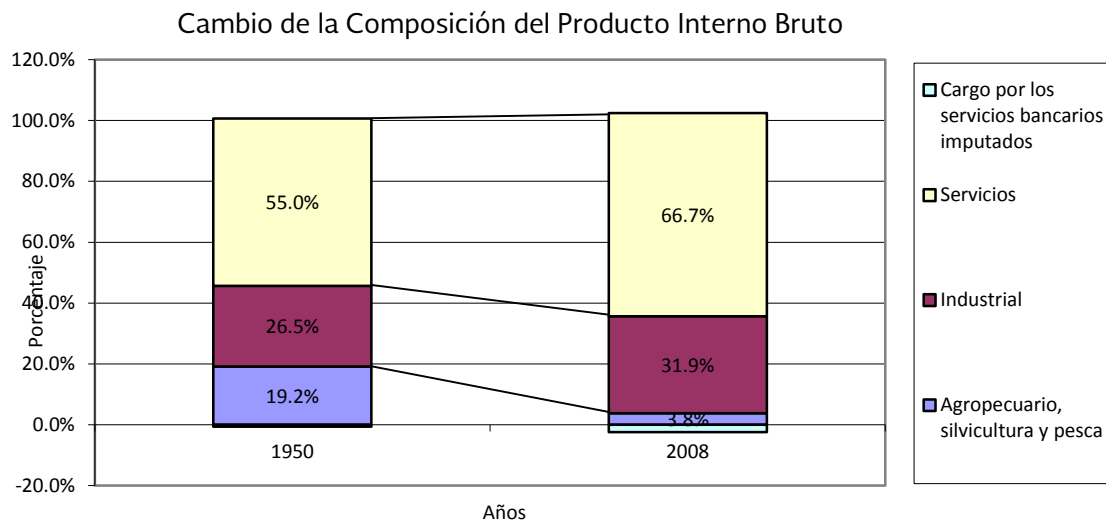
su acarreo, y dificulta el desempeño de las labores domésticas y perjudica el desarrollo socioeconómico.

Los índices de marginación por estado y municipio se presentan en el Tablas D-1, D-2 y D-3 del Apéndice D (CONAPO, 2013b). El análisis de los índices de marginación muestra que todos los municipios en la cuenca alta en Estado de Chihuahua, con excepción de Bocoyna, presentan índices de marginación alto o muy alto. La población total en los municipios con alta o muy alta marginación representa el 20.8% de la población total del territorio del Consejo de Cuenca; el 9.9% de la población viven en viviendas sin drenaje ni excusado; y el 16.2% viven en viviendas sin agua entubada. Todos estos habitantes serán particularmente vulnerables a la sequía por la falta de servicios de agua potable.

Panorama económico

A nivel nacional la Región Hidrológica Administrativa III Pacífico Norte a la cual pertenecen las Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa aporta el 2.72% del PIB Nacional, véase Tabla E-1 del Apéndice E.

La composición del PIB Nacional desde 1950 al 2008 muestra la reducción en la aportación del sector agrícola, no obstante, la agricultura en el territorio del Consejo de Cuenca es de gran importancia pues aporta entre el 6.9% y el 9.9% del PIB estatal, ver Gráfica K-3, comparado con el 3.8% del promedio nacional.



Gráfica K. 3 Cambio de la Composición del Producto Interno Bruto.

Producto Interno Bruto (PIB)

La población del estado de Chihuahua es de 3 406 000 habitantes, representa el 3% de la población nacional y ocupa el undécimo lugar en relación a la población nacional. El Producto Interno Bruto en el 2011 fue 76 035.7

pesos per cápita el cual representa el decimoquinto lugar a nivel nacional. El sector agropecuario en Chihuahua representa el 7.2% del Producto Interno Bruto siendo el cuarto lugar a nivel nacional, mientras que el Producto Interno Bruto de la minería es el 2.1% representando el duodécimo lugar a nivel nacional (INEGI, 2012a).

La población del estado de Sonora es de 2 662 000 habitantes, representando el 2.4% de la población nacional y ocupa el decimoctavo lugar en relación a la población nacional. El Producto Interno Bruto en el 2011 Per Cápita fue 81 017.7 pesos el cual representa el undécimo lugar a nivel nacional. El sector agropecuario en Sonora aporta el 6.9% al Producto Interno Bruto el cual representa el sexto lugar a nivel nacional, mientras que la minería aporta el 12.2% al Producto Interno Bruto representando el cuarto lugar a nivel nacional (INEGI, 2012c).

La población del estado de Sinaloa es de 2 768 000 habitantes, representa el 2.5% de la población nacional y ocupa el decimoquinto lugar en relación a la población nacional.

El Producto Interno Bruto en el 2011 Per Cápita fue 60 955.2 pesos siendo el vigésimo lugar a nivel nacional. El sector agropecuario representa el 9.9% del Producto Interno Bruto representando el quinto lugar a nivel nacional, mientras que el Producto Interno Bruto de la minería es del 1.9% representando el septuagésimo lugar a nivel nacional (INEGI, 2012b).

PIB por municipio.

Existe una gran disparidad en el PIB municipal en las cuencas que coincide con el índice de Marginación y su distribución desde la cuenca alta hacia la cuenca baja; el PIB promedio Per Cápita 2010 en Chihuahua fue de 37 322 pesos en Sonora fue 69 797 pesos mientras que en Sinaloa fue de 47 602 pesos, véase Tabla E-2 del Apéndice E.

Modalidad hídrica de la producción agrícola

Igualmente la modalidad hídrica de la producción agrícola presenta una gran disparidad desde la cuenca alta hacia la cuenca baja. En relación a la superficie sembrada en Chihuahua la poca superficie que se aprovecha para la agricultura es casi toda de temporal, en Sonora se practica más la cosecha de riego, mientras que la agricultura en Sinaloa es altamente tecnificada, véase Tabla F-1 del Apéndice F.

Producción agrícola 2009

La producción agrícola es sumamente baja en los municipios de la cuenca alta en Chihuahua y más notable en los municipios de Sonora y de Sinaloa entre los que destacan los municipios de Ahome y Guasave que en conjunto atribuyen el 58.4% de la superficie sembrada, el 56.8% de la superficie cosechada y el 67.3% del valor de la producción ver Tabla F-2 del Apéndice F (CONAGUA, 2010b).

Distritos de Riego

Los distritos de riego que pertenecen al Consejo de Cuenca son: 063 Guasave con una superficie de 100 125 ha, 075 Río Fuerte con una superficie de 227 518 hectáreas y 076 Valle del Carrizo con una superficie de 74 264 hectáreas. Los Distritos de Riego son de suma importancia por su alta productividad agrícola, además son los mayores consumidores de agua, dependiendo casi en su totalidad del volumen de agua almacenado en las Presas, por lo tanto, son vulnerables a la sequía, Véase datos estadísticos del rendimiento agrícola por distrito de riego en el Apéndice F.

Acuacultura

El camarón en términos de valor, exportación y generación de empleos, es el producto pesquero más importante en México. En el 2008 la Según registros de la FAO, en el 2008 México rebasó las 130 mil toneladas de producción de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*; cuyo valor de producción fue mayor a los 480 millones de dólares americanos. Los principales productores nacionales son los estados de Sonora, Sinaloa, Baja California Sur y Nayarit. Sinaloa es la entidad federativa que cuenta con mayor superficie dedicada al cultivo del crustáceo; en 2007 se utilizaron 40,866 hectáreas de espejo de agua mientras que en Sonora fueron 18 208 y en Nayarit 5088. La producción estatal de camarón de cultivo para 2009 en Sinaloa se situó en 37 097 toneladas, significaron el 80.26% de la producción global de camarón en Sinaloa y el 30% de la producción nacional del crustáceo bajo condiciones controladas. El estado de Sinaloa tiene una capacidad instalada de 29 816.92 hectáreas de espejo de agua, utilizadas para el cultivo de camarón. Según el área de distribución por municipio, Guasave es el que tiene mayor cobertura con 6774.7 hectáreas de espejo de agua lo que significa el 22.7% del total estatal. Sin embargo son los productores del municipio de Ahome contribuyen con la mayor parte de la producción estatal aportando el 30.8% de ésta. En esta cuenca se presentan 58 granjas en Ahome y 100 en Guasave ver Tabla-F-6 del Apéndice F (SAGARPA, 2010).

Diversos usos de las cinco aguas

1. Aguas de primer uso, el agua para los usuarios según la Ley de Aguas Nacionales:
 - “Uso Agrícola”: La aplicación de agua nacional para el riego destinado a la producción agrícola y la preparación de ésta para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial;
 - “Uso Ambiental” o “Uso para conservación ecológica”: El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del Sistema;

- “Uso Consuntivo”: El volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señala en el título respectivo;
 - “Uso Doméstico”: La aplicación de agua nacional para el uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa, en términos del Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;
 - “Uso en Acuicultura”: La aplicación de aguas nacionales para el cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas;
 - “Uso industrial”: La aplicación de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como el agua que se utiliza en parques industriales, calderas, dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación;
 - “Uso Pecuario”: La aplicación de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprendan la transformación industrial; no incluye el riego de pastizales; y
 - “Uso Público Urbano”: La aplicación de agua nacional para centros de población y asentamientos humanos, a través de la red municipal.
2. Aguas Residuales. Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas. En vez de descargar las aguas residuales al ambiente sin tratamiento, se pueden tratar para el uso benéfico; por ejemplo construyendo humedales artificiales para el tratamiento y reúso de las aguas de los drenes agrícolas.
 3. Aguas Pluviales. Las aguas provenientes de la precipitación y escorrentía natural. Tradicionalmente no se contemplaba la gestión del agua pluvial causando inundaciones, contaminación y erosión. Solo se tenía un enfoque reactivo tomándola en cuenta cuando causaba un desastre, inundaciones o desprendimiento de tierras. Las aguas pluviales presentan una oportunidad que hasta ahora no se ha explorado en México pues se puede capturar, tratar y reusar en su sitio de origen y así evitar los impactos cuencas abajo.
 4. Aguas del Subsuelo. Aquellas aguas nacionales existentes debajo de la superficie terrestre. Casi en todos los países del mundo no se considera el manejo sustentable de las aguas subterráneas, por lo tanto, las aguas del subsuelo son sobreexplotadas y contaminadas. La alternativa es considerarlas como una parte integral de la gestión de los recursos hídricos incluyendo sistemas de tratamiento y recarga.

5. Agua Virtual. El agua que contienen los productos. Para producir bienes y servicios se necesita agua; se denomina Agua Virtual del producto, ya sea éste agrícola o industrial, al agua utilizada para producirlo. El Agua Virtual es una herramienta esencial para calcular el uso real del agua de un país, o su “Huella Hídrica”, equivalente al total de la suma del consumo doméstico y la importación de agua virtual del país, menos la exportación de su agua virtual. La huella hídrica de una nación es un indicador útil de la demanda del país respecto a los recursos hídricos del planeta.

Aguas de primer uso

La demanda de recursos de agua es alta en esta cuenca, debido a la producción agrícola. Sin embargo la disponibilidad de aguas de primer uso en la cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa excede a la demanda por 3031.76 hm³ al año, siempre cuando no haya condiciones de sequía (Tabla K-11 y K-12).

Tabla K. 11 Disponibilidad de Aguas de Primer Uso en la Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

| Fuentes | Volumen anual, hm ³ | Observaciones |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Aguas Pluviales | 6 717 | 91.3% de la disponibilidad total (4,973 hm ³) provienen del Río Fuerte). Presas en el Río Fuerte: Presa Luis D. Colosio (2,908 hm ³), Presa Miguel Hidalgo (2,921 hm ³) y la Presa Josefa O. de Domínguez (513 hm ³). Capacidad total de almacenamiento en la Cuenca del Río Fuerte: 6,342 hm ³ . Presas sobre el Río Sinaloa: Gustavo D. Ordaz (1,860 hm ³) y la Guillermo Blake (301 hm ³). Capacidad total de almacenamiento en el Río Sinaloa: 2,161 hm ³ . Capacidad total de almacenamiento en las dos Cuencas: 8,503 hm ³ . |
| Aguas del Subsuelo | 642 | 8.7% de la disponibilidad total, provienen de tres acuíferos que mantienen una alta disponibilidad, ya que la región aprovecha principalmente las aguas superficiales. |
| Total de Agua Disponible | 7 359 | |

Fuente: CONAGUA, 2012d.

Tabla K. 12 Demanda de aguas de primer uso por usuarios en las Cuenca del Consejo

| Usuarios (sectores) | Volumen anual (hm3) | Consumo |
|--|------------------------|---|
| Uso agrícola | 4 066 | Consumo el 96.7 % del volumen total demandado. |
| Uso urbano | 117 | 3 por ciento del total. |
| Uso Industrial y de servicios | 18 | |
| pecuario | 3.8 | |
| Generación de energía eléctrica | 7 878 | Este volumen es parte también del volumen liberado para cultivo, por lo que no genera uso consuntivo. Susceptible a la sequía, las hidroeléctricas no operan cuando el almacenamiento es inferior al 20 por ciento en las Presas. |
| Acuicultura | 0.44 | |
| Total | 4205.24 | |

Fuente: CONAGUA, 2012d.

Apéndice L

Gestión Integrada de los Recursos Hídricos del Consejo de
Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa.

Fundamentos para la gestión integrada de los recursos hídricos.

Buscar soluciones eficaces a largo plazo para los problemas del agua requiere un nuevo paradigma de gobernanza y gestión del agua. Este nuevo paradigma se halla contenido dentro del concepto de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), el cual ha sido definido por el Global Water Partnership (GWP, 2005) como ‘un proceso que promueve el desarrollo y el manejo coordinado del agua, del suelo y de recursos relacionados, maximizando el bienestar económico y social de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales’

La GIRH desafía de manera explícita a los sistemas convencionales de desarrollo y gestión del agua. La GIRH inicia reconociendo que los enfoques tradicionales para la gestión del agua, desde arriba hacia abajo, orientados hacia la provisión del servicio, de base técnica y sectorial, están imponiendo costos insosteniblemente altos sobre las sociedades humanas y sobre el ambiente natural, tanto en lo económico como en lo social y ecológico. Si dichos enfoques persisten, la escasez de agua y el deterioro de la calidad de este recurso se convertirán en factores clave que limitarán el desarrollo económico futuro, la expansión de la producción alimentaria y la provisión de los servicios básicos de salud y de higiene a millones de personas en condiciones de desventaja. El escenario tendencial no es ni ambientalmente sostenible ni tampoco lo es en términos financieros y sociales. El paradigma tradicional de la provisión de servicios relativos al agua financiados, gestionados y suministrados por el sector público, con poca o hasta ninguna recuperación de costos, está más allá de la capacidad financiera de la mayoría de los gobiernos. Un déficit de inversión y la presencia de conflictos agudos, relativos a la asignación de bienes y servicios hídricos, son inevitables, y potencialmente generarán consecuencias económicas y sociales desastrosas (GWP, 2005).

Como un proceso de cambio busca modificar los sistemas de gestión y desarrollo hídrico desde sus formas insostenibles actuales, la GIRH no tiene inicios fijos y probablemente nunca fijará un final. La economía y la sociedad globales son dinámicas y el ambiente natural está también sujeto a cambios; por lo tanto, los sistemas de la GIRH necesitarán tener la capacidad de ofrecer una respuesta al cambio y a la adaptación a nuevas condiciones económicas, sociales y ambientales, así como los valores humanos cambiantes.

La GIRH no es un fin en sí misma, sino un medio de lograr tres objetivos estratégicos clave:

- La eficiencia, dada la escasez de recursos (naturales, financieros y humanos), es importante intentar maximizar el bienestar económico y social derivado no solamente de la base de los recursos hídricos, sino también de las inversiones en la provisión de servicios hídricos.
- La equidad en la asignación de los recursos y servicios hídricos escasos, a través de los diferentes grupos económicos y sociales, es vital para reducir conflictos y para promover el desarrollo socialmente sostenible.
- La sostenibilidad ambiental es fundamental pues, todos los intentos relativos a la reforma de la gestión hídrica fallarán en última instancia si la base de los recursos hídricos y los ecosistemas asociados continúan siendo considerados como si fueran inagotables y si se continúa poniendo en riesgo ‘el sistema hídrico del cual dependemos para nuestra sobrevivencia’ (CNA, 2000).

En la Figura L-1 se muestra el concepto de la GIRH, el tamaño de las elipses significa la importancia de las estrategias para lograrla, cuanto más grande la elipse más grande el impacto.

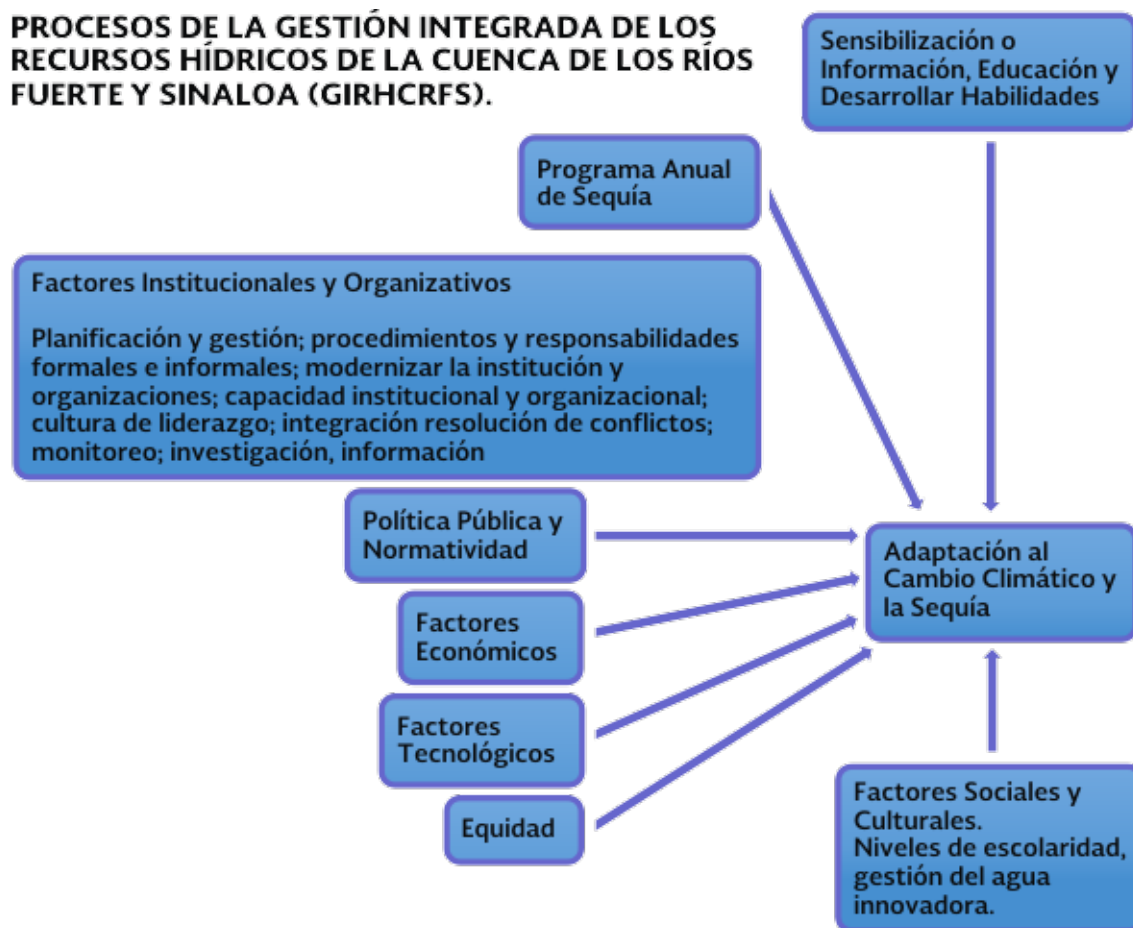


Figura L. 1 Concepto de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

Los elementos necesarios para impulsar la GIRH en la cuenca son:

Sensibilización e Información, Educación y Desarrollo de Habilidades.

- Impulsar la concientización y conocimiento sobre la sequía, problemas de los recursos hídricos y las opciones de adaptación.
- Desarrollar competencias para la toma de decisiones bajo incertidumbre.
- Impulsar la comunicación.
- Fomentar las habilidades de cooperación.

Programa Anual de Sequía.

- Elaborar un plan anual para la gestión de la sequía para el 1 de junio de cada año.
- Implementar el plan anual para la gestión de la sequía.
- Monitorear y evaluar los resultados del plan anual para la gestión de la sequía.

El programa para la gestión de la sequía cuenta con tres Etapas:

- Alerta Temprana.
- Acción Inmediata.
- Recuperación.

Factores Institucionales y Organizativos

- Instrumentos de planificación y gestión; establecer claramente los procedimientos y responsabilidades formales o informales; modernizar las institucionales y organizaciones; impulsar la capacidad institucional y organizacional; cultura de liderazgo; asegurar la integración de todas las partes interesadas; mecanismos de resolución de conflictos; sistemas de monitoreo; programas de investigación; intercambio de información.
- Instrumentos de planificación y gestión que tomen en cuenta la sequía y el cambio climático Incorporación de medidas de adaptación en los procesos de planificación y de gestión existentes.
- Establecer claramente los procedimientos y responsabilidades formales o informales para impulsar acciones y en la toma de decisiones, por ejemplo por medio de Convenios y Acuerdos Intersectoriales.
- Modernizar las institucionales y organizaciones con una visión a largo plazo, operando de una manera integral y flexible.
- Impulsar la capacidad institucional y organizacional para hacer frente a eventos extremos de sequías.
- Establecer una cultura de liderazgo para la toma de decisiones oportunas frente a la sequía.
- Asegurar la integración de todas las partes interesadas, la coordinación del uso del agua (intersectorial, coordinación interregional y vertical entre los diferentes niveles de gobierno).

- Impulsar mecanismos de resolución de conflictos.
- Establecer sistemas de monitoreo actualizados en tiempo real.
- Apoyar programas de investigación.
- Intercambio de información intersectorial y entre los tres niveles de gobierno y el público.

Política Pública y Normatividad.

- Voluntad política para aceptar e impulsar el cambio.
- Asegura la consistencia de las medidas de adaptación en los objetivos de la política pública.
- Establecer la política pública para el pago por servicios de agua y ambientales con medidas para su cumplimiento.
- Elaborar, aprobar e implementar una estrategia estatal y municipal para la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). Es esencial que esta estrategia establezca los niveles de servicio y el plan financiero para lograr dichos niveles.
- Requerir que todas las actividades que contemplen el cambio en el uso del suelo incluyan medidas de GIRH, por ejemplo cumpliendo con el Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-164-SCFI-2012 Edificación Sustentable, Criterios y Requerimientos Ambientales Mínimos.
- Incluir la GIRH en los Planes de Desarrollo Estatal y Municipal y en los Planes de Ordenamiento Territorial.
- Contar con un mandato claro para el cumplimiento con la Ley.
- Establecer claramente las responsabilidades para aplicar la Ley;
- Asegurar que se disponen los recursos adecuados para el cumplimiento con la Ley.
- Establecer los mecanismos para decretar las restricciones regulativas en el consumo de agua y las acciones correspondientes.
- Revisar y actualizar las normas para asegurar su consistencia.
- Aclarar la inconsistencia entre los derechos de propiedad / tenencia de la tierra y la necesidad de controlar la abstracción del agua.
- Actualizar los derechos de agua (Extracción de Agua y su Uso).

Factores Económicos.

- Pago por el uso del agua y servicios ambientales.
- Autosuficiencia del Consejo de Cuenca, los Organismos Operadores, los módulos de riego.
- Elaborar planes realísticos tomando en cuenta las fuentes de financiamiento.
- Impulsar planes para acceder a los recursos económicos disponibles.
- Desarrollar programas de incentivos financieros.

Factores Tecnológicos.

- Mejorar la Infraestructura existente.

- Impulsar y aplicar tecnologías de desarrollo y diseño de Bajo Impacto (DDBI).
- Aplicar nuevas tecnologías, siempre tomando en cuenta el ciclo de vida.
- Construir e impulsar proyectos piloto demostrativos.

Equidad.

- Acceso equitativo a los recursos.
- Participación en la toma de decisiones.
- Distribución justa de los beneficios de adaptación.

Factores Sociales y Culturales.

- Valores y Normas (por ejemplo, diferentes puntos de vista desde el tradicional a los dispuestos a aceptar la Gestión del Agua Innovadora).
- La Cultura de la Toma de Decisiones (orientadas al discurso, participativo).
- La necesidad de reconocer los diferentes niveles de escolaridad, por ejemplo en las poblaciones más marginadas el nivel de educación es muy bajo.

Diseño y desarrollo de bajo impacto.

El Diseño y Desarrollo de Bajo Impacto (DDBI) abarca el diseño y desarrollo de cualquier uso del suelo, construcción o actividad de acuerdo con los principios de sostenibilidad económica, social y ambiental; resultando en mejor calidad de vida con menos consumos de recursos económicos y materiales.

Los objetivos del DDBI son:

- Promover la conservación del suelo;
- Reducir del 25 al 50% el consumo de energía;
- Reducir en un 50% el consumo de agua;
- Reducir en 70% la generación de residuos sólidos, incluyendo los residuos tóxicos;
- Promover el bienestar y la productividad de la población;
- Reducir la contaminación (carga de sedimentos, hidrocarburos, agroquímicos y metales pesados);
- Incorporar nuevas tecnologías en todas las actividades; y
- Preservar los hábitats naturales y los ecosistemas.

Para lograr los máximos beneficios el DDBI se debe de aplicar en la fase de planeación al igual que en la cadena productiva y en la construcción. El DDBI busca resolver los problemas atacando las causas más que los síntomas en materia de suelo, energía, agua, materiales, residuos, calidad ambiental y responsabilidad social. Es esencial implementar un programa de concienciación y educación para promover el DDBI, al igual que

realizar proyectos demostrativos para que la población pueda conocer las metodologías, las tecnologías y los beneficios del DDBI.

El desarrollo y la agricultura degradan el suelo, rebajan la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativamente y cualitativamente, bienes y servicios y alteran la hidrología natural al aumentar el escurrimiento y disminuir el caudal. Estos impactos se pueden mitigar al aplicar el DDBI por lo que se conserva el suelo y se reservan áreas para retención e infiltración que minimicen el impacto hidráulico hacia aguas abajo y a su vez recargan los cuerpos de agua. De esta manera se puede conservar el agua y utilizarla para el consumo, en la recarga de acuíferos y para mantener el caudal ecológico.

En cuanto a la energía el DDBI incluye su uso eficiente y la generación de energía autosuficiente tal como la energía solar y eólica.

El DDBI busca resolver los problemas atacando las causas más que los síntomas, manejando los caudales generados en el lugar donde se producen, manteniendo los cauces naturales y recuperando la capacidad de infiltración y almacenamiento previo a la urbanización. Para esto se utilizan nuevas técnicas y elementos como estanques y lagunas de almacenamiento, obras de infiltración, soleras discontinuas, cunetas biológicas y jardines de lluvia.

El DDBI incluye el concepto de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que consiste en la aplicación de 10 elementos que se resumen a continuación.

Suelo

Las características y funciones físicas y químicas, la materia orgánica y la actividad biológica del suelo son fundamentales para la producción agrícola sostenida y determinan, en su complejidad, la fertilidad y productividad del suelo. Una gestión adecuada del suelo tiene por objeto mantener y mejorar su productividad aumentando la disponibilidad y la ingestión por las plantas de agua y nutrientes mediante un mejoramiento de la actividad biológica del suelo, la reposición de la materia orgánica y la humedad del suelo, y la reducción al mínimo de las pérdidas de suelo, nutrientes y sustancias agroquímicas debido a la erosión, el escurrimiento y la lixiviación en el agua de superficie o subterránea. Aunque se suele proceder al condicionamiento de suelos a nivel de campo o de la explotación agrícola, esta actividad afecta a la zona circundante o a la cuenca hidrográfica debido a las repercusiones fuera del lugar en el escurrimiento, los sedimentos, la transmisión de nutrientes y el desplazamiento del ganado y de las especies conexas con inclusión de los predadores, las plagas y los agentes de control biológico.

Las BPA relacionadas con el suelo incluyen el mantenimiento o mejoramiento de la materia orgánica del suelo por medio de la utilización de acumulación de carbono en el suelo mediante rotaciones de las cosechas adecuadas, la aplicación de fertilizantes, la gestión de los pastizales y otras prácticas de uso de la tierra, las prácticas racionales mecánicas y/o de trabajo del suelo de conservación; el mantenimiento de la cobertura del suelo para proporcionar un hábitat que favorezca la biota del suelo, reduciendo al mínimo las pérdidas debidas a la erosión causada por el viento y/o el agua; y la aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales y otros productos agroquímicos en cantidades y en épocas y por medio de métodos adecuados a las necesidades agronómicas, ambientales y de la salud humana.

Agua

La agricultura asume una gran responsabilidad en la gestión de los recursos hídricos en términos cuantitativos y cualitativos. La gestión cuidadosa de los recursos hídricos y la utilización eficiente del agua para los cultivos de secano y la producción de pastizales, para el riego cuando sea aplicable y para el ganado, son criterios que están relacionados con las BPA agrícolas. Las tecnologías y la gestión eficiente del regadío reducirán al mínimo los desperdicios y evitarán la lixiviación y la salinización excesivas. Las capas de agua deben administrarse de manera que se evite un aumento o una reducción excesiva.

Las BPA relacionadas con el agua incluirán las que aumentan al máximo la infiltración de agua y las que reducen al mínimo las emanaciones improductivas de aguas de superficie de las cuencas hidrográficas; la gestión de las aguas freáticas y del suelo mediante un uso adecuado, o la evitación del drenaje cuando sea necesario; el mejoramiento de la estructura del suelo y el aumento del contenido de materia orgánica del suelo; la aplicación de insumos de producción, con inclusión de desechos o productos reciclados de carácter orgánico, inorgánico y sintético por medio de prácticas que eviten la contaminación de los recursos hídricos; la adopción de técnicas para vigilar el estado de los cultivos y del agua del suelo, la programación precisa del riego y la evitación de la salinización del suelo mediante la adopción de medidas destinadas a ahorrar agua y a reciclarla, siempre que sea posible; el mejoramiento del funcionamiento del ciclo del agua mediante el establecimiento de una cubierta permanente, o el mantenimiento o restablecimiento de humedales en la forma que sea necesaria; la gestión de las capas de agua para evitar una extracción o acumulación excesiva; y el suministro de abrevaderos adecuados, seguros y limpios para el ganado (FAO, 2004).

Cultivos y producción forrajera

Los cultivos y la producción forrajera entrañan la selección de cultivos anuales y perennes y sus variedades obtenidas o no por selección, para atender a las necesidades del consumidor y el mercado local con arreglo a su adecuación al lugar y su función en el marco de la rotación de cultivos para la gestión de la fertilidad del suelo, la lucha contra las plagas y las enfermedades y su reacción a los insumos disponibles. Los cultivos perennes se utilizan para proporcionar opciones de producción a largo plazo y posibilidades de cultivos intercalados. Los cultivos anuales según un orden de sucesión, incluidos los que se cultivan con pastizales, para aumentar al máximo los beneficios biológicos de las relaciones recíprocas entre especies y para mantener la productividad.

La recolección de todos los cultivos y de los productos animales elimina su contenido de nutrientes del lugar y debe ser en última instancia sustituida para mantener la productividad a largo plazo.

La BPA relacionadas con la producción de cultivos y forrajes incluirán las variedades elegidas o no por selección partiendo del conocimiento de sus características, con inclusión de su reacción al tiempo de siembra o de plantación, la productividad, la calidad, la aceptabilidad del mercado y el valor nutricional, la resistencia a la enfermedad y a la tensión, la adaptabilidad edáfica y climática, y la reacción a los fertilizantes y agroquímicos; especificarán las secuencias de los cultivos para optimizar la utilización de la mano de obra y el equipo y aumentar al máximo los beneficios biológicos de la lucha contra las malas hierbas por medios competitivos, mecánicos, biológicos y herbicidas, el suministro de cultivos no hospedantes para reducir al mínimo la enfermedad y, cuando resulte adecuado, la inclusión de hortalizas para aportar una fuente biológica de nitrógeno; aplicarán fertilizantes, orgánicos e inorgánicos, de una manera equilibrada, con métodos y equipo apropiados y a intervalos adecuados para sustituir a los nutrientes extraídos por la cosecha o perdidos durante la producción; aumentarán al máximo los beneficios para el suelo y la estabilidad de los nutrientes mediante cultivos reciclados y otros residuos orgánicos; integrarán la ganadería con las rotaciones de los cultivos y utilizarán el ciclo de los nutrientes que aportan el pastoreo o el ganado estabulado para mejorar la fecundidad de toda la explotación; alternarán el ganado en los pastizales para que se pueda restablecer un pasto sano; y se adherirán a los reglamentos de seguridad y respetarán las normas de seguridad establecidas con respecto al funcionamiento del equipo y la maquinaria para la producción de cultivos y forrajes (FAO, 2004).

Protección de las plantas

El mantenimiento de la salud de las plantas es fundamental para que la agricultura dé resultado tanto en lo que respecta al rendimiento como a la calidad del producto. Esto exige estrategias a largo plazo para controlar los riesgos mediante el uso de cultivos resistentes a las enfermedades y las plagas, la rotación de los cultivos y los pastizales, la superación de las enfermedades con respecto a cultivos susceptibles, y el empleo racional de productos agroquímicos para luchar contra las malas hierbas, las plagas y las enfermedades aplicando los principios del manejo integrado de plagas. Cualquier medida de protección de las plantas, pero particularmente las que entrañan sustancias que son nocivas para los seres humanos o el medio ambiente, únicamente se deben poner en práctica teniendo en cuenta las posibles repercusiones negativas y con pleno conocimiento y un equipo adecuado.

Las BPA relacionadas con la protección de las plantas incluirán las que utilizan variedades cultivadas o no resistentes, las secuencias de los cultivos, las asociaciones y las prácticas de cultivo que aumentan al máximo la prevención biológica de las plagas y enfermedades; el mantenimiento de una evaluación periódica y cuantitativa del estado de equilibrio entre las plagas y las enfermedades y los organismos beneficiosos de todos los cultivos; la adopción de prácticas de control orgánico cuándo y dónde resulte aplicable; la aplicación de técnicas de previsión de plagas y enfermedades cuando se disponga de ellas; la determinación de las intervenciones después de tomar en consideración todos los posibles métodos y sus efectos a corto y largo plazo

en la productividad agrícola y las repercusiones ambientales con el fin de reducir al mínimo el uso de productos agroquímicos, en particular para promover el manejo integrado de plagas; el almacenamiento y la utilización de productos agroquímicos con arreglo a las prescripciones jurídicas de registro de cultivos individuales, cantidades, momentos de aplicación, intervalos anteriores a la cosecha; garantía de que sólo aplicarán los productos agroquímicos personas especialmente capacitadas y experimentadas; garantía de que el equipo utilizado para el manejo y la aplicación de agroquímicos cumple las normas de seguridad y mantenimiento establecidas; y mantenimiento de registros precisos de los usos agroquímicos.

Producción animal

El ganado necesita espacio suficiente, alimentos y agua para que esté en buen estado y sea productivo. La densidad de pastoreo debe ajustarse y se deben aportar suplementos cuando sea necesario a los pastizales para el ganado o a los pastos comunales. Los contaminantes químicos y biológicos en los pastos para el ganado se deben evitar para mantener la salud animal y/o impedir que penetren en la cadena alimentaria. La administración de estiércol reduce al mínimo las pérdidas de nutrientes y estimula los efectos positivos en el medio ambiente. Las necesidades de tierra se evalúan para garantizar que se dispone de terrenos suficientes para la producción de piensos y la eliminación de desechos (FAO, 2004).

Las BPA relacionadas con la producción ganadera incluyen las relativas a unas dependencias adecuadas para el ganado para evitar los efectos negativos sobre el paisaje, el medio ambiente y el bienestar de los animales; la evitación de la contaminación biológica, química y física de los pastos, los piensos, el agua y la atmósfera; la supervisión frecuente del estado del ganado y el ajuste de la densidad de pastoreo, los piensos y el suministro de agua en consecuencia; el diseño, la construcción, la elección y la utilización y el mantenimiento de equipo, estructuras e instalaciones de manipulación para evitar lesiones y pérdidas; la evitación de que residuos de medicamentos veterinarios y otros productos químicos que se aportan con los piensos entren en la cadena alimentaria; la reducción al mínimo de la utilización no terapéutica de antibióticos; la integración de la ganadería y la agricultura para evitar problemas de eliminación de desechos, pérdidas de nutrientes y emisiones de gases de invernadero mediante el reciclado eficiente de los nutrientes; la adhesión a reglamentaciones de seguridad y el respeto de normas de seguridad establecidas con respecto al funcionamiento de las instalaciones, el equipo y la maquinaria para la producción ganadera; y el mantenimiento de registros de las adquisiciones de reses, la cría, las pérdidas y las ventas y de los planes de alimentación, las adquisiciones de piensos, y las ventas.

Salud y bienestar de los animales

Para que la producción ganadera tenga éxito hace falta prestar atención a la salud de los animales, que se garantiza mediante una administración y un alojamiento adecuado, tratamientos preventivos como la vacunación y la inspección regular, el descubrimiento y el tratamiento de enfermedades y el recurso al asesoramiento veterinario que sea necesario. Los animales de granja son seres sensibles y como tales es preciso ocuparse de su bienestar. El bienestar de los animales se reconoce por su carencia de hambre y sed; su comodidad; su

inmunidad al dolor, las heridas o las enfermedades; la posibilidad de comportarse normalmente; y la falta de temor y malestar (FAO, 2004).

Las BPA relacionadas con la salud y el bienestar de los animales comprenden las que reducen al mínimo el riesgo de infección y enfermedad mediante una buena gestión de los pastizales, una alimentación inocua, unas densidades de pastoreo adecuadas y unas buenas condiciones de alojamiento; el mantenimiento limpio de las instalaciones para el ganado, los edificios y los almacenes de los piensos y el suministro de unos lechos limpios y adecuados donde está alojado el ganado; la disposición de un personal adecuadamente capacitado para el manejo y el tratamiento de los animales; unos servicios adecuados de asesoramiento veterinario para evitar enfermedades y problemas de salud; la aplicación de unas normas higiénicas adecuadas en los alojamientos mediante la debida limpieza y desinfección; el tratamiento de las enfermedades o lesiones de los animales prontamente en consulta con un veterinario; la compra, el almacenamiento y la utilización exclusivas de productos veterinarios aprobados de conformidad con los reglamentos y las directivas, con inclusión de los períodos de retención; el suministro de piensos suficientes y adecuados y de agua limpia en todo momento; la evitación de mutilaciones no terapéuticas y de procedimientos quirúrgicos o invasivos como el recorte de la cola y del pico; la reducción al mínimo del transporte de los animales vivos (a pie, en ferrocarril o por carretera); el manejo de los animales con la atención adecuada y la evitación del uso de instrumentos como los agujones eléctricos; el mantenimiento de los animales en grupos sociales adecuados siempre que sea posible; la evitación del aislamiento de los animales (por ejemplo, en jaulas para terneros o establos para cerdos), salvo cuando los animales están heridos o enfermos; y el respeto de las prescripciones de espacio mínimo y de densidades de pastoreo máximas.

La cosecha y el procesamiento y almacenamiento en la explotación.

La calidad del producto depende asimismo de la aplicación de protocolos aceptables con respecto a la cosecha, el almacenamiento y, cuando proceda, el procesamiento de los productos agrícolas. La cosecha debe ajustarse a las normas reglamentarias relativas a los intervalos anteriores a la cosecha con respecto a los productos agroquímicos y a los períodos de retención de las medicinas veterinarias. Los productos alimenticios deben almacenarse en condiciones adecuadas de temperatura y humedad y en espacios designados y reservados para ese fin. Las actividades relacionadas con los animales, como el esquila y la matanza, deben respetar las normas relativas a la seguridad y bienestar de los animales.

Las BPA relacionadas con la cosecha y con el procesamiento y almacenamiento en la explotación incluirán las relativas a la recolección de los productos alimenticios después de los intervalos adecuados posteriores a la cosecha y los períodos de retención; la manipulación limpia e inocua de los productos que se van a procesar en la explotación. En lo que respecta al lavado, deben utilizarse detergentes recomendados y agua clara; los productos alimenticios deben almacenarse en condiciones ambientales higiénicas y adecuadas; los productos alimenticios deben embalsarse en contenedores limpios y adecuados para su transporte desde la explotación agrícola; y antes y durante la matanza habrá que utilizar métodos que sean humanos y apropiados para cada

especie, prestando atención a la supervisión, capacitación del personal y mantenimiento adecuado del equipo (FAO, 2004).

Explotación de la energía y manejo de los desechos

La explotación de la energía y el manejo de los desechos son también componentes del sistema de producción sostenible. Las explotaciones agrícolas necesitan combustible para hacer funcionar la maquinaria necesaria para realizar las labores de cultivo, para el procesamiento y para el transporte. El objetivo es efectuar las actividades en tiempo oportuno, reducir los trabajos penosos, mejorar la eficiencia, diversificar las fuentes de energía y reducir el uso de energía.

Las BPA relacionadas con la utilización de la energía y el manejo de los desechos incluirán las que establecen planes de insumo-producto con respecto a la energía en la explotación, los nutrientes y los productos agroquímicos para lograr un uso eficiente y una eliminación inocua; la adopción de prácticas de ahorro de energía en el diseño de los edificios, y el tamaño, el mantenimiento y la utilización de la maquinaria; la realización de investigaciones sobre otras fuentes de energía distintas de los combustibles fósiles (eólica, solar, de combustibles biológicos) y su adopción siempre que sea posible; el reciclaje de los desechos orgánicos y los materiales inorgánicos, siempre que sea posible; la reducción al mínimo de los desechos no utilizables y su eliminación de manera responsable; el almacenamiento de fertilizantes y productos agroquímicos sin riesgo y de conformidad con la legislación; el establecimiento de procedimientos de intervención en caso de emergencia para reducir al mínimo el riesgo de contaminación causada por accidentes; y el mantenimiento de registros precisos de la utilización, el almacenamiento y la eliminación de la energía.

Bienestar, salud y seguridad de los seres humanos

El bienestar, la salud y la seguridad de los seres humanos son otros componentes de la sostenibilidad. La agricultura debe ser económicamente viable para ser sostenible. El bienestar social y económico de los agricultores, los trabajadores agrícolas y sus comunidades depende de ello. La salud y la seguridad son también aspectos importantes para los que participan en actividades agrícolas. Es preciso poner el debido cuidado y diligencia en todo momento. Con respecto a los trabajadores agrícolas, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en colaboración con los gobiernos, los empleadores y los sindicatos, ha establecido convenios importantes con respecto a la mano de obra, con inclusión de códigos de prácticas relativos a la agricultura que no se han incorporado específicamente a los indicadores y las prácticas.

Las BPA relacionadas con el bienestar, la salud y la seguridad de los seres humanos incluirán las destinadas a que todas las prácticas agrícolas alcancen un equilibrio óptimo entre las metas económicas, ambientales y sociales; a suministrar unos ingresos y la seguridad alimentaria suficientes a la familia; a promover la adhesión a procedimientos de trabajo que no entrañen riesgos con horarios de trabajo aceptables y la concesión de períodos de descanso; la instrucción de los trabajadores en el uso sin riesgos y eficiente de instrumentos y maquinaria; el pago de unas remuneraciones razonables y la no explotación de los trabajadores, especialmente las mujeres y los niños; y la compra de insumos y otros servicios a los comerciantes locales, de ser posible.

Fauna y flora silvestre y paisaje

Las tierras agrícolas dan cabida a diversos grupos de animales, pájaros, insectos y plantas. Gran parte de la preocupación del público acerca de la agricultura moderna está motivada por la pérdida de alguna de esas especies del campo debido a que su hábitat ha quedado destruido. El reto estriba en administrar y mejorar el hábitat de la fauna y flora silvestres al mismo tiempo que se mantiene la viabilidad económica de la actividad agrícola.

Las BPA relacionadas con la fauna y flora silvestres y los paisajes incluirán a las que determinan y conservan hábitat para la fauna y flora silvestres y las características del paisaje, como árboles aislados, en la explotación agrícola; la creación, en la medida de lo posible, de una estructura de cultivo diversificada en la explotación; la reducción al mínimo de la repercusión de actividades como el trabajo de la tierra y el uso de productos agroquímicos en la fauna y flora silvestres; la utilización de los límites del terreno para reducir las hierbas nocivas y el estímulo de una flora y fauna diversas con especies beneficiosas; la ordenación de los cursos de agua y los humedales para fomentar la fauna y flora silvestres y prevenir la contaminación; y la vigilancia de las especies de plantas y animales cuya presencia en la explotación es prueba de una buena práctica ambiental (adaptado de FAO, 2004).

Apéndice M

Siglas y Acrónimos

ANP → Área Natural Protegida

°C → Grados Centígrados

CAADES → Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa

CONABIO → Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

CONANP → Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

CANACO → Cámara Nacional de Comercio

CONAPO → Consejo Nacional de Población

CC → Consejo de Cuenca

CCS → Centro De Ciencias de Sinaloa

CEAPAS → Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillo

CFE → Comisión Federal de Electricidad

CICESE → Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

CNA → Comisión Nacional del Agua.

CONAFOR → Comisión Nacional Forestal

CONAGUA → Comisión Nacional del Agua

COTAS → Comité Técnico de Aguas Subterráneas

CNPR → Confederación Nacional de Propietarios Rurales

CANACINTRA → Cámara Nacional de la Industria de Transformación

CTOOH → Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas

DGSPRNR → Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables

DDBI → Desarrollo y Diseño de Bajo Impacto

DGVS → Dirección General de Vida Silvestre

D.R. → Distrito de Riego

FACES → Fabricas del Agua Centro Sinaloa

FACES IAP → Fabricas del Agua Centro Sinaloa, Investigación-Acción Participativa.

FIC → Facultad de Ingeniería Culiacán

FIC-UAS → Facultad de Ingeniería Culiacán de la Universidad Autónoma de Sinaloa

G: → Generación de energía eléctrica

GIRHCRMQ → Proceso de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos Cuenca Ríos Fuerte y Sinaloa

GIRH → Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

GTD → Grupo Técnico Directivo

Has. → Hectáreas

Hm³ → Hectómetros Cúbicos

IEEC → El Instituto de Investigaciones Económicas

I: → Irrigación

IMPLAN → Instituto Municipal de Planeación

IME → Industria Manufacturera de Exportación

INE → Instituto Nacional de Ecología

INEGI → Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

IPN → Instituto Politécnico Nacional

IPN DEL CIIDIR → Instituto Politécnico Nacional del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional

IPCC → Panel Internacional del Cambio Climático

JAPAMA → Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Ahome

JUMAPAG → Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guasave

JUMAPAS → Junta Municipal de Agua Potable de Sinaloa de Leyva

JAPACH → Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Choix

MaB → Programa Hombre y la Biosfera

Matriz FODA → es un acróstico de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

msnm. → Metros sobre el nivel del mar

mm → Milímetros

Mm³ → Millones de Metros Cúbicos.

NaCl → Cloruro de Sodio

NADM → Monitor de Sequía para América del Norte

ONU → Organización de las Naciones Unidas

OSC → Organizaciones de la Sociedad Civil

OCPN → Organismo de Cuenca Pacífico Norte

PDSI → índice de severidad de sequía de Palmer

PIB → Producto Interno Bruto

PMA → Precipitación Media Anual

PMPMS → Programa de Medidas Preventivas y Mitigación de la Sequía

PROFEPA → Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

PRONACOSE → Programa Nacional Contra la Sequía

PRONATURA → Protección a la naturaleza.

REPDA → Registro Público de Derechos de Agua

RHA → Región Hidrológico-Administrativa

S. de RL → Sociedad de Responsabilidad Limitada

SAGARPA → Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SAGyP → Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca

SAMI LTD → Consultor de Gestión de Activos Sustentable Internacional, de Auckland, Nueva Zelanda.

SEGOB → Secretaría de Gobernación de Chihuahua

SEDESHU → Secretaria de Desarrollo Social y Humano

SEDESOL → Secretaría de Desarrollo Social

SINA → Sistema Nacional Ambiental

SDUOP → Secretario de Desarrollo Urbano y Obras Públicas

SEMARNAT → Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

SMN → Servicio Meteorológico Nacional

UAS → Universidad Autónoma de Sinaloa

UAIM → Universidad Autónoma Indígena de México

UNAM → Universidad Nacional Autónoma de México

UNESCO → Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

ZOFEMATAC → Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros

Apéndice N

Glosario

Acuífero. Formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo (DOF, 2004).

Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía. Acuerdo de Carácter General emitido conforme a sus atribuciones por “La Comisión” en el momento que se presenten las condiciones hidrometeorológicas naturales que tipifiquen una sequía severa.

Aguas arriba. El origen y el curso superior de un río, o la parte alta de una estructura o un punto en un caudal. También se puede considerar como cualquiera de todas las partes de una cuenca fluvial, excepto de los caudales del río principal y de las corrientes tributarias principales.

Agua artesiana o surgente: Agua subterránea que está bajo presión cuando se encuentra con un pozo y es capaz de elevarse por encima del nivel al que se encontraba normalmente. Es posible que llegue a fluir superando el nivel del suelo, sin embargo, no necesariamente supera dicho nivel. La presión en ese acuífero comúnmente se conoce como: presión artesiana y la formación que contiene agua artesiana es un acuífero artesiano o un acuífero confinado.

Agua azul. Cantidad de agua contenida en cuerpos de agua naturales.

Agua concesionada. Volumen de agua que otorga el Ejecutivo Federal a través de la CONAGUA mediante un Título.

Agua potable. Agua para uso y consumo humano que no contiene contaminantes objetables (según la NOM-127-SSA1-1994), ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos para la salud.

Agua reciclada. El agua que se utiliza más de una vez antes de que pase de nuevo al sistema hidrológico natural.

Agua renovable. Cantidad máxima de agua que es factible explotar anualmente. Se calcula como el escurrimiento superficial virgen anual, más la recarga media anual de los acuíferos, más las importaciones de agua de otras regiones o países, menos las exportaciones de agua a otras regiones o países.

Agua verde. Cantidad de agua que forma parte de la humedad del suelo y que es utilizada en los cultivos de temporal y vegetación en general.

Agua virtual. La cantidad real de agua requerida para la fabricación de cualquier bien, servicio o producto agrícola o industrial y de esa manera se calcula el uso real del agua de un país, o su "huella hídrica, equivalente al total de la suma del consumo doméstico y la importación de agua virtual del país, menos la exportación de su agua virtual. La huella hídrica de una nación es un indicador útil de la demanda del país respecto a los recursos hídricos del planeta. A nivel individual, la huella hídrica es igual a la cantidad total de agua virtual de todos los productos consumidos. Una dieta a base de carne supone una huella hídrica mucho mayor que una dieta vegetariana (un promedio de 4.000 litros de agua al día frente a 1.500).

Aguas claras o aguas de primer uso. Las provenientes de fuentes naturales y de almacenamientos artificiales que no han sido objeto de uso previo alguno.

Aguas del subsuelo ó subterráneas. Agua contenida en formaciones geológicas.

Aguas nacionales. Las aguas propiedad de la nación, en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Aguas residuales. Aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Aguas residuales industriales [%]. (Volumen total aguas residuales industriales/volumen total aguas residuales) x 100.

Aguas residuales municipales [%]. (Volumen total aguas residuales municipales/volumen total aguas residuales) x 100.

Aguas residuales regeneradas. Aguas residuales tratadas que se pueden utilizar con fines benéficos, como para el riego, en el inodoro o para usos industriales.

Aguas superficiales. El agua que se encuentra en la superficie de la Tierra, como en un arroyo, río, lago o embalse. La escorrentía que se genera cuando la lluvia fluye sobre la tierra o superficies impermeables y que no se filtra en el suelo. A medida que la escorrentía fluye sobre la tierra o superficies impermeables (zonas agrícolas, calles pavimentadas, estacionamientos y los tejados de edificios) acumula suciedad, productos químicos, sedimentos y otros contaminantes que pudieran afectar adversamente la calidad del agua, si la escorrentía se vertiera sin tratar.

Alerta. Etapa correspondiente a la fase del “antes” dentro del ciclo de los desastres, que significa la declaración formal de ocurrencia cercana o inminente de un evento (tomar precaución).

Amenaza. Llamado también peligro, se refiere a la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por el hombre, que puede manifestarse en un lugar específico con una intensidad y dirección determinada.

Análisis de riesgos. Desarrollo de una estimación cuantitativa del riesgo, basado en técnicas matemáticas que combinan la estimación de las consecuencias de un incidente y sus frecuencias. También puede definirse como la identificación y evaluación sistemática de objetos de riesgo y peligro.

Aprovechamiento. Aplicación del agua en actividades que no impliquen el consumo de esta.

Área de afectación. Área geográfica estimada que puede ser potencialmente afectada por la liberación de una sustancia peligrosa en niveles que pueden causar daños agudos a la salud o la muerte de las poblaciones humanas por efectos de una liberación accidental.

Arroyo. Corriente de agua, generalmente se atribuye a los ríos de bajo caudal.

Asignación. Título que otorga el Ejecutivo Federal para realizar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, a los municipios, a los estados o al Distrito Federal, destinadas a los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico.

Atmósfera. Datos e información geográfica referidos al medio atmosférico nacional; por ejemplo: climas, precipitación, temperatura, humedad, vientos, ciclones, huracanes, nevadas, contaminación del aire, etc.

Avenida. Esguerrimiento superficial extraordinario en una corriente producido por una precipitación.

Biodiversidad. Es toda la variedad de vida en la Tierra. Puede abordarse de tres maneras: como variedad de ecosistemas, variedad de especies y variedad de genes.

Calidad del agua: Un término usado para describir la química, física, y las características biológicas del agua, por lo general en cuanto a su idoneidad para un propósito particular.

Capacidad de carga. Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebasa su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico.

Capacidad total de una presa. Volumen que puede almacenar una presa al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO).

Características fisiográficas. Son los rasgos propios de cada cuenca y su cauce principal, tales como el área de la cuenca y la pendiente del cauce principal.

Catálogo de proyectos. Clases o tipos de proyectos estructurales y no estructurales.

Cauce de una corriente. El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse.

Caudal tratado a nivel inferior al requerido por la normatividad. Se refiere al caudal que actualmente se trata pero que se trata a un nivel inferior al requerido por la Ley Federal de Derechos y la NOM-001-SEMARNAT-1996 de acuerdo al tipo de cuerpo receptor.

Ciclo del agua: el circuito de movimiento del agua de los océanos a la atmósfera y la Tierra para retornar a la atmósfera a través de varias etapas o procesos tales como la precipitación, interceptación, la escorrentía, la infiltración, percolación, almacenamiento, evaporación y transporte.

Ciclón. Zona de perturbación atmosférica caracterizada por fuertes vientos que fluyen alrededor de un centro de baja presión.

Cinco-Aguas. Se refiere al agua potable, las aguas residuales, las aguas superficiales, las aguas subterráneas y el agua virtual.

Clima. Condiciones medias del tiempo en un lugar determinado, establecidas mediante observaciones y mediciones de las variables meteorológicas durante periodos suficientemente largos. Cuando se habla del clima de una región, debe hacerse referencia tanto a los valores medios como a los extremos alcanzados por cada variable.

Cobertura de agua potable. Porcentaje de la población que habita en viviendas particulares que cuenta con agua entubada dentro de la vivienda o dentro del terreno. Determinado por medio de los censos y conteos que realiza el INEGI.

Cobertura de agua potable [%]. $(\text{Población con servicio de agua potable} / \text{población total}) \times 100$.

Cobertura de alcantarillado. Porcentaje de la población que habita en viviendas particulares, cuya vivienda cuenta con un desagüe conectado a la red pública de alcantarillado o a una fosa séptica. Determinado por medio de los censos y conteos que realiza el INEGI.

Cobertura de alcantarillado [%]. $(\text{Población con servicio de alcantarillado} / \text{población total}) \times 100$.

Cobertura rural de agua potable [%]. $(\text{Población rural con servicio de agua potable} / \text{población rural total}) \times 100$.

Cobertura rural de alcantarillado [%]. $(\text{Población rural con servicio de alcantarillado} / \text{población rural total}) \times 100$.

Cobertura universal. Dotar a toda la población con servicios de agua potable y alcantarillado.

Cobertura urbana de agua potable [%]. (Población urbana con servicio de agua potable/población urbana total) x 100.

Cobertura urbana de alcantarillado [%]. (Población urbana con servicio de alcantarillado/población urbana total) x 100.

La Comisión. La Comisión Nacional del Agua, Organismo Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Comités Técnicos de Aguas del Subsuelo o Subterráneas (COTAS). Instancias colegiadas de integración mixta, establecidas en la Ley de Aguas Nacionales, que fungen como órganos auxiliares del Consejo de Cuenca, donde están representados los usuarios de las aguas nacionales subterráneas de determinado acuífero.

Concesión. Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de “la Comisión” o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación.

Condiciones meteorológicas. Condiciones de la atmósfera en el momento de un incidente. Se incluyen: velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, nubosidad y radiación solar.

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

Contaminación difusa o no puntual. Es la contaminación de las aguas con origen que no está claramente definido, aparece en zonas amplias en las que coexisten múltiples focos de emisión, lo que dificulta el estudio de los contaminantes y su control individual. La contaminación difusa es provocada por los sedimentos, nutrientes, sustancias orgánicas y tóxicas procedentes de las actividades de uso de la tierra, que se llevan a lagos y arroyos por el escurrimiento superficial. La contaminación difusa se produce cuando el agua de lluvia o de riego lava las tierras agrícolas, las calles de la ciudad, o patios de casas suburbanas. A medida que se mueve por la superficie de la tierra, recoge las partículas del suelo y los contaminantes, tales como nutrientes, metales pesados y pesticidas.

Contaminación puntual. La contaminación del agua procedente de un solo punto, como un tubo de desagüe de aguas residuales.

Cultura del Agua. Es un proceso continuo de producción, actualización y transformación individual y colectiva de valores, creencias, percepciones, conocimientos, tradiciones, aptitudes, actitudes y conductas en relación con el agua en la vida cotidiana. Por lo anterior, el enfoque de las acciones de la Comisión Nacional del Agua en esta materia, es lograr un cambio positivo y proactivo en la participación individual y social en torno al uso sustentable del agua, para no afectar a las siguientes generaciones, incidiendo en el/los procesos de comunicación a través de los cuales la sociedad se allega información, desde la educación formal, no formal (familia, medios de comunicación, capacitación) y espacios de participación social.

Cuenca Hidrológica. Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con estos y el medio ambiente.

Cuerpo receptor. La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos.

Cultivos perennes. Cultivos cuyo ciclo de producción es mayor a un año.

Cuota de autosuficiencia. Es aquella destinada a recuperar los costos derivados de la operación, conservación y mantenimiento de las obras de infraestructura hidráulica, instalaciones diversas y de las zonas de riego, así como los costos incurridos en las inversiones en infraestructura, mecanismos y equipo, incluyendo su mejoramiento, rehabilitación y reemplazo. Las cuotas de autosuficiencia no son de naturaleza fiscal y normalmente son cubiertas por los usuarios de riego o regantes, en los distritos, unidades y sistemas de riego, en las juntas de agua con fines agropecuarios y en otras formas asociativas empleadas para aprovechar aguas nacionales en el riego agrícola las cuotas de autosuficiencia en distritos y unidades de temporal son de naturaleza y características similares a las de riego, en materia de infraestructura de temporal, incluyendo su operación, conservación y mantenimiento y las inversiones inherentes

Cuota natural de renovación de las aguas. El volumen de agua renovable anualmente en una cuenca hidrológica o en un cuerpo de aguas del subsuelo.

Daños económicos. Pérdidas económicas que se relacionan con los daños a las fuentes de ingreso de la población afectada.

Demanda comercial. Volumen de agua anual utilizado por los comercios (oficinas, hoteles, centros comerciales, etc.).

Demanda de servicios. Volumen de agua anual utilizado por los diversos servicios públicos/municipales (escuelas, hospitales, riego de parques, etc.).

Demanda de agua. Volumen de agua que requieren los diversos sectores usuarios (agrícola, municipal, industrial, etc.) en su producción o para proporcionar el servicio de agua potable.

Demanda doméstica. Volumen de agua anual utilizado por los habitantes para las diversas actividades realizadas dentro del hogar.

Densidad de población. Número de habitantes en una población por unidad de área geográfica.

Desarrollo sustentable. En materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras.

Desastre. Estado en que la población de una o más entidades sufre daños severos por el impacto de una calamidad devastadora, sea de origen natural o antropogénico, enfrentando la pérdida de sus miembros, infraestructura o entorno, de tal manera que la estructura social se desajusta y se impide el cumplimiento de las actividades esenciales de la sociedad, afectando el funcionamiento de los sistemas de subsistencia.

Descarga de aguas residuales. La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor.

Diario Oficial de la Federación. El órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, que tiene la función de publicar en el territorio nacional: leyes, reglamentos, acuerdos, circulares, órdenes y demás actos expedidos por los poderes de la Federación, a fin de que éstos sean observados y aplicados debidamente en sus respectivos ámbitos de competencia.

Diseño y Desarrollo de Bajo Impacto. Técnicas para promover la sustentabilidad en el uso del suelo y la construcción que integran toda una gama de conceptos y factores ambientales así como los materiales, métodos e ideas que interactúan entre sí, para el logro de proyectos más ecológicos, eficientes, económicos, y de mayor atractivo a la sociedad que permiten reducir la huella hídrica y energética.

Disponibilidad media anual de aguas del subsuelo. Volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de esa unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.

Disponibilidad natural media. Volumen total de agua renovable superficial y subterránea que ocurre en forma natural en una región.

Distrito de Riego. El establecido mediante Decreto Presidencial conformado por una o varias superficies previamente delimitadas y dentro de cuyo perímetro se ubica la zona de riego, el cual cuenta con las obras de infraestructura hidráulica, aguas superficiales y del subsuelo, así como con sus vasos de almacenamiento, su zona federal, de protección y demás bienes y obras conexas, pudiendo establecerse también con una o varias unidades de riego.

Distrito de Temporal Tecnificado. Área geográfica destinada a las actividades agrícolas que no cuenta con infraestructura de riego, en la cual mediante el uso de diversas técnicas y obras, se aminoran los daños a la producción por causa de ocurrencia de lluvias fuertes y prolongadas –éstos también denominados Distritos de Drenaje- o en condiciones de escasez, se aprovecha con mayor eficiencia la lluvia y la humedad en los terrenos agrícolas.

Dotación. Cociente del volumen promedio diario producido en fuentes de abastecimiento entre la población atendida.

Educación Ambiental. Proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida (DOF, 2013).

Eficiencia de conducción primaria. Cociente del volumen entregado a nivel módulo de distrito de riego (nivel concesión) y volumen bruto (a nivel fuente de abastecimiento).

Eficiencia de conducción secundaria. Para los Distritos de Riego es el cociente del volumen neto (entregado a nivel parcela) y volumen bruto entregado a nivel módulo. En las unidades de riego se asume como el cociente del volumen utilizado a nivel parcela y fuente de abastecimiento.

Eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales [%]. (Volumen total de agua residual tratada por las plantas/volumen total de agua residual generada) x 100.

Eficiencia de las plantas industriales [%]. (Volumen total de agua residual industrial tratada por las plantas/volumen total de agua residual generada) x100.

Eficiencia de las plantas municipales [%]. (Volumen total de agua residual municipal tratada por las plantas/volumen total de agua residual generada) x100.

Eficiencia física, comercial y global. La eficiencia física: cociente entre el volumen de agua facturado entre el volumen de agua producido. La eficiencia comercial: cociente del primer importe recaudado dividido entre el importe del agua facturada por el suministro del agua. La eficiencia global: producto de las dos eficiencias anteriores.

Eficiencia global de Organismos Operadores (OOS) [%]. Cociente del agua entregada por los Organismos Operadores entre agua proporcionada por los OOS.

Erosión. Es el transporte de partículas sólidas por agentes como son la lluvia y el viento.

Emergencia por sequía. Situación derivada de un evento hidrometeorológico extremo que genera un déficit de agua en términos de lluvia y/o escurrimiento de características tales, que requiere de una atención inmediata.

Escurrecimiento natural medio superficial. Parte de la precipitación media histórica que se presenta en forma de flujo en un curso de agua.

Escurrecimiento superficial. Es el agua proveniente de la precipitación que llega a una corriente superficial de agua.

Estero. Terreno bajo, pantanoso, que suele llenarse de agua por la lluvia o por desbordes de una corriente, o una laguna cercana o por el mar.

Etapas de sequía. Los niveles de las diferentes etapas de una sequía. La relación entre la severidad y duración de una sequía, con las metas de ahorro y el carácter de las acciones que en cada caso se puedan definir, a efecto de buscar el equilibrio entre abastecimiento y demanda. Se definen cinco etapas con los criterios para delimitar

esos niveles por medio de una combinación de estas características: los índices el Standardized Precipitation Index (SPI) y el Streamflow Drought Index (SDI), precipitación, niveles de los acuíferos y almacenamiento en las presas. Esos niveles establecen cuánto podría resistir y cuánta debería ser la reducción a los usuarios, en cuánto tiempo se generarían resultados suficientes de las reducciones propuestas de cada etapa y qué tan severas serían las acciones para los usos distintos (adaptado del DOF, 2012).

Evaporación. El proceso en el que el agua se transforma en vapor; incluye la vaporización de la superficie del agua, las superficies terrestres y campos de nieve, pero no de las superficies de las hojas.

Evapotranspiración. La suma de la evaporación y la transpiración.

Explotación. Extracción de agua de cuerpos de agua superficial o subterráneo para su aprovechamiento en algún uso.

Extracción de agua subterránea. Volumen de agua que se extrae artificialmente de una unidad hidrogeológica para los diversos usos.

Extracción de agua superficial. Volumen de agua que se extrae artificialmente de los cauces y embalses superficiales para los diversos usos.

Freático. La parte superior de la superficie del agua en la parte saturada de un acuífero.

Gasto ecológico. Caudal mínimo necesario para garantizar el mantenimiento de los ecosistemas en tramos de ríos o arroyos regulados.

Gasto o caudal. Cantidad de escurrimiento que pasa por un sitio determinado en un cierto tiempo, también se conoce como caudal. Este concepto se usa para determinar el volumen de agua que escurre en un río.

Gasto residual industrial generado sin tratamiento. Volumen en hm^3 de descarga industrial que no recibe tratamiento dentro de la planta.

Gestión del Agua. Proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la

ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua.

Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con estos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de la LAN en relación con este concepto se consideran primordialmente agua y bosque.

Gobernabilidad. En el sector hídrico se interpreta como la interacción entre las acciones de los gobiernos federal, estatal y municipal, leyes, regulaciones, políticas, instituciones, organizaciones civiles, usuarios y sociedad civil en el proceso de la gestión integrada del agua.

Gobernanza. Efectividad, calidad y buena orientación de la intervención de los tres órdenes de gobierno y de la sociedad organizada en la solución de los problemas del agua.

Grado de presión sobre el recurso hídrico. Indicador porcentual de la presión a la que se encuentra sometido el recurso agua. Se obtiene del cociente entre el volumen total de agua concesionada y el agua renovable.

Hectómetro cúbico. Una unidad de volumen equivalente a un millón de metros cúbicos o mil millones de litros.

Hidrograma. Es la representación gráfica de la variación continua del gasto en el tiempo. Para cada punto del hidrograma se conoce el gasto que está pasando en el sitio de medición. El área bajo la curva de esta gráfica es el volumen de agua que ha escurrido durante el lapso entre dos instantes.

Hidrología. Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación, y distribución sobre y debajo de la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.

Histograma. Técnica estadística que permite dibujar los puntos obtenidos entre dos variables para representar la variación de una respecto de la otra.

Huella hídrica. Cantidad de agua que se utiliza para producir bienes y servicios.

Humedad relativa. Proporción de la fracción molecular de vapor de agua en el aire en relación con la fracción molecular correspondiente si el aire se saturara con respecto al agua a una presión y temperatura específica.

Humedales. Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas,

cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos.

Huracán. Ciclón tropical en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 119 kilómetros/hora.

Índice de impacto. Aplicado al eje temático asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas, es un valor indicativo de los impactos que provocan las inundaciones.

Información georeferenciada. Cualquier tipo de información que pueda ser ubicada mediante un conjunto de coordenadas geográficas con respecto a un determinado sistema de referencia.

Infraestructura. Obra hecha por el hombre para satisfacer o proporcionar algún servicio.

Inundación. Aquel evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

Intensidad de precipitación. Es la cantidad de lluvia que se precipita en cierto tiempo (altura de precipitación por unidad de tiempo). Sus unidades son mm/h, milímetros/día, etc.

Intrusión salina. Fenómeno en el que el agua de mar se introduce por el subsuelo hacia el interior del continente ocasionando la salinización del agua subterránea.

Lámina de lluvia. Cantidad de lluvia observada en un lugar específico en un tiempo determinado, se mide en milímetros.

Lámina de riego. Cantidad de agua medida en milímetros que se aplica a un cultivo para que éste satisfaga sus necesidades fisiológicas durante todo el ciclo vegetativo, además de la evaporación del suelo.

LAN. Ley de Aguas Nacionales.

Localidad rural. Localidad con población menor a 2 500 habitantes, y no son cabeceras municipales.

Localidad urbana. Localidad con población igual o mayor a 2 500 habitantes, o es cabecera municipal independiente del número de habitantes de acuerdo al último censo.

Macromedición. Sistema de medición de grandes caudales, destinados a totalizar la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento, o extraída de una fuente de abastecimiento, y la que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores.

Marea. Movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso del nivel de las aguas de los mares y océanos, resultado de la atracción por gravedad de La luna y del Sol.

Marea de tormenta. Ascenso del nivel medio del mar producido por la disminución de la presión atmosférica del centro del ciclón y los vientos de éste sobre la superficie del mar.

Materiales pétreos. Materiales tales como arena, grava, piedra y/o cualquier otro tipo de material utilizado en la construcción, que sea extraído de un vaso, cauce o de cualesquiera otros bienes señalados en Artículo 113 de la LAN.

Medida. Acción técnicamente factible que puede cerrar la brecha; puede enfocarse en incrementar el volumen de agua accesible, o bien, a reducir la demanda en algunos de los sectores.

Metro cúbico. Una unidad de volumen equivalente a mil litros.

Micromedición. Cociente del número de micro-medidores instalados entre el número de tomas registradas, se muestra por separado la micro-medición en tomas domésticas, comerciales e industriales.

Mitigación de la sequía: Acción orientada a disminuir el impacto o daño ante la presencia de sequía sobre el conjunto de personas, bienes, infraestructura y servicios, así como sobre el medio ambiente.

Modelismo. Una metodología que permite el análisis integral de una cuenca hidrológica por medio de sistemas de ayuda a la decisión en materia de planificación, incluyendo utilización conjunta y criterios de calidad de agua. Las simulaciones de estrategias basadas en el marco del modelo pueden servir de guía en el diseño apropiado de políticas del agua y en el establecimiento de reformas prioritarias para la asignación de los recursos hídricos.

Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO). Para las presas, coincide con la elevación de la cresta del vertedor en el caso de una estructura que derrama libremente; si se tienen compuertas, es el nivel superior de éstas.

Normas Oficiales Mexicanas. Aquellas expedidas por “la Secretaría”, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización referidas a la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso,

aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales a los que se refiere el Artículo 113 de la LAN.

Oferta por capacidad instalada. Volumen de agua que puede ser extraído anualmente del sistema a través de la capacidad instalada.

Oferta subterránea. Volumen de agua que se puede entregar al usuario a través de la extracción artificial de un acuífero.

Oferta subterránea sustentable. Volumen de agua que se puede entregar al usuario a través de la extracción artificial de un acuífero, sin afectar a las fuentes naturales subterráneas.

Oferta superficial. Volumen de agua disponible en ríos, arroyos y cuerpos de agua.

Oferta sustentable por capacidad instalada. Oferta por capacidad instalada que considera el volumen sustentable como prioritario. Para volúmenes subterráneos excluye la capacidad instalada que genera sobre explotación y para volúmenes superficiales excluye la capacidad instalada que se extrae el volumen destinado al gasto ecológico.

Ordenamiento ecológico. Instrumento de planeación diseñado para regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas.

Ordenamiento territorial. El proceso de distribución equilibrada y sustentable de la población y de las actividades comunitarias económicas, sociales o de otra índole en el territorio de un estado o un municipio.

Organismo de Cuenca. Unidad técnica, administrativa y jurídica especializada, con carácter autónomo, adscrita directamente al Titular de “la Comisión”, cuyas atribuciones se establecen en la presente Ley y sus reglamentos, y cuyos recursos y presupuesto específicos son determinados por “la Comisión”.

Organismo operador. Entidad encargada y responsable del suministro de agua potable en cantidad y calidad en la localidad donde se ubiquen las tomas domiciliarias.

Otras demandas. Otras extracciones anuales no realizadas por usuarios distintos a los agropecuarios, público urbano e industrial. Por ejemplo compromisos que se tengan con otros países.

Pendiente del cauce. Cuesta o declive de un cauce. Medida de la inclinación de un cauce.

Periodo de retorno. Tiempo que, en promedio, debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a una cierta magnitud. Normalmente, el tiempo que se usa son años.

Permisos. Son los que otorga el Ejecutivo Federal a través de “la Comisión” o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, así como para la construcción de obras hidráulicas y otros de índole diversa relacionadas con el agua y los bienes nacionales a los que se refiere el Artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales. Estos permisos tendrán carácter provisional para el caso de la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales en tanto se expide el título respectivo.

Permisos de Descarga. Título que otorga el Ejecutivo Federal a través de “la Comisión” o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores de propiedad nacional, a las personas físicas o morales de carácter público y privado.

Plan Nacional de Desarrollo. Documento por el cual el Ejecutivo Federal precisará los objetivos nacionales, estrategia y prioridades del desarrollo integral y sustentable del país, contendrá previsiones sobre los recursos que serán asignados a tales fines; determinará los instrumentos y responsables de su ejecución, establecerá los lineamientos de política de carácter global, sectorial y regional; sus previsiones se referirán al conjunto de la actividad económica, social y cultural, tomando siempre en cuenta las variables ambientales que se relacionen a éstas y registrará el contenido de los programas que se generen en el sistema nacional de planeación democrática.

Programa Nacional Hídrico. Documento rector que integra los planes hídricos de las cuencas a nivel nacional, en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos.

Persona física o moral. Los individuos, los ejidos, las comunidades, las asociaciones, las sociedades y las demás instituciones a las que la ley reconozca personalidad jurídica, con las modalidades y limitaciones que establezca la misma.

Población afectada. Población que sufre daños por sequías o inundaciones.

Población en riesgo. Corresponde al número de habitantes en las zonas identificadas como propensas a inundaciones futuras.

Pozo: Hoyo profundo, particularmente el que se hace en el suelo para sacar agua de los manantiales subterráneos.

Pozo o Manantial Brotante: Un pozo o manantial que se alimenta de las aguas subterráneas bajo presión y hace que el agua se eleve sin bombeo. Si el agua sube por encima de la superficie, ocurre lo que se conoce como un pozo brotante o que fluye.

Precipitación. Agua en forma líquida o sólida procedente de la atmósfera que se deposita sobre la superficie de la tierra; incluye el rocío, la llovizna, la lluvia, el granizo, el aguanieve y la nieve.

Prevención de las sequías. Combinación de medidas que incluyen marcos organizativos y operativos establecidos y acordados *a priori*, entre las diversas partes institucionales y sociales para atender la ocurrencia de las sequías. Este enfoque representa aumentar la capacidad de hacer frente a las sequías y programas eficaces de respuesta en caso de emergencia encaminados a reducir los efectos de las mismas.

Probabilidad. Expresión de la posibilidad de ocurrencia de un evento o un evento subsiguiente durante un intervalo de tiempo. Por definición la probabilidad debe expresarse como un número entre 0 y 1.

Productividad del agua. Valor total (en pesos) de los bienes y servicios dividido entre la cantidad de agua (metro cúbico) aplicada a los mismos bienes y servicios. Expresada en pesos por metro cúbico (pesos/ metros cúbicos).

Productividad del agua en distritos de riego. Cantidad de producto agrícola de todas las cosechas de los Distritos de Riego a los que les fueron aplicados riegos, dividido entre la cantidad de agua aplicada en los mismos. Se expresa en kilogramos/ metros cúbicos.

Producto Interno Bruto. Valor total de los bienes y servicios producidos en el territorio de un país en un periodo determinado, libre de duplicidades.

Programa. Conjunto de proyectos ordenados en el tiempo para alcanzar objetivos o metas específicas.

Programa de inversiones. Inversión requerida en el tiempo para la ejecución de un programa determinado.

Programa Hídrico de la Cuenca. Documento en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable en la cuenca correspondiente y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos.

Programa Nacional Hídrico. Documento rector que integra los planes hídricos de las cuencas a nivel nacional, en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos.

Proyecto. Iniciativa de acción estructural o no estructural para la consecución de una meta u objetivo.

Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-164-2012 Edificación Sustentable - Criterios y Requerimientos Ambientales Mínimos. Este proyecto de norma mexicana especifica los criterios y requerimientos ambientales mínimos de una edificación sustentable para contribuir en la mitigación de impactos ambientales y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, sin descuidar los aspectos socioeconómicos que aseguran su viabilidad, habitabilidad e integración al entorno urbano y natural.

Recarga artificial. Conjunto de técnicas hidrogeológicas aplicadas para introducir agua a un acuífero, a través de obras construidas con ese fin.

Recarga incidental. Aquélla que es consecuencia de alguna actividad humana y que no cuenta con la infraestructura específica para la recarga artificial.

Recarga media anual. Volumen medio anual de agua que ingresa a un acuífero.

Recarga natural. La generada por infiltración directa de la precipitación pluvial, de escurrimientos superficiales en cauces o del agua almacenada en cuerpos de agua.

Recarga total. Volumen de agua que recibe una unidad hidrogeológica, en un intervalo de tiempo específico.

Recaudación. En términos del sector hídrico, importe cobrado a los causantes y contribuyentes por el uso, explotación o aprovechamiento de aguas nacionales, así como por descargas de aguas residuales y por el uso, gozo o aprovechamiento de bienes inherentes al agua.

Red de drenaje. La red de drenaje de una cuenca está integrada por un cauce principal y una serie de tributarios cuyas ramificaciones se extienden hacia las partes más altas de las cuencas.

Región hidrológica. Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por estados, Distrito Federal y municipios.

Región hidrológica-administrativa. Área territorial definida de acuerdo a criterios hidrológicos en la que se considera a la cuenca como la unidad básica más apropiada para el manejo del agua y al municipio como la unidad mínima administrativa del país. La República Mexicana se ha dividido en 13 regiones administrativas. A las regiones administrativas también se les conoce como regiones hidrológico administrativas.

Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). Registro que proporciona información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y bienes inherentes a través de la inscripción de los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, así como las modificaciones que se efectúen en las características de los mismos.

Rescate. Acto emitido por el Ejecutivo Federal por causas de utilidad pública o interés público, mediante la declaratoria correspondiente, para extinguir concesiones o asignaciones para la explotación, uso o aprovechamiento de Aguas Nacionales, de sus bienes públicos inherentes, o Concesiones para construir, equipar, operar, conservar, mantener, rehabilitar y ampliar infraestructura hidráulica federal y la prestación de los servicios respectivos.

Reúso. La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo.

Ribera o Zona Federal. Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros.

Riego. Aplicación del agua a cultivos mediante infraestructura, en contraposición a los cultivos que reciben únicamente precipitación. Estos últimos son conocidos como cultivos de temporal.

Riesgo. Probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos, en un lugar específico y durante un tiempo de exposición determinado. $R = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$.

Río. Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

Saneamiento. Recogida y transporte del agua residual y el tratamiento tanto de ésta como de los subproductos generados en el curso de esas actividades, de forma que su evacuación produzca el mínimo impacto en el medio ambiente.

Sequía. Situación derivada de un evento hidrometeorológico extremo que genera un déficit de agua en términos de lluvia y/o escurrimiento de características tales, que requiere de una atención inmediata.

Servicios ambientales. Los beneficios de interés social que se generan o se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la

erosión, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en calidad y cantidad, formación de suelo, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad para la aplicación de este concepto en esta Ley se consideran primordialmente los recursos hídricos y su vínculo con los forestales.

Sistema de agua potable y alcantarillado. Conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.

Sistema Nacional de Planeación Hídrica. Proceso de planeación estratégica, normativa y participativa, en donde hay una vinculación entre los instrumentos de planeación, resultados de los análisis de carácter técnico, así como carteras de proyectos para lograr el uso sustentable del agua.

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

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

Superficie afectada. Los eventos que afectan grandes superficies son considerados con mayor importancia.

Superficie física regada. Superficie que al menos recibió un riego en un periodo de tiempo definido.

Sustentabilidad ambiental. Proceso de cambio en el cual la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y la evolución institucional se hallan en plena armonía y promueven el potencial actual y futuro de atender las aspiraciones y necesidades humanas.

Tarifa. Precio unitario establecido por las autoridades competentes para la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y saneamiento.

Tirante. Elevación de la superficie del agua sobre un punto en el terreno.

Tormenta tropical. Categoría del ciclón tropical que alcanza después de ser depresión tropical.

Unidad de Riego. Área agrícola que cuenta con infraestructura y sistemas de riego, distinta de un distrito de riego y comúnmente de menor superficie que aquel puede integrarse por asociaciones de usuarios u otras figuras de productores organizados que se asocian entre sí libremente para prestar el servicio de riego con sistemas de

gestión autónoma y operar las obras de infraestructura hidráulica para la captación, derivación, conducción, regulación, distribución y desalojo de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola.

Uso. Aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de ese recurso.

Uso ambiental o uso para conservación ecológica. El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema.

Uso consuntivo. El volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo.

Uso doméstico. La aplicación de agua nacional para el uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa, en términos del Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Uso en acuacultura. La aplicación de aguas nacionales para el cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas.

Uso industrial. La aplicación de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como el agua que se utiliza en parques industriales, calderas, dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aún en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación.

Uso pecuario. La aplicación de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprenda la transformación industrial no incluye el riego de pastizales.

Uso público urbano. La aplicación de agua nacional para centros de población y asentamientos humanos, a través de la red municipal.

Uso agrícola. La aplicación de agua nacional para el riego destinado a la producción agrícola y la preparación de ésta para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

Valor esperado. Es el daño promedio ocasionado por la ocurrencia de un evento.

Vaso de lago, laguna o estero. El depósito natural de aguas nacionales delimitado por la cota de la creciente máxima ordinaria.

Volumen no sustentable. Cantidad de agua, superficial o subterránea, que se extrae artificialmente afectando las fuentes naturales de abastecimiento.

Volumen potencial. Volumen de agua que aporta la implementación de una medida.

Volumen sustentable. Cantidad de agua, superficial o subterránea, que se extrae artificialmente sin afectar las fuentes naturales de abastecimiento.

Vulnerabilidad. Factor interno del riesgo de un sujeto, objeto o sistema, expuesto a la amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado.

Zona de disponibilidad. Para fines del pago de derecho sobre el agua, los municipios de la República Mexicana se encuentran clasificados en nueve zonas de disponibilidad. Esta clasificación está contenida en la Ley Federal de Derechos.

Zona de protección. Faja de terreno inmediata a las presas, estructuras hidráulicas y otra infraestructura hidráulica e instalaciones conexas, cuando dichas obras sean de propiedad nacional, en la extensión que en cada caso fije “la Comisión” o el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para su protección y adecuada operación, conservación y vigilancia, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de la Ley de Aguas Nacionales.

Zona de reserva. Áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, en las cuales se establecen limitaciones en la explotación, uso o aprovechamiento de una porción o la totalidad de las aguas disponibles, con la finalidad de prestar un servicio público, implantar un programa de restauración, conservación o preservación o cuando el Estado resuelva explotar dichas aguas por causa de utilidad pública.

Zona de veda. Aquellas áreas específicas de las regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o acuíferos, en las cuales no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente y éstos se controlan mediante reglamentos específicos, en virtud del deterioro del agua en cantidad o calidad, por la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o por el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

Zona federal. Fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias.

Zona reglamentada. Áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, que por sus características de deterioro, desequilibrio hidrológico, riesgos o daños a cuerpos de agua o al medio ambiente, fragilidad de los ecosistemas vitales, sobre explotación, así como para su reordenamiento y restauración, requieren un manejo hídrico específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica.

NOTA: El glosario es una compilación de diversas fuentes, principalmente del Diario Oficial de la Federación y CONAGUA.

Supervisores Técnicos:

Ing. Rafael Sanz Ramos

Comisión Nacional del Agua

M.I. Jorge Hilario González Cuevas

Facultad de Ingeniería Culiacán

Autores Facultad de Ingeniería-UAS:

Dr. Fernando García Páez

M.I. Magnolia Soto Félix

Facultad de Ingeniería Culiacán

Colaboradores:

GTD del Consejo de Cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa

Colaborador CONAGUA:

MC. José Carlos Douriet Cárdenas

Colaboradores UAS:

Ing. Simón Rene Ávila López

Ing. Antonio de Jesús Castro Rivera

Ing. Francisco Javier López Varelas

Ing. Jorge Ernesto Acosta Riestra

Ing. Maricela Sánchez Olivas

Ing. Rafael Alonso López López