



**CONSEJO DE CUENCA DEL
RÍO COATZACOALCOS**

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA



Universidad Veracruzana



PRONACOSE
Programa Nacional Contra la Sequía

Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) en la Cuenca del río Coatzacoalcos

Autores:

Dr. Juan Cervantes Pérez (Coordinador)

M. en G. Beatriz Elena Palma Grayeb

M. en C. Rosa Elena Morales Cortés

M. en C. Paulo César Parada Molina

Lic. en Geog. María Gabriela Parada Molina

Ing. Carlos López Badillo

LCA Oscar Manuel Santiago

*Programa Nacional Contra la Sequía
(PRONACOSE)*

CONSEJO DE CUENCA DEL RÍO COATZACOALCOS

Diciembre de 2014

CONTENIDO

1. Presentación	1
2. Antecedentes	2
3. Objetivos del Plan y Principios	6
4. Caracterización de la Cuenca del Río Coatzacoalcos	7
4.1 Generales	7
4.1.1 Ubicación	7
4.1.2 Delimitación	7
4.1.3 Fisiografía	9
4.1.3.1 Parámetros físicos.....	9
4.1.3.2 Otras características de las cuencas que forman el Consejo de Cuenca	10
4.1.3.2.1 Uso de suelo	10
4.1.3.2.2 Textura del suelo	11
4.1.3.2.2.1 Aspectos geológicos	11
4.1.3.2.2.2 Aspectos edafológicos	12
4.1.3.2.3 Condiciones climáticas y estaciones meteorológicas e hidrométricas	13
4.1.3.2.3.1 Tipos de clima	13
4.1.3.2.3.2 Fenómenos hidrometeorológicos extremos	15
4.1.3.2.3.3 Estaciones meteorológicas e hidrométricas	16
4.1.3.2.3.4 Población y actividad productiva	17
4.1.3.2.3.4.1 Dinámica de poblamiento	17
4.1.3.2.3.4.2 Actividades productivas	18
4.1.4 Recursos naturales	21
4.1.4.1 Renovables	21
4.1.4.1.1 Áreas naturales protegidas y bosque	21
4.1.4.1.2 Viento	21
4.1.4.1.3 Radiación solar	22
4.1.4.1.4 Productos de agricultura	25
4.1.4.2 No renovables	26
4.1.5 Oferta y demanda de agua	26
4.1.5.1 Aguas superficiales	26
4.1.5.2 Aguas subterráneas	26
4.1.6 Balance hídrico	29
4.1.7 Reutilización del agua tratada desde las plantas de tratamiento	29
4.1.7.1 Presas de almacenamiento y derivadoras	29
4.1.7.2 Servicios de agua potable	31
4.1.7.3 Usos del agua	32
4.1.7.3.1 Público urbano	32
4.1.7.3.2 Agrícola	32
4.1.7.3.3 Industrial	33
4.1.8 Demografía y economía	33
4.1.8.1 Movilidad	33
4.1.8.2 Fecundidad y mortalidad	34
4.1.8.3 Índice de Desarrollo Humano	34

5. Estructura del GDT	36
6. Sequía	37
6.1 Análisis histórico de sequías	37
6.2 Caracterización de la precipitación	38
6.2.1 Ciclo anual de precipitación	38
6.3 Caracterización de la sequía meteorológica	39
6.3.1 SPI	41
6.3.2. SPI y mecanismos moduladores	44
6.4 Ecurrimientos	70
6.4.1 Ciclo anual	71
6.4.2 Anomalías anuales	72
6.5 Monitor de sequía	73
6.6 Medidas implementadas durante la sequía del 2011	75
7. Análisis de la vulnerabilidad	77
7.1 Metodología (2013)	79
7.1.1 Grado de exposición (Factor 1)	79
7.1.2 Sensibilidad (Factor 2)	79
7.1.3 Capacidad de adaptación (Factor 3)	80
7.1.4 Índice global de sequías	80
7.1.5 Cálculo global del grado de vulnerabilidad, en función de algunas de sus componentes (factores) más importantes	80
7.2 Resultados del análisis de vulnerabilidad	81
7.3 Análisis de la vulnerabilidad a la sequía (ambiental, social y económica) (2014).....	83
8. Medidas contra la sequía	92
9. Líneas de acción para mejorar las aplicaciones del PMPMS	96
9.1 Diagnóstico, declaración y levantamiento de la sequía	96
9.2 Información asociada a los efectos de la sequía	96
9.3 Fuentes de agua	97
9.4 Legislación	97
10. Síntesis del Plan	98
11. Bibliografía	108
12. Lista de acrónimos	111

1. Presentación

Como continuidad al desarrollo del Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía en el Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos (etapa 2) se presenta esta versión actualizada en lo referente a la evaluación de la vulnerabilidad. Se presentan algunos resultados de investigaciones sobre el SPI y la evaluación de la canícula como evaluadores de la condición de sequía meteorológica.

En el primer punto, la sequía repercute negativamente en los diferentes sectores sociales y económicos del país, pero sobre todo en los sectores más vulnerables, como son los habitantes de las poblaciones rurales marginadas y los productores del campo. Esta condición conduce a considerar aspectos como son la vulnerabilidad económica, ambiental y social.

La postura teórica parte de considerar a la vulnerabilidad en función del grado de exposición, la sensibilidad y su capacidad de adaptación. La metodológica lo hace en función de considerar las formas en que la naturaleza se relaciona con la dinámica poblacional y el cuidado del medio ambiente mediante la consideración de los posibles desfases, entre la disponibilidad del recurso agua y las necesidades del uso del recurso por parte de la población y de los sectores vinculados con el desarrollo de la cuenca hidrológica. Así, en esta segunda etapa el aspecto más importante ha sido la evaluación de las vulnerabilidades mencionadas anteriormente.

Se añaden también algunos resultados relativos al SPI y a la canícula, en cuanto a su evaluación en este Consejo de Cuenca.

Así, en el marco del Programa Nacional contra la Sequía (PRONACOSE) se actualizó el Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) del Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos, el cual se sustenta en estudios técnicos prospectivos, el análisis y conocimiento de la problemática regional y en un proceso participativo de los actores involucrados en la gestión del agua.

El Programa de Medidas se concibe como un instrumento participativo, normativo y adaptativo. Su integración se logró con la participación de todos los actores que están involucrados en la administración, manejo y gestión de los recursos hídricos de la región, pero es ambicioso al involucrar a otros sectores administrativos y de gestión relacionados con actividades relacionadas con la conservación y manejo del agua. Por lo anterior, los objetivos y acciones señaladas en el Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) del Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos requieren una revisión, evaluación y adaptación periódica, conforme la experiencia, técnicas y conocimientos permitan mitigar los efectos de este fenómeno.

Comisión Nacional del Agua
Organismo de Cuenca Golfo-Centro
Xalapa, Veracruz, año 2014

2. Antecedentes

El 11 y 15 de marzo del año 2013, la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Convención de Naciones Unidas contra la Desertificación (UNCCD), se manifestaron para que haya un reconocimiento mundial del problema de las sequías y la adopción de unas líneas de acción y medidas prácticas plasmadas en la declaración final de la reunión.

En esa reunión se reconoció que la sequía causa la muerte y el desplazamiento de más personas que los ciclones tropicales, las inundaciones y los terremotos juntos, en consecuencia es el peligro natural más destructivo del mundo y que en la mayor parte de los países se carece de políticas eficaces sobre la sequía.

La urgencia por abordar el problema se resume en los puntos siguientes:

- P 1: Reconociendo que las sequías son un fenómeno natural que ha afectado el género humano desde sus orígenes y que se está agravando a causa del cambio climático.
- P 2: Teniendo en cuenta las interrelaciones entre las sequías, la degradación de las tierras y la desertificación, y las graves consecuencias de estos fenómenos en muchos países.
- P 3: Reconociendo el papel de ONU (Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación CLD), de acuerdo con su mandato, disposiciones y principios, concretamente los previstos en las Partes II y III de la Convención, de contribuir en la lucha contra la sequía y la desertificación.
- P 4: Observando que las sequías tienen graves consecuencias económicas a corto y largo plazo cada vez más inmediatas en ciertos sectores económicos (la agricultura, la ganadería, la pesca, los recursos hídricos, la industria, la producción de energía y el turismo).
- P 5: Preocupados por los efectos de la variabilidad del clima y del cambio climático, la probable modificación de las pautas de las sequías (frecuencia, gravedad y duración), lo que aumentará más aún el riesgo de que se produzcan pérdidas humanas, económicas y ambientales.
- P 6: Haciendo hincapié en que hacer frente al cambio climático puede contribuir a reducir la agravación de las sequías, y que requiere medidas acordes con los principios y disposiciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- P 7: Teniendo en cuenta que la desertificación, la degradación de las tierras y las sequías son retos globales para el desarrollo sostenible;
- P 8: Reconociendo que son insuficientes las políticas para una gestión adecuada de la sequía y una preparación proactiva en muchas naciones y que es necesario reforzar la cooperación internacional para gestionar las sequías y adquirir resiliencia.
- P 9: Reconociendo igualmente la necesidad urgente de que los países gestionen las sequías eficazmente y hagan frente mejor a sus efectos medioambientales, económicos y sociales.
- P 10: Reconociendo que para afrontar mejor las sequías, los países necesitan entender la necesidad de estrategias mejoradas de gestión de riesgos y de elaborar planes de preparación para reducir los riesgos derivados de las sequías.

Bajo estas premisas, los gobiernos deben mostrar disposición para enfrentar este problema, por lo que se han señalado acciones a realizar:

PD 1: Alentamos a todos los gobiernos del mundo a formular y aplicar políticas nacionales de gestión de la sequía que sean coherentes con sus leyes, condiciones, capacidades y objetivos de desarrollo nacionales, y se orienten, entre otros, hacia los siguientes elementos:

- Diseñar medidas proactivas de planificación y prevención de las sequías y de mitigación de sus efectos, gestión de riesgos, promoción de la ciencia, tecnología apropiada e innovación, sensibilización del público gestión de los recursos como elementos clave de una política nacional eficaz sobre la sequía.
- Promover una mayor colaboración para reforzar la calidad de las redes de observación y sistemas de suministro locales, nacionales, regionales y mundiales.
- Mejorar la sensibilización del público con respecto a la sequía, así como su preparación en caso de sequía.
- Examinar, en la medida de lo posible dentro del marco jurídico de cada país, los instrumentos económicos y las estrategias financieras, incluidos los mecanismos de reducción, repartición y transferencia del riesgo en los planes de gestión de la sequía.
- Crear planes para el socorro de emergencia basados en la gestión adecuada de los recursos naturales y en la autoayuda en los niveles de gobernanza apropiados.
- Vincular los planes de gestión de la sequía a las políticas locales y nacionales de desarrollo.

PD 2: Instamos a la OMM, la CLD y la FAO, y otros organismos, programas y otras partes interesadas, a que ayuden a los gobiernos, a formular políticas nacionales de gestión de la sequía y a aplicarlas.

PD 3: Instamos a los países desarrollados a que asistan a los países en desarrollo, con los medios de ejecución encaminados a la formulación y aplicación globales de las políticas nacionales sobre la sequía de acuerdo con los principios y las disposiciones de la CLD;

PD 4: Instamos a que se promueva la cooperación internacional para fomentar las políticas sobre la sequía en los países en desarrollo.

PD 5: Invitamos a la OMM, la CLD y la FAO a que actualicen los documentos sobre Ciencia y Política, teniendo en cuenta las recomendaciones formuladas en la reunión de alto nivel de políticas nacionales sobre la sequía, y lo distribuyan a todos los gobiernos para que lo examinen antes de su finalización.

Entre las acciones inmediatas, cada país debe considerar llevar a cabo una reunión de expertos para elaborar un compendio de las mejores prácticas en materia de política nacional contra la sequía entre cuyos objetivos pueden estar:

- Promover enfoques homogéneos para evaluar la vulnerabilidad y el impacto.
- Implementar sistemas eficaces de monitoreo y alerta temprana.
- Mejorar la prevención y mitigación
- Implementar la respuesta de emergencia y las medidas de alivio que refuerzan la Política Nacional de la Sequía.
- Comprender el costo de la inacción
- Reducir las pérdidas económicas y sociales
- Aliviar la pobreza afectadas por la sequía en las regiones del mundo a través de un enfoque integrado de la gestión de la sequía
- Cambiar el paradigma de lo reactivo a lo proactivo (gestión de crisis a gestión de riesgo)

Para el caso de nuestro país en particular, en los años 2011-2012 se registró la sequía más severa desde 1941 en el norte y centro de México. Ante este tipo de eventos, nuestro país ha actuado tradicionalmente con un enfoque reactivo consistente en programas emergentes de asistencia después de una sequía:

- Abastecimiento de agua y alimentos,
- financiamiento e indemnización,
- proyectos o infraestructura de apoyo, etc.

En enero de 2012 el Presidente de México ordenó la formulación del Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE) el cual será diseñado y liderado por la Comisión Nacional del Agua

(CONAGUA). Entre los puntos claves del discurso enunciado por el Presidente de la República, el 10 de enero de 2013 en Zacatecas, están:

*“Una ... medida que quiero anunciar aquí, en Zacatecas, es la creación de un Programa Nacional Contra la Sequía, cuyo principal componente será, primero, el **alertamiento**, ..., y segundo, la **actuación temprana** para prever, prevenir y actuar oportunamente ante eventuales contingencias climatológicas que vayan a afectar a la población y la productividad del campo.*

*Para este propósito, ... la CONAGUA ..., **en coordinación** con las otras dependencias del Gobierno de la República se tenga muy claro **cuáles son las acciones de carácter preventivo** que deberán permitirnos tomar **decisiones oportunas, para prevenir y mitigar** los efectos de la sequía.*

*... CONAGUA **acuerde con las autoridades locales** los programas y acciones necesarias para atender **condiciones particulares en cada entidad** del país...”*

Así, destacan las acciones y medidas del programa:

1) El PRONACOSE incluye:

Prevención	Mitigación
<ul style="list-style-type: none"> •Estimar recursos, •Definir acciones, •Construir organización 	<ul style="list-style-type: none"> •Reducir impactos en gente, bienes, infraestructura, actividades; así como en el ambiente.

2) El PRONACOSE mejora:

Pronóstico, Alerta temprana y difusión de datos

- Compilación y análisis de datos: hidrométricos, climáticos, de presas.
Localización y etapas de sequía
- Difusión de información sobre sequía para guiar la implementación de acciones.

3) El PRONACOSE exhorta:

- A una mejor coordinación federal, estatal y municipal (programas y recursos conjuntos).
- Involucramiento de usuarios del agua (información, reducción voluntaria, eficiencias).

4) El PRONACOSE promueve:

- Un plan de sequía en cada uno de los 26 Consejos de Cuenca en el país (Diseñado e implementado por ellos: autoridades y usuarios con base en las características locales de cada región)
- Planes para los principales Usuarios de Agua (Acciones específicas para: Organismos Operadores, Distritos de Riego, Parques industriales)

5) El PRONACOSE se llevará a cabo localmente:

- Los usuarios de agua y las autoridades dentro de cada Consejo de Cuenca definirán puntos detonantes y características de las acciones acordadas, con base en la información sobre la evolución de la sequía provista por la CONAGUA.
- Al comienzo del programa se espera que un abanico o menú de diversas acciones voluntarias que generen importantes economías de agua, pero eventualmente podrían necesitarse acciones obligatorias, con la colaboración de la sociedad.

6) El seguimiento del PRONACOSE se hará a través de:

- Una Comisión Intersecretarial /conformada por 14 dependencias federales: SEMARNAT, SEGOB, SEDENA, SEMAR, SHCP, SEDESOL, SENER, SAGARPA, SCT, SSA, SEDATU, CFE y CONAGUA, y
- un Comité de Expertos que estarán a cargo de revisar, informar, enriquecer y apoyar.

Entre los objetivos de los Planes de Sequía en Consejos de Cuenca, las acciones a llevar a cabo son:

ANTES	DURANTE	DESPUÉS
•Diseñan acciones para reducir vulnerabilidad	•Implementan dichas medidas	
•Establecen estructura de coordinación para sequía		
		•Evalúan para mejorar plan y restauran condiciones

Para llevar a cabo la aplicación del PRONACOSE a nivel regional, se plantean los siguientes retos:

- Principal activo para enfrentar un fenómeno natural recurrente: Adopción, por usuarios de agua y 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.
- Consideración de las sequías en un escenario de cambio climático, como línea base para Plan Nacional de desarrollo y marco para un nuevo Sistema Nacional de Protección Civil.
- Fondo para reducir la vulnerabilidad de México ante sequías. Una opción: acceso a fondos mundiales de adaptación al cambio climático.
- Una estrategia de comunicación en sequía desde el comienzo es fundamental para aceptar las acciones, y evaluar el éxito o la falla del programa.

Entre los objetivos de México para prevenir y mitigar las consecuencias de este fenómeno están:

- Garantizar la permanencia de la planeación y de la implementación a futuro.
- Lograr permanente involucramiento de la sociedad con el desarrollo y ejecución de las acciones.
- Reducir la vulnerabilidad ante sequías como la piedra angular de la estrategia mexicana para la adaptación al cambio climático, de conformidad con la Ley General de Cambio Climático (LGCC) y la Ley de Aguas Nacionales (LAN).

La elaboración y ejecución del PRONACOSE no se limita a un periodo señalado, de tal forma que las recomendaciones para más allá de 2018 son:

- Deberá estar completa la primera fase de planeación (2013) del Programa.
- Evaluar la ejecución 2014-2016.
- Un nuevo ejercicio (2017) de planeación y el lanzamiento de los correspondientes planes (mejorados) para 2018 en adelante, tanto para cuencas como para usuarios principales.

Con fuerte apoyo de gobernanza, un nuevo Sistema Nacional de Protección Civil, apoyado por los mecanismos e instrumentos de la LGCC y la LAN.

3. Objetivos del Plan y Principios.

Con el fin de atender las instrucciones presidenciales, el Dr. David Korenfeld Federman, Director General de la Comisión Nacional del Agua, el día 14 de febrero de 2013, dio inicio del Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE), manifestando que su objetivo es la planeación anticipada de acciones tanto preventivas como correctivas para atender los efectos derivados de la sequía, e instruyó al personal de la CONAGUA para que se inicien las acciones que conllevan al cumplimiento del PRONACOSE.

Como parte de la estrategia se están elaborando Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de Sequía (PMPMS) en los 26 Consejos de Cuenca en los que se ha dividido al país, los cuales al conjuntarse darán forma al PRONACOSE.

Bajo esta perspectiva, el presente documento plantea los siguientes objetivos para el Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos:

1. Formar un Grupo Técnico Directivo en el Consejo de Cuenca que dará seguimiento a la elaboración, ejecución y mejora del PMPMS.
2. Describir de manera general la región que comprende la cuenca del Río Coatzacoalcos, en aspectos físicos (climas presentes, zonas de vegetación, tipos de usos de suelo, geología, etc.); hídricos (subcuencas, ríos, disponibilidad, oferta, demanda, etc.); sociales y económicos (habitantes, poblaciones, empleo, pueblos indígenas, etc.
3. Hacer un análisis histórico de las sequías en la región. Tanto con fuentes indirectas (hechos históricos, relatos, etc.) como por el análisis directo de índices de sequía.
4. Realizar un análisis de la vulnerabilidad de la región a la sequía a través de diversos factores que incluyen variables hidroclimatológicos, sociales y económicos.
5. Trabajar con los usuarios del agua en la región para realizar propuestas directas y/o indirectas de prevención y/o mitigación que formen parte del programa.
6. Proponer protocolos para Declaración y Finalización de la Sequía
7. Hacer propuestas para tener un mejor conocimiento y seguimiento de la sequía, y en consecuencia, de las acciones a tomar en las diferentes etapas.

Como se ha señalado y se remarca, el objetivo principal del PMPMS es garantizar el suministro de agua a la población humana.

4. Caracterización de la cuenca del Río Coatzacoalcos

4.1 Generales

4.1.1 Ubicación

La cuenca del río Coatzacoalcos forma parte de la Región Hidrológica número 29, ubicada en la denominada Llanura Costera del Golfo de México limitada al sur por La Sierra Madre del Sur y al norte por la Cuenca del río Papaloapan. En la Figura 4.1 se muestra la localización geográfica del consejo de cuenca, la cual se realizó con los archivos metadatos que se encuentran en la página web¹ del Programa Nacional Contra la Sequía.



Figura 4.1 Región Hidrológica Administrativa X que comprende los Consejos de Cuenca de los ríos Tuxpan al Jamapa, Papaloapan y Coatzacoalcos. Fuente: www.pronacose.gob.mx

4.1.2 Delimitación

Esta cuenca tiene un área calculada en 23,956 km² que representa el 1.2% de la superficie total de la República Mexicana y comprende territorialmente 32 municipios, de los cuales 9 pertenecen al Estado de Oaxaca y 23 a Veracruz (Figuras 4.2 y 4.3). En la tabla 4.1 se presenta el porcentaje de los Estados de Oaxaca y Veracruz que conforman esta cuenca.

¹ <http://www.pronacose.gob.mx/>

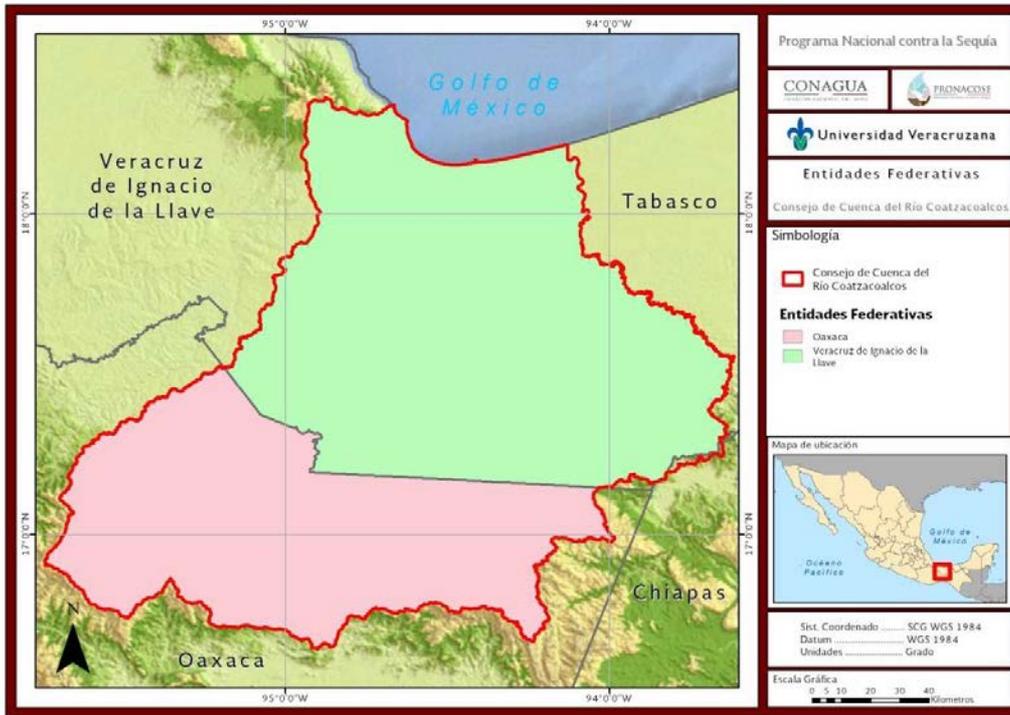


Figura 4.2. Entidades Federativas que conforman el Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos. Fuente: www.pronacose.gob.mx

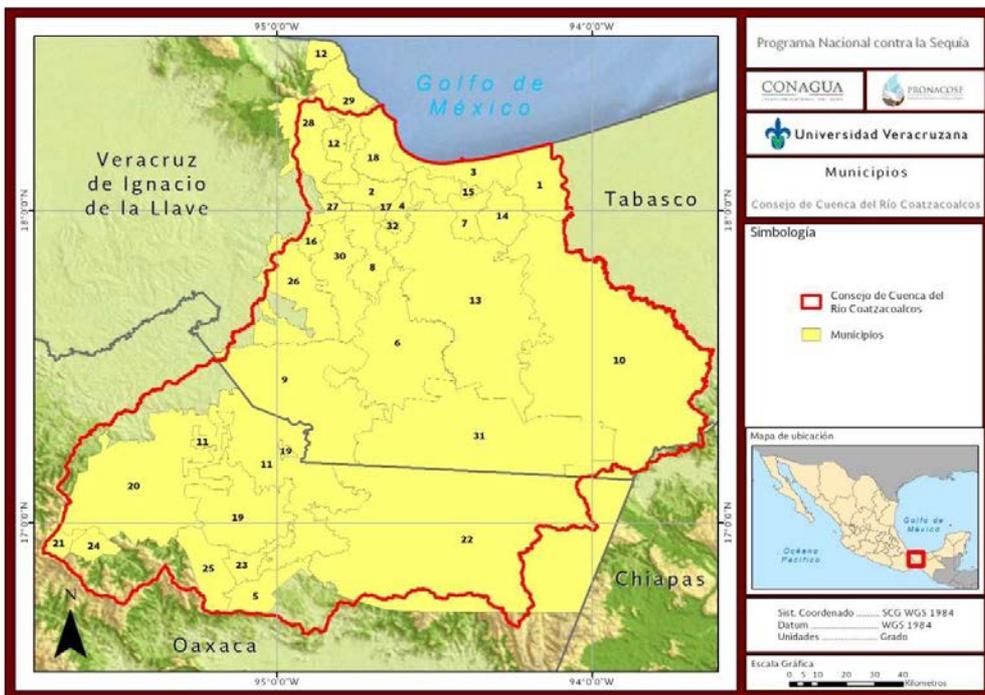


Figura 4.3 Municipios que conforman el Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos. Fuente: www.pronacose.gob.mx

Tabla 4.1 Áreas de las entidades federativas en el Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos

Entidad Federativa	Porcentaje correspondiente
Oaxaca	10,31%
Veracruz	0,18%

Fuente: www.pronacose.gob.mx

4.1.3 Fisiografía

4.1.3.1 Parámetros físicos

Por la importancia que tienen los parámetros morfométricos como indicadores de la respuesta hidrológica de una cuenca y de su funcionamiento como recolector de lluvia, en este apartado se proporcionan los parámetros correspondientes a la subcuencas que conforman el Consejo de cuenca de Coatzacoalcos (RH29Aa, RH29Ab, RH29Ac, RH29Ad, RH29Ae, RH29Af, RH29Ag, RH29Ah, RH29Ba, RH29Bb, RH29Bc, RH29Bd, RH29Be, RH29Bf, RH29Bg, RH29Bh, RH29Bi, RH29Bj, RH29Bk, RH29Bl, RH29Bm), la importancia de esta información estriba en el hecho de que la forma y el tamaño de una cuenca son condicionantes del volumen de escurrimiento y del caudal máximo. En la Tabla 2 se ejemplifica una de estas subcuencas y en el Anexo C se proporcionan los parámetros físicos del resto de las subcuencas.

Tabla 4.2 Parámetros físicos-morfométricos de la subcuenca del río Coatzacoalcos

Morfometría	Valor del parámetro	Indicador
Área (km ²)	6 116.09	Muy grande
Forma	Exorreica	Punto de salida: mar
Densidad de drenaje (km/km ²)	1.4269	Cuencas con drenaje pobre: alrededor de 0.5 Cuencas bien drenadas: alrededor de 3.5
Orden de las corrientes	S/d	
Sinuosidad de las corrientes	0.0241838	S menor o igual a 1.25 indica baja sinuosidad

Fuente: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/index.html#

Por otra parte, aspectos como la pendiente de la cuenca, la pendiente del cauce y el desnivel en el cauce son aspectos que influyen en los escurrimientos superficiales, por ello en la Tabla 3 se proporcionan estos valores para el caso del río Coatzacoalcos y en el Anexo C se proporcionan los datos para las demás subcuencas.

Tabla 4.3 Parámetros físicos-relieve de la subcuenca del río Coatzacoalcos

Relieve	Valor del parámetro
Pendiente media	20.79 %
Pendiente del cauce principal	10.113 %
Desnivel en el cauce principal	S/d
Longitud total del cauce principal	4410 m

4.1.3.2 Otras características de las cuencas que conforman el CC

Características como uso del suelo, su textura, la ubicación de poblados y ciudades, aparte de configurar el paisaje regional, son factores que contribuyen en el comportamiento del escurrimiento superficial y en la capacidad de infiltración del agua que llueve en una cuenca, la cual tiene un rol importante dentro del diseño, dimensión y operación de obras hidráulicas.

4.1.3.2.1 Uso de suelo

En la cuenca se desarrollan actividades agrícolas (de temporal y/o de riego), el cultivo de pastos y el desarrollo de pastos inducidos, entre otras más, como la actividad industrial-portuaria, la extracción del petróleo, las cuales resultan factores de riesgo para el deterioro de las riquezas bióticas y físicas de la región, dado que favorecen la pérdida de sus suelos productivos, por lo que sería recomendable mantener acciones que conlleven al ordenamiento de su territorio y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de las subcuencas para mantener el desarrollo equilibrado de la región y la producción de sus suelos.

De la información disponible en INEGI (2010) la región del Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos no experimenta erosión que sea apreciable (Figura 4.4).

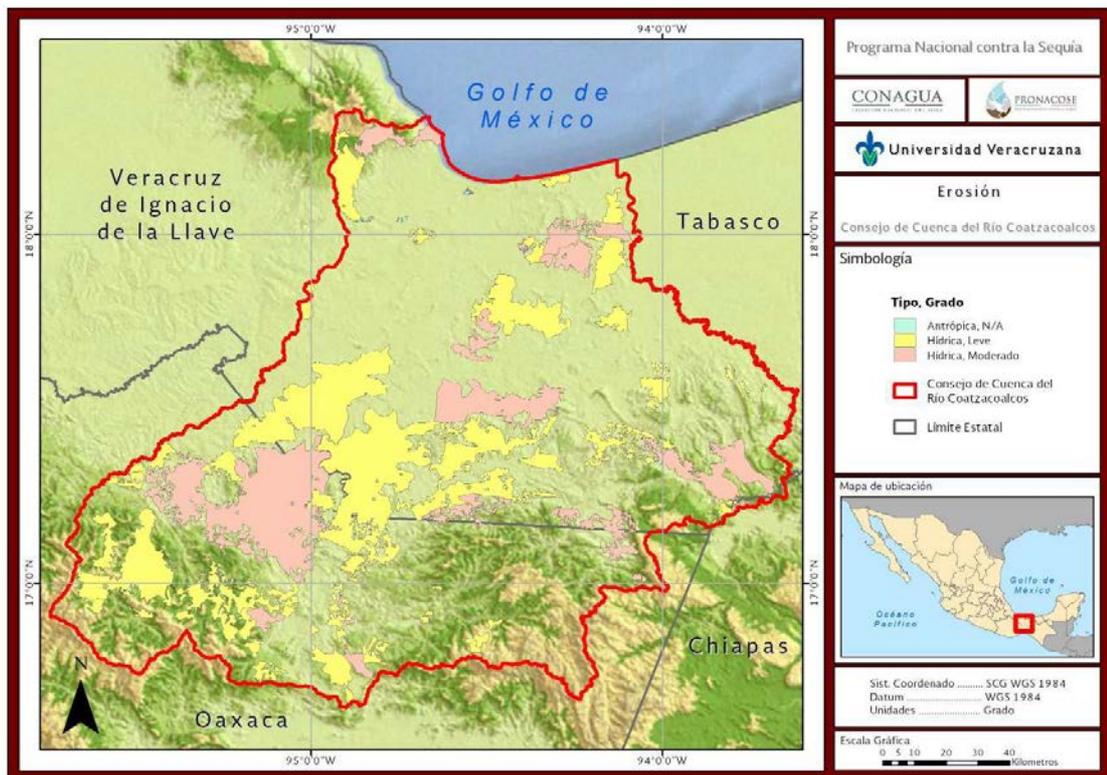


Figura 4.4 Erosión. Fuente INEGI.

De acuerdo a Medina *et al.*, (2010) los suelos pueden ser considerados dentro de los recursos naturales más importantes del planeta, por su productividad. De ahí que, la realización de prácticas agrícolas y pecuarios adecuadas sean un factor importante para el aseguramiento de tal riqueza, sin embargo, el problema de crecimiento poblacional desordenado y la inseguridad alimentaria de las regiones son entre otras más, causa de su pérdida. En la figura 4.5 se muestran las áreas donde se encuentran suelos de tipo Luvisol, Litosol y Planisol los cuales corresponden a los tipos de suelo susceptibles a procesos erosivos.

Si bien, se han llevado a cabo acciones para salvaguardar tales riquezas, mediante acuerdos entre la petroquímica, la SEMARNAT y el Gobierno del Estado para la elaboración de por ejemplo el Ordenamiento Ecológico de la Cuenca Baja del río Coatzacoalcos (mayo de 2004) y en materia de protección ambiental, las actividades productivas -como la agrícola y ganadera- son agentes que favorecen la erosión de los suelos.

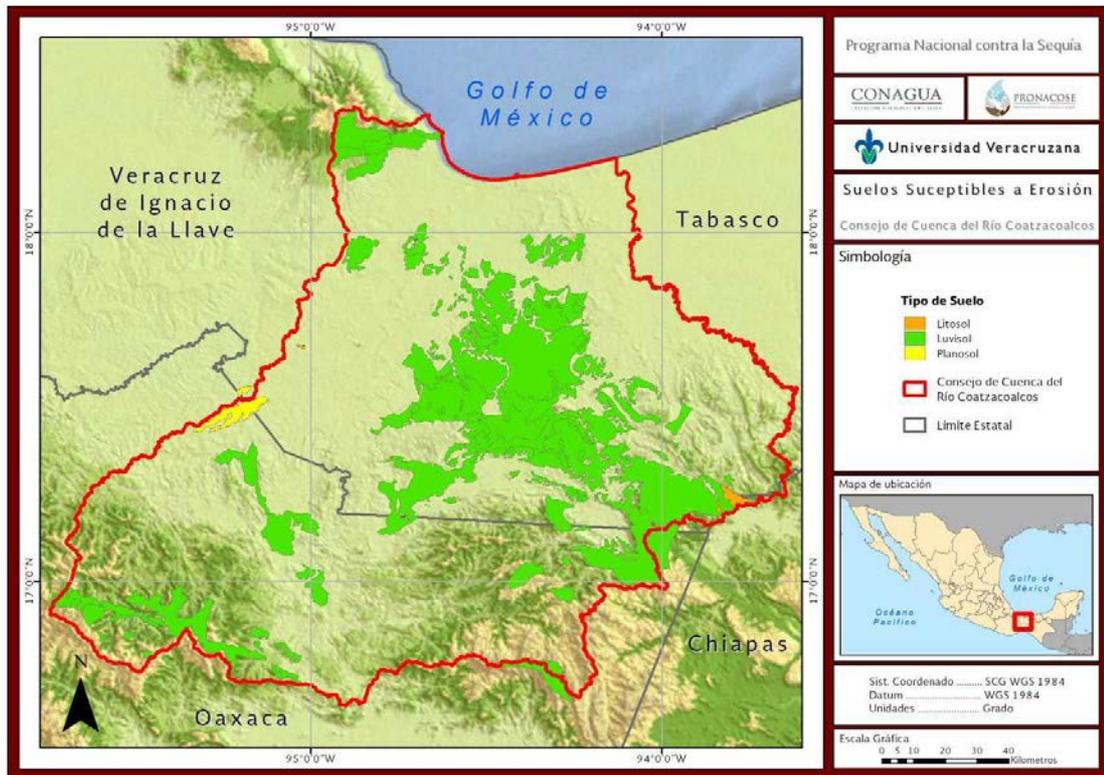


Figura 4.5. Áreas de ubicación de suelos de tipo Luvisol, Litosol y Planisol en la cuenca.

4.1.3.2.2 Textura del suelo

En esta apartado se proporcionan las características geológica y edafológicas de la región de estudio, con el fin de caracterizar aspectos físicos que tiene relación con los escurrimientos asociados a la circulación del agua proveniente de la precipitación que circula sobre y bajo la superficie del suelo, y que llega a una corriente para su drenaje hasta la salida de la cuenca.

4.1.3.2.2.1 Aspectos geológicos

En la cuenca del río Coatzacoalcos afloran tres unidades de tipos de rocas bien diferenciadas, las cuales corresponden a tres ambientes distintos que se aglutinan por su edad y origen. De esta manera, de la unidad más reciente a la más antigua, se identifican ambientes de depósitos fluviales junto con los depósitos eólicos de ambiente costero del cuaternario y con una posición cronoestratigrafía más antigua, se tiene a los sedimentos del Mioceno, junto con sedimentos del Jurásico que afloran en una superficie muy pequeña. Los depósitos cuaternarios recientes de origen fluvial son aportados por las cuencas de las corrientes del río Coatzacoalcos y río Uxpanapa; estos ríos desembocan y desbordan en las tierras bajas de las planicies de inundación, enriqueciéndolas con los sedimentos del aluvionamiento. A su vez, la sedimentación renovada de tales depósitos retroalimentan el proceso de hundimiento del terreno en esta porción de la cuenca. Los depósitos cuaternarios recientes de origen eólico consisten de sedimentos de playas y cordones litorales de

playas antiguas que son re-elaboradas por los vientos, principalmente con las tormentas de los Nortes, propiciando el avance de los campos de dunas tierra adentro. El manto de arenas llega en ocasiones a extenderse hacia la porción continental hasta unos 6 km, pero con capas y láminas de arena con espesores delgados menores al metro, que cubren la topografía baja del paisaje (figura 4.6).

La unidad de rocas de los depósitos sedimentarios del Mioceno y Jurásico, de origen marino-costero en proceso de denudación, consiste de una secuencia de arenas y lutitas sedimentadas en un ambiente de mares de aguas someras y del litoral; esto se deduce de las características de textura, empaque, y arreglo/disposición, de las cuales se puede interpretar que su acumulación ocurrió en un régimen sujeto a los vaivenes de eventos transgresivos y regresivos de la línea de costa durante largos periodos de tiempo. Posteriormente, al finalizar el Mioceno y en el transcurso del Plioceno y del Pleistoceno, estos sedimentos emergieron en forma de un amplio bloque o pilar debido a la acción de una tectónica de compresión que formo pliegues suaves, mismos que, aunados a la presencia de domos de sal y de arcilla, terminan por elevar el terreno. En la tabla 4.4 se presenta la descripción de la geología de la cuenca.

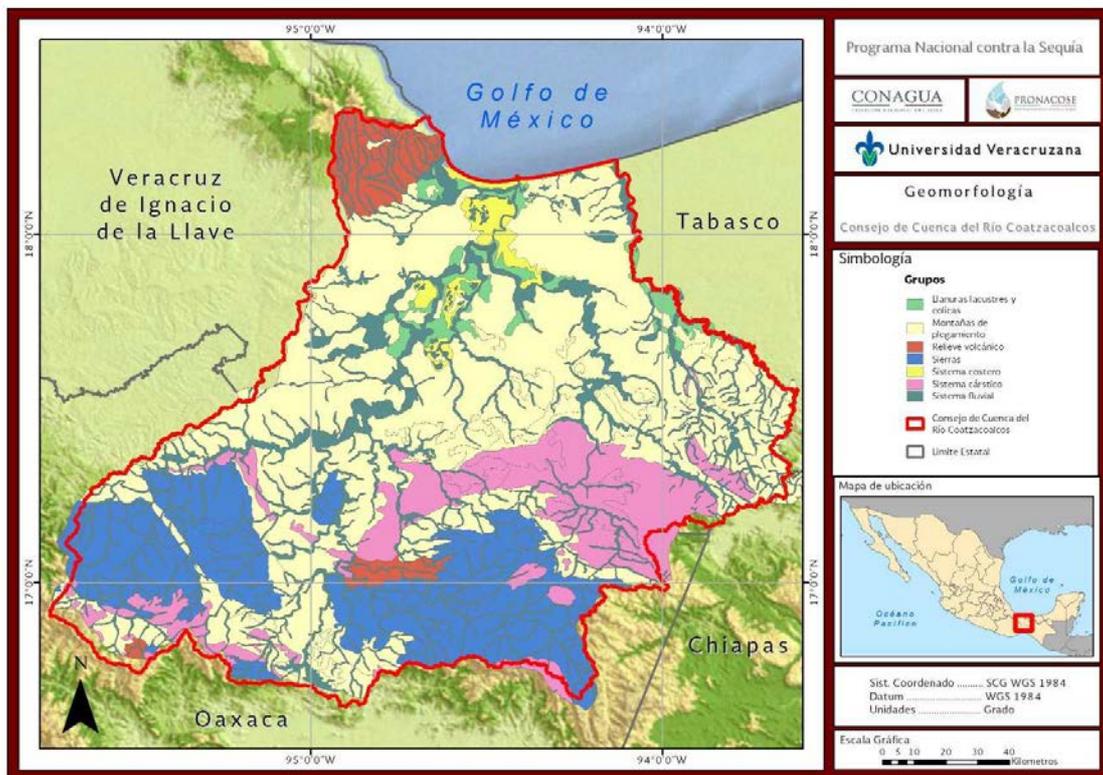


Figura 4.6 Geomorfología de la cuenca del río Coatzacoalcos. Fuente: www.pronacose.gob.mx

4.1.3.2.2.2 Aspectos edafológicos

Los tipos de suelo de la cuenca del río Coatzacoalcos se muestran en la figura 4.7 y en ella se observa que se presentan 16 tipos.

Tabla 4.4 Descripción geológica de la cuenca del río Coatzacoalcos

	Cenozoico superior volcánico (mioceno a reciente). Rocas volcánicas (lavas, brechas y tobas). Principalmente basálticas y andesíticas. Permeabilidad media a alta (localizada).
	Cenozoico, mesozoico y paleozoico intrusivo. Rocas intrusivas graníticas, granodioritas y doleritas. Permeabilidad baja (localizada).
	Cretácico medio e inferior. Terciario (península de Yucatán). Rocas sedimentarias marinas predominantemente calcáreas (calizas y areniscas). Permeabilidad alta (localizada).
	Cretácico superior. Rocas sedimentarias marinas predominantemente arcillosas (lutitas, limolitas y calizas arcillosas). Permeabilidad baja (localizada).
	Mesozoico, paleozoico y precámbrico. Rocas metamórficas: esquistos, cuarcitas y gneiss. Permeabilidad baja (localizada).
	Pleistoceno y reciente. Terrazas marinas, gravas, arenas y limos. Depósitos aluviales y lacustres. permeabilidad media a alta (generalizada)
	Terciario marino. Lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados. Permeabilidad baja a alta (generalizada).
	Triásico-jurasico. Limolitas arcillo arenosas, areniscas y conglomerados limo arcillosos. Permeabilidad baja (localizada).

Fuente: www.pronacose.gob.mx

4.1.3.2.3 Condiciones climatológicas y estaciones meteorológicas e hidrométricas

4.1.3.2.3.1 Tipos de clima

El clima que más predomina en la cuenca es el del tipo cálido húmedo (Am), el cual cubre el 50.47% de la superficie total y donde la temperatura media anual es mayor de 22°C con una temperatura del mes más frío mayor de 18°C. La precipitación del mes más seco es menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.

En segundo lugar con un área cubierta del 16.96% lo ocupa el clima cálido húmedo A(f) con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.

En un 10.66% de la superficie existe semicálido húmedo del grupo C: (A)C(m); temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias de verano, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Clima Cálido húmedo Am(f), se puede observar en la parte baja de la cuenca donde cubre una superficie del 9.87% de toda la cuenca, ahí se tiene lluvia todo el año y una temperatura media anual mayor de 25°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. La precipitación del mes más seco es menor de 60 mm, las lluvias son de verano con un porcentaje de precipitaciones invernales mayor al 10.2% del total anual.

En una porción de la parte alta de la cuenca y en la zona del río Huazuntlán que cubre una superficie del 7.91% registra un clima cálido subhúmedo (Aw2) con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

En las figuras 4.8 y 4.9 se muestra la distribución de las temperaturas mínima y máxima anuales en la cuenca del río Coatzacoalcos. Esta distribución se relaciona en buena medida con la hipsometría de la zona, pero en general se distinguen dos regiones o zonas con base en la distribución: la costera y la interior. La segunda se ubica sobre una zona relativamente más alta, por lo que la temperatura es menor que en la zona cercana a la costa.

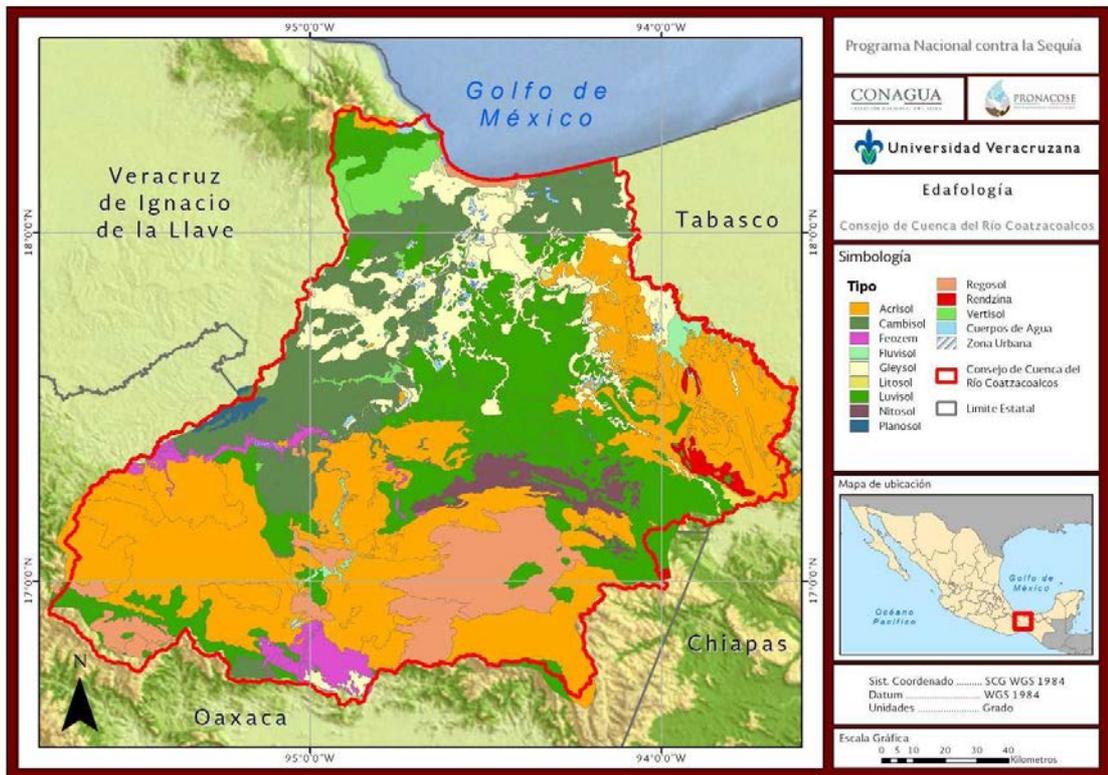


Figura 4.7 Edafología en la Cuenca del río Coatzacoalcos. Fuente: www.pronacose.gob.mx

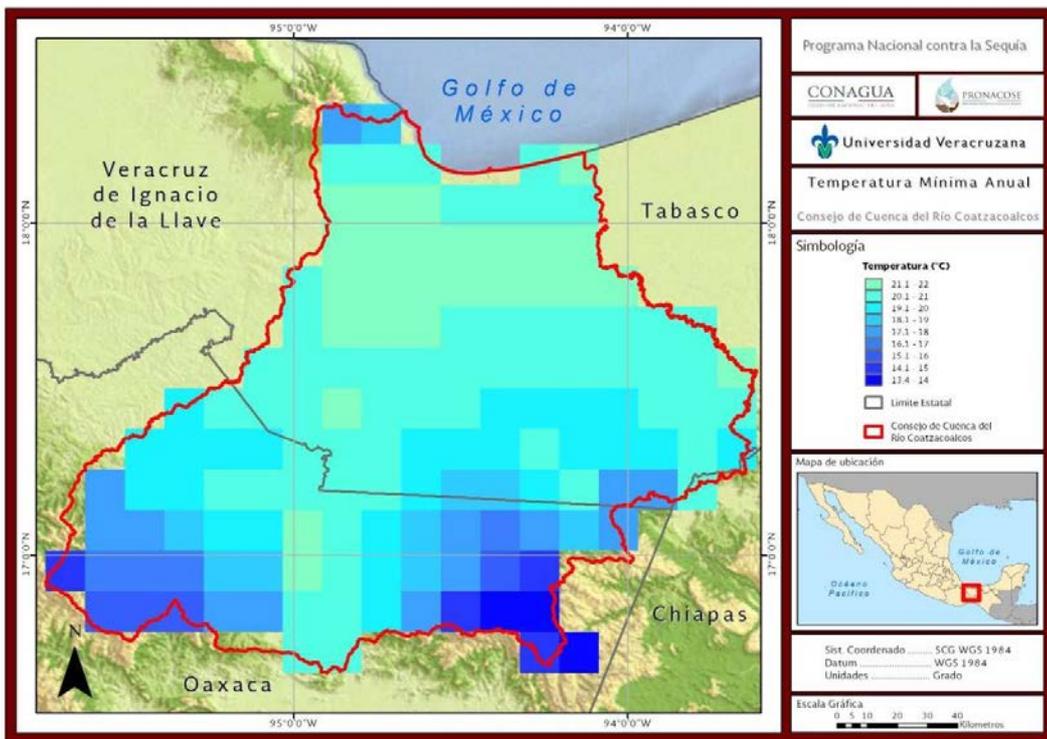


Figura 4.8 Temperatura mínima anual. Fuente: www.pronacose.gob.mx.

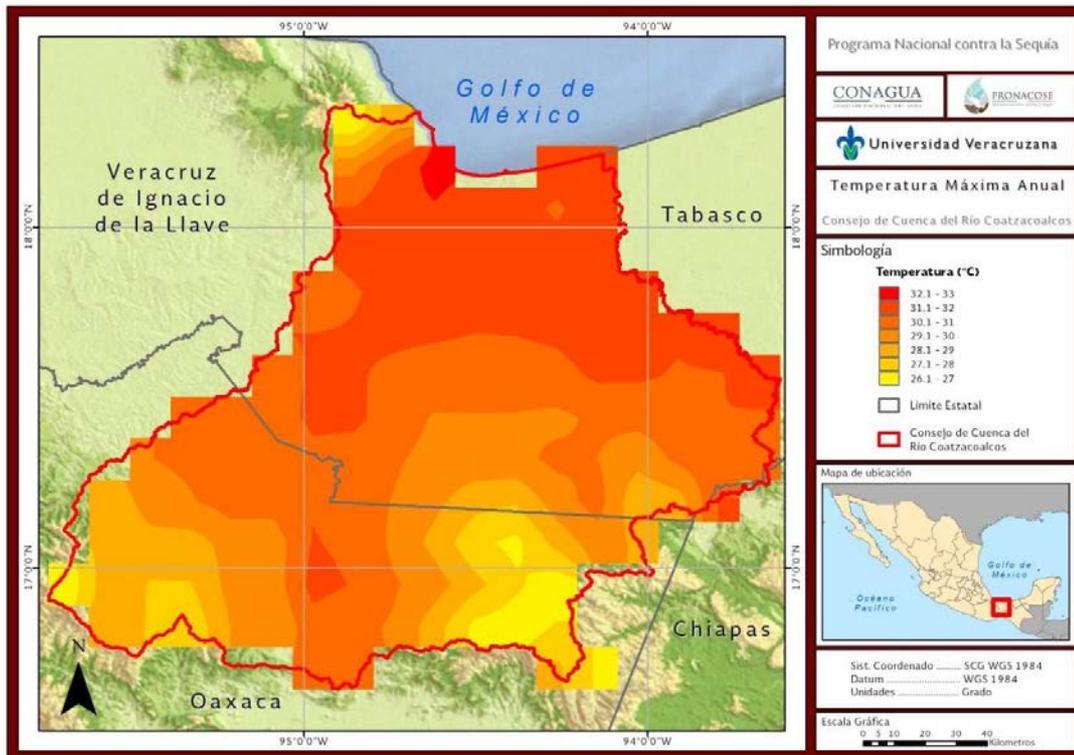


Figura 4.9 Temperatura máxima anual. Fuente: www.pronacose.gob.mx

La precipitación media anual es de 2,450 mm, superior al promedio nacional de 777 mm (Figura 4.10). Las precipitaciones más elevadas se presentan en las zonas norteñas contiguas a la Laguna del Ostión (donde llegan a oscilar entre 3,000 y 4,000 mm). Todas las subcuencas formadas por las áreas de drenaje de los afluentes del Río Coatzacoalcos, están sujetas a un régimen muy intenso de lluvias, dando lugar a muy altos coeficientes de escurrimiento (hasta 80% y posiblemente mayores).

4.1.3.2.3.2 Fenómeno hidrometeorológicos extremos

Las constantes inundaciones que se registran en la parte baja de la cuenca se deben principalmente a la continua presencia de ondas tropicales o ciclones y a que no existen suficientes obras de control. La cuenca del río Coatzacoalcos es considerada una de las cinco con mayor incidencia de inundaciones, lo que provoca que esta zona sea considerada de alto riesgo.

La frecuencia con que se presenta este fenómeno es anual con fuerte impacto en las zonas urbanas e industriales de Minatitlán y Coatzacoalcos principalmente.

En la Tabla 4.5 se presenta los sistemas ciclónicos que durante el periodo 1851-2011 presentaron una trayectoria que ingreso al área correspondiente al consejo de cuenca del Río Coatzacoalcos.

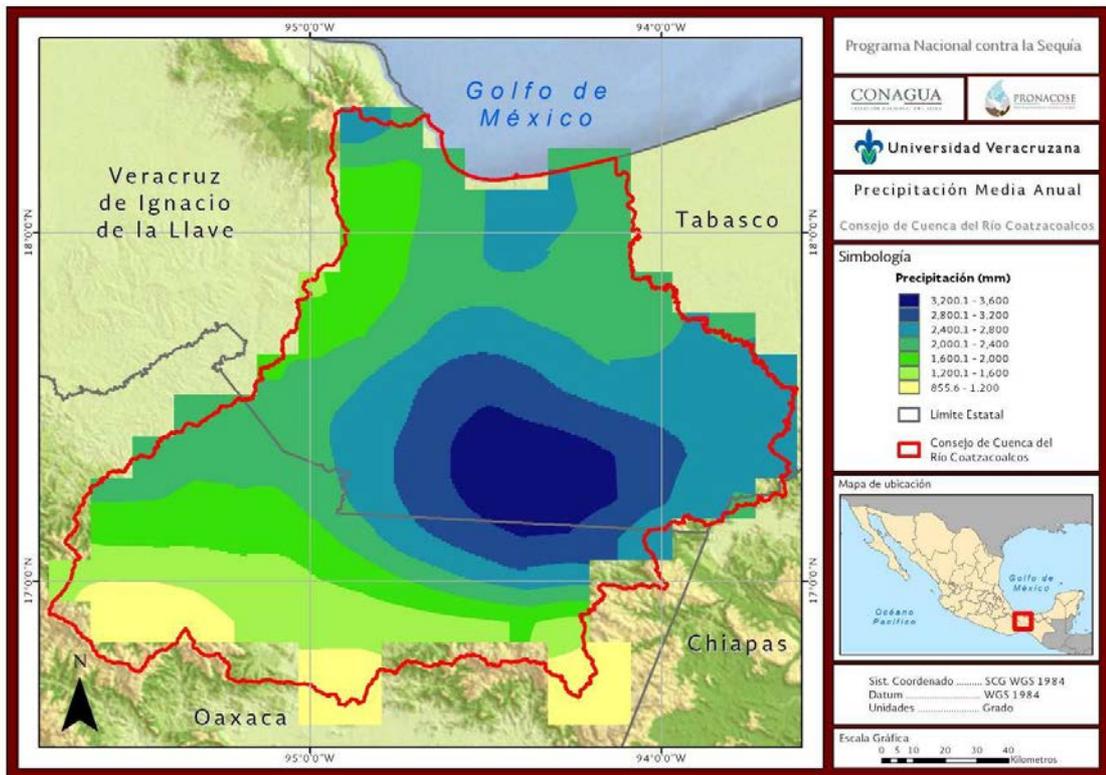


Figura 4.10. Precipitación media. Fuente: www.pronacose.gob.mx

Tabla 4.5 Lista de ciclones tropicales que han impactado la región desde 1851

Nombre	Categoría	Mes inicio	Año
Sin nombre	Depresión tropical	octubre	1902
Sin nombre	Tormenta tropical	octubre	1923
Sin nombre	Huracán	septiembre	1944
Fifí	Depresión tropical	septiembre	1974
Larry	Depresión tropical	octubre	2003
Félix	Huracán	agosto	2007

Fuente: NOAA, 2004 (actualizado a noviembre 2011, PECCUV)

4.1.3.2.3.3 Estaciones meteorológicas e hidrométricas

La región cuenta con una red de estaciones climatológicas convencionales (que se han vuelto estaciones meteorológicas por la frecuencia con la que transmiten la información) e hidrométricas como se muestra en la Figura 4.19.

Seis estaciones son hidrometeorológicas, es decir, monitorean tanto el agua superficial como las variables meteorológicas, y tres son estaciones climatológicas

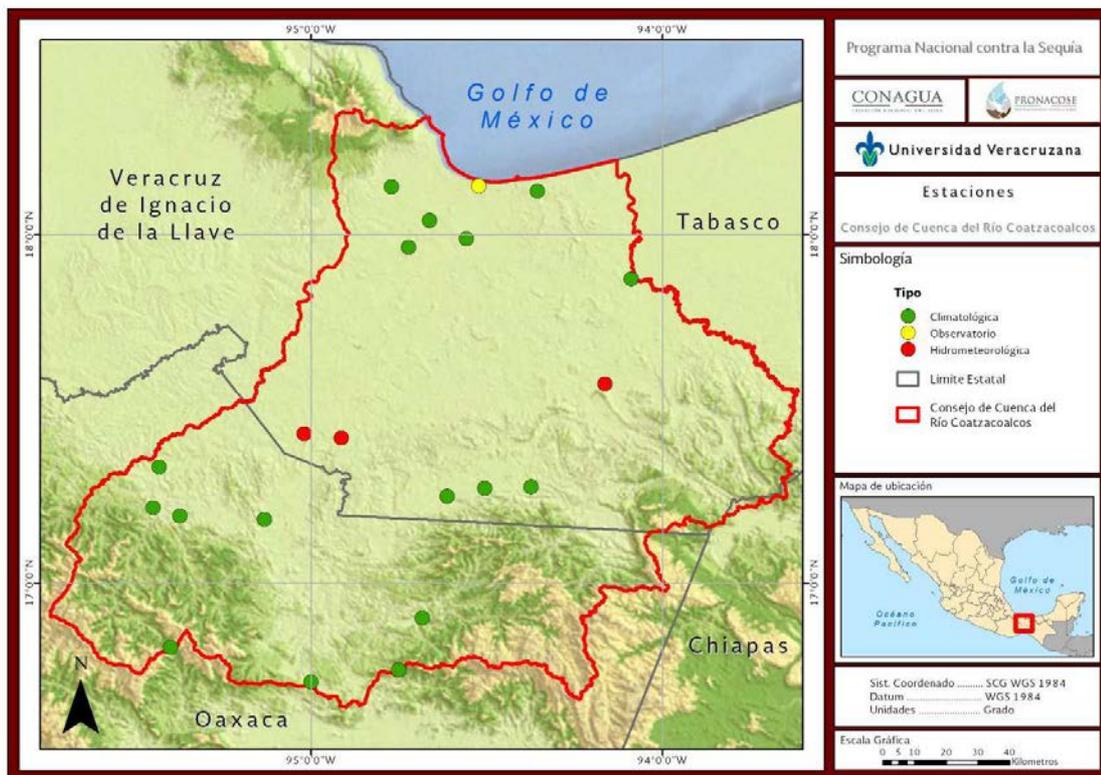


Figura 4.11 Red de estaciones hidrometeorológicas y climatológicas convencionales en la cuenca del río Coatzacoalcos. Fuente: OCGC

El 75% de dicha red requiere de una rehabilitación inmediata, y en su caso, se requiere ampliar la red. La figura 11 muestra las localidades que componen la red de estaciones hidrometeorológicas y climatológicas convencionales en la cuenca del río Coatzacoalcos.

4.1.3.2.4 Población y actividades productivas

En 2012 se publicó el libro titulado *Recomposiciones territoriales en el Istmo de Tehuantepec, México. Dinámica del poblamiento, movilidad y sistemas de actividades en el sur de Veracruz*; en el cual se analiza la problemática territorial, demográfica, productiva, ambiental y política de la región (Quesnel, A. *et. al*, 2012). Del texto se retoma la información referente a los aspectos demográficos y productivos de la región correspondiente al istmo veracruzano y oaxaqueño.

4.1.3.2.4.1 Dinámica de poblamiento

De acuerdo a los autores antes mencionados, la dinámica está relacionada con las políticas que al paso del tiempo han ido estableciendo los diversos modelos económicos y las reformas agrarias tendientes al impulso de la producción agrícola principalmente para el abastecimiento de las ciudades, favoreciendo con ello el asentamiento de la población en ejidos y la colonización agrícola.

Lo anterior permite articular el paisaje regional con la dinámica poblacional en la región de estudio, y vislumbrar la necesidad de instaurar talleres o programas en pro del ordenamiento ecológico territorial enfocado a la sustentabilidad regional por subcuenca.

Sobre el crecimiento poblacional del Istmo Veracruzano, Quesnel y Saavedra (2012) mencionan dos aspectos importantes:

De 1950 al 2000 la población se multiplicó por cinco al pasar de cerca de 312 mil habitantes a 1.54 millones, mientras que la porción oaxaqueña la población pasó de 183 mil a cerca de 660 mil habitantes. Este crecimiento se encuentra relacionado con “el mantenimiento de una fecundidad elevada hasta finales de los 80’s y por una inmigración importante ligada al desarrollo de la industria petrolera”.

En la figura 4.12 se observa el comportamiento creciente de la población durante el periodo 1950-2000, siendo este mucho mayor en la porción del Istmo de Veracruz

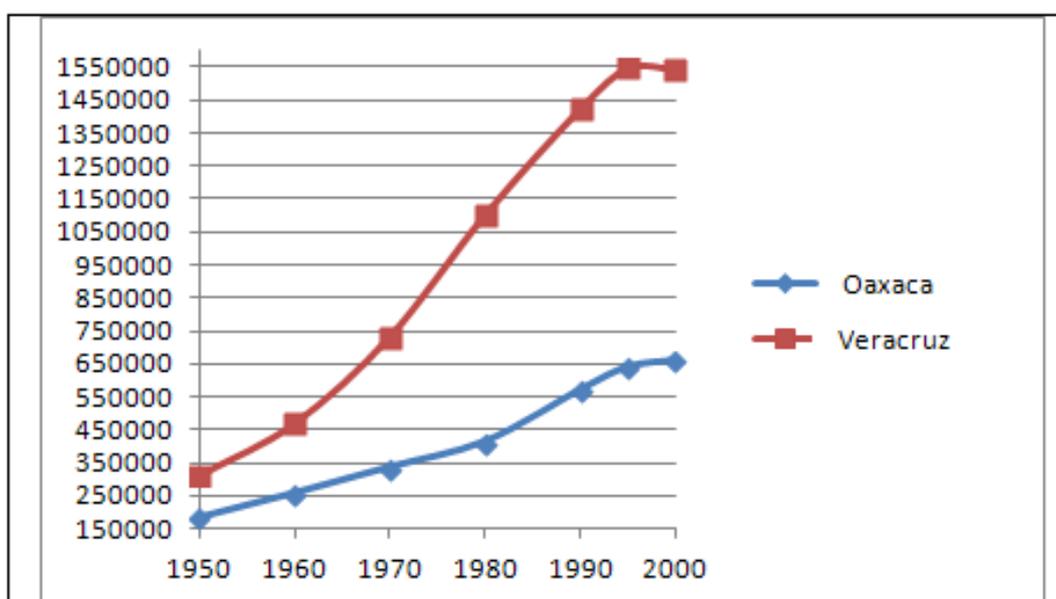


Figura 4.12 Población censal, 1950-2000

En cuanto a la organización urbana estos autores las diferencias de acuerdo a su historia y papel en dos tipos: ciudades agrocomerciales (Acayucan, Tuxtepec, San Andrés Tuxtla, Villa Isla) y ciudades petroleras (Coatzacoalcos-Minatitlán, Salina Cruz), en estas últimas las actividades petroleras han sido el eje de su dinámica poblacional de crecimiento. Como zonas metropolitanas, identifican a Acayucan, Coatzacoalcos y Minatitlán (Figura 4.13 y tabla 4.6).

4.1.3.2.4.2 Actividades productivas

De acuerdo a Tallet *et al.*, (2012) el sector agrícola mexicano a finales de los 80s presentó un marcado cambio por la liberación y apertura económica. Mencionan que “en el caso del sector agrícola la apertura de las fronteras comerciales que el alejamiento del estado del sector primario (salvo en el caso de la agricultura y la ganadería) tuvieron consecuencias graves en la producción de cereales y en los sectores de la carne y el azúcar”.

La figura 4.14 contiene una gráfica en la cual se puede observar el comportamiento decreciente de la participación porcentual de los sectores secundario y primario en el PIB de Veracruz durante el periodo 1970-2002.

La figura 4.15 muestra los sistemas de actividades dominantes actuales en la parte sur del estado de Veracruz dominando el paisaje áreas dedicadas a la actividad ganadera (con agricultura) en las que se ubican localidades con menos de 2500 habitantes.

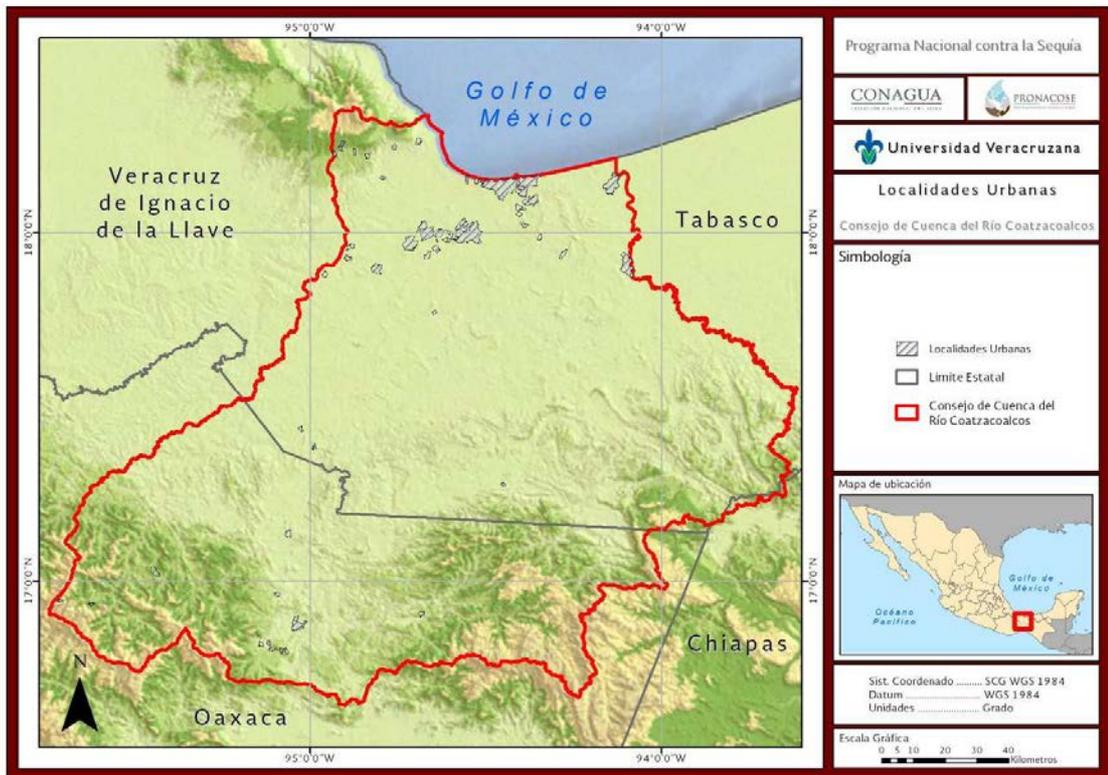


Figura 4.13 Localidades importantes en la cuenca del río Coatzacoalcos. Fuente: www.pronacose.gob.mx

Tabla 4.6. Localidades importantes en la Cuenca del río Coatzacoalcos

Acayucan	Huazuntlán	Poblado 10
Agua Dulce	Ixhuatlán del Sureste	Puerto Esmeralda
Allende	Jesús Carranza	Rincón Viejo
Buena Vista	Jáltipan de Morelos	San Juan Guichicovi
Chinameca	Lagunas	San Juan Mazatlán
Coacotla	Las Choapas	San Lucas Camotlán
Coatzacoalcos	Lomas de Barrillas	San Pedro Mártir
Colonia Benito Juárez	Mapachapa	Santa María Chimalapa
Colonia Lealtad	Matías Romero Avendaño	Santa María Petapa
Colonia Progreso	Mecayapan	Santiago Ixcuintepec
Cosoleacaque	Minatitlán	Santo Domingo Petapa
Cuichapa	Moloacán	Sayula de Alemán
El Barrio de la Soledad	Morelos	Soconusco
El Muelle (Gavián Norte)	Mundo Nuevo	Soteapan
El Naranjito	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	Suchilapan del Río
Estero del Pantano	Ocozotepec	Tatahuicapan
Fracionamiento Ciudad Olmeca	Oluta	Texistepec
Fracionamiento los Prados	Oteapan	Zaragoza
Hermenegildo J. Aldana	Pajapan	
Hidalgotitlán	Palomares	

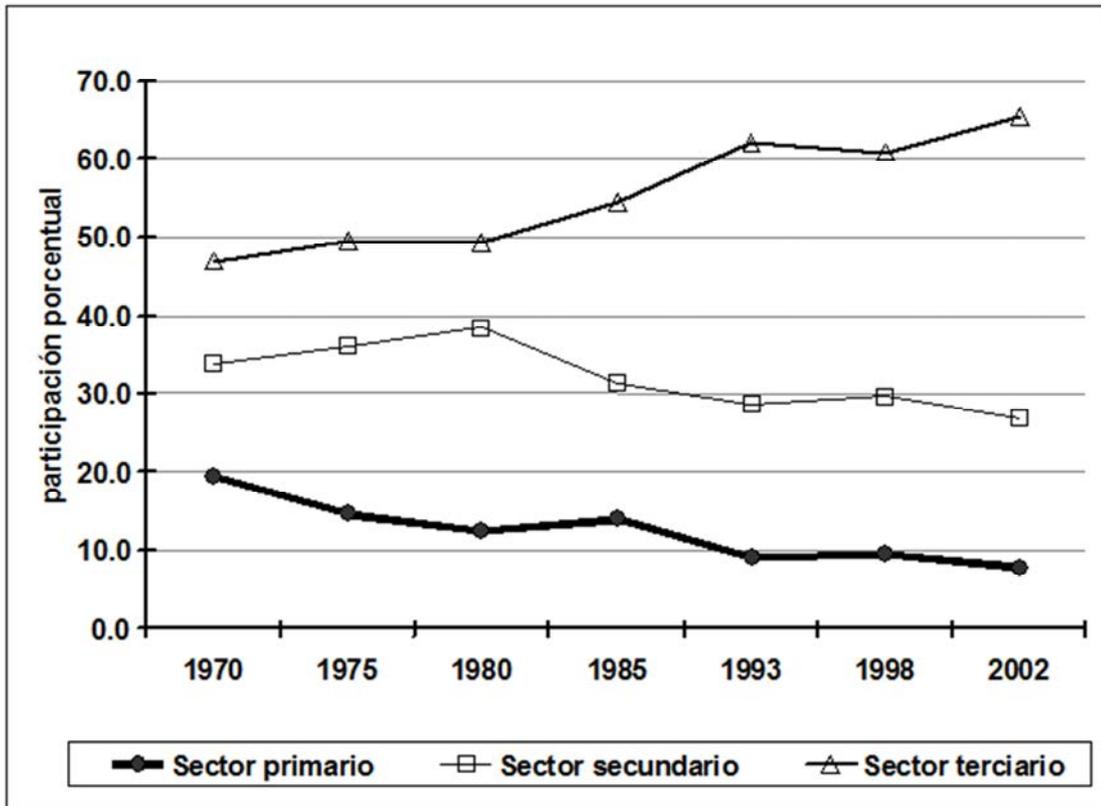


Figura 4.14 Participación de los sectores económicos en el PIB de Veracruz (en millones de pesos de 1993). Fuente: Tallet B. y C. Simonelli (2012).

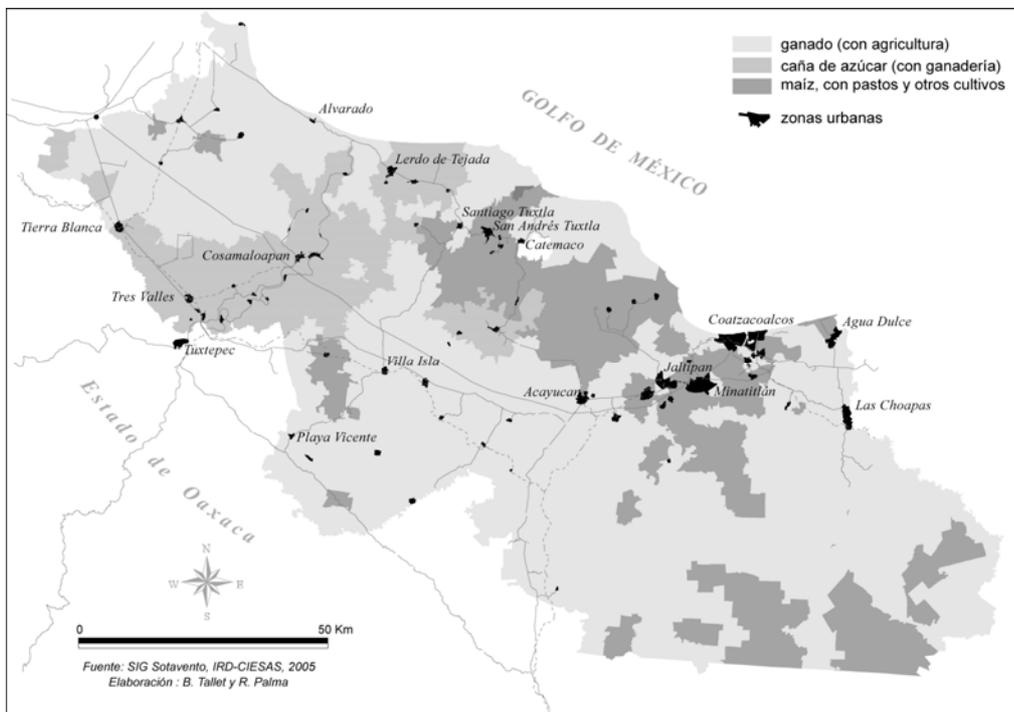


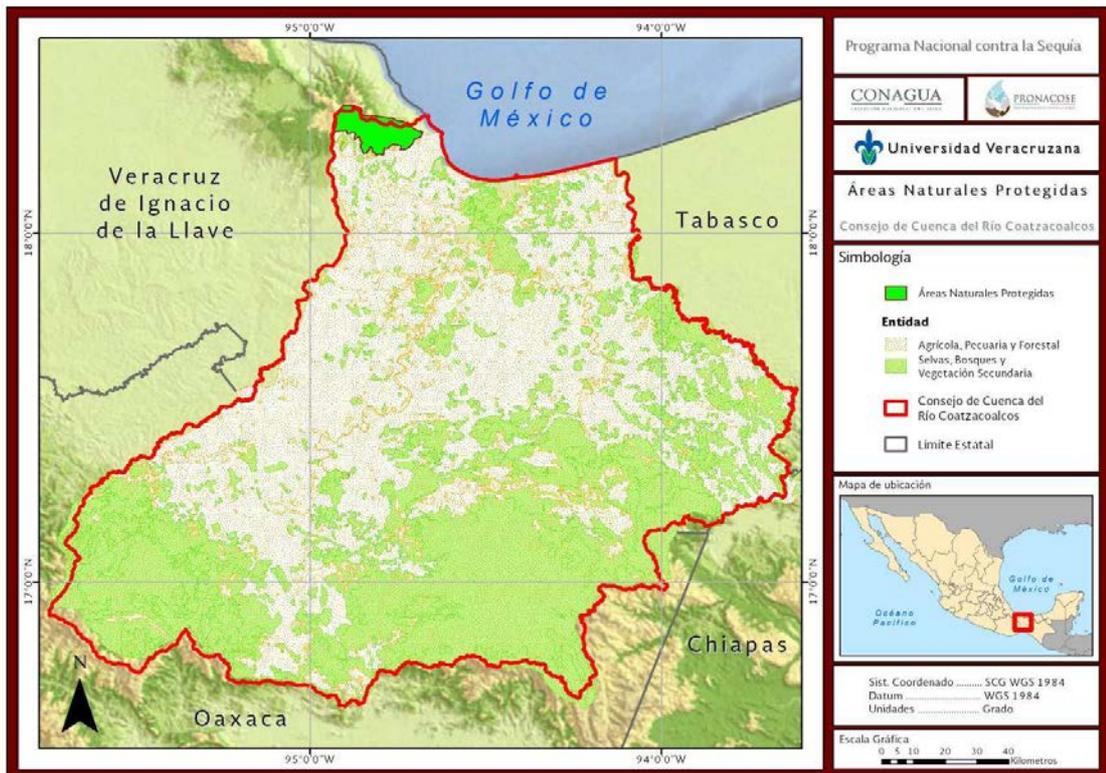
Figura 4.15 Los grandes sistemas de actividad en el sur de Veracruz. Fuente: SIG Sotavento, IRD-CIESAS, 2005. Elaborado por B. Tallet y R. Palma

4.1.4 Recursos Naturales

4.1.4.1 Renovables

4.1.4.1.1 Áreas naturales protegidas y bosque

Dentro de la cuenca del Río Coatzacoalcos se localiza el Área Natural Protegidas de Los Tuxtlas (Figura 16). Comparativamente con el uso del suelo agrícola, pecuario y forestal de acuerdo al INEGI (figura 4.16), la proporción de áreas naturales protegidas en la cuenca es mínima. Dentro del CC Coatzacoalcos se encuentra un área con bosque mesófilo de montaña en la zona correspondiente al estado de Oaxaca (figura 4.16).



Figuran 4.16 Áreas Naturales Protegidas Estatales en la cuenca del río Coatzacoalcos. Fuente: www.pronacose.gob.mx

4.1.4.1.2 Viento

En este apartado se proporcionan algunos de los resultados contenidos en el informe técnico elaborado (Tejeda y Palma, Coord., 1997) sobre la climatología de la zona seleccionada como alrededores de Coatzacoalcos, la cual comprende los 93° a los 96° longitud. W y de los 17° a los 19° latitud N. Los autores destacan las características siguientes:

- Las invasiones de aire frío que provocan nublados y lluvias ligeras, las cuales representan alrededor del 10% de la lluvia anual y la presencia de vientos intensos durante febrero y marzo, con intensidades de 70 a 80 km/h y en un 75 % con componentes entre noroeste y noreste.
- La caracterización de la primavera por una disminución de la frecuencia de invasiones de aire polar y la ganancia de terreno por parte del aire tropical, que paulatinamente va emergiendo del sur hacia el norte; mientras que en mayo, se tiene el desprendimiento de algún Norte poco profundo y poco severo, para junio ya se estableció el aire tropical.
- La presencia de la Sierra Madre Oriental la cual propicia el ascenso del aire húmedo provocando las

lluvias orográficas.

- El impacto del paso de las ondas del este (primer nivel de inestabilidad convectiva de los Alisios), las cuales muestran una frecuencia máxima entre agosto y septiembre, de manera que el efecto combinado de la orografía y las diversas formas de la circulación tropical hacen que para la región la lluvia veraniega (mayo-octubre) represente alrededor del 80% del anual.
- La posición y presencia del Anticiclón de las Bermudas a mitad de la estación de lluvias y su afectación sobre la vertiente del Golfo, impidiendo el desarrollo nuboso y manteniendo los cielos despejados, lo que vuelve a los días tan calurosos como los de mayo; dando lugar a la sequía relativa de medio verano, interestival o canícula. Por lo que las estaciones cercanas a la costa como Ángel R. Cabada y Coatzacoalcos tienen en promedio una sequía relativa del 17%, mientras que Las Perlas (tierra adentro) sólo del 6.6%; provocando que en Coatzacoalcos llueva un 17% de lo esperado en el período de verano.

Respecto a los vientos hacen mención que “del análisis de las rosas de viento de Coatzacoalcos, destaca la presencia de vientos del sur con una alta frecuencia a las 8 horas (posiblemente como producto de la brisa terrenal nocturna). Para los vientos dominantes, con presencia significativa de componentes del norte, se ve una ocurrencia significativa de norestes en los meses de julio y octubre”. Como datos de viento se muestra Tabla 7 la cual contiene la información de 1971-1979 contenidos en el informe, la cual les fue proporcionada por R. Saldaña, del Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Tabla 4.7 Vientos en Coatzacoalcos, Ver. (Período 1971-1979)

Mes	Vel. Med. (m/s)	Vel. Máx. (m/s)	Dir. Máx.	V. Dom. (m/s)	Dir. Dom.
Enero	2.8	25.5	NW	3.2	N
Febrero	3.4	40.3	NW	4.1	N
Marzo	2.9	33.5	N	3.4	N
Abril	2.9	34.7	NNW	3.4	N
Mayo	2.9	17.3	N	3.6	N
Junio	2.4	17.3	E	3.3	N
Julio	2.7	16.3	E	3.5	N
Agosto	3.1	14.3	SE	3.8	N
Septiembre	2.2	16.3	E	3.2	N
Octubre	2.7	21.4	N	3.2	N
Noviembre	2.8	23.5	NNW	3.4	N
Diciembre	2.8	24.0	N	2.6	N
Invierno	3.0	40.3	NW	3.6	N
Primavera	2.7	34.7	NNW	3.4	N
Verano	2.7	16.6	E	3.5	N
Otoño	2.8	24.0	N	3.1	N
Anual	2.8	40.3	NW	3.4	N

4.1.4.1.3 Radiación solar

El conocimiento de la cantidad de energía solar que llega a la superficie terrestre en una región determinada es un factor en el diseño de tecnologías que permitan transformarla en electricidad (Fotovoltaica) o en calor (termosolar) que puede ser utilizado a su vez para generar electricidad o para la producción de vapor.

Estas transformaciones tendrían impacto positivo en el desarrollo económico y sustentable de la región, considerando que con ellas se impulsaría: el ahorro de la energía en sectores residencial, agrícola, comercial e industrial; se favorecería el desarrollo industrial nacional a través de los fabricantes, los diseñadores de sistemas, su distribución e instalación de equipos y sistemas; y se disminuirían los impactos ambientales derivados de la quema de combustibles fósiles (CONAE, 2007).

De acuerdo a la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (CONAE) para el 2013 se proyectaba contar con energía fotovoltaica capaz de generar 14 GWh/año y para el 2012 se esperaba tener un crecimiento de más de 600 000 m² de calentadores solares.

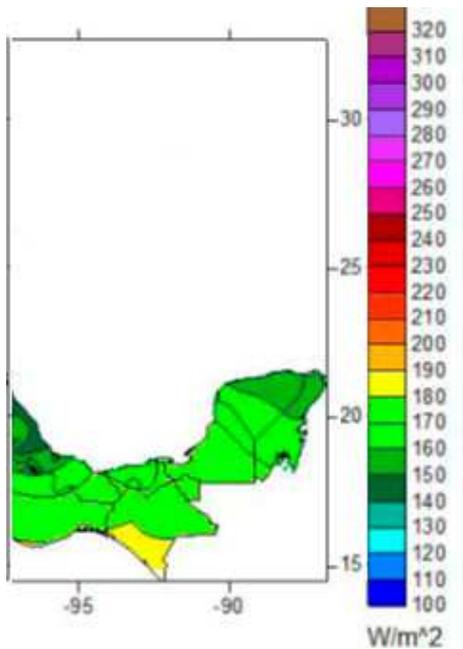
Por ello en este apartado se presentan los mapas base de radiación media mensual (Q_g en W/m²) elaborados por Tejeda et al., (2007) para enero, abril, julio y octubre. Los mapas fueron construidos considerando datos de las Normales Climatológicas del periodo 1971-2000 de 76 estaciones climatológicas en la República Mexicana; con el objetivo de generar escenarios de cambio climático al 2025 y al 2050 para el escenario socioeconómico A2.

En la figura 4.17 se muestran los mapas correspondientes a los meses representativos del año. De la figura se aprecia que en el escenario base en la primavera y el verano se han presentado los mayores valores de radiación global (220 a 230 W/m²) en la región correspondiente al CC, mientras que en el otoño y el invierno esta disminuye (160 a 170 W/m²).

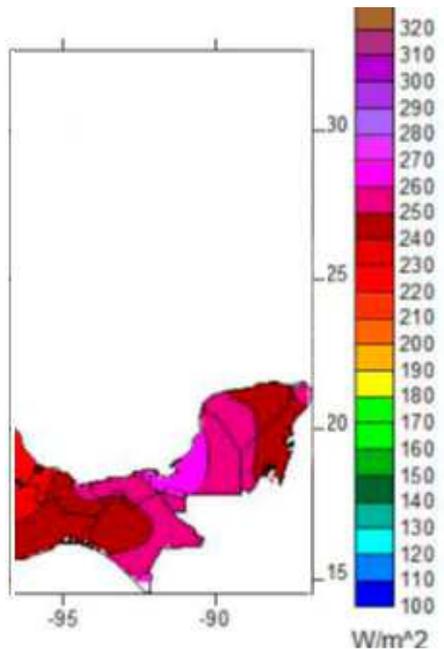
En cuanto a las proyecciones bajo condiciones de cambio climático para el 2025A2 y 2050A2, señalan que en algunas zonas del país los potenciales de disponibilidad de energía podrían incrementarse y en otras disminuir “siguiendo un comportamiento inverso al esperado para las precipitaciones, pero en ningún caso las anomalías esperadas –ni positivas ni negativas- rebasarían el 20%”.

Dentro de los resultados relacionados con zonas dentro del CC del Coahuila de Zaragoza, se rescata lo siguiente:

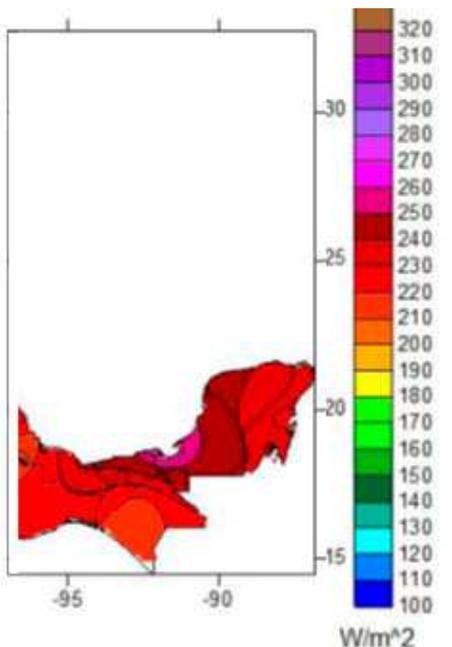
- Al 2025: Se observan anomalías positivas de Q_g contrario a lo observado para el 2050, bajo el supuesto de una concentración alta de gases de efecto invernadero; señalando que en el caso del estado de Oaxaca se proyecta una anomalía negativa (entre -6 a -8 W/m²) en el mes de octubre. Para el mes de julio en la década centrada en el año 2025 una parte del Golfo de México (norte y sur de Veracruz, Tabasco y Campeche) podría tener un incremento de la Q_g de 30 a 40 W/m² con respecto al escenario base.
- Al 2050: Para el mes de enero al 2050 encuentran que la parte sur del país podría mantenerse igual que en el escenario base encontrándose esta misma situación condición para julio para la parte del Golfo de México señalada en el párrafo anterior.



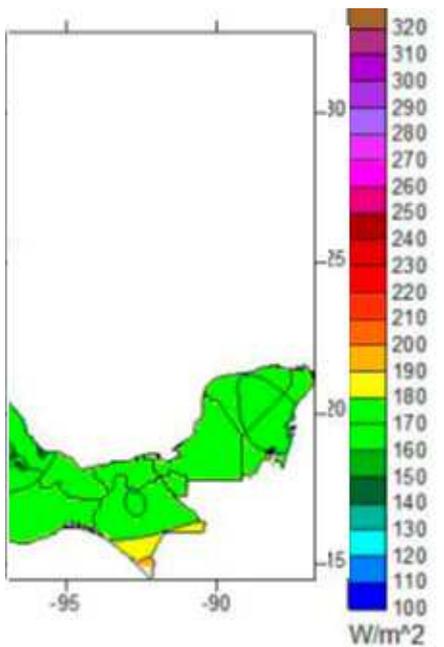
a) Escenario base de la radiación global media mensual (W/m²) para enero. Periodo 1971-2000.



b) Escenario base de la radiación global media mensual (W/m²) para abril. Periodo 1971-2000.



c) Escenario base de la radiación global media mensual (W/m²) para julio. Periodo 1971-2000.



d) Escenario base de la radiación global media mensual (W/m²) para octubre. Periodo 1971-2000.

Figura 4.17 Escenarios base de radiación global para los meses enero, abril, julio y octubre para el periodo 1979-2000

4.1.4.1.4 Productos de agricultura

La tabla 4.8 muestra los cultivos principales por municipio integrante del CC, obtenidos de la información contenida en los cuadernillos municipales disponibles en línea. A partir de los datos contenidos se encuentra que en 22 municipios se cultiva el maíz (grano); en 8 la palma africana o de aceite y el frijol; en 7 la naranja y en menor medida la naranja, el sorgo, el hule hevea, la jícama, el arroz palay, el café cereza. En el caso de los municipios Barrio de la Soledad, Matías Romero, Santa María Chimalapan, Santa María Petapa, Santiago Ixcuintepec, Santo Domingo Petapa, San Juan Guichicovi, San Juan Mazatlán, Texistepec y San Lucas Camotlán, no se encontró la información correspondiente.

Tabla 4.8 Cultivos principales en los municipios del estado de Veracruz que conforman el CC Coatzacoalcos

Municipio	Cultivos principales		Municipio	Cultivos principales
Agua Dulce	Maíz grano y Copra		San Lucas Camotlán	Maíz grano y Copra
Chinameca	Maíz grano, Palma africana o de aceite y Naranja		Santa María Chimalapa	Maíz grano, palma africana o de aceite y Naranja
Coatzacoalcos	Maíz grano y Copra		Santa María Petapa	Maíz grano y Copra
Cosolecaque	Maíz grano, Frijol y Palma africana o de aceite		Santiago Ixcuintepec	Maíz grano y Frijol
El Barrio de la Soledad	Maíz grano y Frijol		Sayula de Alemán	Maíz grano, Sorgo grano y Arroz palay
Hidalgotitlán	Maíz grano y Hule hevea		Soconusco	Maíz grano, palma africana o de aceite y Naranja
Ixhuatlán del Sureste	Maíz grano y Naranja		Soteapan	Maíz grano, café cereza y frijol
Jáltipan	Maíz grano, Sorgo grano y Palma africana o de aceite		Tatahuicapan de Juárez	Maíz grano, hule hevea, naranja
Jesús Carranza	Maíz grano, Sorgo grano y Naranja		Texistepec	Maíz grano y Copra
Las Choapas	Maíz grano y Hule hevea		Uxpanapa	Maíz grano, frijol, palma africana o de aceite
Matías Romero Avendaño	Maíz grano y Frijol		Zaragoza	Maíz grano, palma africana o de aceite, frijol
Mecayapan	Maíz grano, Palma africana o de aceite y Frijol			
Minatitlán	Maíz grano y Frijol			
Moloacan	Maíz grano y Naranja			
Nanchital	Maíz grano y Frijol			
Oluta	Maíz grano, Naranja y Jícama			
Oteapan	Maíz grano			
Pajapan	Maíz grano, Palma africana o de aceite y Frijol			
San Juan Guichicovi	Maíz grano y Copra			
San Juan Mazatlán	Maíz grano y Frijol			

4.1.4.2 No Renovables

Gas natural

En el Estado de Veracruz se localizan 3 de los 10 Complejos Procesadores de Gas con que cuenta el País: El Complejo procesador de gas del área de Coatzacoalcos, el Complejo procesador de gas Matapionche y el Complejo procesador de gas Poza Rica. (Fuente: http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/CGINICIO/CONTRALORIA/PLANVERACRUZANO/PEMEX_2008_01_1.PDF).

4.1.5 Oferta y demanda de agua

Sobre estos aspectos del Consejo de Cuenca, el Consejo del Sistema Veracruzano del Agua en la región Coatzacoalcos se estimó lo siguiente:

OFERTA:

Escurrecimientos cuenca propia:	45,622.2	Hm3
Importaciones:	0.0	Hm3
Retornos:	0.0	Hm3
Oferta potencial total:	45,622.2	Hm3

DEMANDA:

Usos consuntivos:	288.5	Hm3
Evaporaciones:	4.5	Hm3
Exportaciones:	0.0	Hm3
Extracciones totales:	293.0	Hm3
Disponibilidad total:	45,329.2	Hm3

Fuente: <http://www.csva.gob.mx/biblioteca/estudiosProyectos/terminados/ProgHPre/Cap4.pdf>

En la figura 4.18 se muestran los ríos principales de la cuenca en estudio, en la figura 4.19 los acuíferos y en la figura 4.20 los humedales, por ser fuentes importantes de abastecimiento de agua. La Tabla 4.9 proporciona información sobre las fuentes de abastecimiento.

4.1.5.1 Aguas superficiales

De acuerdo a los datos de CONAGUA sobre el Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos, “en la cuenca escurren en promedio 36, 670 Hm3 anuales, contribuyendo el río Coatzacoalcos con el 42.7% y el río Uxpanapan con el 25.2%. De total de aguas superficiales disponibles solo se utiliza menos del 1%, desembocando al Golfo de México el 99% restante, y las principales obras hidráulicas corresponden a los acueductos Uxpanapan- La Congrejera para uso industrial con capacidad de proyecto de 20 m³/s, y el Yurivia-Coatzacoalcos para usos público urbano”

4.1.5.2 Agua subterránea

La extracción de agua subterránea se estima en 128 Hm3, valor superado por la recarga natural la cual asciende a 131 Hm3; considerándose al acuífero Costero Coatzacoalcos como el más importante en esta cuenca seguido del Hueyapan-Soteapan.



Figura 4.18 Ríos principales, cuerpos de aguas naturales y humedales en la cuenca del río Coatzacoalcos. Fuente: www.pronacose.gob.mx

Tabla 4.9. Resumen de fuentes de abastecimiento en la zona sur del estado de Veracruz en 2011

Fuentes de abastecimiento		
Concepto	Totales en la zona	Totales en el estado
Pozos profundos	114	215
Pozo tipo Noria	47	73
Cárcamo de bombeo	12	60
Rebombeos	1	45
Galerías filtrantes	0	23
Chalán flotante	2	7
Manantial caja recolectora	4	58
Presas de almacenamiento	0	1
Presa derivadora	1	1
Planta potabilizadora	2	5
Totales	183	488

El acuífero costero de Coatzacoalcos es caracterizado como un acuífero cuyo uso está destinado principalmente al abastecimiento de agua potable e industrial, concentrándose en Minatitlán, Nanchital, Complejo Industrial Pajaritos y las Choapas; en donde se han provocado considerables abatimientos por el

bombeo permanente y la gran cantidad de pozos en explotación. Tiene una extensión de 8,670 Km², se considera del tipo libre, aunque presenta semiconfinamiento local. “El flujo sigue una dirección hacia el norte y su nivel estático es variable, encontrándose entre los 10 y 30 m de profundidad. Este acuífero tiene características físico - químicas que permiten su utilización para cualquier fin y no presenta síntomas de contaminación por agua salada, a pesar de su cercanía con el mar y el río Coatzacoalcos.”

En la Tabla 4.10a se proporciona información de otros acuíferos de la cuenca y en la figura 4.19 su ubicación.

Tabla 4.10a Acuíferos y su disponibilidad en la cuenca del río Coatzacoalcos

Nombre del acuífero	Disponibilidad (hm ³ /año)	Publicación
Soteapan-Hueyapan	58.872579	DOF octubre 2008
Cuenca río Papaloapan	58.480287	DOF agosto 2009
Costera de Coatzacoalcos	125.553379	DOF agosto 2009
Coatzacoalcos	192.437820	DOF marzo 2011
Disponibilidad Total =	435.344065	

Aun cuando el acuífero regional costero de Coatzacoalcos se considera sobreexplotado, se presentan fuertes problemas de sobreexplotación local debido a la concentración de pozos, que siguiendo con la tendencia de perforación de pozos, puede provocar intrusión salina. Las aguas subterráneas están en veda desde el 30 de noviembre de 1976.

En la Figura 4.19 se muestran los acuíferos pertenecientes al consejo de cuenca. El balance de aguas subterráneas, de cada acuífero, se basa en los coeficientes de recarga, descarga y almacenamiento de las superficies identificadas y de los materiales suelo/roca que afloran o subyacen.



Figura 4.19 Acuíferos en la cuenca del río Coatzacoalcos. Fuente: www.pronacose.gob.mx

4.1.6 Balance hídrico

En un documento publicado por la SEMARNAT, Comisión Nacional del Agua y los gobiernos de Oaxaca y Veracruz, titulado “El Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos” se menciona que el aprovechamiento del agua asciende a 355.2 Hm³, por lo que todas las subcuencas cuentan con abundancia del recurso tanto superficial como subterráneo y que en época de estiaje se presentan déficit en algunos sitios debido al aprovechamiento intensivo del agua superficial. La oferta natural de agua en la cuenca del río Coatzacoalcos en el 2000, la estiman en 36,670 Hm³ anuales; de los cuales el 99.7% correspondería a los escurrimientos superficiales y el 0.3% a aguas subterráneas.

Mencionan que del análisis de disponibilidad de agua per cápita en los últimos 50 años, se aprecia “una disminución significativa, pasando de 50,000 m³/hab/año en 1950 a 31,500 m³/hab/año en el 2000”, y que de acuerdo a la tendencia de crecimiento poblacional, para el 2020 se podría presentar una disponibilidad de 23,000 m³/hab/año del recurso.

4.1.7 Reutilización de agua tratada desde las plantas de tratamiento

De los datos obtenidos para el Consejo de Cuenca los municipios que registran los mayores volúmenes de agua tratada (tabla 4.10b) son: Coatzacoalcos (32.5 Hm³), Minatitlán (13 Hm³) y Cosoleacaque (4 Hm³); municipios como Chinameca, Ixhuatlán del Sureste, Nanchital, Sayula de Alemán y Tatahuicapan de Juárez tienen volúmenes entre 0.7 y 0.1 Hm³. La información correspondiente a los municipios del estado de Oaxaca, dentro de este consejo de Cuenca, no se tiene.

4.1.7.1 Presas de almacenamiento y derivadoras

La cuenca tiene un gran potencial hidráulico. Sobre el arroyo Teapa, afluente del río Coatzacoalcos se construyó en el año de 1982 la presa de almacenamiento La Cangrejera, cuya finalidad es el abastecimiento de agua a los Complejos Petroquímicos Pajaritos, Cangrejera y Morelos, así como a las ciudades de Coatzacoalcos, Minatitlán, Nanchital y Allende. El área de la subcuenca del arroyo Teapa es de 60 km² y el área de embalse de la presa La Cangrejera es de 750 hectáreas; ubicándose ésta en el municipio de Coatzacoalcos.

La presa de derivación Yurivia, se ubica en la cuenca del río Huazuntlán y en el municipio de Tatahuicapan de Juárez. La tabla 4.11 contiene más información proporcionada por la CONAGUA sobre estas dos presas.

Tabla 4.10b Volumen de agua tratada, plantas de tratamiento y capacidad instalada para los municipios del CC Coatzacoalcos.

Mpio	Plantas de tratamientos de aguas residuales	Capacidad instalada (litros/segundo)	Volumen tratado (millones de m3)
Agua Dulce	1	4	ND
Barrio de la Soledad	ND	ND	ND
Chinameca	4	17.9	0.5
Coatzacoalcos	31	3073.1	32.5
Cosolecaque	6	332	4
Hidalgotitlán	0	0	0
Ixhuatlán del Sureste	3	8	0.2
Jáltipan	3	5	0.1
Jesús Carranza	0	0	0
Las Choapas	1	ND	ND
Matías Romero	ND	ND	ND
Mecayapan	0	0	0
Minatitlán	4	48	13
Moloacan	3	1.2	0
Nanchital	2	12	0.1
Oluta	0	0	0
Oteapan	0	0	0
Pajapan	0	0	0
Santa María Chimalapn	ND	ND	ND
Santa María Petapa	ND	ND	ND
Santiago Ixcuintepec	ND	ND	ND
Santo Domingo Petapa	ND	ND	ND
Sayula de Alemán	2	43	0.7
San Juan Guichicovi	ND	ND	ND
San Juan Mazatlán	ND	ND	ND
San Lucas Camotlán	ND	ND	ND
Soconusco	0	0	0
Soteapan	0	0	0
Tatahuicapan de Juárez	1	35	0.4
Texistepec	0	0	0
Uxpanapa	0	0	0
Zaragoza	0	0	0

Fuente: <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/informacion-socioeconomica-por-municipio/cuadernillos-municipales/>

Tabla 4.11. Presas del Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos

ID	Nombre oficial	Organismo responsable	Corriente	Afluente	Vol. NAME	Vol. NAM O	Vol. NAMIN O	NAME
5345	Der. Yurivia	Gob. Municipal	R. Texi-zapa		0	0	0	180.69
3661	La Cangrejera	Comisión Nal. del Agua	A. Teapa	Coatzacoalcos	31.57	28.5	2.93	21.65

4.1.7.2 Servicio de agua potable

En la Cuenca del Río Coatzacoalcos existen dos plantas potabilizadoras, una localizada en Coatzacoalcos y la otra en Sayula de Alemán (Figura 4.20 y Tabla 4.12).

Tabla 4.12 Plantas potabilizadoras en la cuenca del río Coatzacoalcos

Municipio	Localidad	Nombre de la planta	Proceso	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)
Sayula de Alemán	Sayula de Alemán	Sayula de Alemán	Clarificación convencional	25	25
Coatzacoalcos	Coatzacoalcos	Yuriria	Clarificación convencional	2000	2000

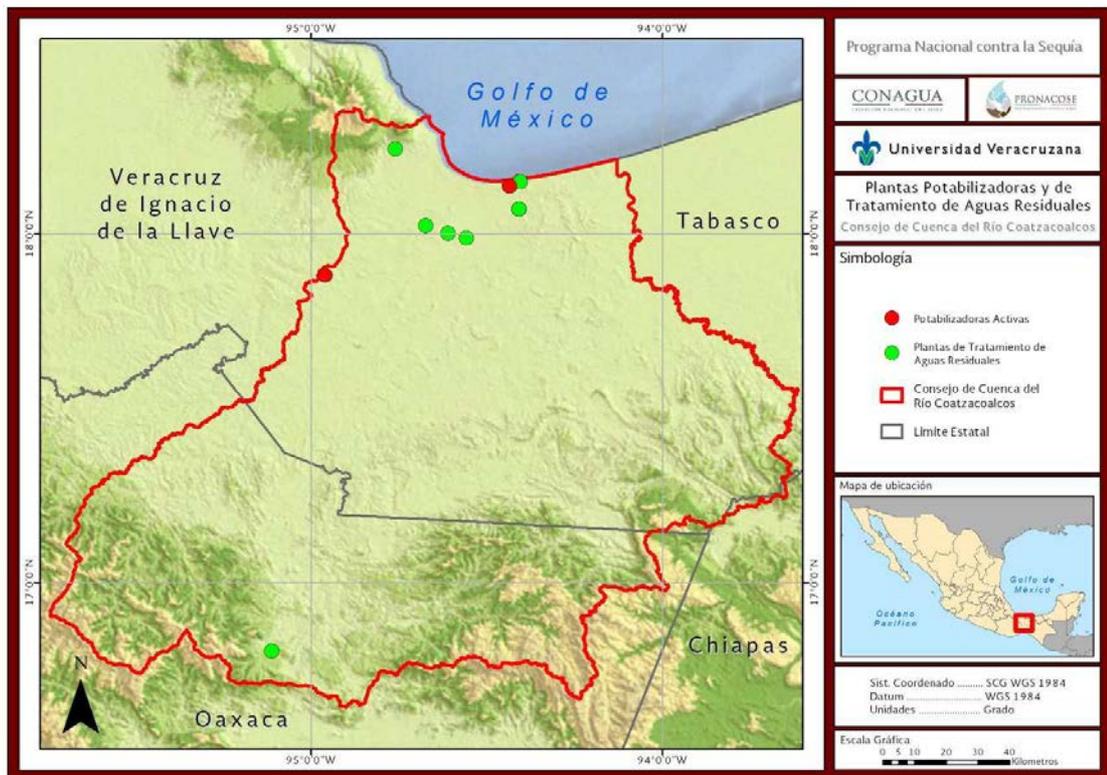


Figura 4.20 Plantas potabilizadoras en la cuenca del río Coatzacoalcos. Fuente: www.pronacose.gob.mx

En la misma cuenca existen cuatro principales plantas de tratamientos (tabla 13).

Tabla 4.13 Plantas de tratamiento en la cuenca del río Coatzacoalcos

Municipio	Localidad	Nombre de la planta	Proceso	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Cuerpo receptor o reuso	Observaciones
Cosoleacaque	Las Jacarandas	U.H. Las Jacarandas	Primario o sedimentación	10	5	Infiltración al subsuelo	
Minatitlán	Minatitlán	Minatitlán	Lagunas de estabilización	120	70	Pantano (humedal natural)	Construida en 2001
Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	SEDENA 82vo. Batallón de Infantería	Fosa séptica	10	2	Pantano	Requiere rehabilitación
Sayula de Alemán	Sayula de Alemán	Sayula de Alemán	Lagunas de estabilización	33	12	Arroyo Cantarranas	

4.1.7.3 Usos del agua

El volumen de agua utilizada en la cuenca asciende a 355.2 hm³ de los cuales el 11.5% se obtiene de extracción subterránea y el 88.5% de fuentes superficiales.

Del agua aprovechada por los distintos usos, el 74.8% se destina a actividades industriales, el 24.3% en uso público-urbano, el 0.8% en agricultura y el 0.1% restante en otros usos. Existe una demanda no consuntiva de 15 hm³ para generación de energía eléctrica, la cual comprende el volumen utilizado por la hidroeléctrica Huazuntlán en el río del mismo nombre con una capacidad instalada de 1.6 MW.

4.1.7.3.1 Público urbano

El abastecimiento de agua en las poblaciones de la cuenca del río Coatzacoalcos es de 87 hm³/año. Del volumen aprovechado el 67% proviene de fuentes superficiales y el 33% de subterráneas. Esta distribución por fuente es aproximadamente la misma para la población de Minatitlán, pero los valores son muy distintos para Coatzacoalcos donde el abasto de agua subterránea supera el 90%.

La cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en esta región es baja, alcanzando al 58% de la población en agua potable y 35% en alcantarillado, mientras que los promedios nacionales son de 84% y 72%, respectivamente.

El rezago de los servicios es más notorio en las zonas rurales donde solo se cubre el 24% de los habitantes con agua potable y 11% en alcantarillado. Estos valores son notoriamente inferiores a las medias nacionales del 61% y 30% respectivamente².

4.1.7.3.2 Agrícola

Contrariamente a otras cuencas del país, la agricultura de riego no es una actividad significativa en términos de uso del agua. El volumen destinado al uso agrícola en la cuenca es de 3 Hm³/año que representa menos del 1% del agua utilizada. El agua es aprovechada básicamente para agricultura de autoconsumo donde los cultivos importantes son el maíz y el frijol.

² <http://www.cuencacoatza.org/tucuenca.php?content=usos>

4.1.7.3.3 Industrial

El volumen de agua para uso industrial es de 266 hm³/año y se obtiene en 95% de fuentes de abastecimiento superficiales.

En la cuenca del río Coatzacoalcos se localiza el parque industrial Coatzacoalcos-Minatitlán, mismo que concentra a los principales complejos petroquímicos del país, además de importantes industrias químicas, de bebidas y transformación de alimentos. De hecho casi toda la industria de la cuenca se localiza en esta zona.

4.1.8 Demografía y Economía

4.1.8.1 Movilidad

La movilidad en términos de los desplazamientos de pobladores está relacionada con la recomposición de los territorios, su urbanización y fraccionamiento poblacional (Quesnel, A. et. al., 2012).

Estos autores consideran que el cambio migratorio “visto desde Oaxaca mantiene una relación estrecha con la Zona metropolitana del Valle de México, mientras que desde Veracruz se integra de manera creciente en los desplazamientos hacia mercados de trabajo que desde la entidad se han llamado “emergentes” (Frontera Norte y Estados Unidos)”.

La figura 4.21 permite visualizar los sitios en los que se presentó el mayor porcentaje de cambio de residencia tomando como base el XII Censo General de Población y Vivienda, 2000.

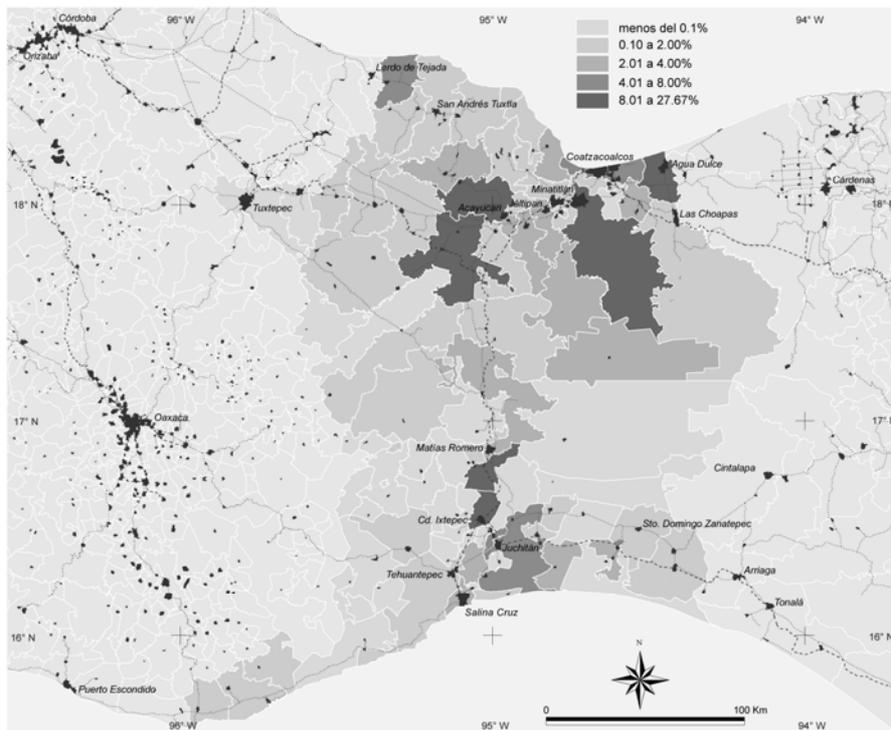


Figura 4.21. Población de cinco años y más en los municipios del Istmo, que cambió lugar de residencia, 1995 a 2000. Fuente: Quesnel, A. y F. Saavedra (2012).

En la figura 4.22 se puede observar el porcentaje de migrantes a la frontera norte desde la porción del Istmo de Oaxaca (IO) y del Istmo de Veracruz (IV), encontrándose que el mayor porcentaje de migración del IO es hacia Baja California, Sonora, Tamaulipas y Nuevo León; mientras que desde el IV se realiza hacia Chihuahua y Coahuila.

Mapa 3.x: Migrantes a la frontera norte desde municipios del Istmo, 1995-2000 (versión 2)

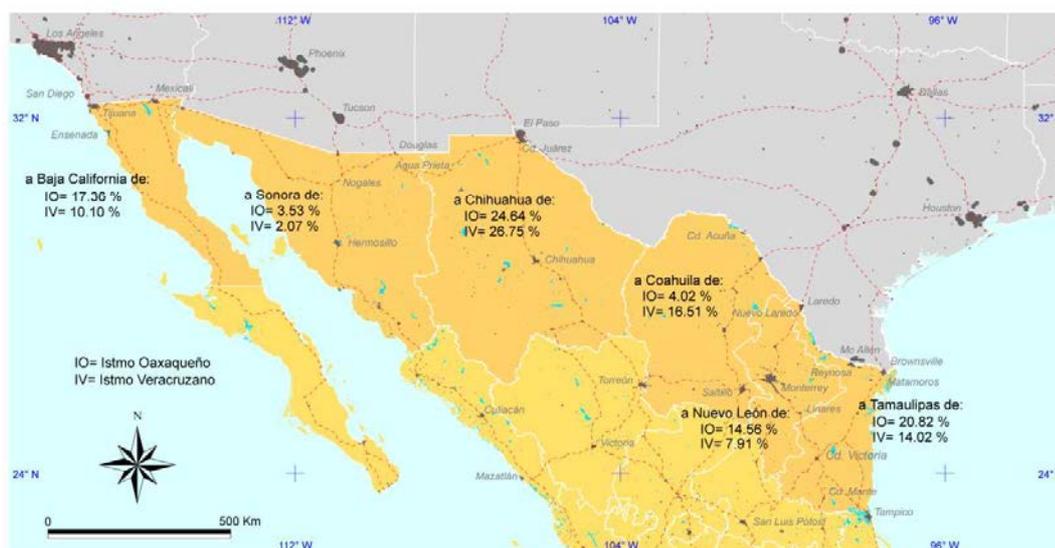


Figura 4.22. Migrantes a la Frontera Norte1, desde los municipios del Istmo, 995 a 2000. Fuente: Quesnel, A y F. Saavedra (2012).

4.1.8.2 Fecundidad y mortalidad

Del análisis realizado por Quesnel, A. (*et. al.*, 2012) estos autores encuentran que “en la porción del Istmo oaxaqueño la mortalidad infantil varía de 19.7 en el Espinal, a 43.3 en San Lucas Camotlán; mientras que en el Istmo veracruzano, las variaciones van desde 19.0 en Nanchital a 46.3 en Soteapan2; datos que permiten intuir el tipo de condiciones de vida que impera en estas regiones.

Sobre la fecundidad encuentran grandes diferencias en la tasa de fecundidad en mujeres de 12 a 49 años en la porción del Istmo oaxaqueño y en la porción del Istmo veracruzano un registro de menor fecundidad, siendo el de mayor fecundidad Soteapan (4.4 hijos promedio por mujer) y Chinameca el de menor tasa (2.0).

4.1.8.3 Índice de Desarrollo Humano

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) permite conocer el desarrollo de una región o país, y determinar si sus habitantes reciben apoyo para el logro de sus proyectos y mejora de sus condiciones de vida.

De acuerdo a sus creadores (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD por sus siglas), este índice toma valores de entre 0 y 1 y utiliza la siguiente clasificación: Países o regiones con alto desarrollo humano: IDH mayor a 0.8; países con un medio DH: IDH entre 0.5 y 0.8; países con bajo DH: IDH menor a 0.5. Además este índice toma en cuenta el nivel de alfabetización adulta y el nivel de estudios alcanzado, el

promedio de edad de las personas fallecidas, el producto interno per cápita (PIB) y la evaluación del acceso a los recursos económicos por parte de los habitantes.

En el caso de la región de estudio (CC del Coatzacoalcos) el valor del IDH se obtuvo a partir de la información contenida en los cuadernillos municipales disponibles en línea para 22 de los 32 municipios que integran el CC. De acuerdo a los valores contenidos en la Tabla 4.14, se encuentra que 20 municipios presentan un IDH medio y sólo el municipio de Nanchital presenta un alto IDH.

Tabla 4.14 Índice de desarrollo humano para los municipios del estado de Veracruz que pertenecen al CC Coatzacoalcos

Clave municipio	Entidad	Municipio	Valor del Índice de Desarrollo Humano (IDH)		
			2000	2005	2010
20010	Oaxaca	El Barrio de la Soledad	0.7996	0.8516	0.8464
20057	Oaxaca	Matías Romero Avendaño	0.7565	0.8054	0.8354
20198	Oaxaca	San Juan Guichicovi	0.6047	0.6961	0.7348
20207	Oaxaca	San Juan Mazatlán	0.6185	0.6720	0.7429
20231	Oaxaca	San Lucas Camotlán	0.5560	0.6423	0.6186
20407	Oaxaca	Santa María Chimalapa	0.6030	0.6893	0.7272
20427	Oaxaca	Santa María Petapa	0.7135	0.7890	0.8034
20465	Oaxaca	Santiago Ixcuintepéc	0.6342	0.6794	0.6525
20513	Oaxaca	Santo Domingo Petapa	0.6677	0.7606	0.7594
30039	Veracruz	Coatzacoalcos	0.8369	0.8909	0.8674
30048	Veracruz	Cosoleacaque	0.7865	0.8313	0.8504
30059	Veracruz	Chinameca	0.7448	0.8046	0.8168
30061	Veracruz	Las Choapas	0.7305	0.7713	0.7774
30070	Veracruz	Hidalgotitlán	0.6912	0.7503	0.7574
30082	Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	0.7538	0.7929	0.8130
30089	Veracruz	Jáltipan	0.7712	0.8265	0.8316
30091	Veracruz	Jesús Carranza	0.7100	0.7652	0.7878
30104	Veracruz	Mecayapan	0.6203	0.6821	0.7168
30108	Veracruz	Minatitlán	0.8150	0.8540	0.8459
30111	Veracruz	Moloacán	0.7401	0.7816	0.7969
30116	Veracruz	Oluta	0.7414	0.7895	0.8191
30120	Veracruz	Oteapan	0.6914	0.7674	0.7990
30122	Veracruz	Pajapan	0.6119	0.6785	0.7224
30144	Veracruz	Sayula de Alemán	0.6972	0.7606	0.7879
30145	Veracruz	Soconusco	0.7327	0.8084	0.8406
30149	Veracruz	Soteapan	0.5762	0.6519	0.7083
30172	Veracruz	Texistepec	0.7103	0.7622	0.7743
30199	Veracruz	Zaragoza	0.6832	0.7386	0.7416
30204	Veracruz	Agua Dulce	0.7978	0.8476	0.8533
30206	Veracruz	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	0.8520	0.8835	0.8770
30209	Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	0.6422	0.6991	0.7361
30210	Veracruz	Uxpanapa	0.6580	0.7349	0.7699

5. Estructura del GTD

De acuerdo a la minuta de la 53va Reunión Ordinaria de la Comisión de Operación y Vigilancia (COVI) y sus grupos auxiliares del Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos, celebrada el 9 de Abril del 2013 (Anexo A), se señala que la Secretaría Técnica (OCGC) ha expuesto los lineamientos del PRONACOSE y que la COVI toma conocimiento de los “Lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de la 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 la sequía”.

Tomando como base la experiencia tenida hasta ahora, y que el Grupo Técnico Directivo (GTD) del PMPMS en el Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos, debe de llevar a cabo acciones básicas sustentadas en el marco legal (Figura 27), se sugiere que el GTD quede integrado por los siguientes elementos:

- COVI. Coordinador General
- Secretaría Técnica del OCGC
- Universidad Veracruzana



Figura 5.1 Posición y actividades del GTD al interior del Consejo de Cuenca (Fuente: Guía PRONACOSE, Taller del 19 de abril. Ciudad de México).

6. Sequía

6.1 Análisis histórico

La combinación de las sequías meteorológicas e hidrológicas (resultado de las variaciones naturales del clima) con el crecimiento de las actividades económicas de alto impacto negativo al ambiente, generan un riesgo que con frecuencia se convierte en un desastre ambiental (Galván, 2011). En general, los factores que se combinan para producir las sequías, están relacionados con la circulación atmosférica y oceánica, y la influencia de los continentes. La ocurrencia de periodos calientes o fríos sobre áreas continentales producen sequías sobre áreas continentales adyacentes (Pereyra, 1995).

En México se han realizado esfuerzos para determinar la ocurrencia de la sequía a nivel nacional, sin embargo se hace necesaria la realización de análisis por regiones que permitan determinar los impactos de la sequía y evaluar los niveles de vulnerabilidad asociados (Herrera, 2000).

Aunque en general se considera que en los Estados ubicados al sur del país no se registra el fenómeno de la sequía, diversos estudios muestran que este fenómeno si se presenta. La canícula o sequía intraestival o sequía de medio verano, es un fenómeno bien conocido en el Estado de Veracruz, sobre todo por las personas dedicadas a actividades agropecuarias. Mosiño y García (1974) encontraron que la sequía puede causar una disminución en la precipitación promedio en la Estado de Veracruz, entre un 20 y un 30% (figura 6.1).

Pereyra et al. (1994) y Pereyra y Sánchez (1995) relacionaron la sequía registrada en el estado con el fenómeno de El Niño. Entre los resultados obtenidos, determinaron que un evento de El Niño catalogado como muy fuerte, genera sequías muy fuertes en la región Centro del estado de Veracruz y moderada en la zona Norte.

Herrera (2000) realizó un estudio caracterizando las sequías a través del índice de Palmer; donde muestra que en la parte norte del estado de Veracruz, del periodo analizado, el 18.4% corresponde a sequía moderada y el 2.7% a sequía severa. En tanto, para la zona sur y sureste, el 16.6% corresponde a sequía ligera y 0.7% a sequía extrema.

El estudio de Sthale et al. (2009) señala que la primera sequía del siglo XXI en México empezó en 1994 y que ha sido el evento más amplio, sostenido y con la mayor área de afectación en el país. Situación que justifica ampliamente la elaboración de planes para mitigarla así como para conservar el agua.

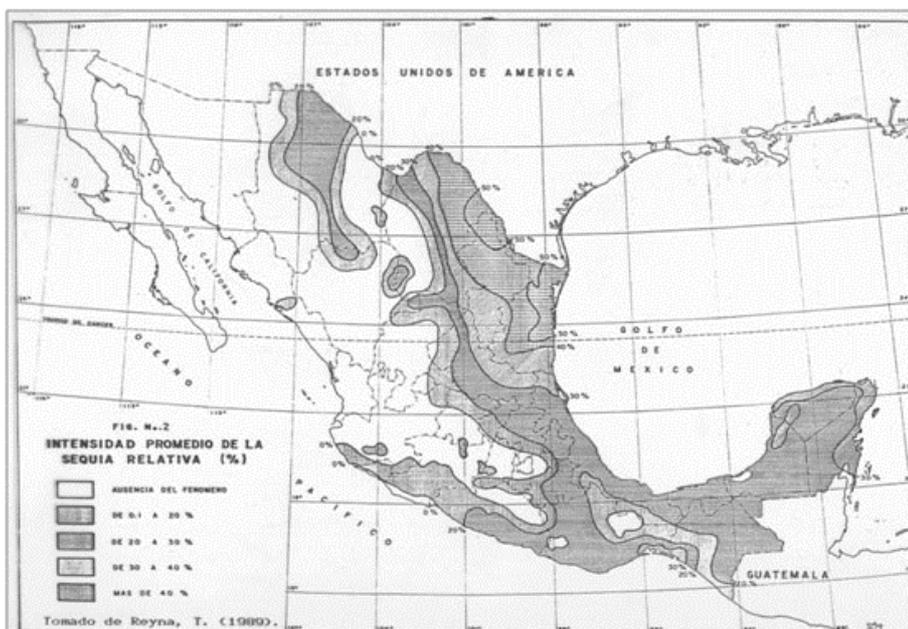


Figura 6.1. Intensidad de la canícula en la República Mexicana (tomada de Reyna, 1989)

6.2. Caracterización de la precipitación

6.2.1 Ciclo anual de precipitación

Para la elaboración del análisis de precipitación se utilizó la base de datos diarios de CLICOM interpolados a una malla regular de $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ (Zhu and Lettenmaier, 2007; Muñoz-Arriola et al., 2009)³.

Dada su ubicación geográfica, la Cuenca del Coatzacoalcos en general se caracteriza por un periodo relativamente seco durante los meses de invierno y parte de la primavera (noviembre-mayo), y un periodo lluvioso en los meses de verano y otoño (junio-octubre) (Fig. 6.2). El invierno (diciembre-febrero) está dominado por sistemas meteorológicos de latitudes medias, como los ciclones de latitudes medias y los frentes fríos. Conforme estos últimos se desplazan hacia el Golfo de México, se experimenta una disminución en la temperatura, así como lluvias que en ocasiones suelen ser intensas a lo largo de la vertiente del Golfo de México. Algunos de estos sistemas logran avanzar hacia los Mares Intra-Americanos, convirtiéndose en los llamados "Nortes", que afectan el Golfo de México y sureste de México, e incluso en ocasiones hasta Centroamérica y el Caribe (Schultz et al. 1997).

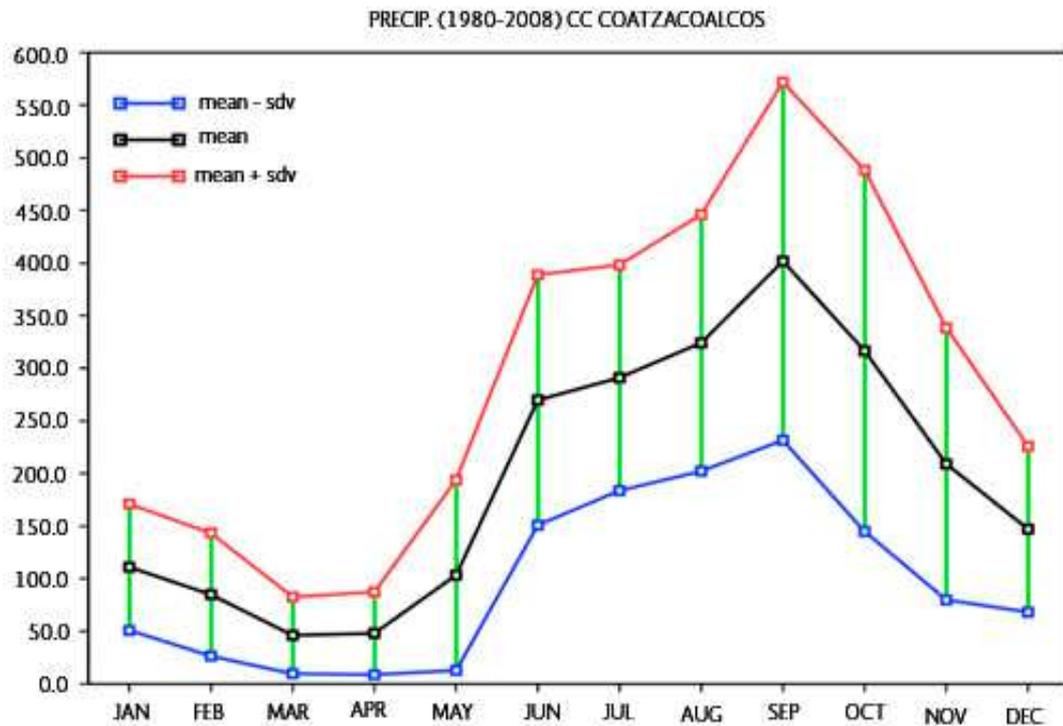


Fig. 6.2. Ciclo anual de precipitación (en mm) en la Cuenca del Coatzacoalcos

Durante el verano, la actividad de ondas del este es considerada como un mecanismo determinante en las lluvias de la región (Jáuregui 1967;2003a), se presentan entre mayo y noviembre, desplazándose sobre el Océano Atlántico desde África hasta el Caribe, Golfo de México y en ocasiones al Océano Pacífico del este (Salinas 2006). El paso de ondas del este sobre México resulta en variabilidad de alta frecuencia importante de las lluvias asociadas a la humedad que acompaña al paso de estos sistemas (Jáuregui 1967; Salinas 2006).

³ La malla se encuentra disponible en: <http://clicom-mex.cicese.mx/malla/index.php>

Dada su situación geográfica, México se encuentra en medio de dos regiones ciclogénicas muy activas: el Pacífico del este y Mar Caribe. Por lo que la actividad de estos sistemas es otro factor esencial para las lluvias de verano en la región (Jáuregui 1967; 1989; 2003b).

Esta cuenca se caracteriza por ser una región relativamente seca en el sur con precipitación anual de 700 mm, la región norte con precipitación superior a los 2,000 mm, y siendo la parte central dela cuenca donde se registra la mayor cantidad de precipitación anual superior a los 3,500 mm (Fig. 6.3).

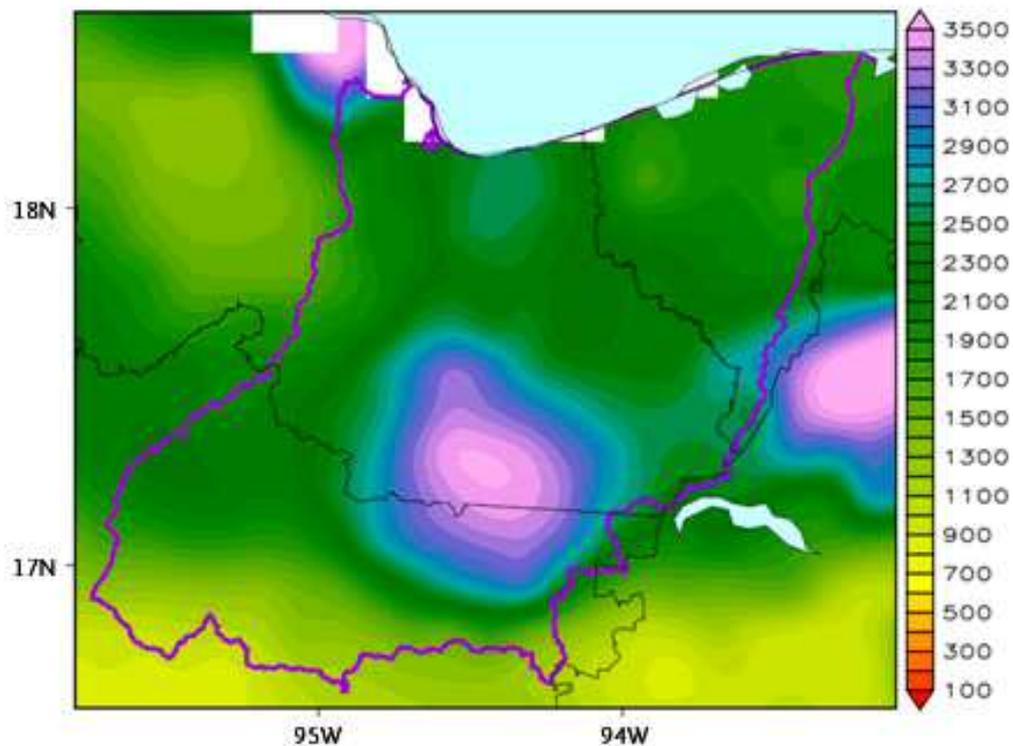


Fig. 6.3. Precipitación media (1980-2008) anual (en mm) en la Cuenca del Coatzacoalcos

En lo que se refiere a la precipitación anual en esta cuenca se observa una ligera tendencia a disminuir, de acuerdo a los registros de los últimos 50 años, principalmente en la región este (Fig. 6.4).

6.3 Caracterización de la sequía meteorológica

La sequía se presenta cuando la precipitación registrada está por debajo de la condición “normal”, extendiéndose por un periodo largo, y el agua disponible resulta insuficiente para satisfacer las demandas de las diversas actividades humanas y el medio ambiente (Redmon, 2002); esto se debe principalmente a un déficit de precipitación que afecta el servicio de agua que proveen los ecosistemas. La sequía es una característica normal y recurrente del clima, y forma parte de la variabilidad climática de una región, aunque en ocasiones se le considera como un evento raro y aleatorio. La sequía ocurre casi en todas las zonas climáticas, aunque con variaciones tanto espaciales como temporales, así como su severidad. Es común confundir el término de sequía con aridez; esta última se refiere a una condición en la que las lluvias son escasas e incluso nulas, además de ser una característica permanente del clima.

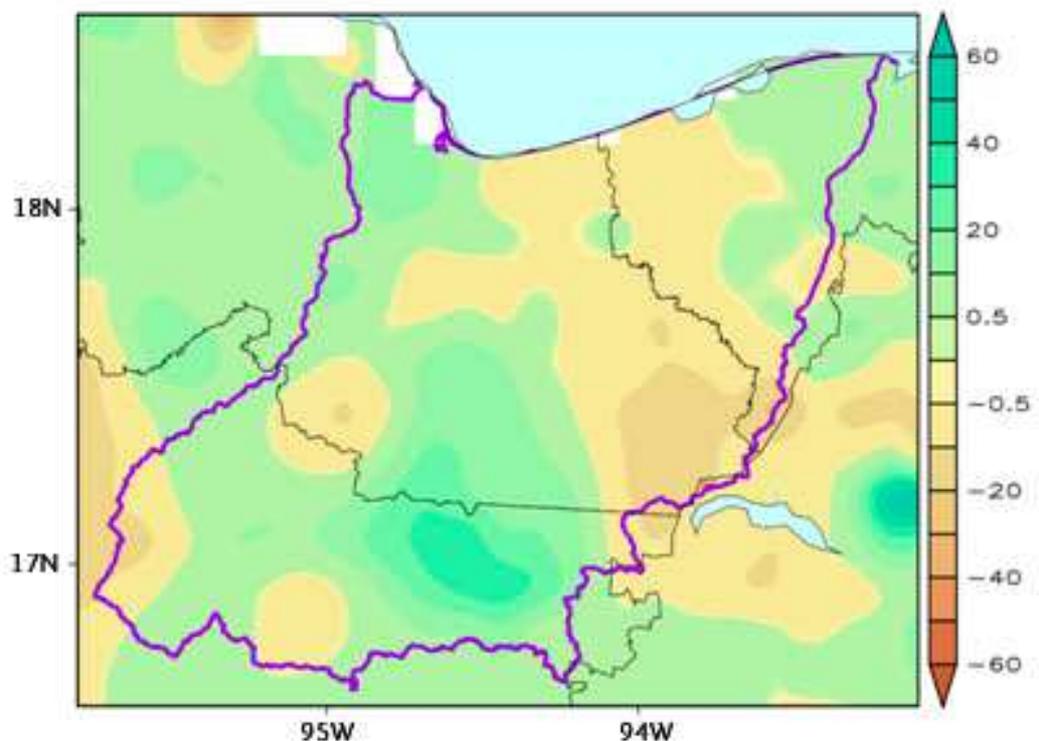


Fig. 6.4. Tendencia de precipitación anual (en mm/año) para el periodo 1960-2008 en la Cuenca del Coatzacoalcos

El hecho de que existan diversas definiciones de sequía, y que muchas de ellas involucren un balance de agua (demanda y disponibilidad), lleva incluso a darle poca importancia al factor meteorológico. Aunque tiene infinidad de definiciones, todas ellas se originan a partir de la deficiencia de la precipitación sobre un periodo extendido del tiempo, generalmente una estación o más.

En México, la vulnerabilidad de la población a los efectos del clima es grande. Dado que una vasta parte de nuestro territorio es semiárido (poca precipitación la mayor parte del año), los cambios en la temporada de lluvias resultan en amenaza de sequía, con frecuencia, en desastres para sectores que dependen en gran medida de la disponibilidad del agua (Magaña et al., 2004).

La sequía en sí misma no es un desastre; el que lo sea depende de sus impactos en la gente y el medio ambiente. Al no ser la sequía algo aleatorio, sino parte de la variabilidad natural del clima; las sociedades modernas deberán contar con planes para enfrentarla. La clave para comprender a la sequía es entender sus dimensiones naturales y sociales (Wilhite, 2005). En el contexto científico actual se intenta no solo responder al desastre, sino que prevenirlo usando los avances en materia de monitoreo de la sequía y el pronóstico climático.

En el año 2002, con la participación de diversos expertos de los Servicios Meteorológicos de Canadá, Estados Unidos y México inició su operación el llamado Monitor de Sequía de Norteamérica, cuya finalidad es proporcionar una evaluación integrada de la sequía para su planificación, respuesta y mitigación a nivel nacional, regional y local (Lawrimore et al., 2002). Este Monitor mensualmente genera una serie de mapas indicando las regiones que se encuentran experimentando algún grado de severidad de sequía e indicando el impacto en los sectores agua, agricultura e incendios. De acuerdo a este Monitor, el grado de severidad de la

sequía (cinco categorías: D0-D4) está basado en la combinación de seis indicadores físicos claves (sequía, humedad del suelo, vegetación, etc.) y algunos indicadores suplementarios.

Los llamados índices de sequía que se utilizan para el análisis y monitoreo de la severidad de esta condición climática (Keyantash y Dracup 2002; Heim 2002) y en cierta medida la disponibilidad de agua se obtienen a partir de registros meteorológicos (precipitación, humedad del suelo, temperatura, etc.) o hidrológicos (escurrimiento o caudal de ríos, almacenamiento de presas, etc.). Existe una gran variedad de estos índices para caracterizar la sequía, que van desde los más simples que sólo utilizan registros de precipitación como el llamado Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) (McKee 1993; 1995), a los más complejos como el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI, por sus siglas en inglés) (Palmer 1965). Estos dos índices son ampliamente utilizados alrededor del mundo. En el caso de la caracterización de la sequía en México se pueden mencionar algunos trabajos: un análisis de anomalías de precipitación con respecto a la moda estadística de precipitación a nivel de la República Mexicana para el periodo 1921-1980 (García y Hernández, 1988); una regionalización de la sequía en términos de PDSI (Douglas 1996); un análisis de sequía a nivel municipal de la República Mexicana (Escalante y Reyes, 2004); una zonificación de climas para la República Mexicana (Giddings et al. 2005) en términos de SPI; una identificación de sequías históricas a nivel de estaciones durante el periodo 1920-2000 (Galván, 2007) mediante el uso de SPI; las sequías meteorológicas prolongadas en México se caracterizan por un dipolo norte-sur y que son moduladas por la temperatura superficial del mar de los océanos Pacífico y Atlántico (Méndez y Magaña, 2010).

6.3.1 SPI

El Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) (McKee 1993; 1995), fue desarrollado para analizar los déficits de precipitación en múltiples escalas de tiempo (meses). Este índice por su simplicidad y versatilidad es considerado el más viable para medir la intensidad, duración y extensión espacial de la sequía (Keyantash y Dracup 2002; Lloyd-Hughes y Saunders 2002). El SPI se obtiene a partir de series de tiempo de precipitación en diferentes escalas temporales y consiste simplemente en la transformación de una función de distribución de probabilidad, generalmente Gamma, a una distribución normal estandarizada para la precipitación acumulada en diversas escalas de tiempo (meses). El valor obtenido corresponde al SPI.

Con la finalidad de identificar los periodos de sequía, se utilizó la base de datos mensuales de precipitación en malla regular (0.125° x 0.125°) (Zhu y Lettenmaier, 2007; Muñoz-Arriola et al., 2009), para calcular el SPI de 3, 6, 12 y 24 meses, cubriendo el periodo 1960-2008. A partir de esta malla, es posible obtener una serie mensual de SPI promedio del área de la cuenca, con la finalidad de analizar el comportamiento de las anomalías de la precipitación en los últimos 50 años para diversos periodos de tiempo (Figura 6.5).

Para identificar los periodos de sequía se decidió utilizar las series de SPI-12. Por su severidad, duración y extensión espacial, destaca la década de 1990s, alcanzando su mayor severidad 1990-1991, 1994-1995 y 1998. Los dos últimos periodos corresponden a eventos de El Niño. A manera de ejemplo, se muestra un mes dentro del periodo más severo de las sequías identificadas (Figura 6.6).

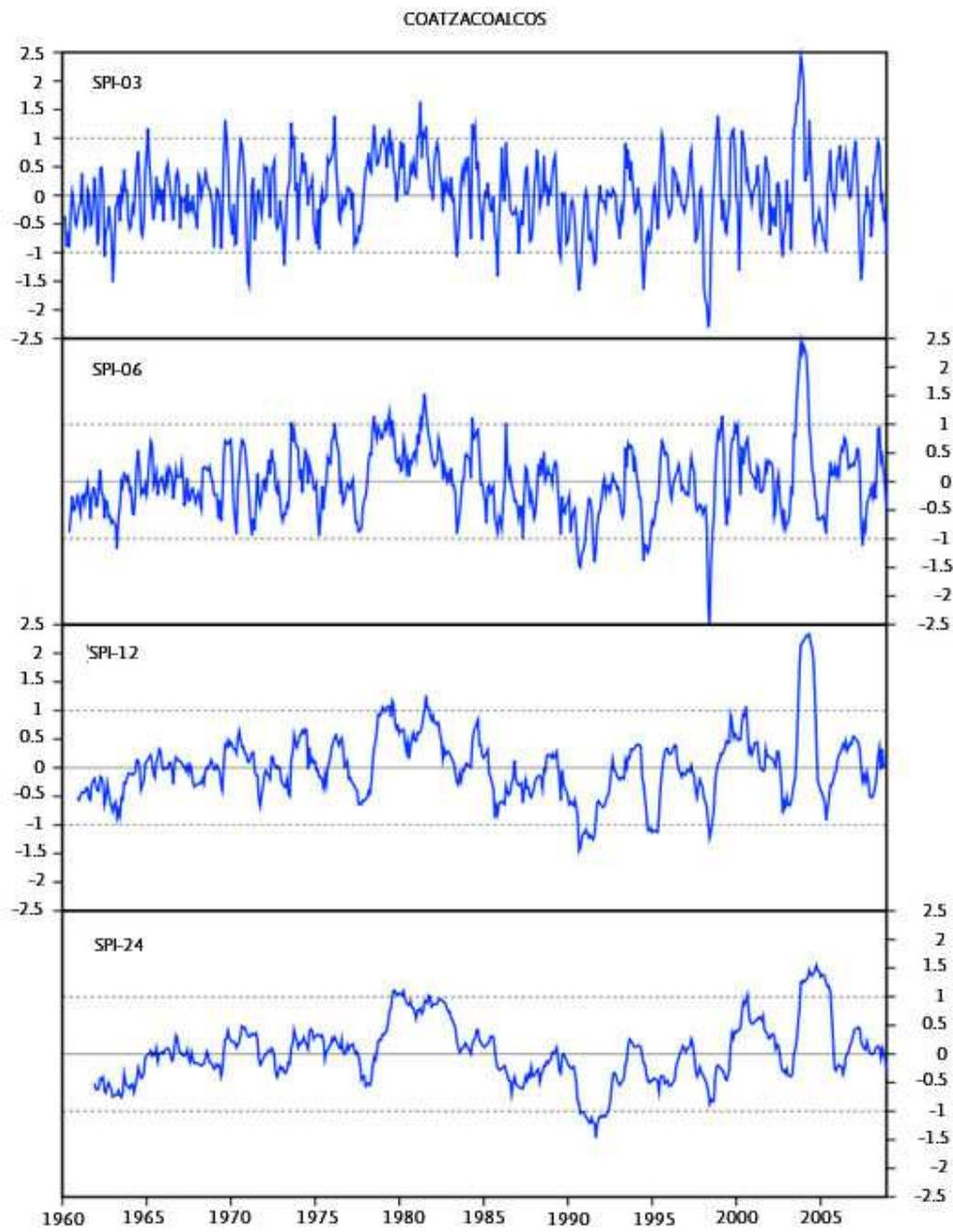


Figura 6.5. Series de SPI de 3, 6, 12 y 24 meses para la Cuenca del Río Coatzacoalcos

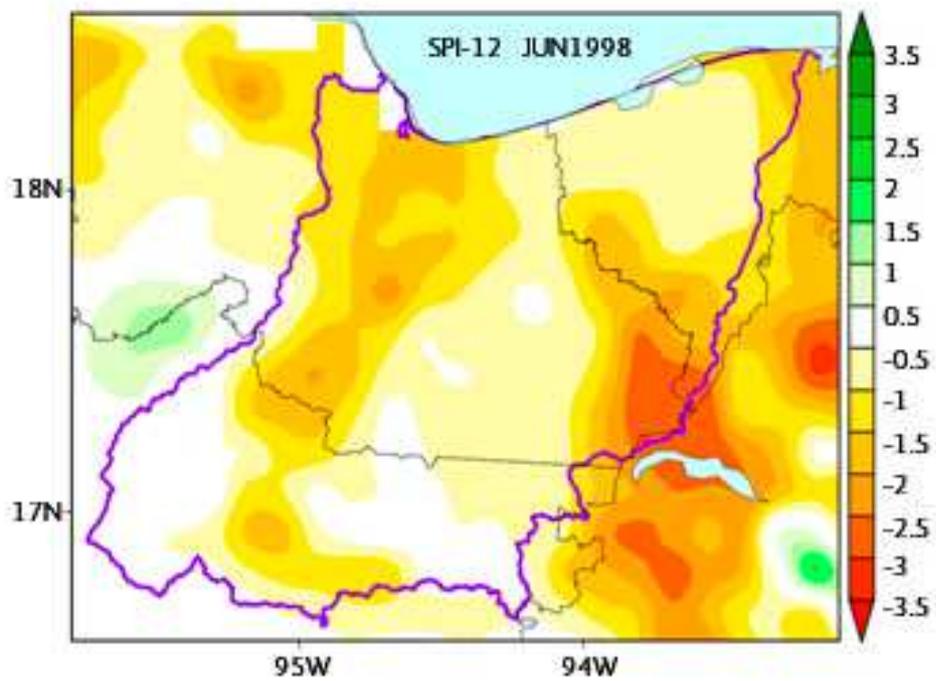
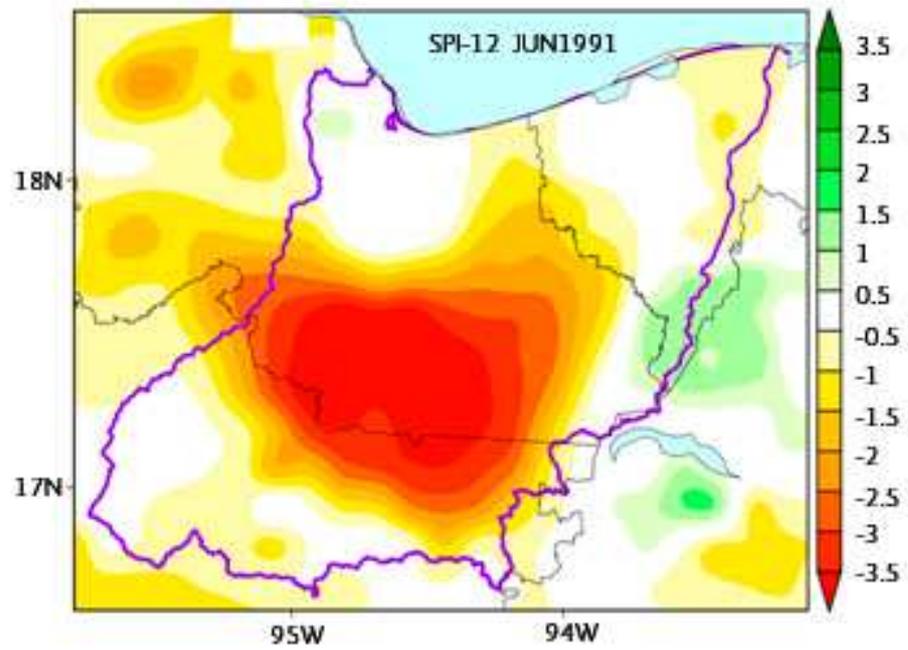


Figura 6.6. Mapas de SPI-12 para Junio 1991 y Junio de 1998

6.3.2. SPI y mecanismos moduladores

Reyes (2014) realizó un análisis de la **sequía meteorológica** en el estado de Veracruz para el periodo 1960-2008. La caracterización de la variabilidad espacio-temporal de la sequía la realizó mediante el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI por sus siglas en inglés). De igual forma identificó algunos mecanismos moduladores como el ENSO, AMO y la PDO mediante el uso de componentes principales.

Identificación espacial-temporal de los periodos de sequía

A partir de datos mensuales de precipitación de la base de datos CLICOM para el periodo antes mencionado, se construyeron las series del SPI para diferentes escalas temporales (3, 6, 12 y 24 meses) y se seleccionó el SPI de 6 meses debido a que fue el que mejor se adaptó a los fenómenos del estado.

Se utilizó dicho índice debido a tres principales características (Méndez, 2010):

1. Simplicidad, dado que está basado únicamente en registros de precipitación y requiere de tan solo dos parámetros (de forma y escala).
2. Versatilidad temporal, siendo útil para el análisis de la dinámica de la sequía, que permite describir las condiciones importantes de la sequía para diferentes escalas de tiempo.
3. Es de forma estandarizada, lo que permite la frecuencia de eventos extremos (sequías o anomalías húmedas) en cualquier sitio.

También cuenta con algunas desventajas; ante una limitada cantidad y calidad de los datos empleados para ajustar la función de distribución de probabilidad, puede resultar en valores de SPI no confiables, no permite identificar regiones extremadamente secas o húmedas para escalas de tiempo muy prolongadas y en ocasiones los valores del SPI tienden a ser muy grandes (positivos o negativos) que se generan debido a anomalías relativamente pequeñas cuando el régimen normal para la región analizada se caracteriza por lluvias escasas (Méndez, 2010).

Para obtener este índice es necesario ajustar una función de distribución de probabilidad, generalmente tipo Gamma, a la precipitación y después transformarla a una distribución normal estandarizada. Los valores de los índices con su respectiva probabilidad se muestran a continuación (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Clasificación de la sequía en términos de SPI y su correspondiente probabilidad de ocurrencia. (Fuente: Méndez, 2010)

SPI	Categoría	Probabilidad (%)
> 2.00	Extremadamente húmedo	2.3
1.50 a 1.99	Muy húmedo	4.4
1.00 a 1.49	Moderado húmedo	9.2
0.50 a 0.99	Húmedo	15.0
0.00 a 0.49	Normal a ligeramente húmedo	19.1
-0.49 a 0.00	Normal a ligeramente seco	19.1
-0.50 a -0.99	Seco	15.0
-1.00 a -1.49	Moderadamente seco	9.2
-1.50 a -1.99	Severamente seco	4.4
< -2.00	Extremadamente seco	2.3

Este índice tiene un carácter probabilístico lo que permite clasificar a la sequía de acuerdo a la magnitud de la anomalía de precipitación. El SPI puede ser calculado y analizado usando una escala de tiempo (meses) de interés:

1. SPI-1 refleja las condiciones a corto plazo y cuya aplicación puede estar relacionada a la humedad del suelo;
2. SPI-3 provee una estimación estacional de la precipitación;
3. SPI-6 y SPI-9 indica tendencias a mediano plazo en los patrones de precipitación;

4. SPI-12 refleja los patrones de precipitación a largo plazo, usualmente relacionado a caudales de ríos, niveles de almacenamiento de pesas, etc.
5. SPI-24 captura la variabilidad de baja frecuencia evitando el ciclo anual explícito

La selección de la escala temporal depende del propósito del estudio, por ejemplo, Méndez (2010) decidió utilizar el SPI de 24 meses (SPI-24), que ha sido probada como una escala de tiempo adecuada para capturar la variabilidad de baja frecuencia (Bordi et al., 2001), debido al interés en su trabajo en analizar los eventos de sequía con duración mayor a 2 años.

Resultados del análisis de la sequía mediante el índice de SPI de 6 meses

Debido a que la mayor parte de la precipitación ocurre durante los meses de verano (junio-septiembre), se decidió analizar la sequía para ese periodo. Se eligió utilizar el SPI de 6 meses (SPI-6) ya que las sequías en el estado de Veracruz no son tan prolongadas como en el resto del país (Reyes, 2014).

Reyes (2014) encontró que la precipitación tiende a aumentar en el sur del estado de Veracruz (aproximadamente 10 mm/año), mientras que en el centro y norte tiende a disminuir, principalmente en la región montañosa.

Se observa que en todo el estado y en el periodo analizado, los periodos húmedos son más intensos que los secos. Aunque la tendencia de la precipitación es positiva en la región sur del estado, es donde se presentan con mayor frecuencia los eventos de sequía. Los periodos húmedos tienen mayor frecuencia en la zona norte y la zona montañosa y tienen una extensión espacial más amplia.

Analizando por década, destaca la de los noventa debido a que fue el periodo donde se presentaron más eventos de sequía y de mayor intensidad. La sequía más intensa se observó en 1998.

De manera general, los eventos de sequía tuvieron un comportamiento recurrente en los siguientes lugares:

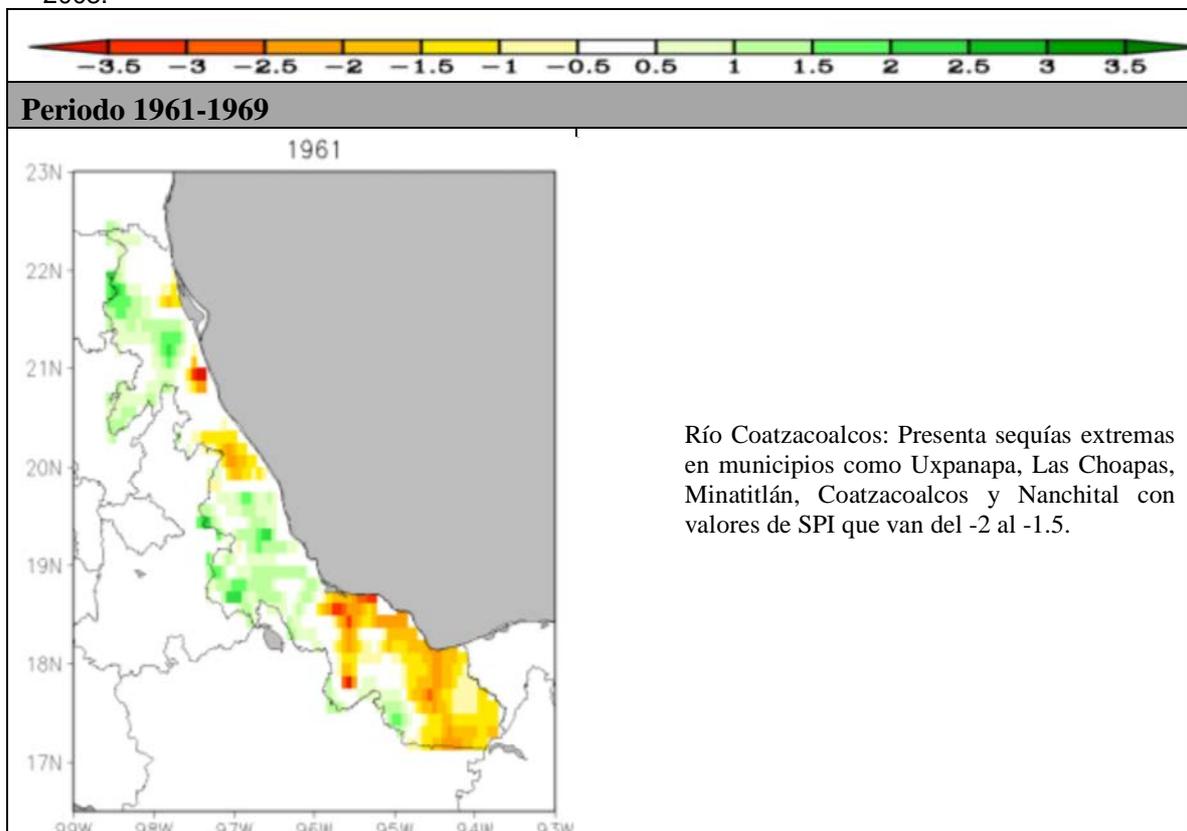
1. En el consejo de cuenca del río Coatzacoalcos, varios años se pudo observar una franja de sequía que se mostraba de sur a norte. En esa franja se encuentran los municipios de Uxpanapa, Minatitlán, Coazoleacaque, Ixhuatlán del Suroeste, Nanchital y finalmente Coatzacoalcos. La región de la Olmeca es la que contiene la mayor extensión y frecuencia de sequías en el estado de Veracruz.

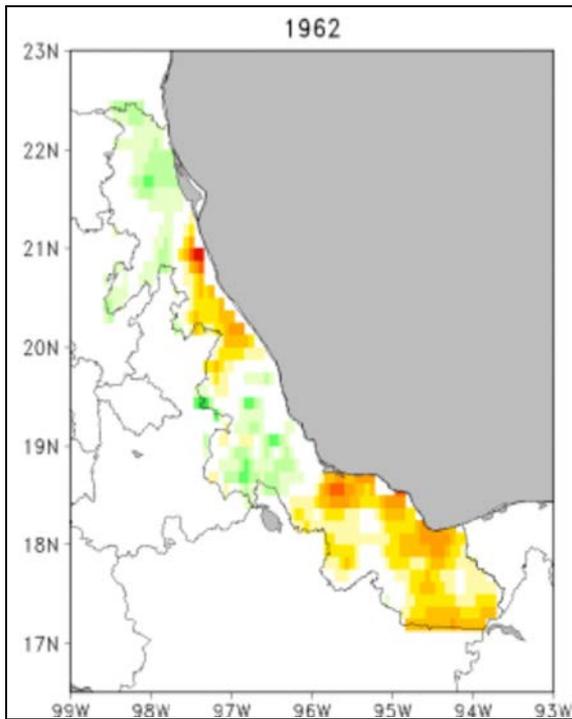
A continuación en la Tabla 6.2 se presentan los resultados obtenidos por Reyes (2014) que describen los eventos secos y húmedos de acuerdo al SPI-06 para el periodo de estudio y se da un énfasis a los eventos que se encuentren ubicados espacialmente dentro de los consejos de cuenca del Organismo de Cuenca Golfo Centro (Figura 6.7), pero se describen específicamente los resultados para el Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos.



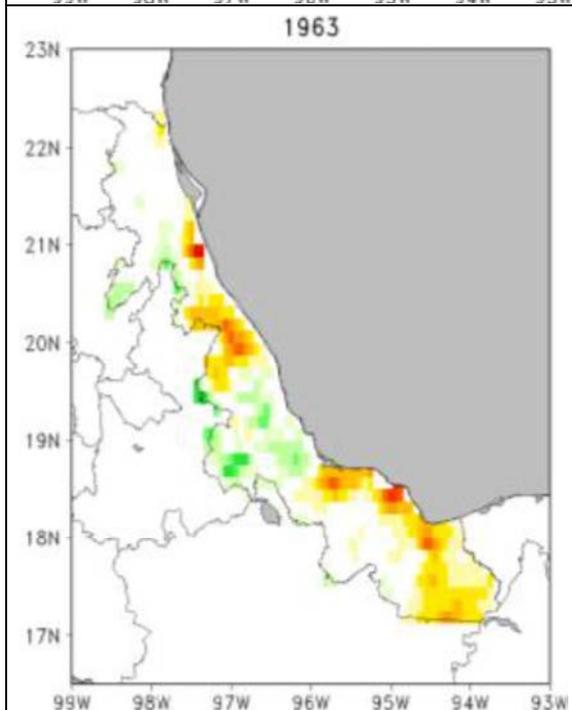
Figura 6.7. Ubicación del estado de Veracruz dentro de los consejos de cuenca.

Tabla 6.2. Resultados de los eventos secos y húmedos de acuerdo al SPI-06 para el periodo 1960 – 2008.

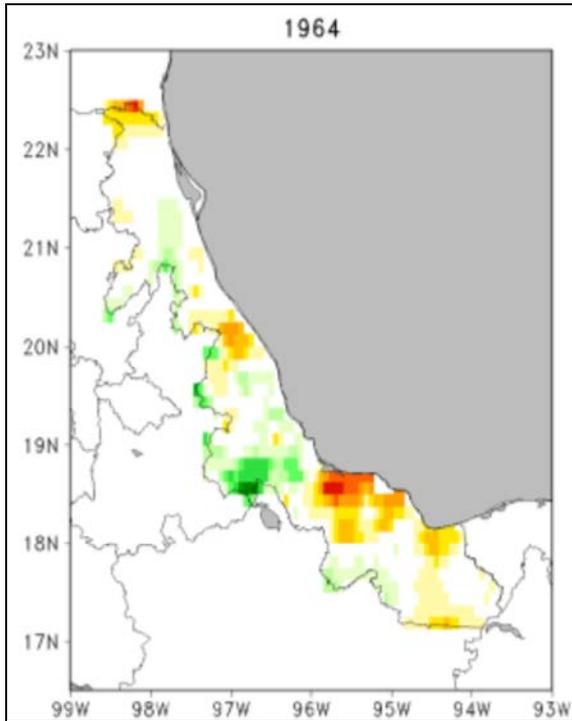




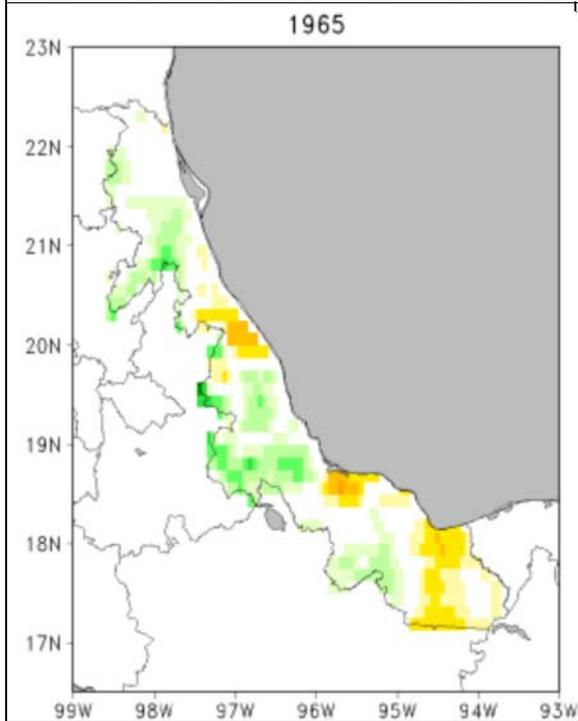
Río Coatzacoalcos: Muy similar al año anterior.



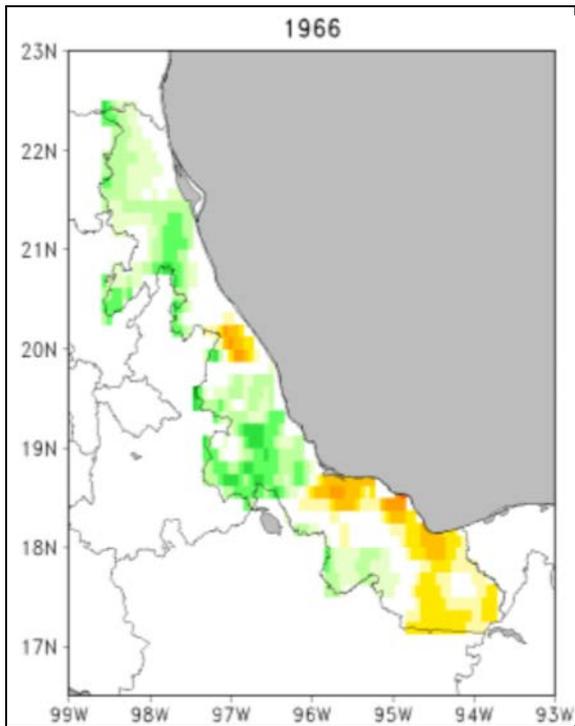
Río Coatzacoalcos: La ubicación de la sequía en esta cuenca se mantiene similar al año anterior, solo cambia su intensidad, que pasa de ser extremadamente seco a severamente seco.



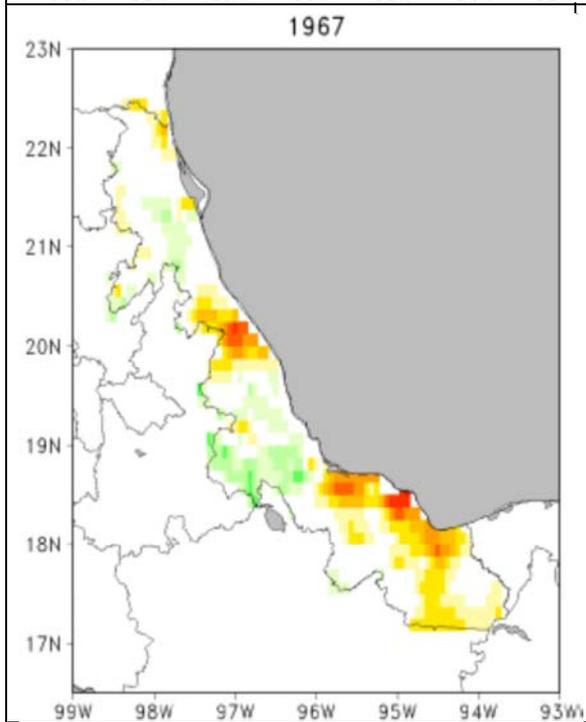
Río Coatzacoalcos: La sequía se presenta en las llanuras del río Coatzacoalcos con un valor de SPI de -1.5.



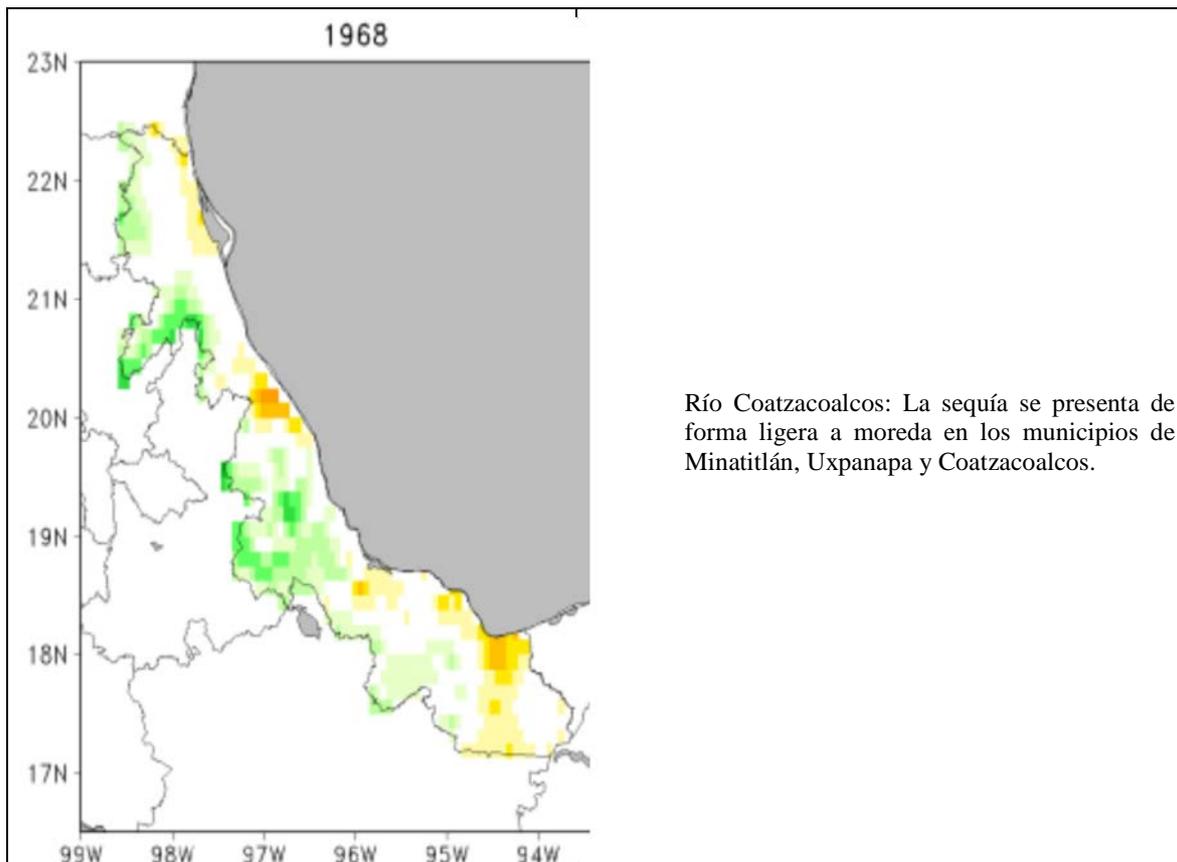
Río Coatzacoalcos: Se presenta igual al año anterior con una sequía moderada.



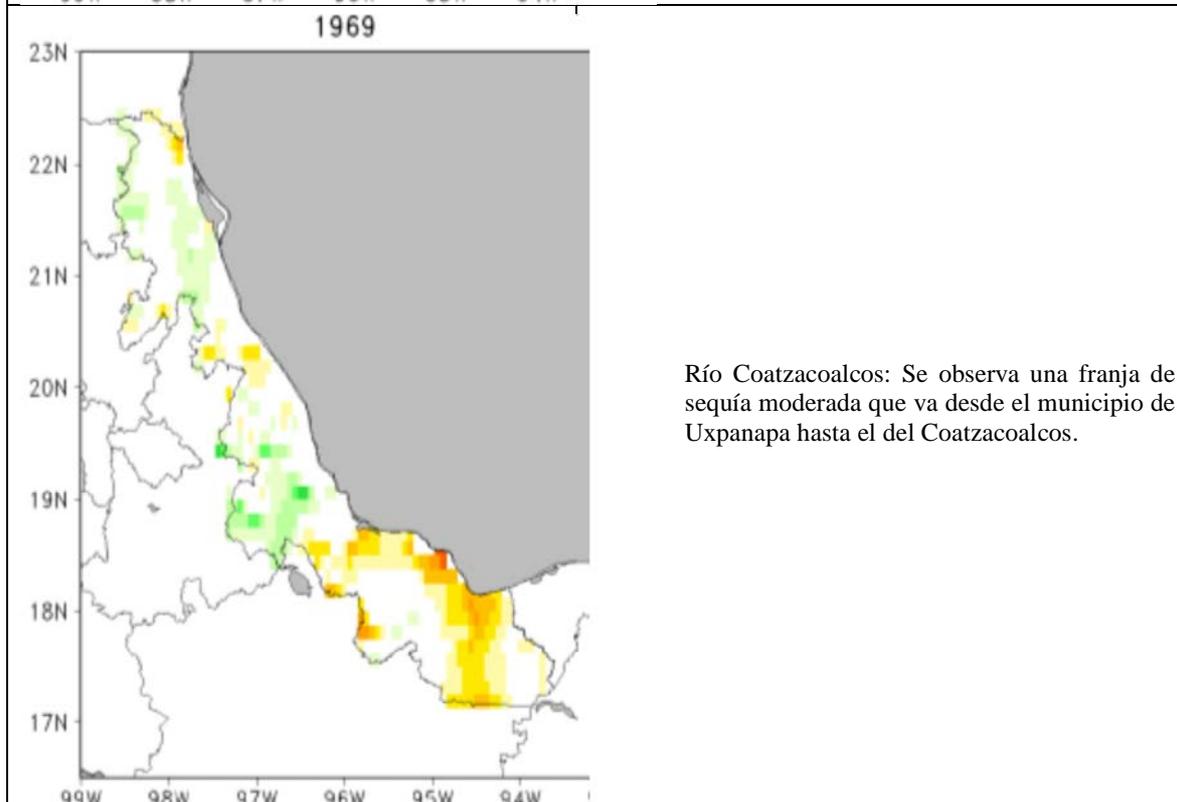
Río Coatzacoalcos: Igual que el año anterior.



Río Coatzacoalcos: Igual que el año anterior solo que en la parte norte del municipio de Minatitlán se intensificó a severa al igual que en Coatzacoalcos.

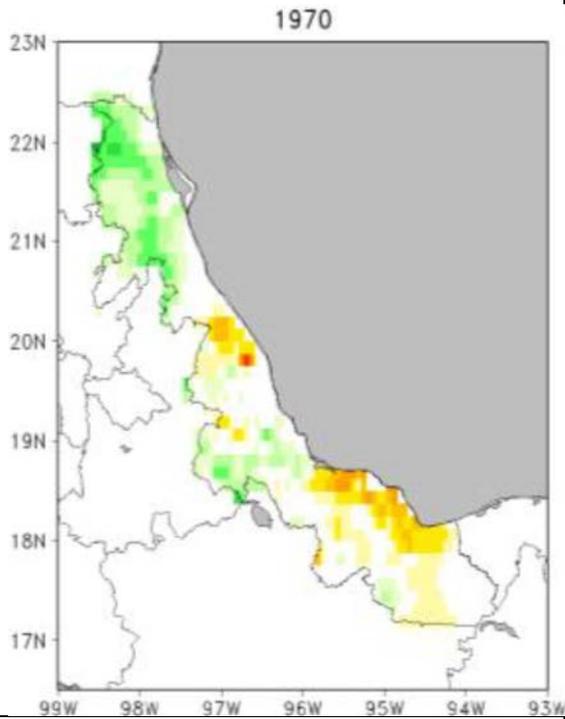


Río Coatzacoalcos: La sequía se presenta de forma ligera a moreda en los municipios de Minatitlán, Uxpanapa y Coatzacoalcos.

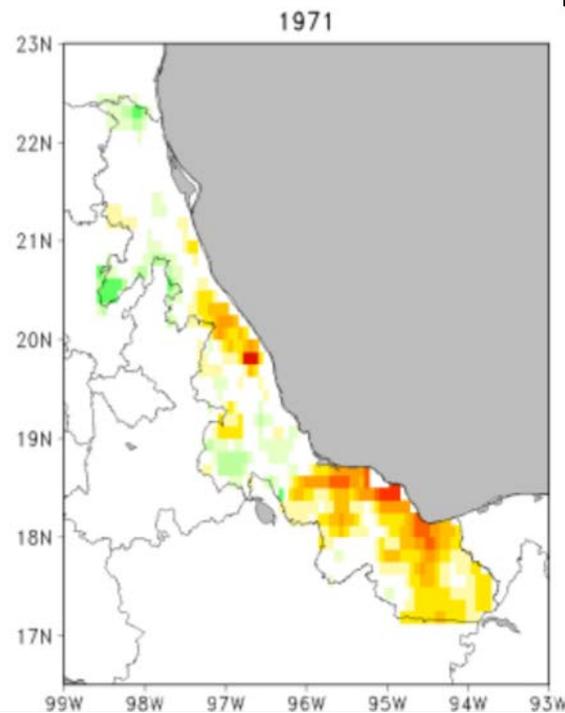


Río Coatzacoalcos: Se observa una franja de sequía moderada que va desde el municipio de Uxpanapa hasta el del Coatzacoalcos.

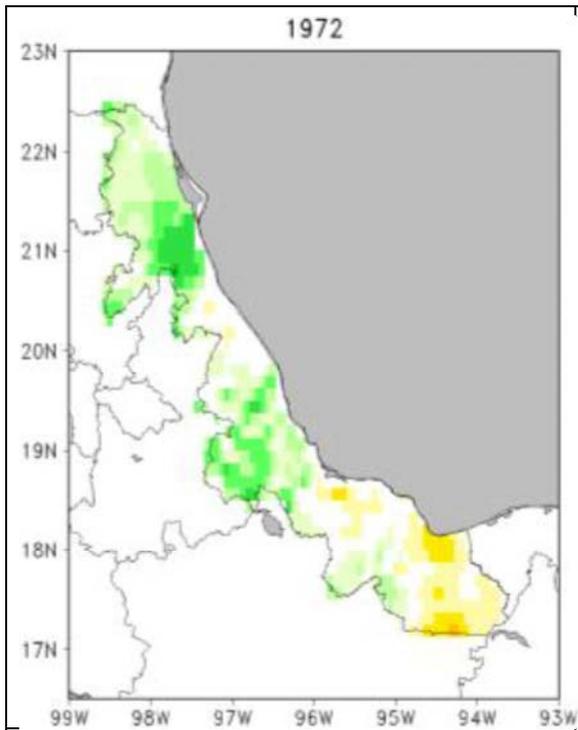
Periodo 1970-1979



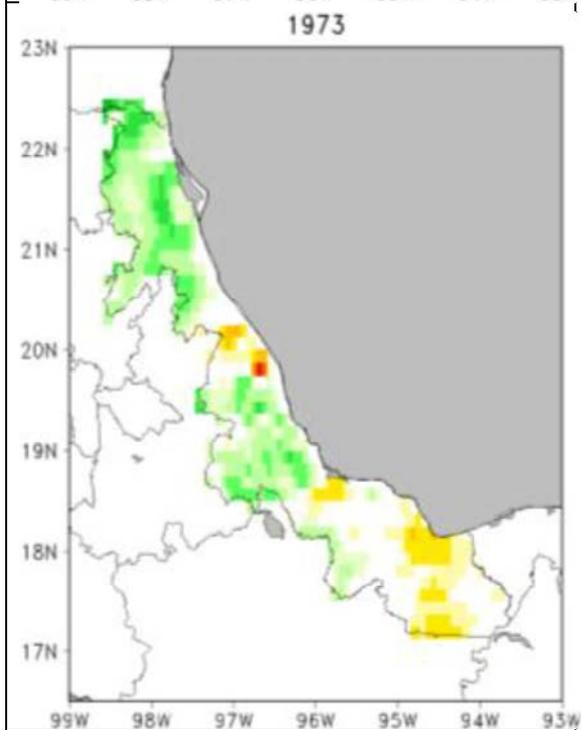
Río Coatzacoalcos: En los municipios de Coatzacoalcos y Cosoleacaque se observan sequías moderadas.



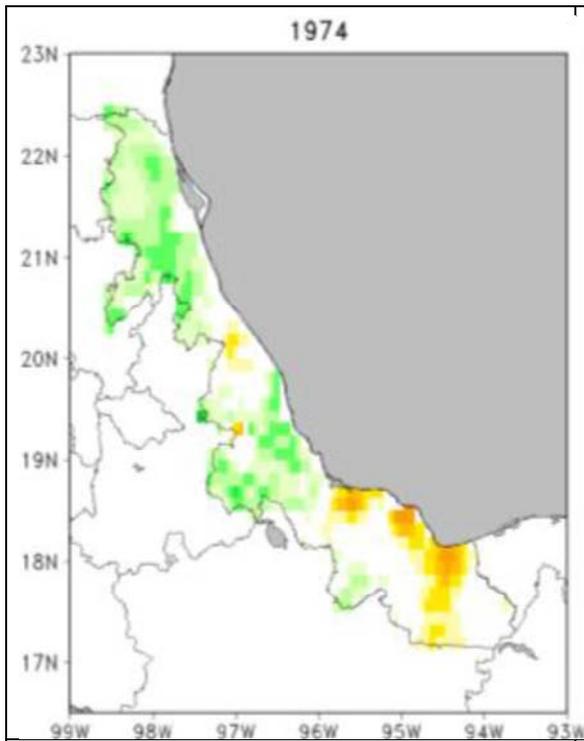
Río Coatzacoalcos: Presenta el mismo patrón particular de sequía en esta zona con una sequía más intensa en las zonas cercanas al río Coatzacoalcos.



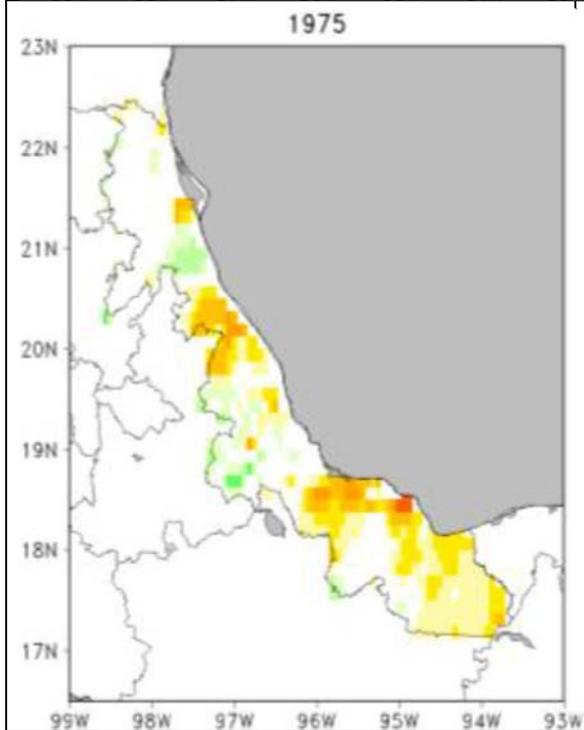
Río Coatzacoalcos: Se aprecian sequías moderadas a la salida de la cuenca y de la misma forma en el municipio de Uxpanapa.



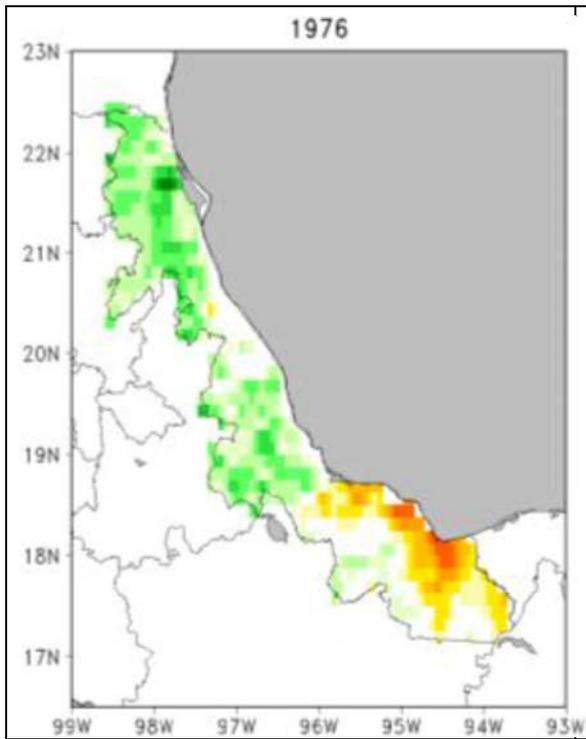
Río Coatzacoalcos: Igual que el año anterior.



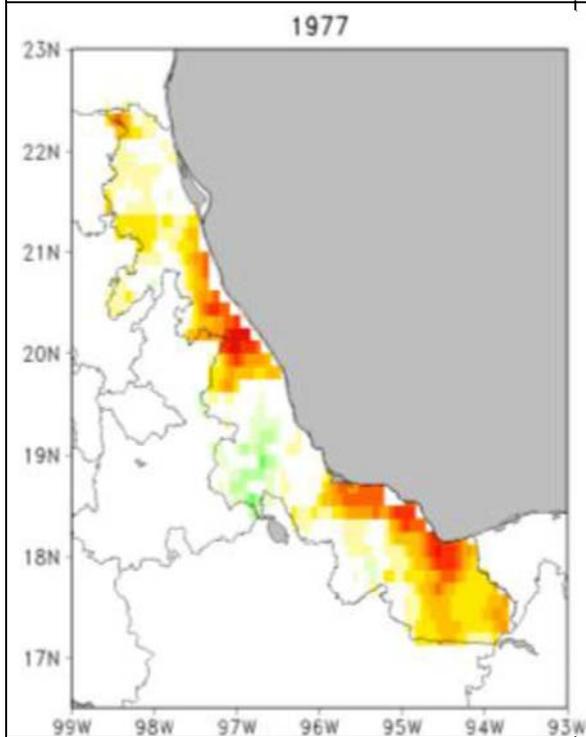
Río Coatzacoalcos: Presenta el mismo patrón que se observa en los anteriores años con sequías moderadas en las llanuras del río Coatzacoalcos.



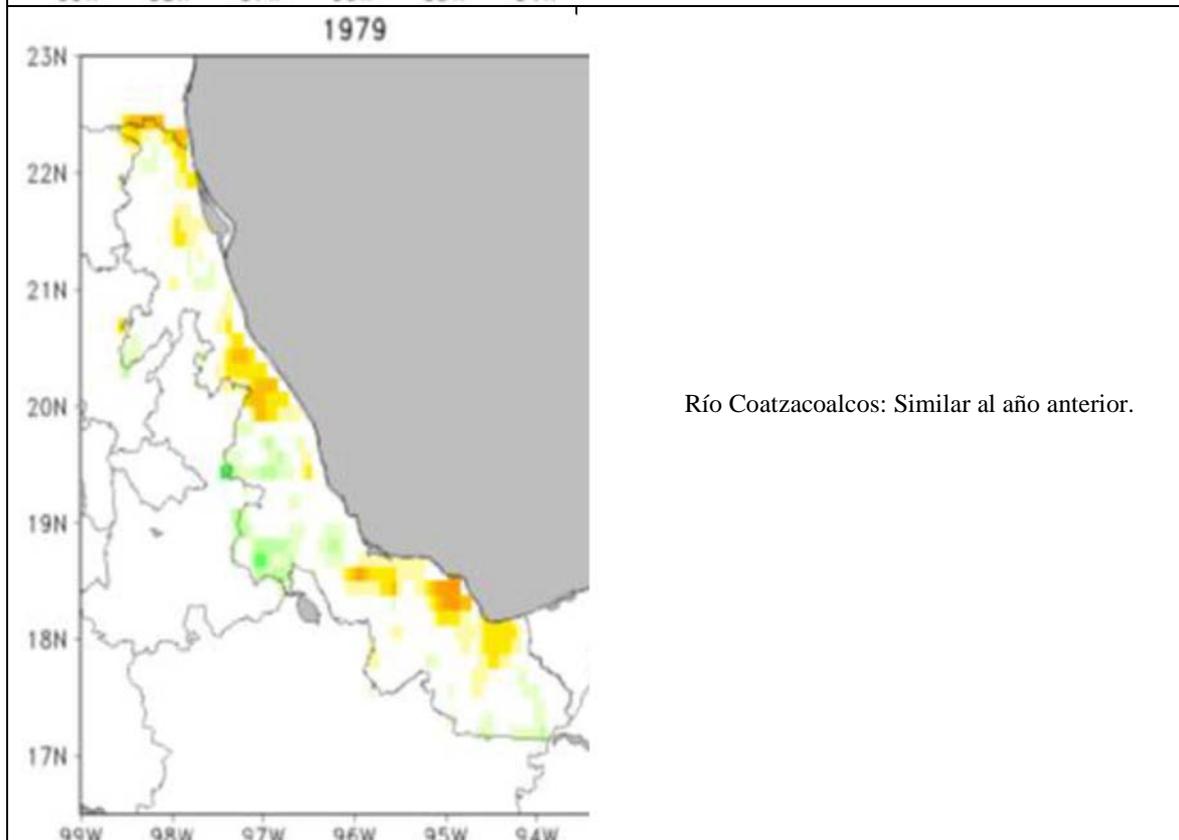
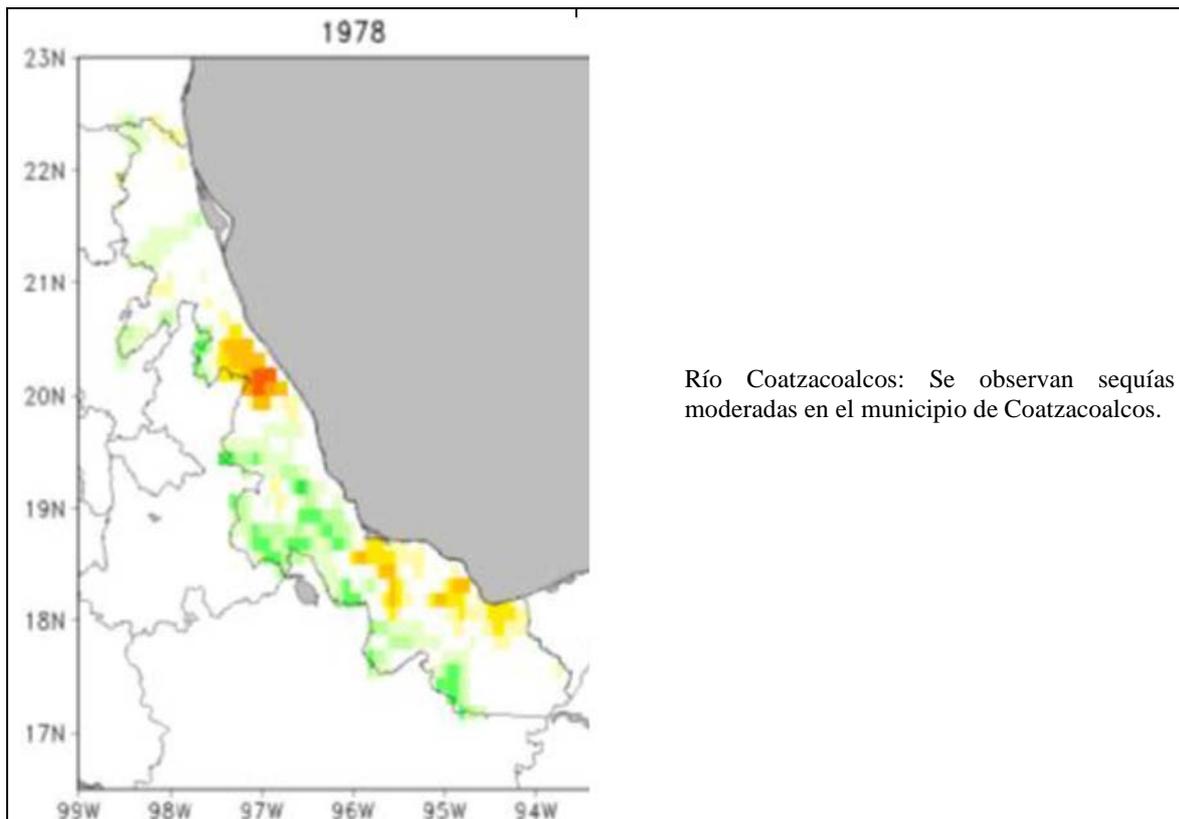
Río Coatzacoalcos: Aproximadamente toda la región de Veracruz que pertenece a la cuenca del río Coatzacoalcos presenta sequía ligera para este año a excepción de algunos municipios que presentan sequías moderadas.



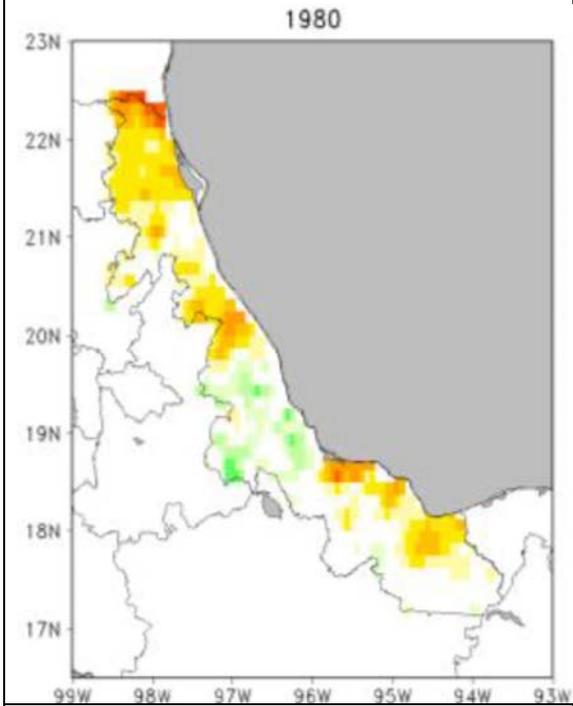
Río Coatzacoalcos: Se presentan sequías extremas en la desembocadura del río Coatzacoalcos.



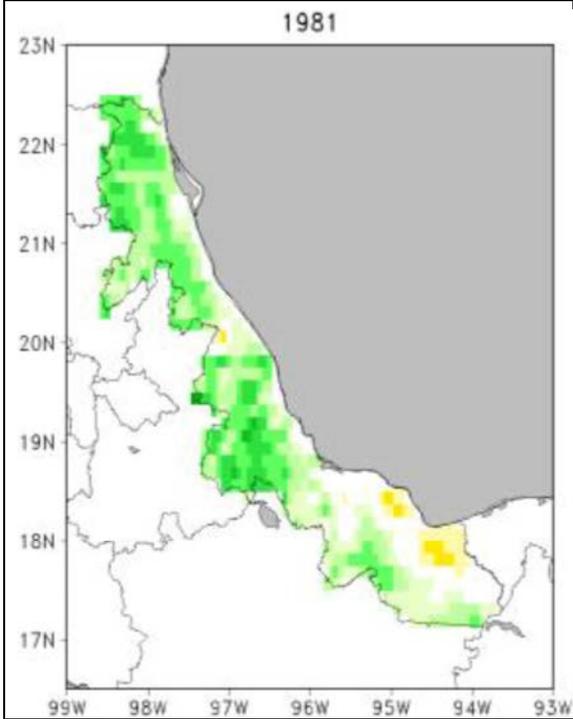
Río Coatzacoalcos: Se observan sequías extremas en los municipios de Coatzacoalcos, Cosoleacaque, Ixhuatlán y la zona norte de Minatitlán.



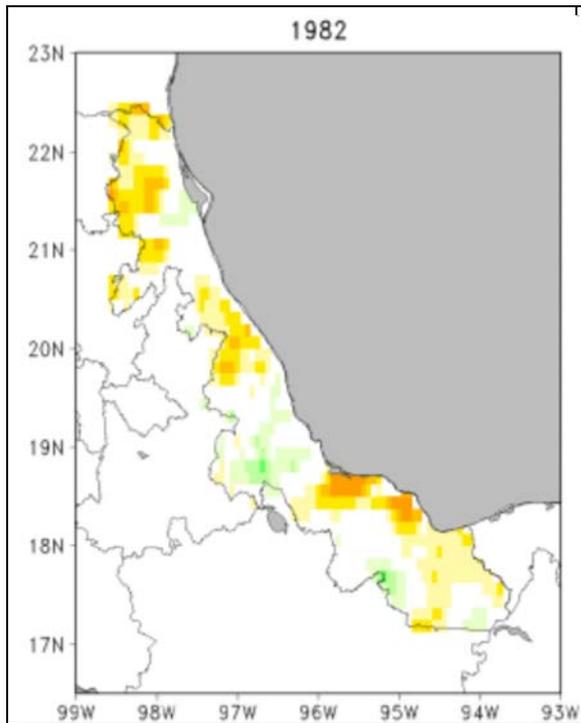
Periodo 1980-1989



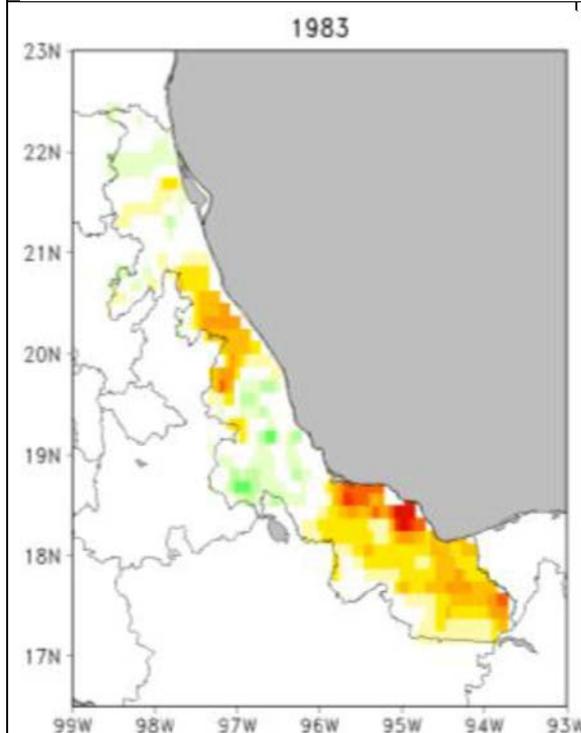
Río Coatzacoalcos: Similar al año anterior.



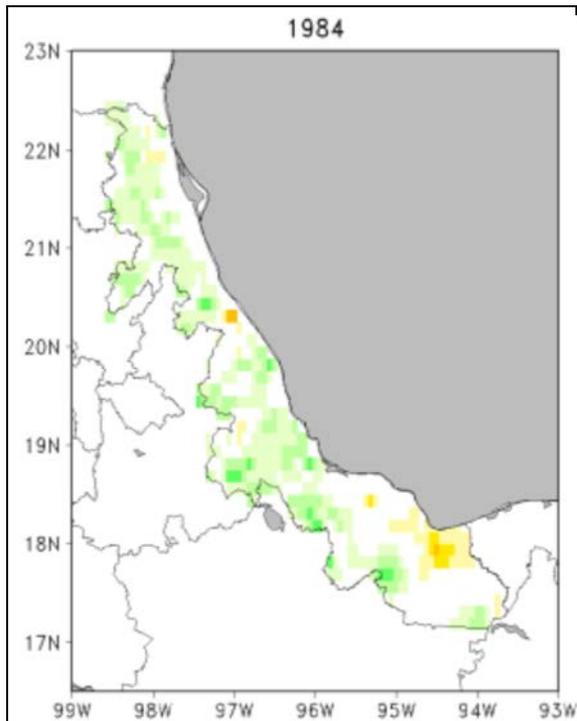
Río Coatzacoalcos: Se observa una extensión diminuta de sequías moderadas al norte del municipio de Minatitlán.



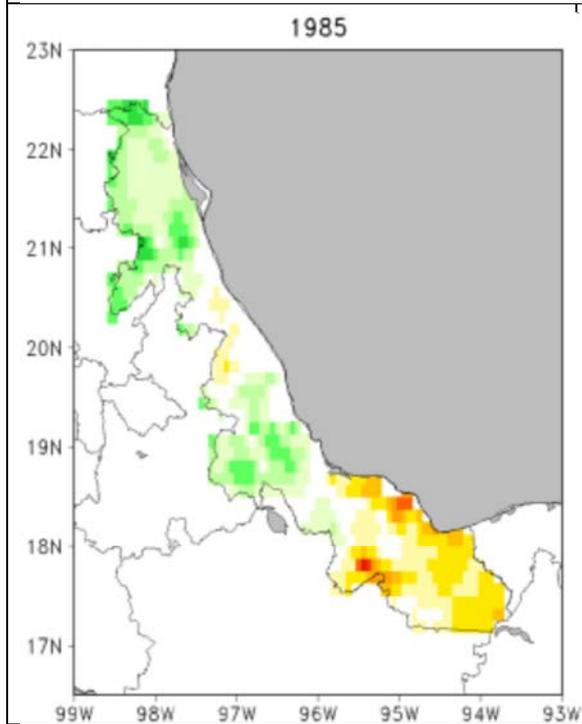
Río Coatzacoalcos: Casi toda la región Olmeque con algunas zonas de sequías moderadas se presentan sequías ligeras.



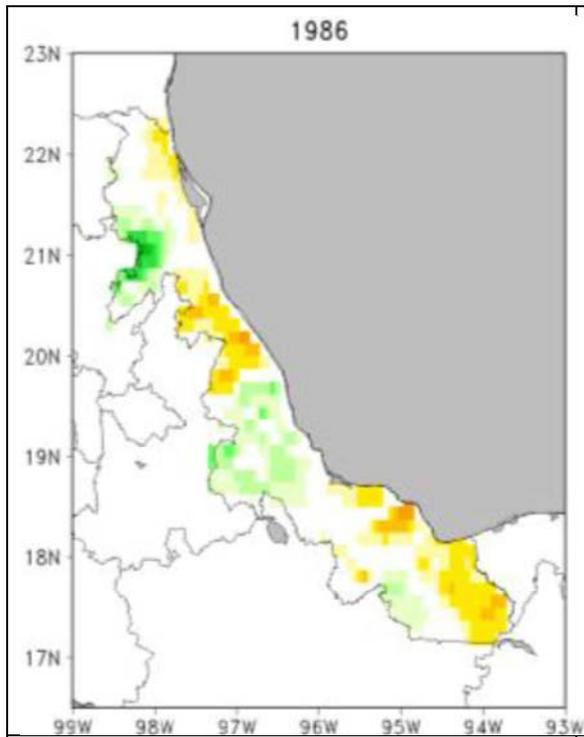
Río Coatzacoalcos: Las sequías severas predominan en la mayor parte de la región de la Olmeque.



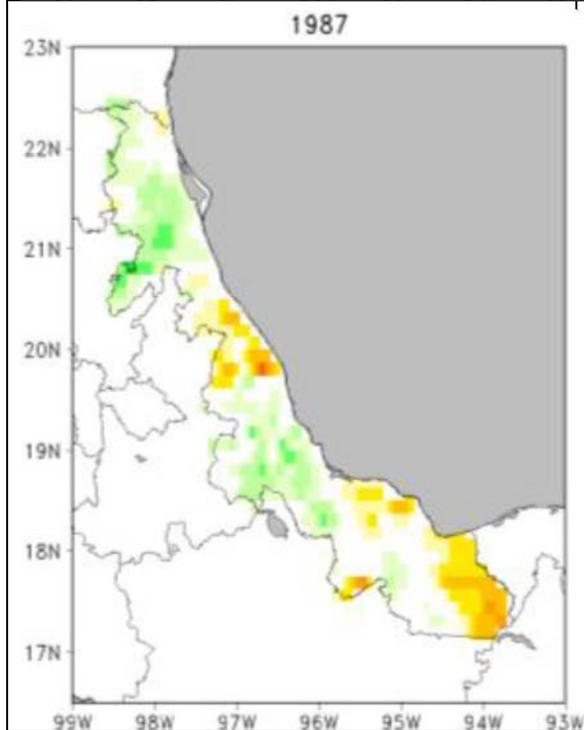
Río Coatzacoalcos: Para el municipio de Cosoleacaque se observan sequías moderadas.



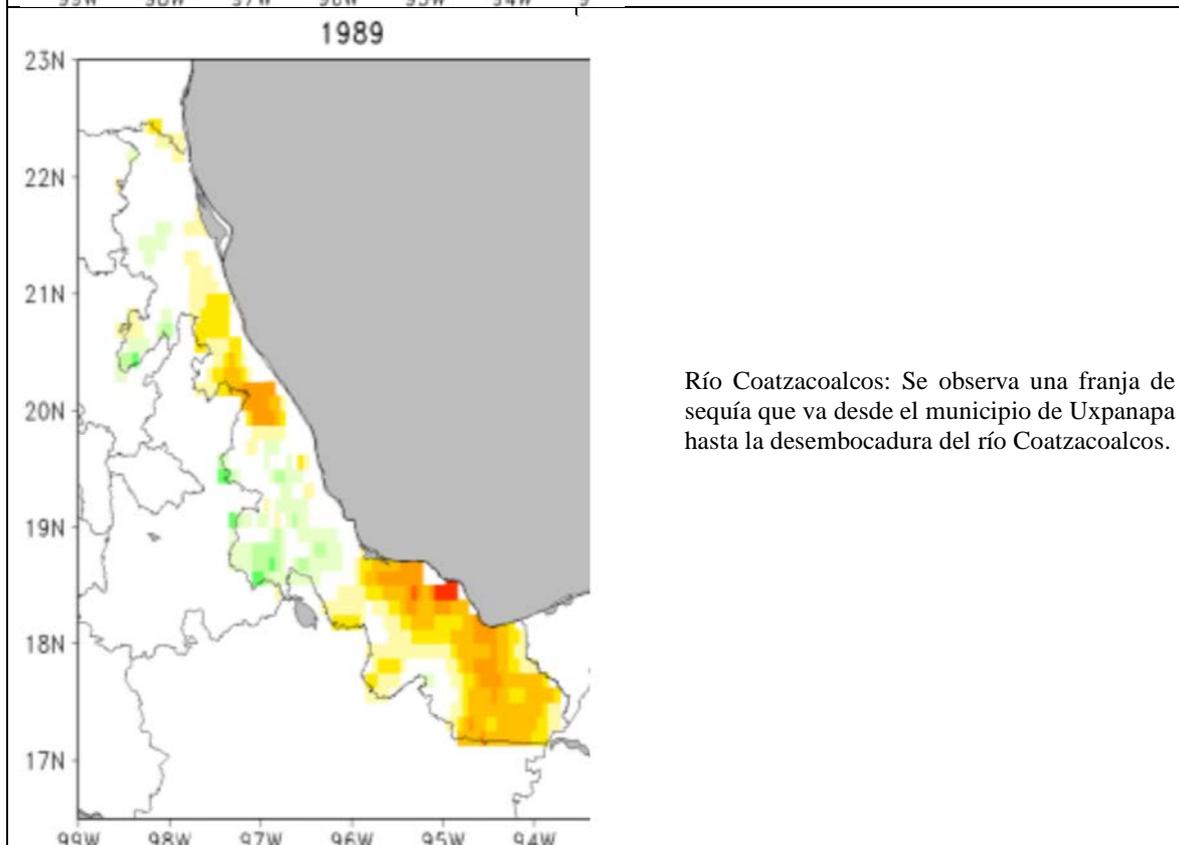
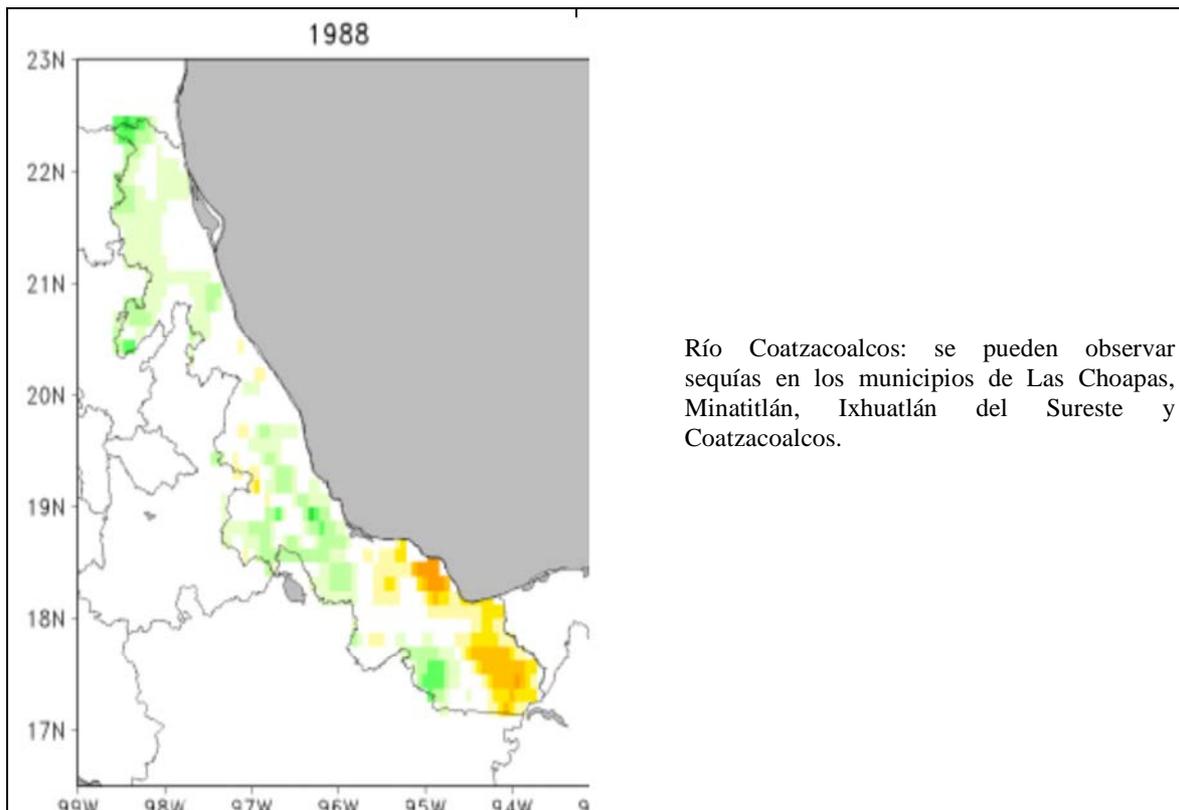
Río Coatzacoalcos: En los municipios de Las Choapas, Minatitlán y Coatzacoalcos se presentan sequías moderadas.



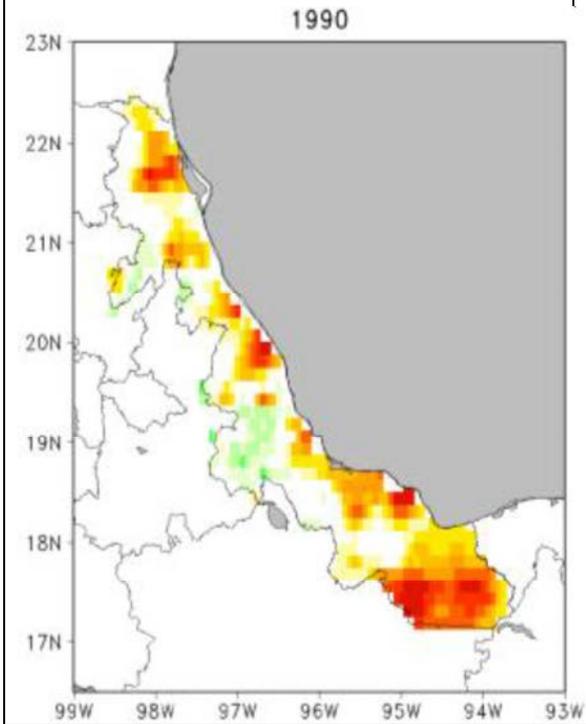
Río Coatzacoalcos: Se presentan sequías moderadas en los municipios de Las Choapas, Minatitlán y Coatzacoalcos.



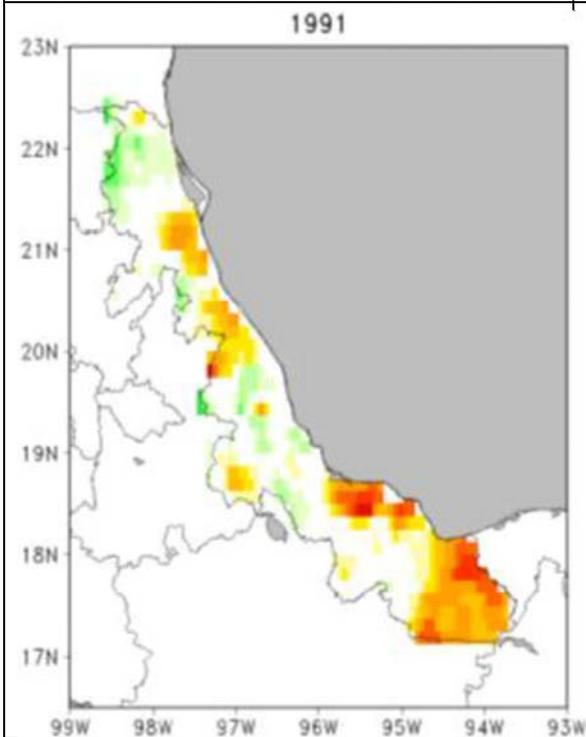
Río Coatzacoalcos: Las sequías moderadas y severas se presentan en la frontera con el estado de Tabasco y abarcando los municipios de Las Choapas, Agua Dulce, Coatzacoalcos y Minatitlán.



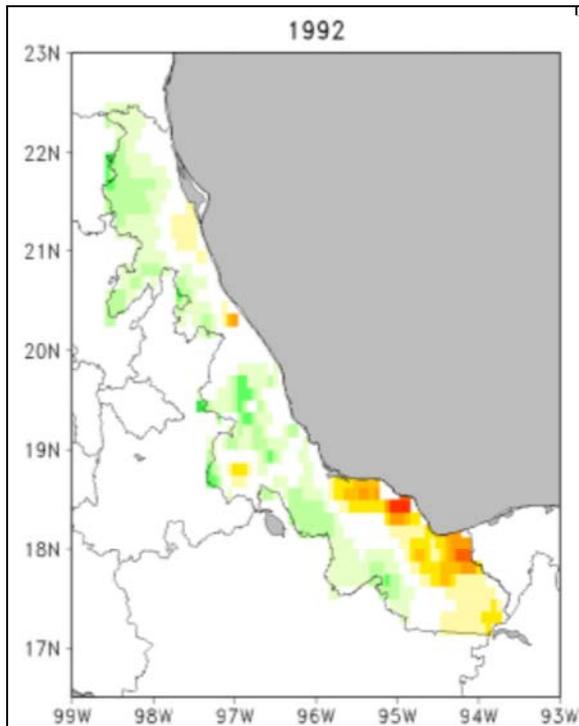
Periodo 1990-1999



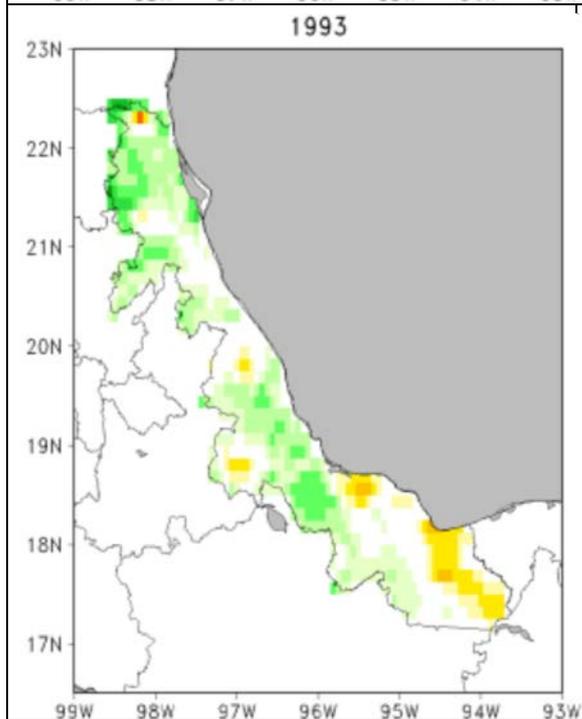
Río Coatzacoalcos: Se observa que en la parte sur de la región olmeca presentan sequías extremas con valores de SPI de -3.0 o menos, en esa región se encuentran los municipios de Jesús Carranza, Uxpanapa, Hidalgotitlán y Las Chopas.



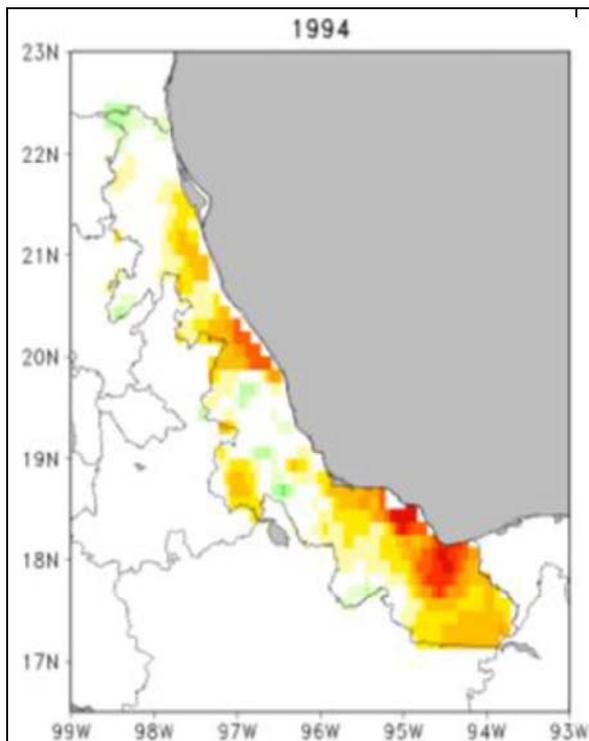
Río Coatzacoalcos: Las sequías se presentan en casi toda la región de la Olmeca con sequías extremas en los municipios de Las Choapas y Agua Dulce.



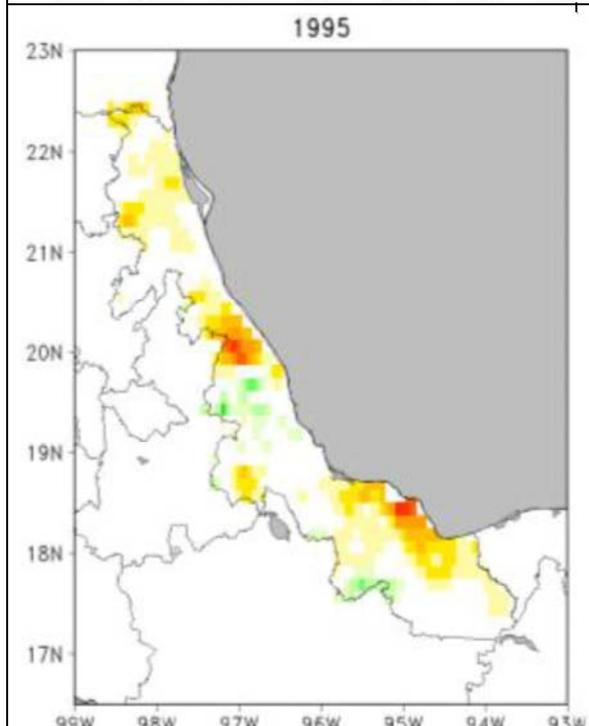
Río Coatzacoalcos: En la parte norte de la región Olmeca se aprecian sequías severas.



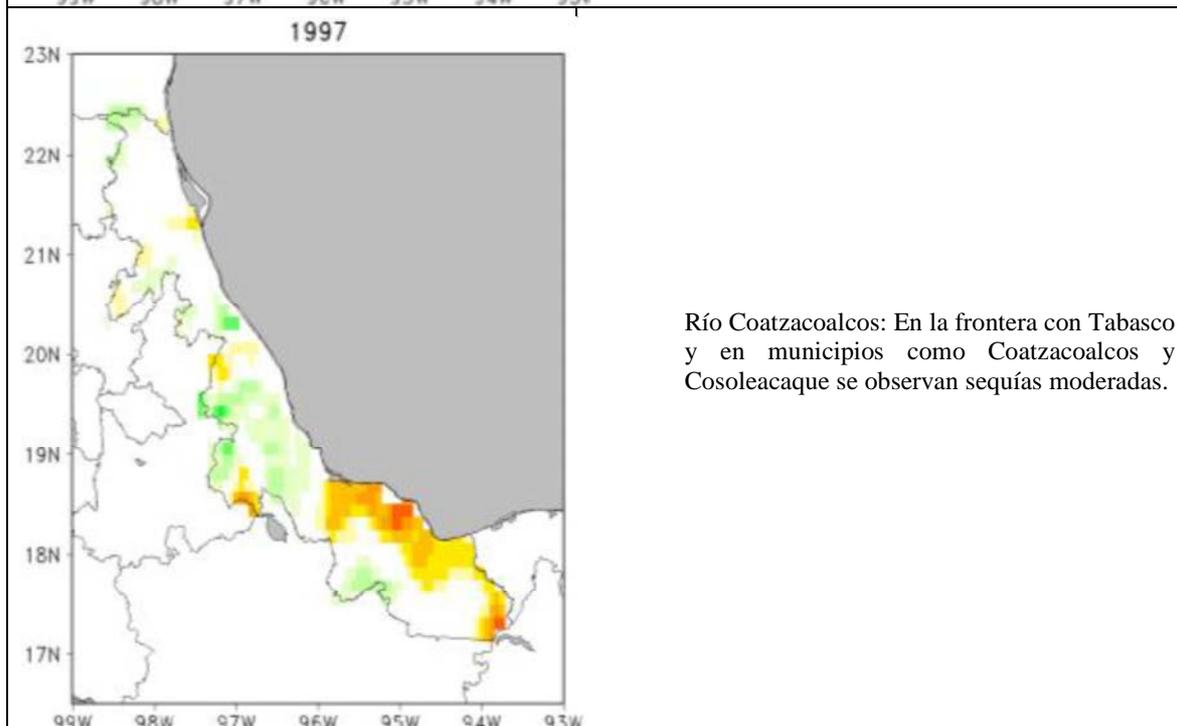
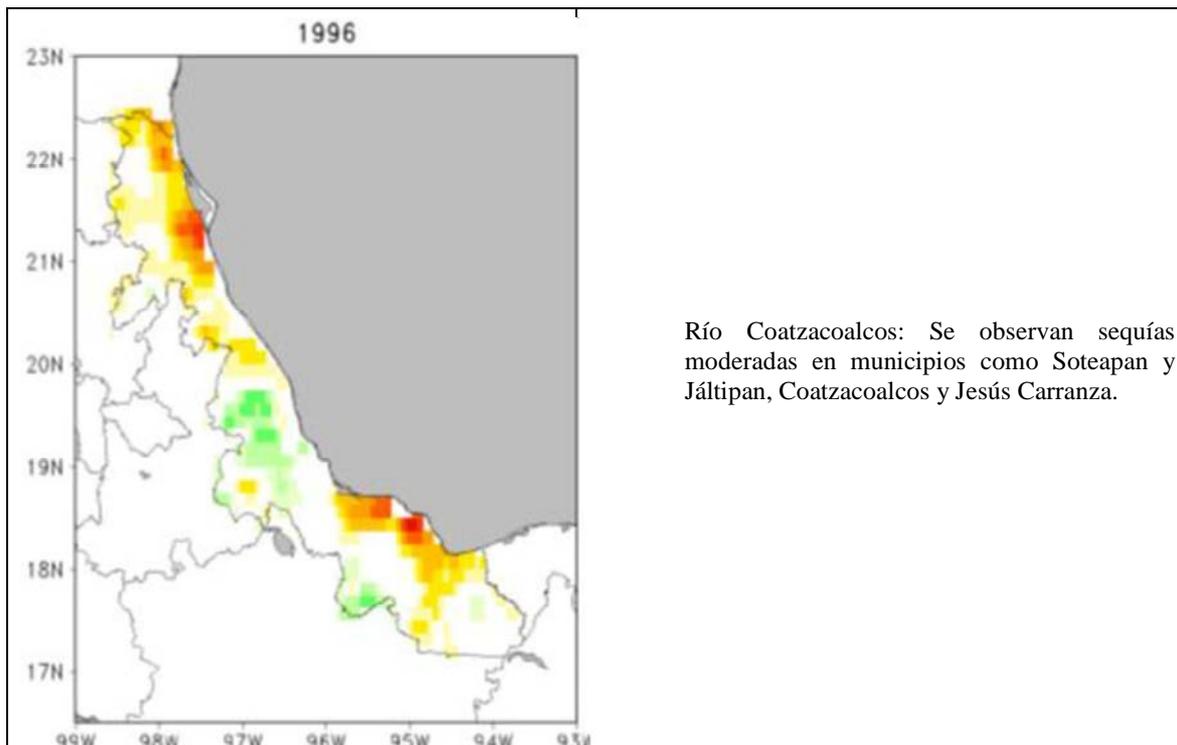
Río Coatzacoalcos: Sequías moderadas en los municipios de Coatzacoalcos, Minatitlán, Las Choapas y Cosoleacaque.

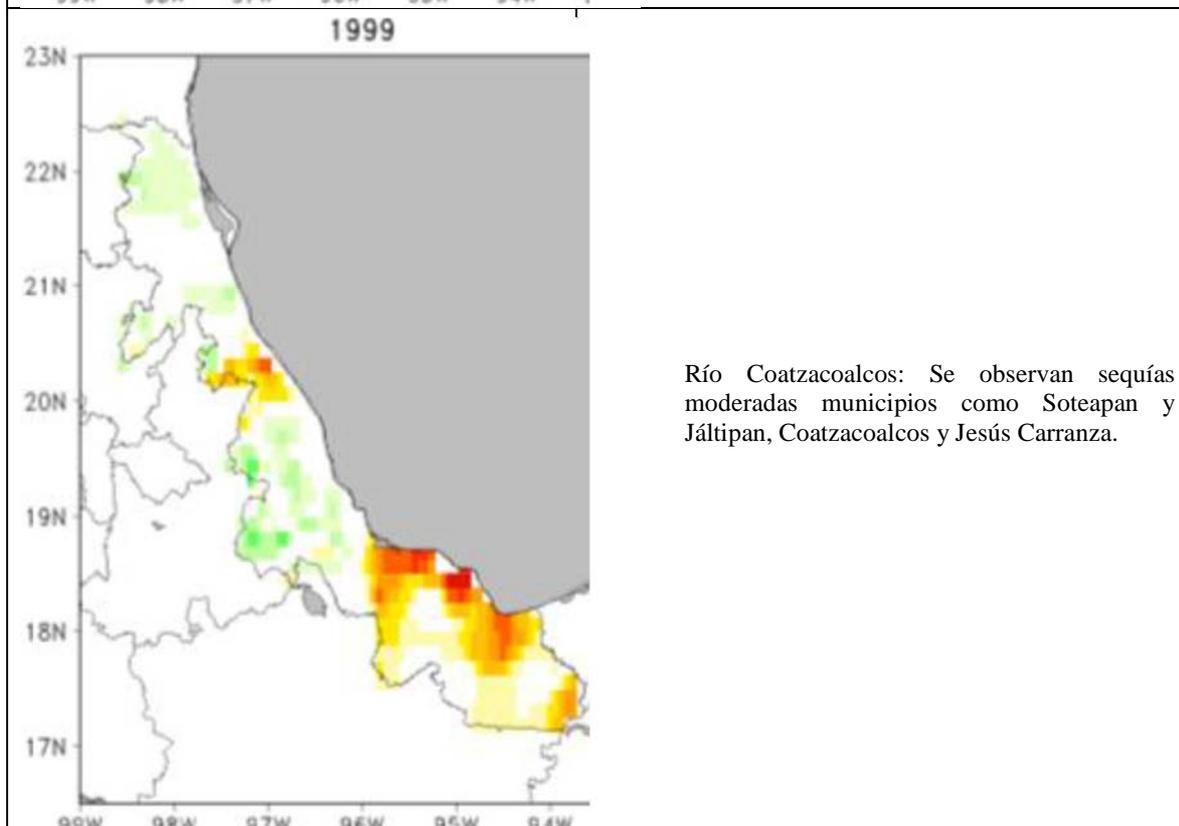
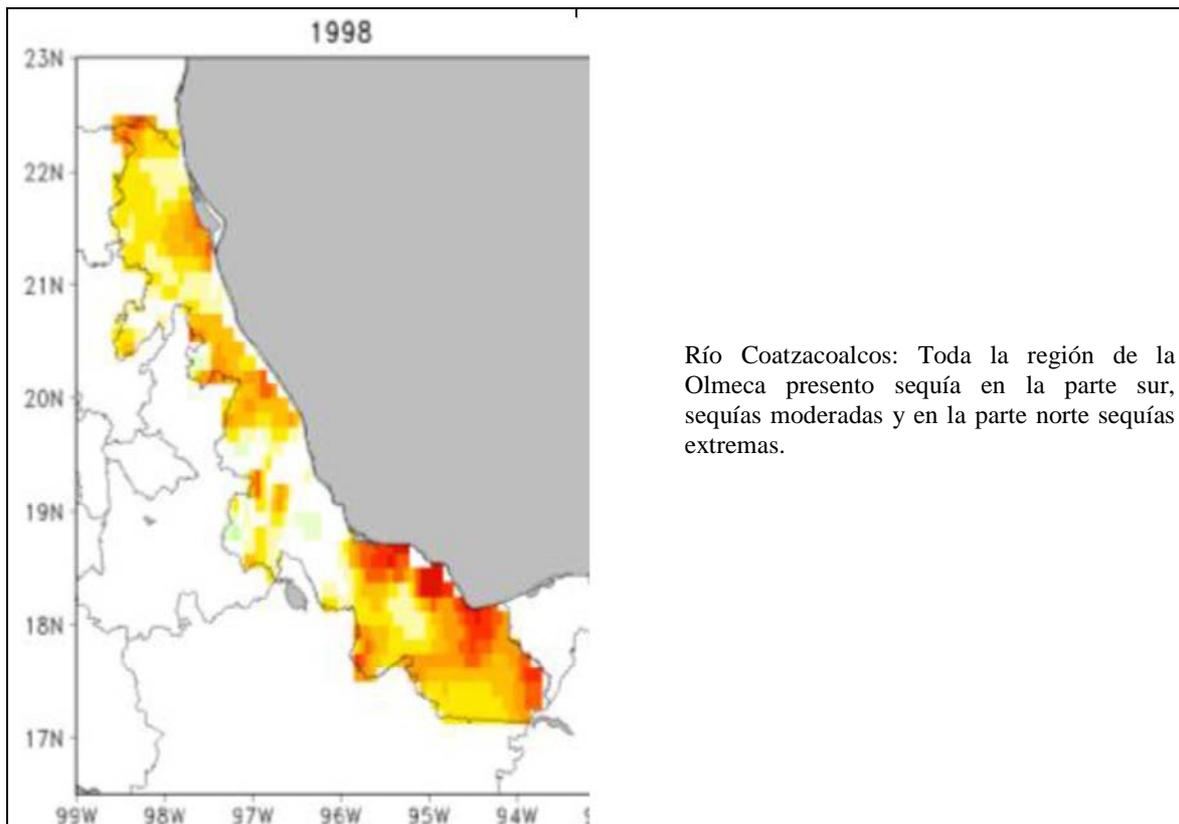


Río Coatzacoalcos: Las sequías se presentan en casi toda la región de la Olmeca con sequías extremas en los municipios de Coatzacoalcos y Cosoleacaque.

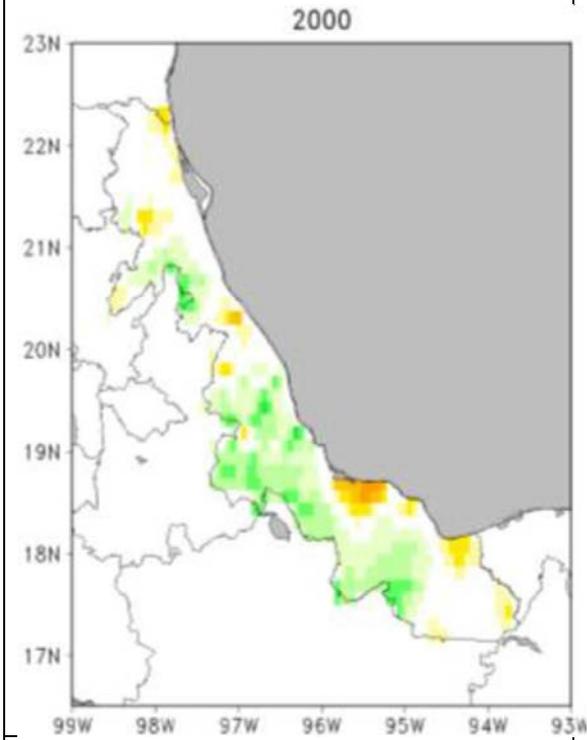


Río Coatzacoalcos: En la laguna de Ostión y en municipios como Soteapan y Jáltipan se aprecian sequías moderadas.

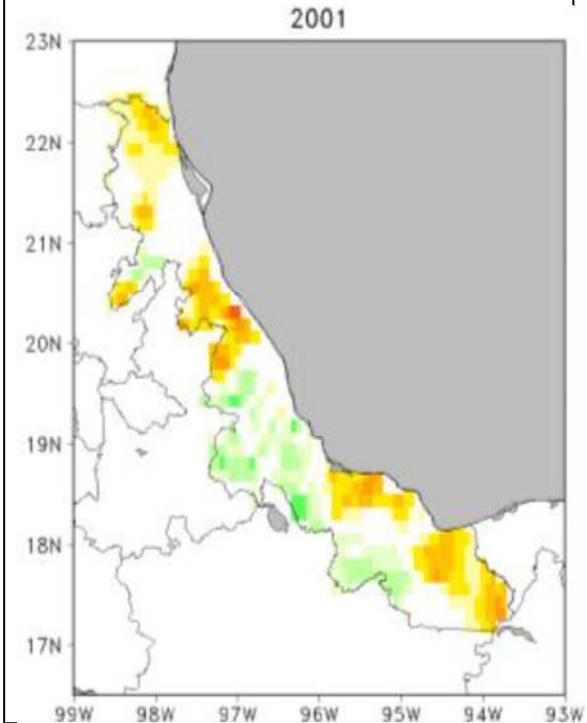




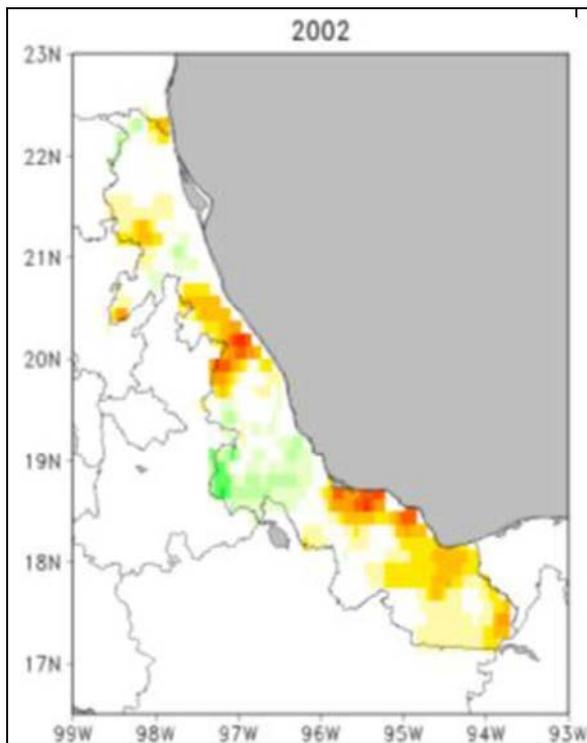
Periodo 2000-2008



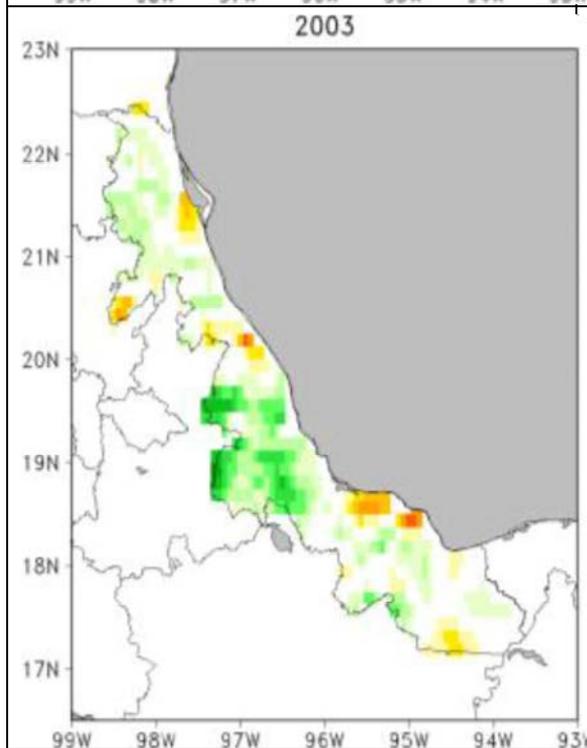
Río Coatzacoalcos: Se observan sequías moderadas en el municipio de Coatzacoalcos.



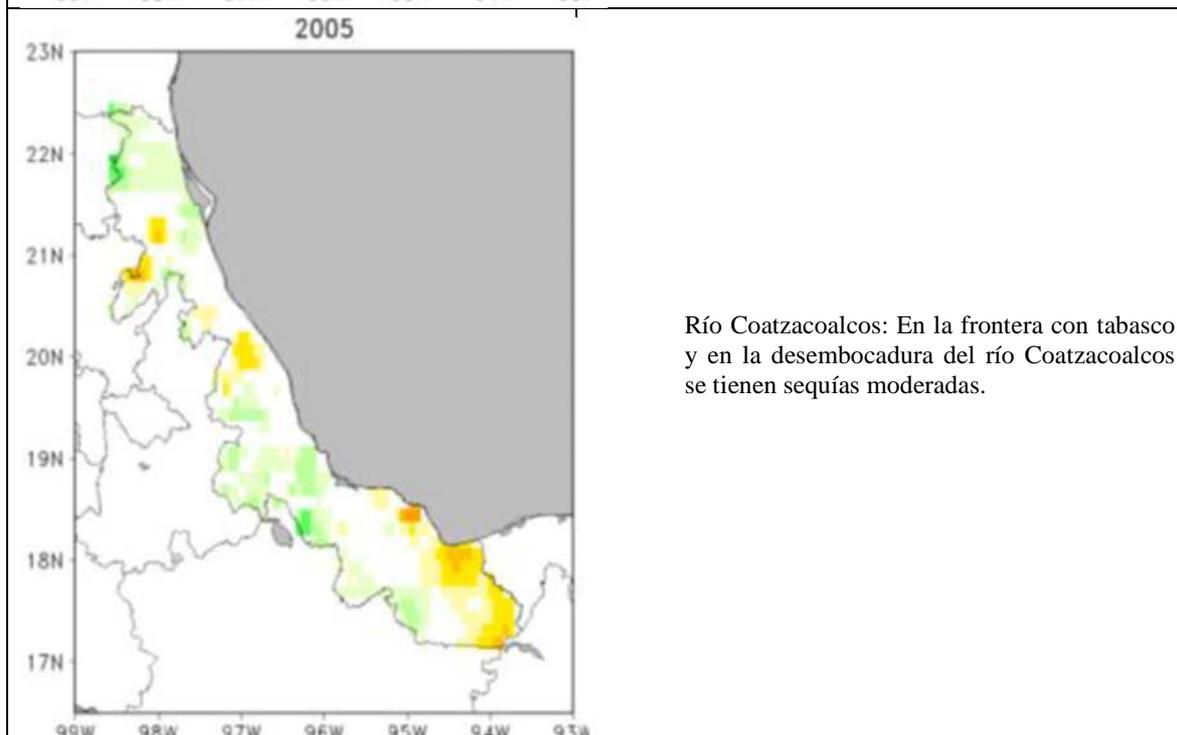
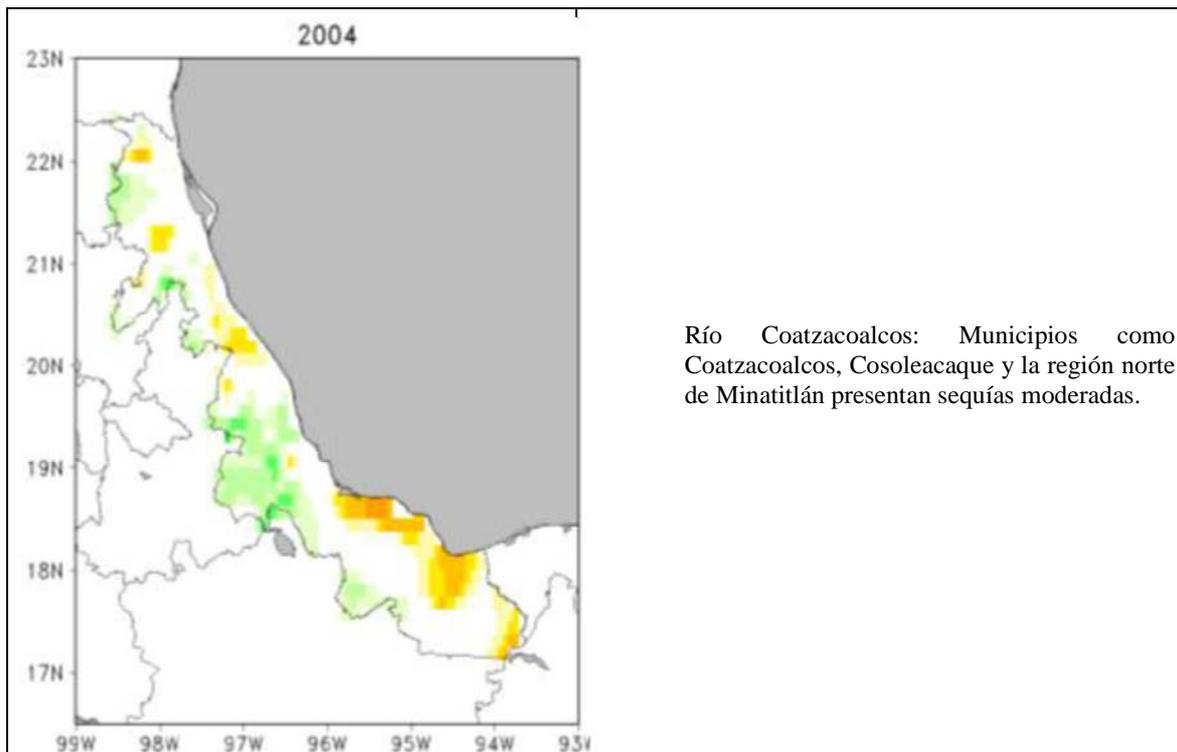
Río Coatzacoalcos: Se aprecian sequías moderadas en la frontera con Tabasco y en la desembocadura del río Coatzacoalcos.

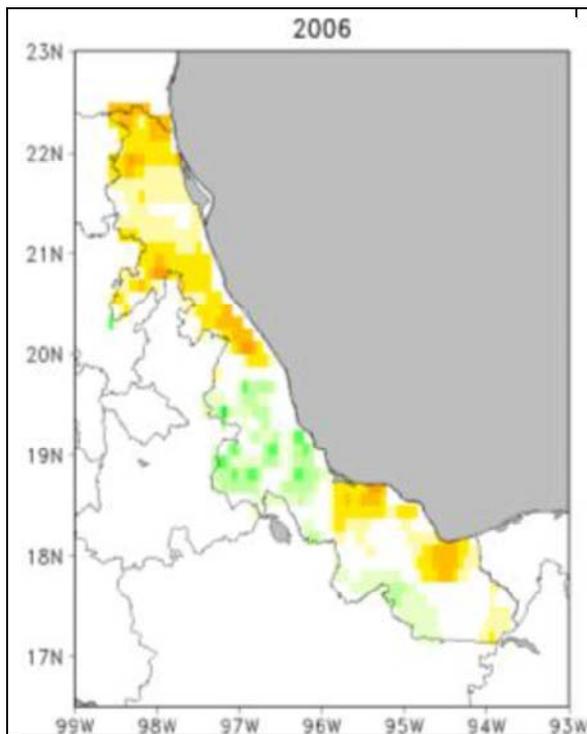


Río Coatzacoalcos: Se tienen sequías moderadas en la frontera con Tabasco y en la desembocadura del río Coatzacoalcos.

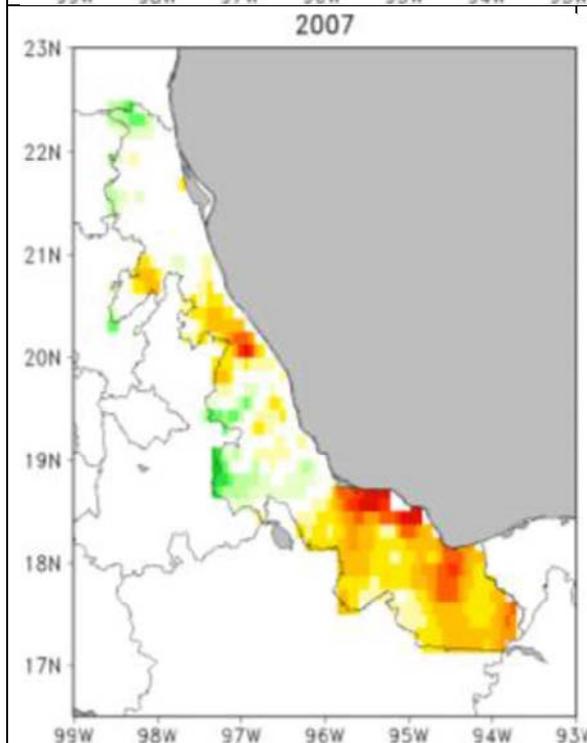


Río Coatzacoalcos: Se presentan sequías moderadas en el municipio de Uxpanapa.

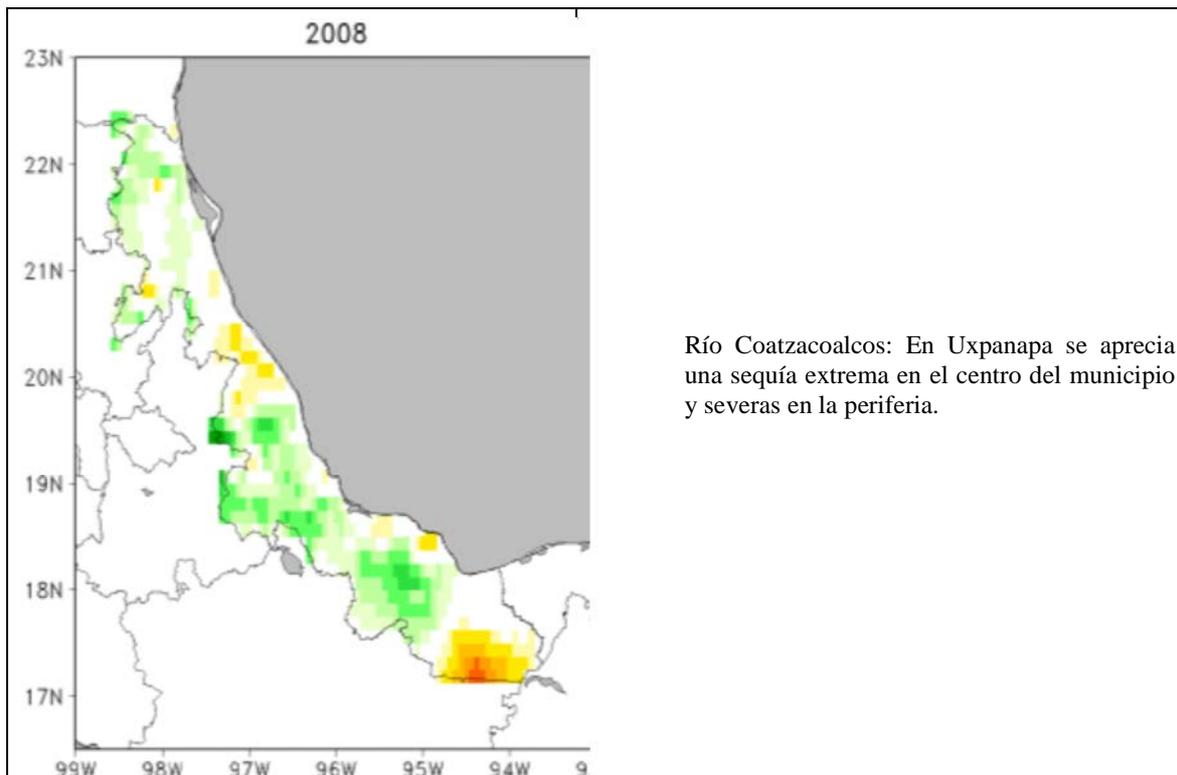




Río Coatzacoalcos: Los municipios de Coatzacoalcos y Cosoleacaque y la región norte de Minatitlán presentan sequías moderadas.



Río Coatzacoalcos: Gran parte de la región Olmeca se ve afectada por la sequía, las zonas aledañas al río Coatzacoalcos presentan un SPI de -2.5.



6.4 Escurrimientos

Para esta parte del estudio se utilizaron estaciones hidrométricas de la base de datos del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) del SMN⁴. El análisis de la serie anual de escurrimientos, así como el de las anomalías estandarizadas, se realizó considerando el periodo de 1980 al 2008 como base. Este periodo fue el mismo utilizado en la sección para el análisis de la precipitación.

Cabe mencionar que de todas las estaciones disponibles solo se utilizaron aquellas estaciones que tuvieran un registro de al menos 30 años de datos (dentro del periodo de 1960 al 2008) y que se localizaran en la salida (o cerca) de algún afluente de la cuenca. Para la Cuenca del Coatzacoalcos se utilizaron las estaciones de Tierra Morada (29008), Jesús Carranza II (29006) y Las Perlas (29005) (Figura 6.8)

⁴ Disponible en: <http://www.CONAGUA.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Portada%20BANDAS.htm>

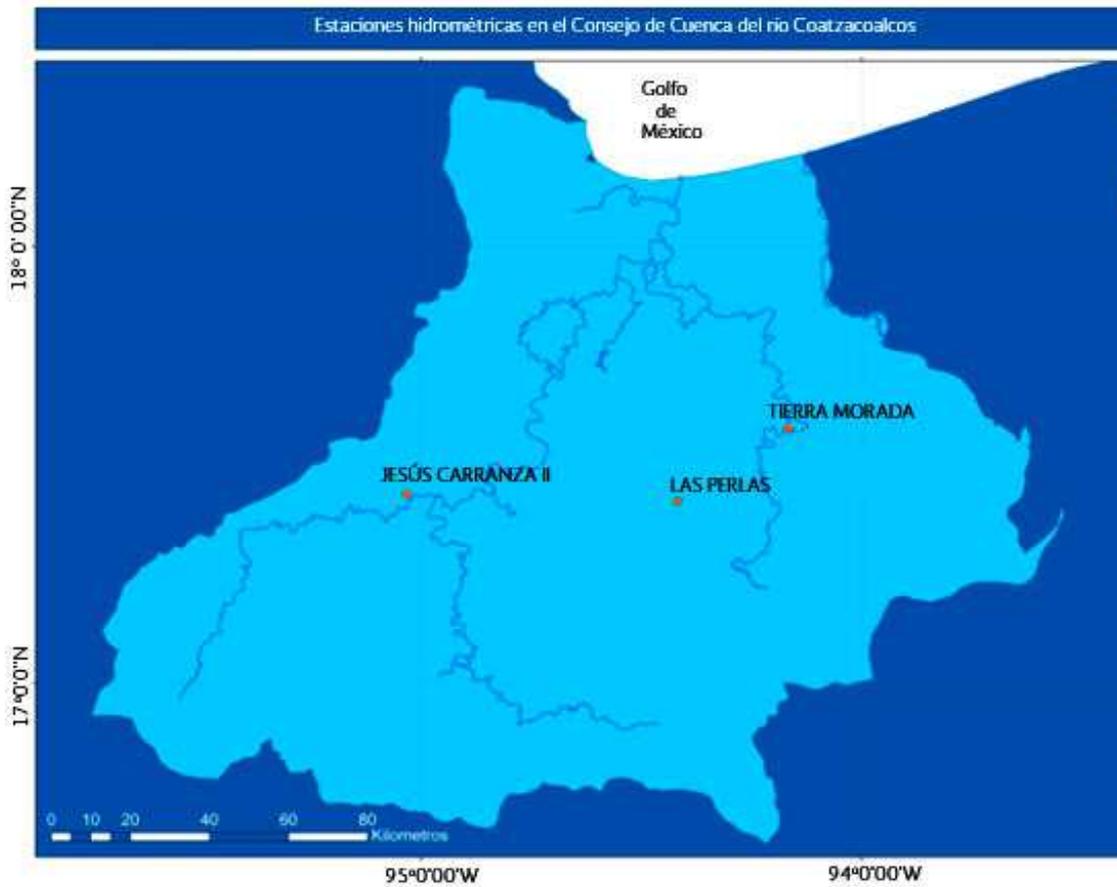


Fig. 6.8. Estaciones hidrométricas utilizadas para el cálculo de gasto en la Cuenca del Río Coatzacoalcos.

6.4.1 Ciclo anual

Para el análisis del escurrimiento en el CC, se realizó un promedio mensual del gasto para el periodo en estudio, al igual que un promedio entre estaciones para tener el valor representativo del CC.

El ciclo anual (Figura 6.9) refleja claramente el periodo de lluvias que ocurre en la región, el cual va de junio a octubre, con el máximo ocurriendo en septiembre. El descenso de octubre a noviembre es notorio, este último mes de transición cuando inicia el período de secas.

A partir de noviembre el escurrimiento gasto disminuye de manera significativa, llegando a sus mínimos valores en los meses de abril y mayo, reflejo de la temporada de estiaje en la cuenca que abarca los meses de febrero a abril. ES importante hacer notar que las lluvias de invierno hacen un aporte significativo del total de la precipitación anual (alrededor del 30%), pero desde luego, insuficiente para mantener un escurrimiento sin cambios.

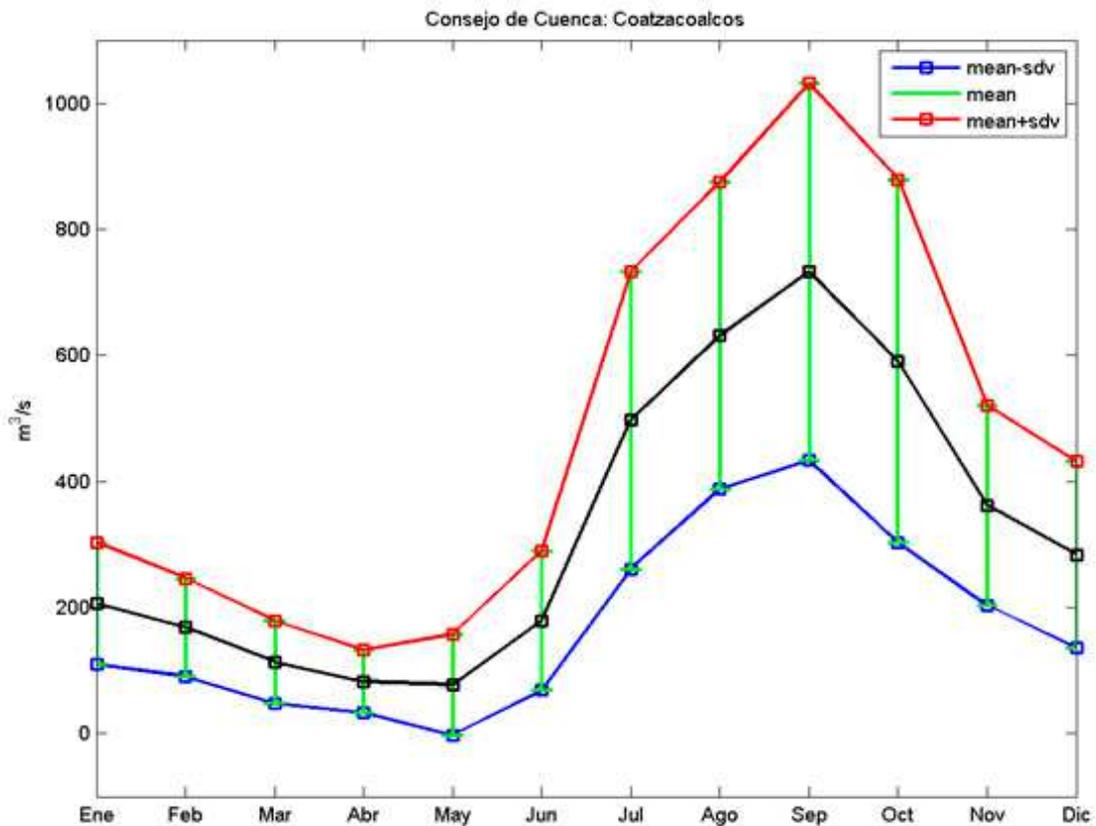


Figura 6.9. Ciclo anual del gasto (m³/s) para la Cuenca del Coatzacoalcos.

6.4.2 Anomalías anuales

Se obtuvieron a partir del cálculo de las desviaciones estándar antes mencionado. Como muestra la serie de anomalías en la Cuenca del Coatzacoalcos (Figura 6.10), la región ha experimentado periodos largos de anomalías negativas, es decir periodos en los que los ríos y afluentes principales están por debajo de su nivel medio de captación.

En 1994 se registraron los niveles más bajos de escurrimiento, los cuales corresponden el inicio y final de un periodo de sequía intensa. Si bien los periodos de sequías que ha experimentado la región en los últimos 50 años no han sido prolongados si han sido suficientemente intensos para impactar negativamente en el nivel de los ríos y afluentes de la cuenca y por lo tanto en la cantidad disponible del agua, situación que genera problemas para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico.

En general el análisis implica periodos anomalías negativas, por lo que si bien es posible no haya in impacto significativo hacia la población y usos de agua, el déficit de agua superficial si puede llegar a impactar en las actividades que se desarrollan en la cuenca.

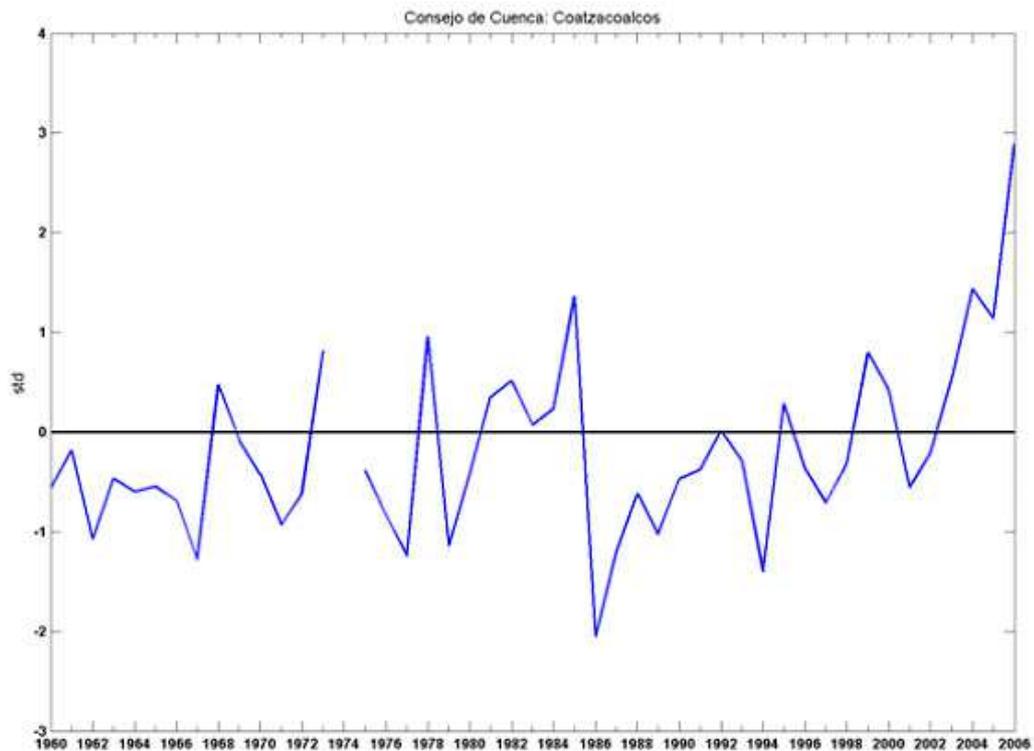


Fig. 6.10. Anomalías estandarizadas del gasto (en desviaciones estándar) en la Cuenca del Río Coatzacoalcos.

6.5 Monitor de Sequía

De acuerdo a Wilhite (2005), la sequía difiere de otros fenómenos naturales debido a que:

1. Su desarrollo es muy lento y sus efectos se van acumulando durante un tiempo considerable. De ahí la dificultad de determinar en tiempo real cuándo inicia y concluye una sequía.
2. La ausencia de una definición de sequía que sea concisa y universalmente aceptada provoca confusión sobre si realmente está ocurriendo y con qué severidad.
3. Los impactos de la sequía están dispersos sobre una mayor área geográfica comparados con los daños que resultan de otros fenómenos naturales (e.g. inundaciones, tormentas tropicales y terremotos). La sequía rara vez resulta en daños estructurales en viviendas, v vías de comunicaciones, etc.

Por lo anterior, es necesario implementar técnicas de pronósticos y monitoreo de sequía que permitan una mejor preparación, manejo y reducción de la vulnerabilidad de la sociedad hacia la sequía y sus impactos.

En el año 2002, con la participación de diversos expertos de los Servicios Meteorológicos de Canadá, Estados Unidos y México inició su operación el llamado Monitor de Sequía de Norteamérica (NADM, por sus siglas en inglés), cuya finalidad es proporcionar una evaluación integrada de la magnitud y extensión espacial de la sequía para su planificación, respuesta y mitigación a nivel nacional, regional y local (Lawrimore et al. 2002).

Este monitor de sequía mensualmente genera una serie de mapas indicando las regiones que se encuentran experimentando algún grado de severidad de sequía e indicando el impacto de ésta en los sectores agua, agricultura e incendios. De acuerdo a este monitor, el grado de severidad de la sequía (cinco categorías: D0-D4) está basado en seis indicadores físicos claves (sequía, humedad del suelo, caudal y salud de vegetación) y

algunos indicadores suplementarios (Tabla 6.3) (Svoboda et al. 2002), que son combinados a través de una interpretación subjetiva por parte de los expertos locales y regionales de cada institución participante.

Tabla 6.3 Clasificación del Monitor de Sequía

Tipo de sequía		Rangos asociados de los indicadores					
Cat.	Descripción	PDSI	Humedad del suelo	Percentil semanal de caudal	Porcentaje de lo normal	SPI	Salud de vegetación
D0	Anómalamente seco	-1.0 a -1.9	21-30	21-30	< 75% por 3 meses	-0.5 a -0.7	36-45
D1	Sequía moderada	-2.0 a -2.9	11-20	11-20	< 70% por 3 meses	-0.8 a -1.2	26-35
D2	Sequía severa	-3.0 a -3.9	6-10	6-10	< 65% por 6 meses	-1.3 a -1.5	16-25
D3	Sequía extrema	-4.0 a -4.9	3-5	3-5	< 60% por 6 meses	-1.6 a -1.9	6-15
D4	Sequía excepcional	< -5.0	0.2	0.2	< 65% por 12 meses	< -2.0	1-5

Las cinco categorías de sequía de acuerdo al NADM corresponden a:

Anómalamente Seco (D0): Se trata de una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se presenta al inicio o al final de un periodo de sequía. Al inicio de un período de sequía: debido a la sequedad de corto plazo puede ocasionar el retraso de la siembra de los cultivos anuales, un limitado crecimiento de los cultivos o pastos y existe el riesgo de incendios. Al final del período de sequía: puede persistir déficit de agua, los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.

Sequía Moderada (D1): Se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.

Sequía Severa (D2): Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios, es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua.

Sequía Extrema (D3): Pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez.

Sequía Excepcional (D4): Pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

Este mapa resultante viene acompañado con un texto en el que se describe la severidad de la sequía y sus impactos en cada una de las tres naciones que integran este monitor (figura 6.11). Los productos generados por este monitor pueden ser consultados en

<http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/nadm/>

Durante la primera década del siglo XXI, el norte de México se ha visto afectada por sequías, destacando por su severidad los años 2009 y 2011. En junio de 2011, los mayores impactos se registraron en los sectores de agricultura y agua y cubriendo gran parte del territorio nacional, siendo el norte donde se registró la mayor severidad de sequía.

Monitor de Sequía de América del Norte

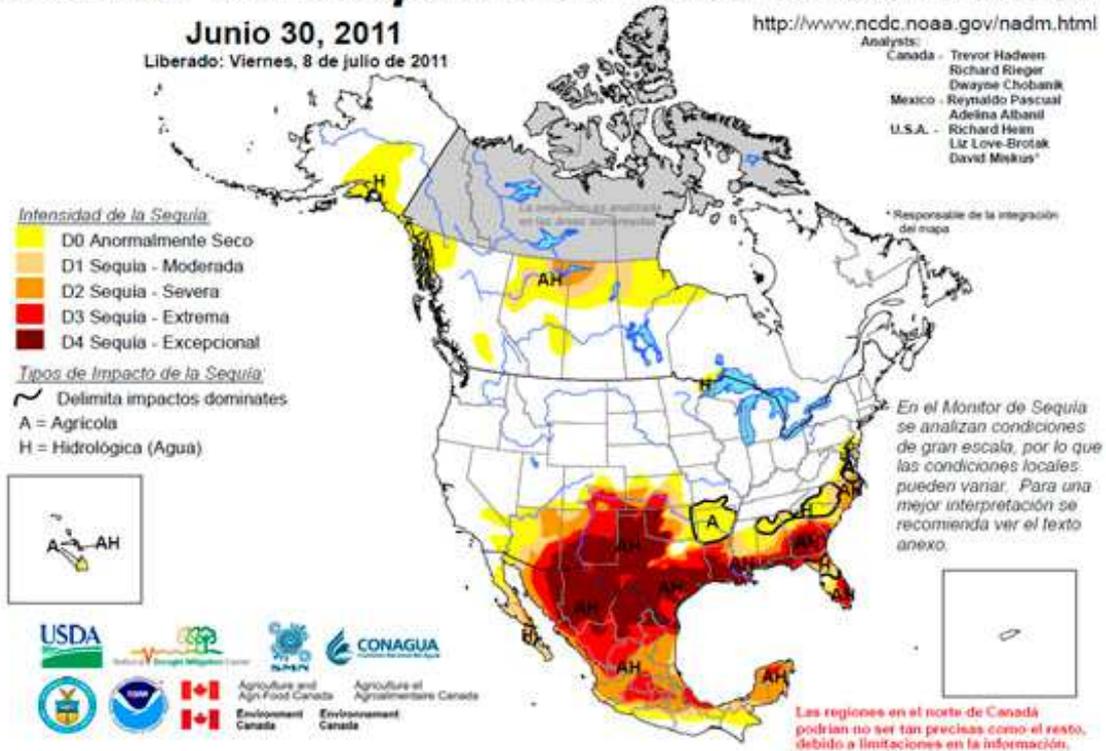


Figura 6.11 Mapa de sequía para Junio de 2011 de acuerdo al Monitor de sequía (Fuente: <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/nadm>)

6.6 Medidas implementadas durante el período de sequía

Como se puede ver en la Figura 6.11 durante el 2011 el país experimentó una de las peores sequías de los últimos años, sobre todo el norte del país.

A partir de la recopilación y análisis de información contenida en sitios web de CONAGUA, CAEV, SAGARPA y notas periodísticas sobre temas de estiaje y de sequía e información proporcionada de manera directa por las primeras dos dependencias antes mencionadas, en este apartado se documentan algunas de las acciones llevadas a cabo para tratar de mitigar los impactos y afectaciones de la sequía a diversos sectores de la población.

En 2011 el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) publica el documento titulado: “El estudio Agua y desarrollo. Agenda municipal para la igualdad de género en Veracruz: Tatahuicapan, Xalapa y Zongolica”, como resultado del Programa Conjunto en Agua y Saneamiento: Fortalecer la gestión efectiva y democrática del agua y saneamiento en México para el logro de los Objetivos del Milenio (PCAYS), implementado en Tabasco, Veracruz y Chiapas, con apoyo del Fondo para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (FODEM) 12.

La Secretaria de Salud implementó acciones en Coatzacoalcos para prevenir el incremento de casos de diarrea, deshidratación y golpe de calor durante los meses de marzo- abril 2012.

También por parte de CAEV se implementan medidas preventivas tales como:

- Dragado en áreas de captación y construcción de bordos.
- Limpieza y desazolve de pozos, cárcamos y manantiales.
- Rehabilitación de tren de descarga, líneas de conducción y red de distribución.

- Localización y reparación de fugas para recuperación de caudales.
- Revisión, mantenimiento y/o cambio de válvulas de seccionamiento.
- Monitoreo constante de los niveles estático y dinámico de las fuentes de abastecimiento.
- Mantenimiento correctivo y preventivo de equipo electromecánico (bombas, arrancadores, transformadores) o en su caso la sustitución de estos.
- Mantenimiento correctivo y/o preventivo de equipos de cloración.
- Muestras continuos de cloro residual para mantenerlos dentro de la norma.
- Desinfección de agua transportada en pipas.
- Distribución y aplicación de plata coloidal e hipoclorito de calcio para desinfección de agua a nivel domiciliario.
- Información a la población para un uso eficiente del agua.

La tabla 6.4 muestra un análisis de costos de algunas de las medidas implementadas.

Tabla 6.4 Costos de mantenimiento y limpieza de pozos profundos (de acuerdo a datos proporcionados por CAEV)

CONCEPTOS	TOTALES	COSTOS
MUROS, DRAGADOS Y/O CANALES	58	15'700,000.00
PIPAS	380	95'760,000.00
ROTOPLAS DE 10,000 LTS.	50	875,250.00
ROTOPLAS DE 5,000 LTS.	100	826,100.00
ROTOPLAS DE 1,100 LTS.	4 MIL	5'200,000.00
BOMBAS SUMERGIBLES	85	8'075,000.00
EQUIPO DE BOMBEO TIPO VERTICAL	2	180,000.00
MOTOR ELECTRICO	7	560,000.00
CUERPO DE TAZONES	12	720,000.00
MOTOBOMBA AUTOCEBANTE A GASOLINA	5	100,000.00
TRANSFORMADOR 220/440 VOLTS DE 75, 112.5 Y 150 KVA	3	200,000.00
HIPOCLORADORES	12	144,000.00
HIPOCLORITO DE CALCIO	51 CUÑETES	178,500.00
TUBERÍA PVC (4", 6" Y 8")	15,000 ML	2'760,000.00
COSTALILLAS	150 MIL	450,000.00
EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO DE POZOS NUEVOS	22	44'000,000.00
T O T A L E S		175'728,850.00

7. Análisis de vulnerabilidad

El tema del riesgo dentro de la prevención de desastres ha sido tratado y desarrollado por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes de manera diferente, aunque en la mayoría de los casos de manera similar. Un punto de partida es que los riesgos están ligados a actividades humanas. La existencia de un riesgo implica la presencia de un agente perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etc.) en un grado tal, que constituye un desastre (Fig. 7.1)⁵.

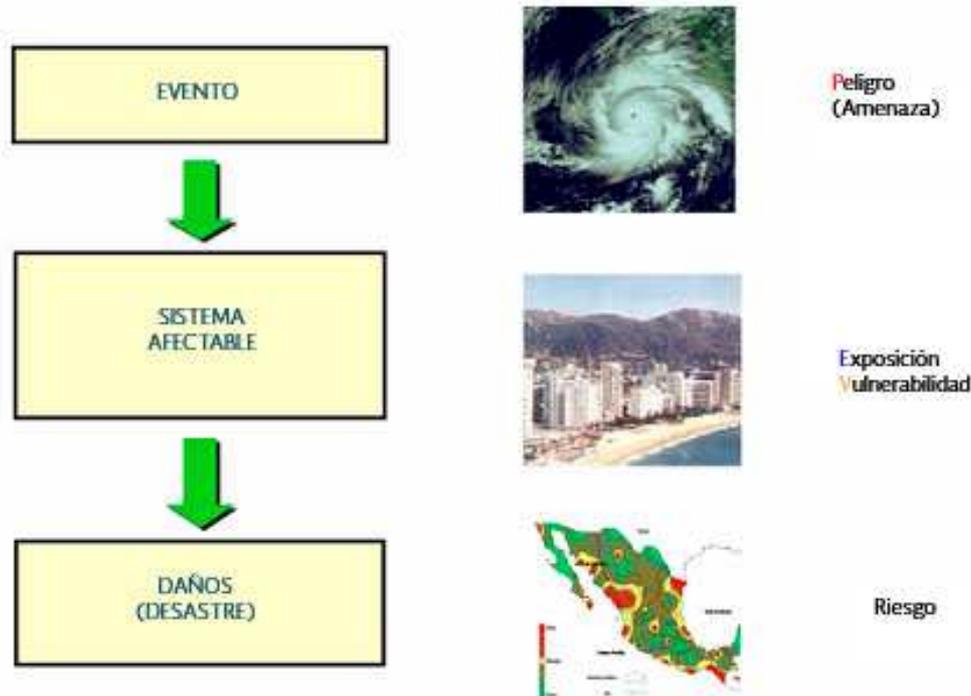


Fig.7.1. Esquema de riesgo (tomada de CENAPRED, 2006)

En forma cuantitativa se ha adoptado una de las definiciones más aceptadas del riesgo, entendido como la función de tres factores: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, es decir el peligro, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos. Esta definición se expresa en la ecuación de la ecuación 7.1. A continuación se analiza brevemente cada uno de estos conceptos y las características que deben tener en el análisis de riesgo.

Riesgo = f(Peligro, Vulnerabilidad, Exposición) (ecuación 7.1)

$$R = f(P, V, \square E)$$

donde P es Peligro, V es vulnerabilidad y E es exposición

El Peligro se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado.

⁵ Las definiciones fueron tomadas del CENAPRED, 2006: Serie Atlas Nacional de Riesgos. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación geográfica.

<http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/375/1/images/cbprg.pdf>

La Vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas.

En términos generales pueden distinguirse dos tipos: la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social. La primera es más factible de cuantificarse en términos físicos, por ejemplo la resistencia que ofrece una construcción ante las fuerzas de los vientos producidos por un huracán, a diferencia de la segunda, que puede valorarse cualitativamente y es relativa, ya que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, así como el grado de preparación de las personas. Por ejemplo, una ciudad cuyas edificaciones fueron diseñadas y construidas respetando un reglamento de construcción que tiene requisitos severos para proporcionar seguridad ante efectos sísmicos, es mucho menos vulnerable ante la ocurrencia de un terremoto, que otra en la que sus construcciones no están preparadas para resistir dicho fenómeno. En otro aspecto, una población que cuenta con una organización y preparación para responder de manera adecuada ante la inminencia de una erupción volcánica o de la llegada de un huracán, por ejemplo mediante sistemas de alerta y planes operativos de evacuación, presenta menor vulnerabilidad que otra que no está preparada de esa forma.

La vulnerabilidad física se expresa como una probabilidad de daño de un sistema expuesto y es normal expresarla a través de una función matemática o matriz de vulnerabilidad con valores entre cero y uno. Cero implica que el daño sufrido ante un evento de cierta intensidad es nulo, y uno, implica que este daño es igual al valor del bien expuesto. De dos bienes expuestos uno es más vulnerable si, ante la ocurrencia de fenómenos perturbadores con la misma intensidad, sufre mayores daños.

La Exposición o Grado de Exposición se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Por lo general se le asignan unidades monetarias puesto que es común que así se exprese el valor de los daños, aunque no siempre es traducible a dinero. En ocasiones pueden emplearse valores como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a verse afectadas. El grado de exposición es un parámetro que varía con el tiempo, el cual está íntimamente ligado al crecimiento y desarrollo de la población y su infraestructura. En cuanto mayor sea el valor de lo expuesto, mayor será el riesgo que se enfrenta. Si el valor de lo expuesto es nulo, el riesgo también será nulo, independientemente del valor del peligro. La exposición puede disminuir con el alertamiento anticipado de la ocurrencia de un fenómeno, ya sea a través de una evacuación o inclusive evitando el asentamiento en el sitio.

Una vez que se han identificado y cuantificado el peligro, la vulnerabilidad y el grado de exposición para los diferentes fenómenos perturbadores y sus diferentes manifestaciones, es necesario completar el análisis a través de escenarios de riesgo, o sea, representaciones geográficas de las intensidades o de los efectos de eventos extremos. Esto resulta de gran utilidad para el establecimiento y priorización de acciones de mitigación y prevención de desastres. Ejemplos de escenarios de peligro son la representación de los alcances de una inundación con los tirantes máximos de agua que puede tener una zona; distribución de caída de ceniza consecuencia de una erupción volcánica; la intensidad máxima del movimiento del terreno en distintos sitios debido a un sismo. Ejemplos de escenarios de riesgos serían el porcentaje de viviendas de adobe dañadas para un sismo de determinada magnitud y epicentro, el costo de reparación de la infraestructura hotelera por el paso de un huracán, el número de personas que podrían verse afectadas por el deslizamiento de una ladera inestable, etc.

En esta parte de la elaboración del Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS), se evalúa el grado de vulnerabilidad a la sequía de la cuenca del río Coatzacoalcos con base en los siguientes factores:

1. Recurso: disponibilidad (oferta), demanda
2. Frecuencia de sequía
3. Población afectada (impacto económico)
4. Impacto agrícola
5. Sobreexplotación de acuíferos

7.1 Metodología (2013)

Para el cálculo de vulnerabilidad se empleó la siguiente metodología:

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

- Grado de exposición: Factor 1
- Sensibilidad: Factor 2
- Capacidad de adaptación: Factor 3

7.1.1 Grado de exposición (Factor 1)

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

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

Factor 1a

La brecha (lo que excede a la oferta sustentable) dividida entre la suma de recursos sustentables (superficiales y subterráneos), da el índice de exposición, por uso en demasía del agua disponible, de manera no sustentable

Factor 1b: Frecuencia de sequías

Del total del periodo analizado, en años, se detectaron aquellos en los cuales hubo episodios de sequía; esto nos da el factor de exposición al fenómeno natural, como la relación entre los años de sequía al total de años del análisis.

Tipos de impacto de acuerdo a la clasificación de la intensidad de la sequía (de acuerdo a la clasificación de SMN – CONAGUA)

A - Agrícola

H - Hidrológica

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

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

AH: Efecto hidrológico en la agricultura

SL: Efecto combinado y persistente entre corto y largo plazo

7.1.2 Sensibilidad (Factor 2)

Esta componente evalúa la magnitud del impacto. Se interpreta como la cantidad de habitantes en los centros de población: entre mayor sea el tamaño poblacional de una localidad, será más vulnerable ante la presencia de sequías. Para tal efecto se utiliza el número de habitantes por municipio o región, según datos del censo o del censo.

Así mismo, dado que las regiones con mayor actividad comercial e industrial se ven seriamente afectadas ante las sequías, se considera el PIB nominal generado para un año base (2010, por ejemplo, y con valores de INEGI).

Igualmente, puesto que las actividades agrícolas y pecuarias se encuentran estrechamente relacionadas con la disponibilidad de agua, el tercer factor considerado es el impacto económico en este sector primario.

Factores 2a y 2b: Población y PIB

La sensibilidad, como factor de vulnerabilidad, se mide en términos de afectación a la población, por dejar de suministrar la demanda, y en términos de la producción y el ingreso, a través de la disminución del PIB. Así, con valores supuestos, si 250,000 habitantes dejan de recibir el servicio durante una sequía, de un total de

1'500,000, la afectación es de 17%; si el PIB "normal" es de 5,000 unidades monetarias (UM), y durante un evento de sequía, se reduce en 600, la afectación es de 12%.

Factor 2c: Impacto económico en la actividad agropecuaria

El impacto económico en el sector agrícola se evalúa considerando las disminuciones del valor de la producción (VP), tanto en temporal como en riego. Si el valor de la producción en temporal es de UM800 en condiciones normales, y durante una sequía disminuye a 600, la afectación es de UM200, 25%; si para el riego estos valores son de 3,000 y 2,000, el impacto es de 33%. Por tanto, el impacto global es de UM1, 200 en el sector; suponiendo que el temporal tiene un factor de peso de 35% y el riego de 65%, entonces el factor global del sector es de $(0.25*0.35+0.65*0.33)=0.30$

7.1.3 Capacidad de adaptación (Factor 3)

Esta componente se refiere a la resiliencia de la región ante condiciones de sequía. Como consecuencia de una reducción severa de la precipitación, si los escurrimientos disminuyen, los almacenamientos también. Ante tal escenario, los acuíferos representarían la más viable fuente de suministro, para todos los usos.

CONAGUA (2009) clasifica el grado de explotación en los acuíferos nacionales bajo dos grandes categorías:

- sub-explotados (recarga natural por precipitación mayor a la extracción) y
- sobre-explotados (donde sucede lo contrario).

Centros de población, industrias y áreas de riego ubicadas sobre acuíferos sobre-explotados tienen una vulnerabilidad mayor que aquellas localizadas sobre acuíferos sub-explotados. La metodología propuesta considera el grado de sobre-explotación anual (hm³/año) del agua subterránea.

Factor 3a: Sobre-explotación en acuíferos: capacidad de adaptación

Este factor está relacionado a la adaptación cuando durante una sequía, la fuente de suministro es el acuífero: si hay sobre explotación, el impacto será más grave. Para este caso, la extracción sustentable del acuífero es de 1631.58 hm³/año, mientras que la sobre explotación es de 1,431.93, por tanto, la extracción total es de 3,063.51. Entonces el factor se evalúa como la relación entre la sobre explotación y la extracción sustentable, lo que en este caso indica que casi se extrae el doble de lo sustentable, lo que pone en serio riesgo al acuífero si aumenta la extracción.

7.1.4 Índice global de sequías

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

Asumiendo factores de peso para cada factor, se realiza una suma pesada de los factores analizados para obtener un valor global del concepto. Dicho análisis permite asignar un Índice Global de Sequía, el cual se clasifica en cinco niveles de vulnerabilidad.

La evaluación de un índice global por vulnerabilidad está en función de los factores parciales, y del peso o ponderación (importancia relativa) de cada uno. Probablemente definir esta ponderación sea una tarea compleja, entre más severa sea la sequía. Entre otras razones, por eso se afirma que la vulnerabilidad es un proceso dinámico, con amplia variación en el tiempo y en el espacio, y directamente relacionado con la fase de la sequía.

7.1.5 Cálculo global del grado de vulnerabilidad, en función de algunas de sus componentes (factores) más importantes

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

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

7.2 Resultados del análisis de vulnerabilidad

Para la elaboración de este análisis y el llenado de las tablas que a continuación se presentan se analizaron datos del periodo 2010-2011. La razón para no usar un periodo más extenso fue la disponibilidad de algunas de las bases de datos utilizadas.

A continuación se presentan, las bases de datos utilizadas para el cálculo de cada uno de los factores y las suposiciones que se debieron hacer para la estimación de dichos cálculos.

Para el cálculo del balance hídrico y del factor 1a (ver Tabla 7.1), se utilizaron para la parte de recurso renovable superficial, los datos de los boletines hidrológicos regionales que emite la CONAGUA. Para la parte subterránea, se contabilizaron los acuíferos dentro del are del Consejo de Cuenca y se calculó su volumen con los datos publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Para la parte de la oferta también se utilizaron los datos publicados en el DOF y la demanda se extrajo del Registro Público de Derecho del Agua (REDPA) del 2013.

Tabla 7.1 Factor 1a

Recurso renovable		Balance				Factor 1a
Subt	Sup	Oferta	Demanda	Brecha	Brecha	Brecha / (Recurso)
435,34	36.670,00	36.670,00	308,48	0	0	0

Nota: En la cuenca del Río Coatzacoalcos no existe brecha hídrica (es decir, la demanda no sobrepasa el recurso renovable disponible)

Para el cálculo de las frecuencias de sequías, así como del factor 1b (ver Tabla 7.2), se utilizaron los mapas del Monitor de Sequía. Estos mapas se encuentran disponibles en la página de la NOAA. Sin embargo, los mapas disponibles en dicha página se encuentran en formato JPEG, por lo que se utilizaron los mapas del Monitor de Sequía que fueron proporcionados por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), que se encuentran en formato SHAPE, lo que permite hacer uso de sistemas de información geográfica (SIG) para el cálculo de áreas afectadas por la sequía y algunos otros factores necesarios para el análisis de vulnerabilidad. Si bien, existen mapas del 2012 y 2013, no se contaba con información del impacto económico (de riego y temporal, factor 2c) más allá del 2011, al menos no en el portal de la SAGARPA.

Tabla 7.2 Factor 1b

Frecuencia de sequías						Total	Factor 1b
AH	H	L	A	S	SL		
1	0	1	0	1	0	3	0.5

Nota: aunque hubo diferentes episodios de sequía, éstos fueron el mismo año

Para el cálculo del factor 2a (población afectada por las sequías) de la tabla 7.3, primero se calculó la población total del Consejo de Cuenta del Río Coatzacoalcos. Para esto se utilizó el censo 2010 del INEGI. Posteriormente se extrajo un promedio de las áreas afectadas por las sequías tipo H (hidrológicas), A (agrícolas), o AH (Agro-hidrológicas), de acuerdo a los mapas del Monitor de Sequía. Una vez determinada el área promedio afectada durante el periodo de análisis y suponiendo una distribución de población homogénea en todo el territorio que abarca el CC del Río Coatzacoalcos, se calculó la población afectada por la sequía.

Desde luego, en un evento de sequía, no se deja de suministrar agua en forma inmediata, por lo que de la afectación determinada se consideró solo un 10%.

El factor 2b, PIB afectado, primero se determinó el PIB per cápita del CC. Para esto, conociendo el PIB anual de cada estado y conociendo el porcentaje de área que cada estado (i.e. Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Veracruz) ocupa dentro del CC, se extrajo un PIB ponderado (por porcentaje de área).

$$PIB = \sum PIB(estatal) \times \%area\ de\ c/estado \quad \text{ecuación. 7.2}$$

Como los datos del PIB que proporciona el BANXICO están en dólares/año, se convirtieron a pesos mexicanos. Para esta conversión se utilizaron los datos referentes al tipo de cambio que publica también BANXICO.

Tabla 7.3 Factor 2a y 2b

Factor 2a: población afectada			Factor 2b: PIB afectado		
Población total	Población afectada	Índice de desabasto a la población: 2a	PIB normal	PIB afectado	Índice de afectación por PIB: 2b
704163	288707	0.04	4344.6	1781.29	0.04

El factor 2c (ver Tabla 7.4), impacto global agropecuario, usando los mapas de Monitor de Sequía, se extrajeron los municipios afectados por los diferentes tipos de sequía (A, AH o H) y con los datos disponibles en la página de la SAGARPA se extrajo a nivel municipal y después a nivel de CC la producción normal y la producción en periodos de sequía (temporal y riego restringido). Cabe mencionar que los datos de SAGARPA solo cubre el periodo del 2010 al 2011, de ahí que nuestro periodo de análisis se restringiera a dicho periodo.

Tabla 7.4 Factor 2c

Impacto económico en temporal			Impacto económico en riego			Impacto global agropecuario (Factor 2c)	
Temporal normal	Temporal restringido	Impacto en temporal	Riego normal	Riego restringido	Impacto en riego	Impacto económico global agrícola	2c
\$2,530,941.92	\$1,741,014.33	0.31	\$435.72	\$435.72	0	\$789.927,59	0.3

Para el cálculo del factor 3a de la tabla 7.5, explotación de acuíferos, se utilizaron los datos disponibles en el DOF.

Tabla 7.5 Factor 3a

Factor 3a: sobre explotación del acuífero			
Extracción sustentable	Extracción real	Volumen de sobre explotación	Índice de sobre explotación: 3a
435.34	54.48	0	0

Finalmente para determinar el peso (factor f, tabla 7.6), se decidió asignarle el mismo peso a todos los factores (0.16666), ya que primero se deseaba conocer cuál de los 6 factores afectaba más en el CC. Segundo, ya que para el cálculo de los factores las estimaciones se hicieron con base a suposiciones como una distribución homogénea de la población, que toda la población contribuye al PIB, no se quería introducir otro factor asignado de manera un tanto subjetiva que podría introducir aún más incertidumbre a nuestros cálculos.

Tabla 7.6 Factor f y grado de vulnerabilidad

	Exposición		Sensibilidad			Adaptación	Sumas	Grado de vulnerabilidad global
	1a	1b	2a	2b	2c	3a		
Factor	0	0.5	0.04	0.04	0.3	0		0.15
Factor*fi	-	0.08	0.01	0.01	0.0	-	0.15	

Tabla 7.7 Rangos de vulnerabilidad

Grado de vulnerabilidad	Rangos	
	mínimo	Máximo
Muy alta	0.59	1
Alta	0.29	0.59
Media	0.15	0.29
Baja	0.06	0.15
Muy baja	0	0.06

De la Tabla 7.6 se puede ver que el CC del Río Coatzacoalcos tiene una vulnerabilidad de 0.15 lo que lo coloca en la parte más alta de la vulnerabilidad baja (tabla 7.7), por lo que se espera en un periodo corto o mediano, pueda pasar a la categoría de vulnerabilidad media.

7.3 Análisis de la vulnerabilidad a la sequía (ambiental, social y económica) (2014)

Introducción

A partir de considerar que la vulnerabilidad del Consejo de Cuenca Río Coatzacoalcos (CCC) puede ser definido en términos del grado en el que un sistema *hidrológico de uso del agua* es susceptible a los efectos adversos de fenómenos naturales que impacten en la disponibilidad y calidad del agua, se realiza un análisis del grado Vulnerabilidad Global (VG) que permita:

1. Generar posibles escenarios ante cambios en la disponibilidad del recurso hídrico superficial a nivel de cuenca o subcuenca en el CCC, considerando la situación que guardan sus acuíferos de sobreexplotación (PRONACOSE Consejo de Cuenca Río Coatzacoalcos, 2013)
2. Diseñar acciones para la gestión integrada del recurso, partiendo de la relación estrecha que existe entre la naturaleza y la dinámica poblacional en pro del cuidado ambiental.
3. Plantear acciones a nivel colectivo o individual que favorezcan el cuidado y manejo del agua, atendiendo el nivel de marginación de los municipios que integran las unidades, ya que la pobreza es un determinante fundamental de la vulnerabilidad.

Metodología

Para ello se partió de los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) sobre el grado de vulnerabilidad ambiental, económica, social y global, calculadas para la Región Hidrológica X (RH_X) a través de la metodología propuesta por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), basada en definición de vulnerabilidad del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007).

El IMTA evaluó las vulnerabilidades considerando once factores agrupados por Grado de exposición (Ge), Grado de sensibilidad (Se) y Capacidad de adaptación (Ca) y colocados en forma matricial como se muestra en la Tabla 7.8.

Dada la complejidad que presenta el manejo de la información sobre los recursos naturales a través de factores, el IMTA aplicó un análisis multicriterio utilizando el software comercial Superdecisions®, el cual

permite la solución de problemas de Procesos de Análisis Jerárquico y del tipo Proceso Analítico de Red y facilita la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de información espacialmente referenciada. La base de datos y el mapeo de las vulnerabilidades de la RH_10 (proporcionados por el IMTA) se encuentra en el Anexo de este documento.

Caracterización del Consejo de Cuenca

La cuenca del río Coatzacoalcos forma parte de la Región Hidrológica número 29, abarca 23,956 km² (1.2% de la superficie total de la República Mexicana), y en ella se encuentran 42 municipios de los cuales 19 pertenecen al Estado de Oaxaca y 33 al Veracruz (ver figura 7.1 y tabla 7.2). Dentro de este CCC se ubican 7 cuencas hidrológicas y 17 subcuencas (ver figura 7.2 y tabla 7.10).

Tabla 7.8. Matriz de factores considerada para el análisis de la Vulnerabilidad global de la Región Hidrológica X.

Vulnerabilidad	Grado de Exposición (Ge)	Grado de sensibilidad (Se)	Capacidad de adaptación (Ca)
	Factores		
Ambiental	F1a. Grado de presión sobre el recurso hídrico (oferta/demanda). F1b. Grado de explotación en los acuíferos	F5a. Deforestación (% de área forestal)	F6a. Cobertura vegetal natural (% de área) F6b. Áreas naturales protegidas (% de área).
Económica		F2a. Densidad de población al año 2010 F2b. Valor de la producción del sector agrícola (riego y temporal) F4a. Población económicamente activa (PEA) desocupada (%)	F3a. Disponibilidad natural per cápita de aguas superficiales F3b. Disponibilidad natural per cápita de aguas subterráneas
Social		F6c. Índice de marginación	F3a. Disponibilidad natural per cápita de aguas superficiales F3b. Disponibilidad natural per cápita de aguas subterráneas

Tabla 7.9. Municipios en el Consejo de Cuenca Río Coatzacoalcos

Clave municipio	Entidad	Municipio
20010	Oaxaca	El Barrio de la Soledad
20057	Oaxaca	Matías Romero Avendaño
20198	Oaxaca	San Juan Guichicovi
20207	Oaxaca	San Juan Mazatlán
20231	Oaxaca	San Lucas Camotlán
20407	Oaxaca	Santa María Chimalapa
20427	Oaxaca	Santa María Petapa
20465	Oaxaca	Santiago Ixcuintepec
20513	Oaxaca	Santo Domingo Petapa
30039	Veracruz	Coatzacoalcos
30048	Veracruz	Cosoleacaque
30059	Veracruz	Chinameca
30061	Veracruz	Las Choapas
30070	Veracruz	Hidalgotitlán
30082	Veracruz	Ixhuatlán del Sureste
30089	Veracruz	Jáltipan
30091	Veracruz	Jesús Carranza
30104	Veracruz	Mecayapan
30108	Veracruz	Minatitlán
30111	Veracruz	Moloacán
30116	Veracruz	Oluta
30120	Veracruz	Oteapan
30122	Veracruz	Pajapan
30144	Veracruz	Sayula de Alemán
30145	Veracruz	Soconusco
30149	Veracruz	Soteapan
30172	Veracruz	Texistepec
30199	Veracruz	Zaragoza
30204	Veracruz	Agua Dulce
30206	Veracruz	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río
30209	Veracruz	Tatahuicapan de Juárez
30210	Veracruz	Uxpanapa

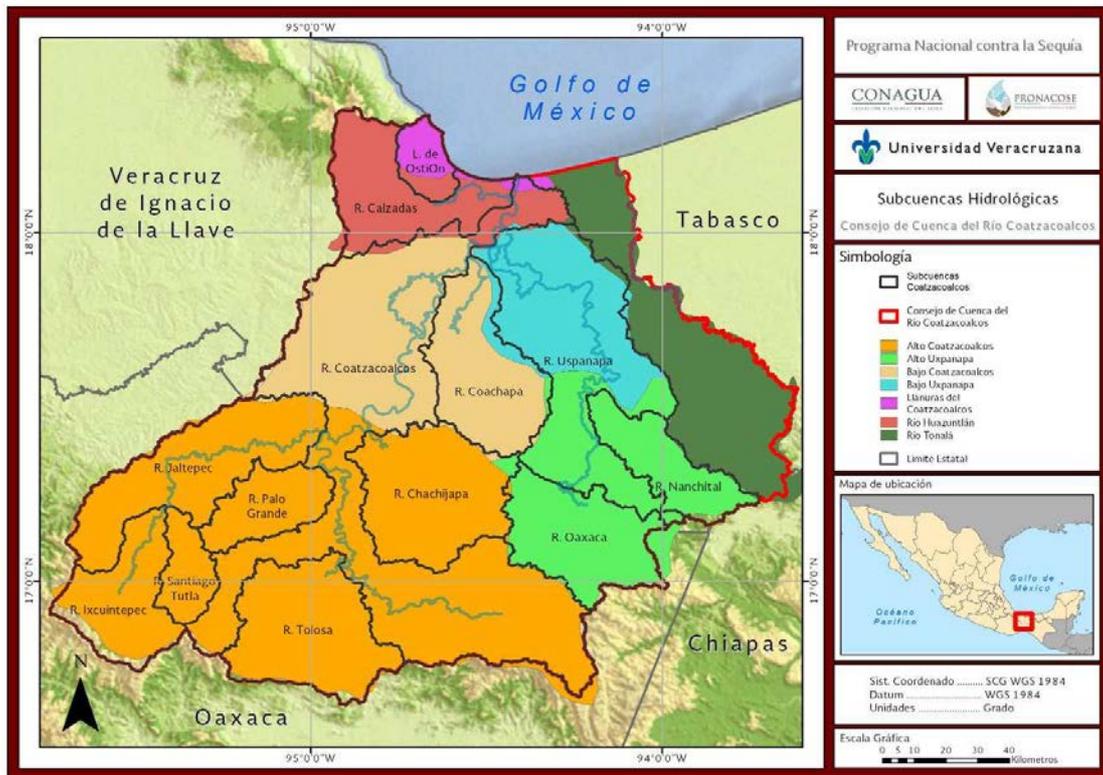


Figura 7.2. Subcuencas del Consejo de Cuenca Río Coatzacoalcos

Tabla 7.10. Cuencas hidrológicas del Consejo de Cuenca Río Coatzacoalcos

Alto Río Coatzacoalcos
Bajo Río Coatzacoalcos
Llanuras del Coatzacoalcos
Alto Río Uxpanapa
Bajo Río Uxpanapa
Río Huazuntlán
Río Tonalá

La oferta potencial de agua estimada asciende a 45,622.2 Mm³ y la demanda se estima en 293.0 Mm³ en función de las extracciones totales; por lo que en el CCC se tendría una disponibilidad de 45,329.2 Mm³ de agua.

Del total de aguas superficiales disponibles solo se utiliza menos del 1%; el resto desemboca en el Golfo de México y las aguas subterráneas están en veda desde el 30 de noviembre de 1976 (CONAGUA, 2013).

Los acueductos para uso industrial y usos público urbano son el Uxpanapan-La Congrejera, respectivamente, y el acuífero costero de Coatzacoalcos se destina principalmente al abastecimiento de agua potable e industrial.

Es importante considerar que para esta región se tiene registros de abatimiento por el bombeo permanente y por la existencia de una gran cantidad de pozos en explotación, concentrándose esta problemática, en las

zonas de Minatitlán, Nanchital, Complejo Industrial Pajaritos y Las Choapas (CONAGUA, 2013).

Análisis de la vulnerabilidad ambiental, económica y social para el CCC

La problemática ambiental en el CC Río Coatzacoalcos en términos del riesgo, se deriva tanto por las amenazas climáticas e impactos asociados a la forma en que funciona la sociedad, como a la forma en que afronta y previene un desastre; lo cual en conjunto se refleja en el paisaje de la región.

Por ello para entender más la dinámica actual de las cuencas de interés, en la figura 4 se proporciona información por unidad de estudio, sobre los porcentajes de cobertura vegetal natural (Cv) a partir de los datos al 2005 de superficie de selva, matorral xerófilo, otros tipos de vegetación y vegetación secundaria, disponibles en el portal web: México en cifras del Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI, 2014). Del mismo sitio web, se estimaron los porcentajes de las áreas deforestadas (D), y el nivel de marginación (M) que se muestran en la figura 7.3.

Análisis de la vulnerabilidad ambiental

La fragilidad física de una región se encuentra relacionada directamente con las características naturales del medio, la concentración espacial de la población, sus actividades económicas e infraestructura. En función de esto, se analiza la Vulnerabilidad Ambiental para este CC.

La figura 7.3 muestra el grado de vulnerabilidad ambiental. Se encuentra que el grado bajo de vulnerabilidad correspondiente a la cuenca del Alto Río Coatzacoalcos, podría modificarse y pasa a medio o alto de incrementarse la deforestación y el nivel de marginación principalmente, trayendo consigo una disminución de la cobertura vegetal. En el caso de la cuenca del Alto Río Uxpanapa el grado de vulnerabilidad podría

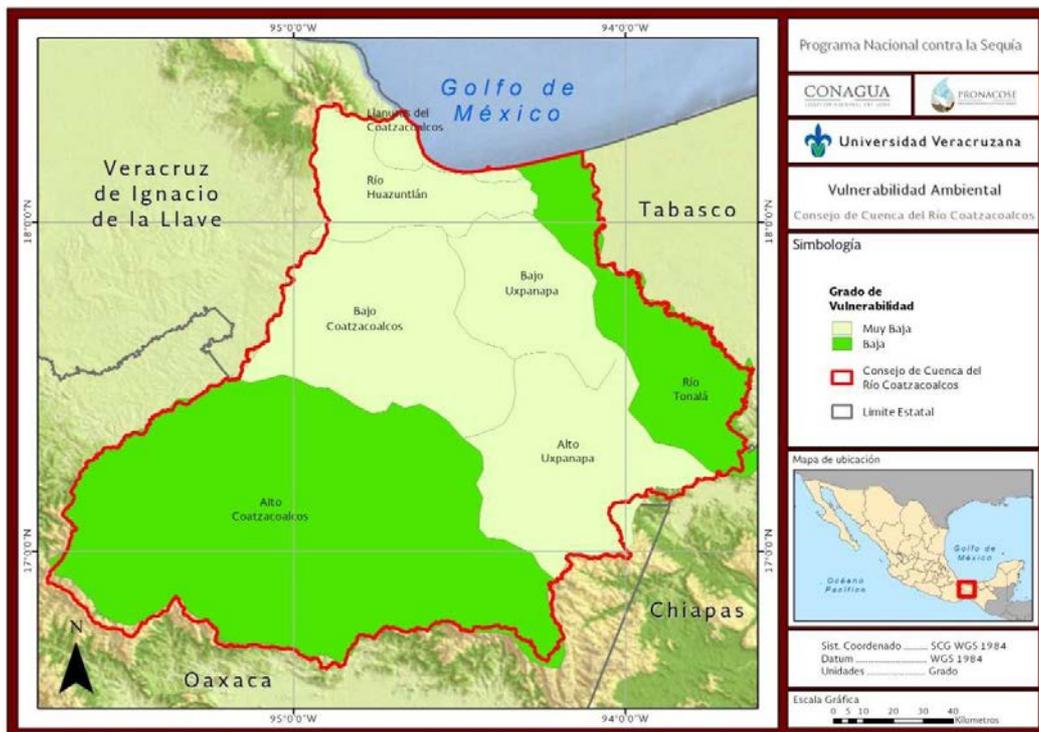


Figura 7.3. Grado de vulnerabilidad ambiental en el Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos.

pasar de muy bajo a bajo por situaciones similares al caso anterior. En el resto de las cuencas la vulnerabilidad muy baja y baja se mantendría si no hay disminuciones de la cobertura vegetal y de no incrementarse los niveles de marginación y deforestación.

Análisis de la vulnerabilidad económica

En este análisis se consideró información sobre el Índice de Desarrollo Humano (IDH) dado que, permite conocer el desarrollo de una región y determinar si sus habitantes reciben apoyo para el logro de sus proyectos y mejora de sus condiciones de vida, así como la información correspondiente al grado de marginación, por su estrecha relación con la vulnerabilidad regional.

De la figura 7.4 que contiene información sobre el grado de vulnerabilidad económica, el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y el grado de marginación, se observa que el grado de vulnerabilidad económica en el Alto Río Coatzacoalcos podría pasar de media a alta si disminuye el IDH y no se mejora el nivel de marginación. En las demás cuencas, el IDH es medio y el nivel de marginación es medio, excepto en el Alto Río Uxpanapan, donde el nivel de marginación es alto; por lo que de disminuir el IDH e incrementarse la marginación el grado de vulnerabilidad económica podría pasar de bajo a medio.

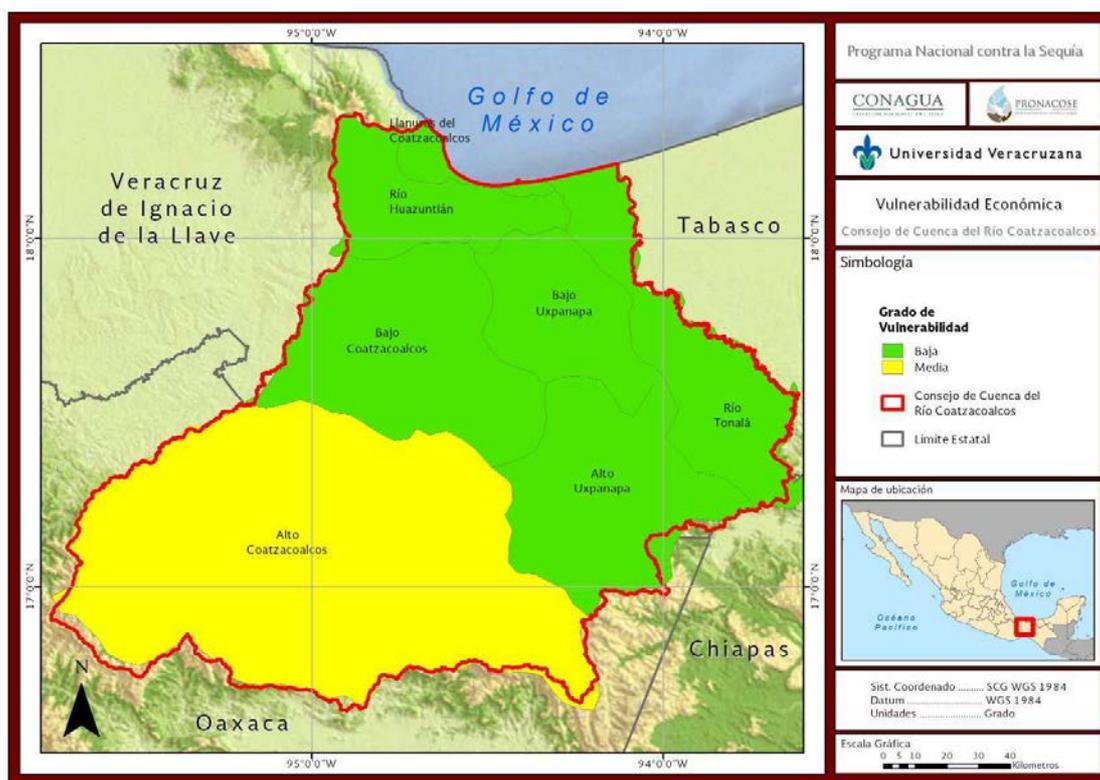


Figura 7.4. Grado de vulnerabilidad económica, Índice de Desarrollo Humano (IDH) y nivel de marginación.

Análisis de la vulnerabilidad social

La fragilidad social generalmente está asociada de manera directa con la económica y por tanto con la marginación, la segregación social y las limitaciones de acceso y movilización de recursos de los asentamientos humanos, la capacidad de respuesta ante un desastre y su capacidad de adaptación. Por ello en la figura 7.5 se proporciona información espacial sobre el grado de vulnerabilidad social, el Índice de Desarrollo Humano (IDH), y el nivel de marginación, lo cual permite identificar que la cuenca del Alto Río Coatzacoalcos es la que presenta el mayor grado de vulnerabilidad social; mientras que en el resto de las cuencas la vulnerabilidad es baja; por lo que dada la estrecha relación que existe entre los factores económico

y social, de no mejorar las condiciones de marginación en la cuenca del Alto Río Coatzacoalcos y el Alto Río Uxpanapan se podría incrementar el grado de vulnerabilidad social.

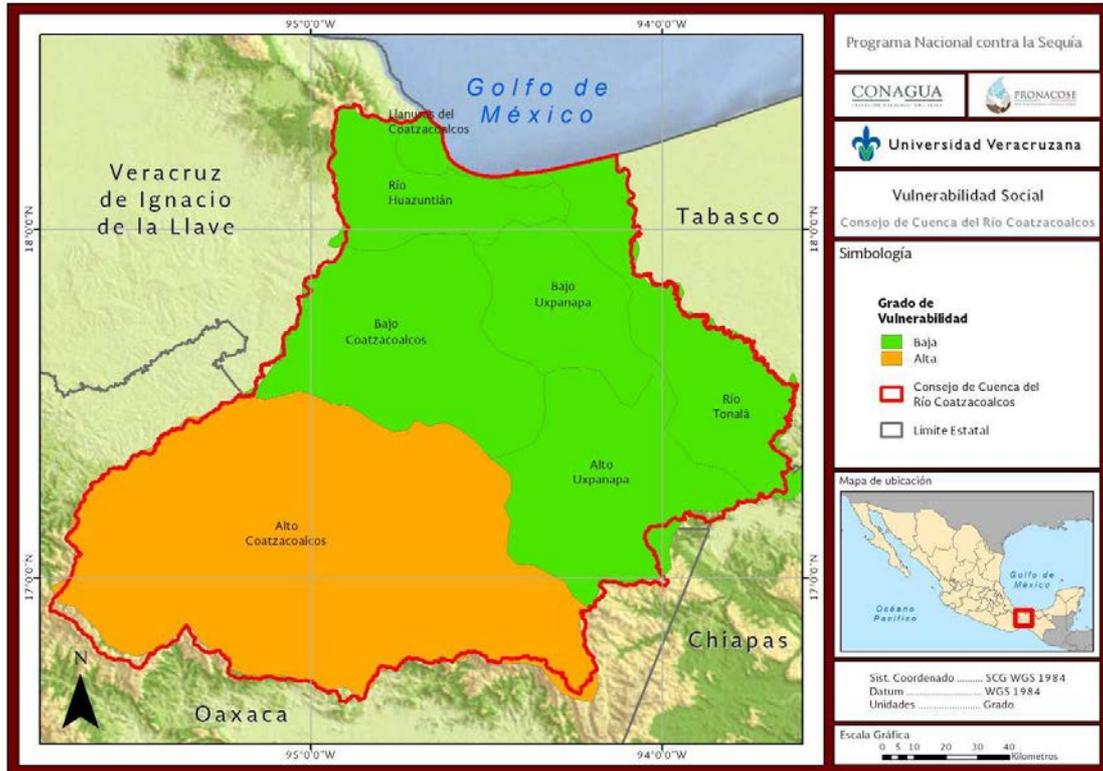


Figura 7.5. Grado de vulnerabilidad social, Índice de Desarrollo Humano (IDH) y nivel de marginación.

La Vulnerabilidad global en el CC Río Coatzacoalcos

La vulnerabilidad global (VG) se determinó en función de la vulnerabilidad ambiental, económica y social y del análisis por casos de éstas, se concluye que la VG actual del recurso hídrico en:

1. La cuenca del Alto Río Coatzacoalcos podría incrementarse, no por la disponibilidad del recurso, sino por el riesgo de contaminación y el manejo inadecuado; por lo que resulta importante disminuir el nivel marginación de las poblaciones en ella asentadas y proporcionar mayores apoyos económicos hacia las comunidades rurales. De no atender estas problemáticas, se podría incrementar los riesgos asociados a lluvias fuertes.
2. La cuenca del Alto Río Uxpanapan podría estar en situación similar a la del Alto Río Coatzacoalcos, de no mejorar el nivel de marginación o de incrementarse el grado de deforestación.
4. En el resto de las cuencas también podría aumentarse el nivel de vulnerabilidad global (bajo a medio) de incrementarse la mancha urbana, de afectarse el área natural protegida ubicada en el río Huazuntlán, de no mantenerse el índice de desarrollo humano, de no continuar la veda de las aguas subterráneas y el monitoreo de contaminación de los ríos dada la actividad industrial y petrolera presentes en la región.

En la figura 7.6 se muestran el grado de vulnerabilidad global para el CCC estimado a partir los grados de vulnerabilidad ambiental, económica y social que presentan las cuencas.

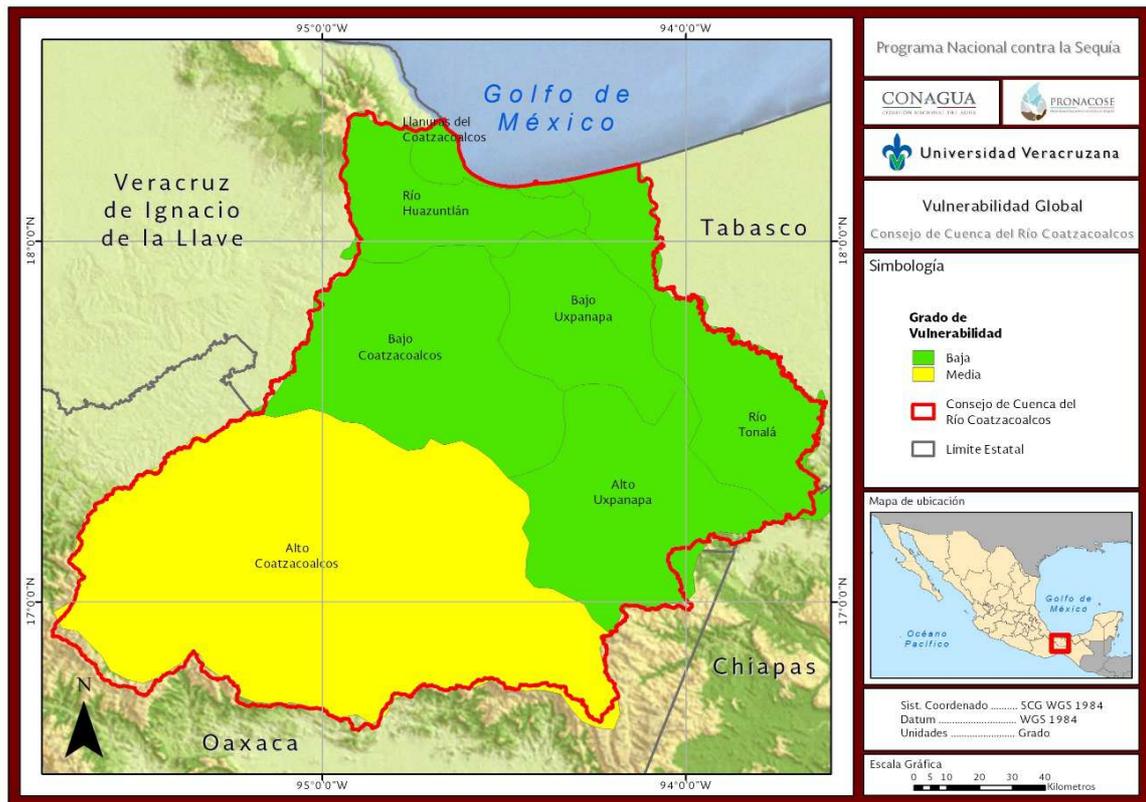


Figura 7.6. Grado de vulnerabilidad global

Ante este panorama sería importante considerar lo que se mencionó en uno de los primeros párrafos de este documento sobre la relación naturaleza-sociedad, la cual ha propiciado impactos en el ambiente del recurso hídrico superficial del CCC, asociados a la deforestación, la erosión con el cambio de uso de suelo, la destrucción de suelos y el incremento en la escorrentía superficial que da paso al incremento del riesgo de inundación e incremento de escorrentía de materiales hacia los ríos, arroyos y fuentes de agua, reduciendo las capacidades de drenaje y contaminando el agua, y que el recurso hídrico subterráneo ha estado expuesto a la contaminación y sobreexplotación por el número de pozos presentes en la región de estudio.

Anexo

A1. Tabla de factores estandarizados y ponderados empleados para el cálculo de la vulnerabilidad ambiental para el CCC.

VULNERABILIDAD AMBIENTAL													
Cve_Cuenca	Cuenca_hid	Ge		Se		Ca		Promedio ponde (Ge)	Promedio ponde (Se)	Promedio ponde (Ca)	GE+S-CA	Módulo	VA
		f-1a	f-1b	f-5a	f-6a	f-6b							
2906	Tonalá	0.00	0.00	0.37	0.20	0.35	0.00	0.37	0.27	0.10	0.4266	Baja	
2915	Llanuras del Coatzacoalcos	0.00	0.00	0.06	0.24	0.48	0.00	0.06	0.36	-0.30	0.1462	Muy baja	
2914	Río Huazuntlán	0.00	0.00	0.06	0.23	0.51	0.00	0.06	0.37	-0.30	0.1458	Muy baja	
2913	Bajo Río Uxpanapan	0.00	0.00	0.06	0.24	0.48	0.00	0.06	0.36	-0.30	0.1462	Muy baja	
2911	Bajo Río Coatzacoalcos	0.01	0.00	0.07	0.21	0.56	0.01	0.07	0.38	-0.31	0.1451	Muy baja	
2912	Alto Río Uxpanapan	0.05	0.00	0.08	0.35	0.89	0.02	0.08	0.62	-0.51	0	Muy baja	
2910	Alto Río Coatzacoalcos	0.31	0.00	0.24	0.71	0.16	0.16	0.24	0.43	-0.04	0.3299	Baja	

A2. Tabla de factores estandarizados y ponderados empleados para el cálculo de la vulnerabilidad económica para el CCC.

VULNERABILIDAD ECONÓMICA															
Cve_Cuenca	Cuenca_hid	Ge		Se			Ca			Promedio ponde (Ge)	Promedio ponde (Se)	Promedio ponde (Ca)	GE+S-CA	Módulo	VE
		f-1a	f-1b	f-2a	f-2b	f-4a	f-3a	f-3b							
2906	Tonalá	0.00	0.00	0.26	0.35	0.41	0.62	0.00	0.00	0.34	0.31	0.03	0.40	Baja	
2915	Llanuras del Coatzacoalcos	0.00	0.00	0.21	0.02	0.32	0.79	0.00	0.00	0.18	0.40	-0.21	0.27	Baja	
2914	Río Huazuntlán	0.00	0.00	0.22	0.02	0.30	0.81	0.00	0.00	0.18	0.41	-0.22	0.27	Baja	
2913	Bajo Río Uxpanapan	0.00	0.00	0.21	0.02	0.32	0.79	0.00	0.00	0.18	0.40	-0.21	0.27	Baja	
2911	Bajo Río Coatzacoalcos	0.01	0.00	0.23	0.02	0.27	0.84	0.00	0.01	0.17	0.42	-0.24	0.26	Baja	
2912	Alto Río Uxpanapan	0.05	0.00	0.17	0.17	0.26	0.67	0.00	0.02	0.20	0.33	-0.11	0.33	Baja	
2910	Alto Río Coatzacoalcos	0.31	0.00	0.02	0.06	0.33	0.10	0.00	0.16	0.14	0.05	0.24	0.50	Media	

A3. Tabla de factores estandarizados y ponderados empleados para el cálculo de la vulnerabilidad social para el CCC.

VULNERABILIDAD SOCIAL													
Cve_Cuenca	Cuenca_hid	Ge		Se		Ca		Promedio ponde (Ge)	Promedio ponde (Se)	Promedio ponde (Ca)	GE+S-CA	MÓDULO	VS
		f-1a	f-1b	f-6c	f-3a	f-3b							
2906	Tonalá	0.00	0.00	0.25	0.62	0.00	0.00	0.25	0.31	-0.06	0.20	Baja	
2915	Llanuras del Coatzacoalcos	0.00	0.00	0.56	0.79	0.00	0.00	0.56	0.40	0.16	0.32	Baja	
2914	Río Huazuntlán	0.00	0.00	0.36	0.81	0.00	0.00	0.36	0.41	-0.05	0.21	Baja	
2913	Bajo Río Uxpanapan	0.00	0.00	0.35	0.79	0.00	0.00	0.35	0.40	-0.05	0.21	Baja	
2911	Bajo Río Coatzacoalcos	0.01	0.00	0.42	0.84	0.00	0.01	0.42	0.42	0.01	0.24	Baja	
2912	Alto Río Uxpanapan	0.05	0.00	0.71	0.67	0.00	0.02	0.71	0.33	0.40	0.44	Baja	
2910	Alto Río Coatzacoalcos	0.31	0.00	0.74	0.10	0.00	0.16	0.74	0.05	0.84	0.67	Alta	

A4. Tabla de factores estandarizados y ponderados empleados para el cálculo de la vulnerabilidad global para el CCC.

Cve_Cuenca	Cuenca_hid	Vambiental	Vsocial	Veconómica	P Vambiental	P Vsocial	P Veconómica	Peso _{av} Vambiental	Peso _{as} Vsocial	Peso _{av} Veconómica	Vambiental+Vsocial+Veconómica	VGlobal	NORMALIZADO	VG
2915	Llanuras del Coatzacoalcos	0.15	0.32	0.27	0.33	0.33	0.33	0.05	0.11	0.09	0.25	0.25	Baja	
2914	Río Huazuntlán	0.15	0.21	0.27	0.33	0.33	0.33	0.05	0.07	0.09	0.21	0.20	Baja	
2913	Bajo Río Uxpanapan	0.15	0.21	0.27	0.33	0.33	0.33	0.05	0.07	0.09	0.21	0.21	Baja	
2911	Bajo Río Coatzacoalcos	0.15	0.24	0.26	0.33	0.33	0.33	0.05	0.08	0.09	0.21	0.21	Baja	
2912	Alto Río Uxpanapan	0.00	0.44	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.15	0.11	0.26	0.27	Baja	
2910	Alto Río Coatzacoalcos	0.33	0.67	0.50	0.33	0.33	0.33	0.11	0.22	0.17	0.50	0.58	Media	

8. Medidas contra la sequía

Con la participación de los vocales integrantes del Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos el día 11 de junio del 2013 se llevó a cabo un Taller (Anexo B) donde se explicó la conveniencia de implementar un PMPMS en la Cuenca del Río Coatzacoalcos.

Como parte del trabajo desarrollado, los asistentes realizaron una serie de propuestas de medidas de mitigación directas o de actividades concomitantes que de manera indirecta pueden apoyar para hacer un mejor uso eficiente del agua. Estas propuestas se dividen en medidas a corto plazo (hasta dos años), mediano plazo (de dos a 5 años) y de largo plazo (más de 5 años).

En la tabla 8.1 se muestran las propuestas de medidas de mitigación a corto plazo. Las dos primeras columnas son el resultado del taller, mientras que la tercera es la propuesta por parte de los autores acerca de las dependencias e instituciones que pueden participar para llevar a cabo estas propuestas.

Tabla 8.1. Propuestas de medidas de mitigación de la sequía en el Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos a corto plazo (hasta dos años)

Propuesta	Objetivos o metas	Dependencias que podrían contribuir con el desarrollo de la propuesta
Desarrollar un Programa de Educación Ambiental (urbana y rural) y acotarlo a la educación no formal	Cambios de conducta. Que impactarían en ahorro del agua, reforestación como fábrica del agua, reutilización del agua (captadores de lluvia, utilización de aguas grises)	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SMARNAT) y sus subsecretarías: de Planeación y Política Ambiental, de Gestión para la Protección Ambiental, y de Fomento y Normatividad Ambiental. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Comisión Nacional Forestal (Conafor). Delegaciones federales y Coordinaciones regionales dependientes de la SEMARNAT Comisión Nacional del Agua (CNA), el Instituto Nacional de Ecología (INE) Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) Universidad Veracruzana (UV) Gobierno municipal Comisión Municipal de agua y saneamiento (CMAS)
Desarrollo de Ingeniería de bajo costo (participación de instituciones educativas)	Elaboración de modelos casa-tipo para aprovechamiento de agua de lluvia (INFONAVIT, SEDESOL, etc.)	Gobierno federal Gobierno estatal Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SMARNAT) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Comisión Nacional del agua (CONAGUA) Dirección General del Organismo de Cuenca Asociación Civil de Usuarios (ACU) de los Distritos de riego o Unidad de riego. Instancias ejecutivas facultadas para autorizar apoyos y pagos de programas de infraestructura hidroagrícola. Comités de planeación y desarrollo estatal

		(COPLADE) Universidad Veracruzana (UV)
Revisión de casos de éxito en ingenierías de bajo costo	Analizar su aplicación para otras zonas	Gobierno Estatal Gobierno Municipal Dirección General del Organismo de Cuenca Obras Públicas para el Estado Comisión Nacional del Agua (CNA) Universidad Veracruzana (UV)
Revisión de la Legislación para nuevos desarrollos urbanos	Reglamentos para contar con almacenamiento de agua común	Dirección General de Desarrollo Urbano Dirección General de Obras Públicas Dirección General de Supervisión de Reglamentos Dependencias estatales encargadas de Programas de Ordenamiento urbano Catastro Municipal
Contar con el diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales de todos los municipios de la cuenca	Contar con el nivel de integridad mecánica, la capacidad de tratabilidad y los expedientes técnicos de las plantas (arquitectónicos, unifilares, hidráulicos, etc.)	Instituto Nacional de Ecología (INE) Gobierno municipal/ programas ambientales de los municipios Administraciones locales de cuenca Direcciones de Ecología o dependencias equivalentes Secretarías de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del gobierno estatal Comisión Nacional del agua (CONAGUA) Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural

En la tabla 8.2 se muestran las propuestas a mediano plazo (dos a cinco años). Nuevamente se presenta una propuesta de dependencias e instituciones que se considera podrían participar para llevar a cabo dichas propuestas.

Tabla 8.2. Propuestas de medidas de mitigación de la sequía en el Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos a mediano plazo (dos a 5 años)

Propuesta	Objetivos o metas	Dependencias que podrían contribuir con la continuidad o instalación del programa
Continuar con el Programa de Educación Ambiental (urbana y rural) y acotarlo a la educación no formal	Cambios de conducta. Que impactarían en ahorro del agua, reforestación como fábrica del agua, reutilización del agua (captadores de lluvia, utilización de aguas grises) y cuidado del bosque	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Instituto de Ecología Secretaría de educación y cultura (SEC) Secretaría de educación pública (SEP) Gobierno municipal Comisión Municipal de agua y saneamiento (CMAS) Universidad Veracruzana (UV)
Instalación y/o rehabilitación, mantenimiento de plantas de tratamiento (y la reutilización del agua tratada)	Ahorro y reuso del agua y prevención de la contaminación	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SMARNAT) Comisión Nacional del agua (CONAGUA) Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
Ampliar la red de monitoreo e integrar la participación ciudadana	Mejorar y ampliar la vigilancia	Gobierno estatal Gobierno municipal Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

		Dirección General del Organismo de Cuenca Secretaría de educación y cultura (SEC) El Colegio de Veracruz
Instalar plantas purificadoras en cada comunidad (principalmente en las rurales)	Contar con agua para consumo humano en las comunidades rurales, de bajo costo	Gobierno estatal Gobierno municipal Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Dirección General del Organismo de Cuenca Secretaría de Salud
Evaluación de la factibilidad técnica para la construcción aguas arribas de la presa Yuribia de otro vaso regulador	Establecer un receptáculo adicional	Gobierno estatal Gobierno municipal Obras Públicas Universidad Veracruzana (UV) Comisión Nacional del agua
Evaluación de la factibilidad de la perforación de más pozos en la zona de Minatitlán como	Establecer los mecanismos para incrementar la reserva del recurso	Gobierno del estado Petróleos Mexicanos (PEMEX) Subsecretaría de Planeación y la Contraloría General del Estado Instituto Nacional de Ecología Universidad Veracruzana (UV)
Evaluación de la factibilidad para crear (construir) ollas para almacenar agua (para el sector pecuario)	Establecer un receptáculo adicional	Gobierno del estado Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SMARNAT) Comisión Nacional del agua (CONAGUA) Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural Gobierno municipal Dirección General del Organismo de Cuenca Universidad Veracruzana (UV)
Ampliar la red de información de los niveles de agua en los ríos (para que se mida en todos los ríos y afluentes y no solo en los principales ríos de la Cuenca)	Contar con un Centro de Información de la parte Golfo-Centro que contemple estadísticas, información técnica, datos meteorológicos, SIGs, en general información relevante para los usuarios y público en general.	Gobierno estatal Gobierno municipal Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Dirección General del Organismo de Cuenca Recursos Naturales (SMARNAT) Comisión Nacional del agua (CONAGUA) Instituto Nacional de Estadística y Geografía Universidad Veracruzana (UV)
Instalar plantas purificadoras en cada comunidad (principalmente en las rurales)	Desarrollar la tecnología propia con apoyo de instituciones de Educación Superior para contar con agua de calidad de autoconsumo a un costo menor	Gobierno estatal Gobierno municipal Dirección General del Organismo de Cuenca Secretaría de Salud Comisión Nacional del agua (CONAGUA)
Que el 100% de las instalaciones (domésticas/industriales) cuenten con medidores de flujo de agua	Correcta administración del recurso hídrico	Gobierno estatal Gobierno municipal Dirección General del Organismo de Cuenca Comisión Nacional del agua (CONAGUA)
Contar con el diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas	Asegurar y mantener el funcionamiento adecuado de las	Gobierno estatal Gobierno municipal

residuales de todos los municipios de la cuenca	plantas de tratamiento	Dirección General del Organismo de Cuenca Comisión Nacional del agua (CONAGUA)
---	------------------------	---

Finalmente en la tabla 8.3 se muestran las propuestas a largo plazo.

Tabla 8.3. Propuestas de medidas de mitigación de la sequía en el Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos a largo plazo (más de 5 años)

Propuesta	Objetivos o metas
Identificar zonas con problemas de abastecimiento de agua en la cuenca	Estudio de factibilidad para almacenamiento del recurso en la cuenca del Coatzacoalcos
Dar seguimiento al PRONACOSE y a las acciones que de éste emanen	Verificación, seguimiento y Auditoría a las propuestas y acciones del Programa en la Cuenca del Coatzacoalcos
Continuar con el Programa de Educación Ambiental (urbana y rural) y acotarlo a la educación no formal	Cambios de conducta. Que impactarían en ahorro del agua, reforestación como fábrica del agua, reutilización del agua (captadores de lluvia, utilización de aguas grises) y cuidado del bosque
Instalación y/o rehabilitación, mantenimiento de plantas de tratamiento (y la reutilización del agua tratada)	Conclusión y consolidación para el tratamiento y reuso del agua
Implementación de técnicas y programas agronómicos para la Reducción del consumo de agua	Desarrollar e implementar la tecnología

9. Líneas de acción para mejorar las aplicaciones del PMPMS

Con base en el trabajo-diagnóstico realizado en la elaboración del presente documento y dado que en el estado de Veracruz, y en particular en la cuenca del río Coatzacoalcos, el fenómeno de sequía no tiene un patrón temporal regular y puede presentarse durante la época de la primavera o el verano, impactando de manera diferenciada a la entidad y a la región, en este apartado se realiza una serie de propuestas que pretenden contribuir al manejo planificado del fenómeno, buscando disminuir tanto la vulnerabilidad como los impactos en la entidad y en la región en particular.

9.1 Diagnóstico, declaración y levantamiento de la sequía

Si bien las variables meteorológicas son importantes para el cálculo de algunos índices de sequía, sin duda la precipitación es la variable meteorológica más importante para el estudio de este fenómeno.

En este sentido, es importante señalar que el “Diagnóstico de la red de estaciones climatológicas e hidrometeorológicas en la cuenca del Río Coatzacoalcos” (CAEV-G.COATZACOALCOS-2011-EP-03-AD), mostró que el 75% de las estaciones de la red requieren de rehabilitación inmediata para operar de acuerdo a las normas internacionales establecidas. El estudio señala también la necesidad de la ampliación de la red para cubrir en forma adecuada la región. Por tanto, una primera acción sugerida tiene que ver con la rehabilitación, ampliación y mantenimiento de la red de monitoreo hidrometeorológico en la cuenca del río Coatzacoalcos.

Por otra parte, el pronóstico climatológico regional es una herramienta importantísima para prevenir y echar a andar las medidas propuestas. Así, una línea de acción tiene que ver con este rubro sin lugar a dudas.

Considerando que las fuentes de abastecimiento para los centros poblacionales son en gran medida, superficiales, el conocimiento de la relación precipitación-escorrentía es de suma importancia cuando se relaciona con la condición oferta-demanda. Por lo anterior, el mantenimiento y la ampliación de la red hidrométrica es un punto significativo para tener un mejor conocimiento de los efectos de la sequía.

Como se ha señalado, el objetivo del PMPMS es garantizar el abastecimiento de agua para consumo humano. En consecuencia, la información del abatimiento de las fuentes de suministro de agua para consumo humano es un dato que debería considerarse obligatorio, ya que puede aplicarse como un índice asociado a este fenómeno.

El aprovechamiento de los recursos de agua deberá considerar los usos múltiples de este recurso, dando prioridad al uso urbano. Las investigaciones a realizar en relación con este recurso pueden iniciarse a escala de reconocimiento.

9.2 Información asociada a los efectos de la sequía

Toda información relacionada con el fenómeno de la sequía es de suma importancia para realizar mejores diagnósticos y acciones. Así, aunque la sequía es un fenómeno que inicia de acuerdo al comportamiento de las condiciones meteorológicas, los efectos se extienden a otras áreas como la agricultura, la salud, la economía, etc.

En este sentido se sugiere que la colaboración entre dependencias debe ser más precisa; por ejemplo, si existe una declaratoria de sequía, se puede solicitar a la Secretaría de Salud que dé un seguimiento puntual a decesos por deshidratación, golpes de calor, u otras condiciones que pueden ser asociadas con el fenómeno.

Puesto que el objetivo es garantizar el agua para consumo humano en caso de que se registre un evento de sequía, la revisión continua de la calidad del agua es una actividad imprescindible. Si bien CONAGUA lleva a cabo esta actividad, quizá valdría la pena considerar el apoyo con otras dependencias, como las de carácter educativo (universidades y/o tecnológicos) donde se desarrollen análisis con la calidad requerida.

9.3 Fuentes de agua

La experiencia señala que cuando se presenta un evento de sequía, el agua subterránea es la principal fuente alterna. Ello implica que los estudios que permitan conocer la disponibilidad así como el ciclo del agua subterránea son imprescindibles para un buen manejo del recurso.

Si bien el agua subterránea se convierte en al principal fuente alterna en un evento de sequía, no deben desconsiderarse otras fuentes de, relativamente, menor importancia. Tal es el caso del agua de niebla. Los captadores de niebla en las zonas donde se presenta pueden ser de gran apoyo para contar con una fuente alterna que ayude a mitigar los efectos de la sequía, por lo que los estudios hay aplicaciones en este tema, deben analizarse con cuidado y prontitud.

9.4 Legislación

Analizar el estado de las leyes que tratan de recursos hídricos y planes de los diferentes niveles de gobiernos para la gestión de este recurso

Efectuar un inventario de leyes y reglamentos que incidan directa o indirectamente en el recurso hídrico para luego identificar convergencias, divergencias y contradicciones, y hacer un esfuerzo por armonizar, jerarquizar, y priorizar las leyes vigentes.

Elaborar y/o actualizar una política hídrica para mitigar los efectos de una sequía, preferentemente vinculada a un plan nacional de desarrollo. Se debe dar prioridad a la política hídrica y basar la ley de aguas en ella.

Apoyar la elaboración de leyes de aguas para sentar las bases jurídico-legales, para solucionar pacíficamente las diferencias (si las hubiese) que se presenten en los Consejos de Cuenca con respecto del recurso hídrico compartido.

10 Síntesis del Plan

Objetivo del Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE). Planear acciones preventivas y correctivas para atender los efectos derivados de la sequía.

Objetivo particular del plan para el Consejo de cuenca del Coatzacoalcos.

Mejorar la gestión y planificación del recurso hídrico en el CCC ante situaciones de disminución del recurso o de la precipitación.

Acciones:

Generar indicadores de sequía que relacionen los estados de normalidad, prealerta, alerta y emergencia por sistema hidrológico de explotación, considerando la demanda del recurso y el posible impacto en el desarrollo económico y social de las regiones.

Establecer acciones que propicien el manejo del riesgo.

Elementos de configuración del plan:

Indicadores y umbrales de sequía por sistema hidrológico presente en el CC generados a partir de la demanda del recurso y del impacto que la presencia de sequía ha tenido en el desarrollo económico y social de la región correspondiente.

Establecimiento de agentes responsables de la emisión y/o ejecución de la(s) medida(s) que correspondan a la etapa de sequía, considerando la evaluación de resultados de experiencias del pasado.

Listado de acciones para adaptación y mitigación ante la sequía.

Partiendo de la relación que guarda la sequía hidrológica con la disminución de los volúmenes de agua disponibles para satisfacer la demanda en periodos de escasez y con la identificación de acciones que minimicen los impactos adversos en las actividades asociadas al desarrollo socioeconómico de la región, se identifica la necesidad de diseñar planes hidrológico a mediano (o largo plazo) a partir de información real sobre la explotación del recurso por sistema del consejo de cuenca.

Para el logro de metas es necesario contar con información detallada de la ubicación del sistema, el volumen de embalses (entradas a los embalses, estaciones de aforos, información pluviométrica), las poblaciones abastecidas, las fuentes de abastecimiento, volumen de la demanda por usos consuntivos, ubicación de zonas de riegos y de manantiales.

Los datos sobre control o utilización del recurso en épocas de estiaje o ausencia de precipitaciones, y de los impactos negativos que se han registrado en zonas aguas abajo, permitirá construir los escenarios de vulnerabilidad y plantear acciones para la mitigación de impactos, a partir de la definición de un “estado de normalidad” en función de los indicadores de sequía que se establezcan.

Para el Consejo de Cuenca del Coatzacoalcos se proponen las siguientes medidas generales.

A corto plazo

Atendiendo al Índice de precipitación estándar (SPI), niveles de almacenamiento al 15 de enero, las etapas de sequía y umbrales de almacenamiento por sistema hidrológico de explotación, considerar: a) Los siguientes indicadores para el desarrollo de acciones para declaratorias de emergencia:

Etapa	Umbral de almacenamiento	Meta de reducción de la demanda
Moderada	80%	10 a 20%
Severa	65%	20 a 35%
Extraordinaria	40%	35 a 50%
Excepcional	25%	Superior a 50%

b) Rescate de las experiencias del pasado para planear las acciones futuras, a partir de intersectar localidades afectadas por la sequía y estiaje, fuentes de abastecimiento del recurso agua, impactos y costos para mitigación.

Las declaratorias de emergencia las realizará la CONAGUA oficinas centrales a partir de la etapa severa.

A mediano plazo

Generar indicadores y umbrales de sequía por sistema hidrológico presente en el CC a partir de la demanda del recurso y del impacto que la presencia de sequía ha tenido en el desarrollo económico y social de la región.

Realizar estudios para conocer los recursos superficiales, subterráneos y regulados del sistema y de los retornos disponibles; así como la ubicación de las aguas subterráneas del freático o acuíferos como fuente de abastecimiento del recurso de poblaciones aisladas y rango total de población abastecida.

Fomentar proyectos de investigación aplicada

Establecimiento de convocatorias con fondos de apoyo para realizar investigación relacionada con el pronóstico del clima, persistencia de las sequías, implicaciones de la sequía en la calidad del agua y salud de los habitantes, la relación entre factores detonantes y la severidad de la sequía y sobre evaluaciones del impacto potencial del cambio climático en todos los sectores usuarios del agua.

Realizar campañas públicas y educativas, para lo cual se propone:

Elaborar un mix de comunicación que permita crear conciencia sobre el tema de la sequía y escases de agua y que cuente con:

Una identificación (nombre o slogan) para el mix que le permita recordar de manera fácil al público las soluciones, consejos, realidades, etc.

Crear un video documental con duración aproximadamente de 5 a 10 minutos, que contenga entrevistas con expertos en el tema (meteorólogos, encargados de saneamiento, etc.), y agricultores, ganaderos, campesinos etc.

Crear por lo menos tres cápsulas de video informativas para internet (agua, sequía, entrevistas, consejos)

Crear cinco cápsulas de radio de aproximadamente 1 ½ minutos c/u, con consejos para el cuidado del agua e información acerca del problema de las sequías y el cambio climático.

Crear una página de Facebook y una de Twitter para publicar noticias, avances, consejos etc.

Disponer de un canal de Youtube en el cual se comparta lo anteriormente propuesto y se compartan entrevistas y testimonios más extensos.

Crear carteles con poco texto e ilustraciones llamativas y sencillas que permitan al público meta recordar la información que se quiere comunicar.

Identificar el público meta y los segmentos de la población a los que se desea llegar con los mensajes. (ej. Ganaderos, agricultores, docentes, etc.); e identificar las personas a cargo.

Crear un calendario de charlas, exposiciones y presentación del material audiovisual generado.

Sí lo que desea comunicar es la problemática relacionada con el mal uso y escasez del agua, sería recomendable especificar cuáles son los principales factores que causan dichos problemas o deterioros, con el fin de dar un mensaje más claro y directo.

Diseñar un logotipo que incentive la cultura del agua.

Imprimir un número de pines o botones con el logotipo de la campaña para distinguir a las personas que han recibido pláticas y crear un estímulo por ser parte de la campaña y para motivar a que más personas se informen e integren a ella.

Se propone además llevar al público la información siguiente:

- Estatus de las condiciones actuales de la sequía y etapa de la sequía.
- Sistema de abastecimiento para sustentabilidad de largo plazo.
- Donde los consumidores pueden acceder a los planes de mitigación de sequías.
- Factores que podrían influenciar los servicios de abastecimiento y el costo de los servicios.
- Acciones de los proveedores de agua para ahorrar agua y/o adquirir agua adicional.
- Recomendaciones de política, requerimientos y penalizaciones.
- Explicación de incrementos en la tasa /sobrecargo de sequía.
- Incrementar anuncios de incentivos de conservación y planes de sequía
- Ideas de conservación de ahorro de agua.
- Ideas paisajísticas durante sequía, proporcionando información sobre plantas que pueden ser irrigadas por goteo o que son resistentes a la escasez de agua.
- Paisaje post sequía información para revivir plantas.
- Anunciar esfuerzos de individuos y negocios como ejemplos de cómo reducir el uso del agua.
- Estimular la discusión intensa del público y en los medios involucrados sobre la forma de reducir el consumo de agua mientras se minimiza los impactos (impactos al paisaje).
- Parcelas demostrativas de sistemas y métodos de riego.
- Promover el uso de semillas mejoradas de bajo consumo de agua.
- Capacitación de regadores.
- Promover y capacitar en diseño y trazo de riego.
- Capacitación para aplicar el riego en tiempo real.

Agentes

La gestión y seguimiento del plan será responsabilidad de la Comisión de Operación y Vigilancia (COVI) y los grupos auxiliares del Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos. La aplicación de las medidas y análisis de impactos, serán apoyadas por las dependencias gubernamentales relacionadas con los sectores hídricos, agropecuarios e industriales.

Listado de acciones de atención a la sequía por etapa.

- Etapa de sequía extraordinaria: Niveles de almacenamiento de agua en embalses menor al 65% el 1 de octubre del año en estudio.	
FACTORES DETONANTES (TRIGGER POINTS)	»INDICADORES CLAVES. <ul style="list-style-type: none"> ▪ El almacenamiento de agua en embalses no llega al 65% el 1 de octubre del año en estudio. ▪ Índice de Precipitación Estandarizado (SPI). ▪ Índice Hidrológico de Sequía (SDI). ▪ Niveles piezométricos en acuífero. ▪ Contenido de humedad del suelo. Otros ...
DEFINICIÓN DE LA ETAPA DE LA SEQUÍA Y RESUMEN DEL/LOS FACTORES DETONANTES	▪ ETAPA: EXTRAORDINARIA <ul style="list-style-type: none"> ▪ La respuesta inmediata se enfoca hacia MEDIDAS OBLIGATORIAS con el objetivo de reducir la demanda entre un 25% y un 40%.
MEDIDAS DE RESPUESTA	OFERTA <ul style="list-style-type: none"> ▪ Búsqueda de oportunidades de ASISTENCIA TÉCNICA Y FINANCIERA: sector público (federal, estatal, municipal), entidades privadas (ONG's,). Tipo de ayuda: donativos, préstamos, apoyo en campañas educativas - promoción cultura del agua. ▪ Revisar manejo de DERECHOS DE AGUA Y ACUERDOS COOPERATIVOS. Mejora de rendimientos ajustando la forma tradicional de fijar derechos al agua + crear sinergias vía acuerdos cooperativos: <ul style="list-style-type: none"> - Transferencias entre cuencas. - Pagar a usuarios aguas arriba para que reduzcan sus consumos. - Modificar operación de embalses - mantener niveles mínimos de reserva (conservar calidad del agua). ▪ Proveer agua de emergencia a usuarios domésticos. ▪ Importar agua con pipas grandes. ▪ Restringir o prohibir nuevas tomas de agua. ▪ Establecer reservas de agua para el sector agrícola. ▪ Reactivación de presas abandonadas y siembra de nubes. ▪ Uso de semillas mejoradas con consumo mínimo de agua.
	DEMANDA <ul style="list-style-type: none"> • Multas y Sobrepagos: para controlar consumos. • Zonas públicas: restricciones al riego - Prohibido del 15 de octubre al 1 de mayo. • Vehículos públicos: prohibido el lavado. • Fuentes de agua ornamentales/consumo: apagadas todo el tiempo.

		Sector residencial	<ul style="list-style-type: none"> • Multas y Sobrepuestos: para controlar consumos. • Riego exterior de viviendas: solo con cubetas y por tandeo según No. de la vivienda. • Residentes deben renunciar a la siembra de nuevo pasto. • Prohibido: <ul style="list-style-type: none"> - Riego de pasto del 15 de octubre al 1 de mayo. - Nueva siembra de pasto (hasta que se levante la etapa de sequía). - Uso de agua para limpieza de calzadas, aceras. - Lavado de coches particulares (solo en lugares autorizados). - Todas las fuentes públicas o particulares deben mantenerse apagadas. - Llenado de albercas y tinas de hidromasaje.
		Sector comercial	<ul style="list-style-type: none"> • Multas y Sobrepuestos: para controlar consumos. • Agua en la construcción: empleo de prácticas apropiadas para evitar pérdidas. • Restricciones al uso de agua en exteriores: solo con cubetas y por tandeo según No. del local comercial. • Auditorías al uso de agua en exteriores. • Lavaderos de coches: implementar prácticas eficientes de lavado, limitar vol/coche. • Restaurantes: servir agua solo a petición del cliente. • Hoteles: colocar tarjetas informativas en todas las habitaciones. • Prohibido: <ul style="list-style-type: none"> - Siembra de pasto nuevo (deberán postergarse hasta que la sequía haya cesado). - Todas las fuentes deben mantenerse apagadas. - Albercas y tinas de hidromasaje: llenado suspendido.

		<p>Sector agropecuario</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de cultivos de ciclo corto y de baja demanda. ▪ Mantener canales, regaderas y estructuras de control limpias y en buen estado de funcionamiento. ▪ Ajustarse a los volúmenes asignados y a la superficie correspondiente. ▪ Compactar áreas de riego para minimizar las pérdidas por distribución e infiltración. ▪ Atenerse al calendario de riegos, a los tiempos asignados de riego y a las láminas recomendadas. ▪ Mantener los terrenos nivelados si el riego es por gravedad. ▪ Ajustarse a lo largo recomendable de los surcos y melgas para acortar los tiempos de riego. ▪ Medir y contabilizar el caudal y el volumen que se usa en cada riego. ▪ Minimizar los tiempos muertos por cambio de riego. ▪ Tomar el turno de riego a la hora que le toque a cada usuario y no dejar de regar en la noche. ▪ Evitar los coleos de agua y su pérdida a los drenes. ▪ Ajustarse al tandeo que se haya definido en cuanto al tiempo y caudal. ▪ Respetar los tiempos y caudales de los demás usuarios. ▪ Espaciar los riegos para ahorrar volúmenes de sobre riego y desperdicios.
		<p>Sector industrial</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prohibir o limitar el uso del agua en la construcción. ▪ Aplicar políticas en la instalación de nuevas plantas y otras aplicaciones paisajísticas ▪ Aplicar restricciones de riego en jardines y paisajes exteriores. ▪ Hacer auditorías de agua en interiores y exteriores cuando y donde sea aplicable. ▪ Promover disminuir el uso de aire acondicionado. ▪ Promover en edificios con aire acondicionado que aumenten un poco sus termostatos. ▪ Promover la conversión de sistemas de enfriamiento industrial al uso de torres de enfriamiento.

PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coordinar campaña de esfuerzos con entidades municipales cercanas para crear sinergias. ▪ Aplicación del programa de respuesta a la sequía. »Se fijan ROLES Y RESPONSABILIDADES para cada dependencia.
-----------------------------	--	---

- Etapa de sequía moderada: Niveles de almacenamiento en 80% a finales de junio, medida reducción de la demanda de un 10% a 20%.

FACTORES DETONANTES	INDICADORES CLAVES <ul style="list-style-type: none"> ▪ Niveles de almacenamiento en 80% a finales de junio. Medida reducción de la demanda de un 10% a 20%. ▪ Índice de Precipitación Estandarizado (<i>SPI</i>). ▪ Registros de precipitación. ▪ Nivel freático y de ríos.
----------------------------	---

DEFINICIÓN DE LA ETAPA DE LA SEQUÍA Y RESUMEN DEL/LOS FACTORES DETONANTES	Moderada. Factores detonantes: Bajo contenido de humedad atmosférica durante un periodo de tiempo prolongado de forma que la falta de precipitación provoque un desequilibrio hidrológico llegando a impactar a diversos sectores de importancia para el desarrollo de la cuenca.
--	--

MEDIDAS DE RESPUESTA	DE OFERTA	Monitorear la calidad del agua y los indicadores de sequía. Rastrear la percepción pública y la eficacia de las medidas contra la sequía. Declarar una emergencia de sequía. Establecer un programa de pipas de agua. Restringir o prohibir tomas de agua nuevas. Identificar las asistencias estatales y federales hacia los sectores vulnerables. Proveer agua de emergencia a usuarios domésticos. Importar agua con pipas grandes. Establecer un comité asesor público. Establecer reservas para diferentes sectores de agua. Regular el bombeo de agua subterránea para riego. Profundizar pozos. Reactivar pozos abandonados. Limpiar pozos para desarrollar mayores gastos de extracción. Mezclar agua de primer uso con agua de menor calidad para incrementar la oferta. Rehabilitar pozos en operación. Incrementar el uso de agua reciclada. Utilizar agua tratada para irrigar parques y jardines. Habilitar tomas bajas en embalses. Utilizar la capacidad muerta de los embalses. Conseguir almacenamiento adicional. Construir embalses de emergencia. Reactivar las presas abandonadas. Siembra de nubes. Recuperar derechos de agua de otros. Comprar agua en otras cuencas o entidades. Arreglar intercambios de agua entre sectores. Rentar derechos de irrigación de los agricultores. Rentar pozos. Utilizar concesiones temporalmente de irrigación. Renegociar abastecimientos controlados contractualmente.
-----------------------------	------------------	---

	DEMANDA	Sector público	<p>Identificar usuarios de alto consumo y desarrollar metas de ahorro. Restringir la autorización de nuevas tomas. Implementar recargos a tarifas. Implementar una tarifa modificada, adecuada para periodos de sequía. Realizar auditorías sobre riego de parques y espacios abiertos en los Organismos Operadores municipales. Capacitación del personal de los Organismos Operadores y del municipio sobre cómo ahorrar el agua. Girar instrucciones a negocios y oficinas para el desarrollo de medidas específicas y planes de acción para sequías. Limitar el riego de exteriores a horas específicas del día. Limitar el número de días de riego a la semana. Limitar el lavado de flotillas de vehículos de la ciudad y gobierno. Realizar auditorías de agua en interiores de instalaciones. Incentivar a comunidades resistentes a la sequía. Apoyar el desarrollo de programas de conservación del agua. Apoyar incentivos económicos para la inversión individual en la conservación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zonas públicas: restricciones al riego - Prohibido del 15 de octubre al 1 de mayo. • Vehículos públicos: prohibido el lavado. • Fuentes de agua ornamentales/consumo: apagadas todo el tiempo.
		Sector residencial	<p>Reducción de limpieza, lavado de calles, banquetas y accesos a garages. Limitar el lavado con hidrantes. Limitar el riego de plantas y jardines. Realizar auditorías de agua en zonas residenciales. Cambiar aspersores a irrigación de bajo consumo. Aplicar guías de políticas para la instalación de nueva vegetación paisajística. Prohibir o limitar el lavado de autos. Prohibir o limitar el llenado de fuentes ornamentales sin recirculación de agua. Prohibir o limitar el llenado y uso de albercas. Proveer medidores acústicos para ayudar a los consumidores a identificar fugas en tuberías. Promover la reducción del uso de aires acondicionados con sistemas de agua fría. Colaborar con los sistemas para elaborar agua embotellada/hervir agua para consumo.</p>

		<p>Sector comercial</p>	<p>Prohibición y/o limitación del uso de agua para la construcción. Aplicación de políticas o restricciones para la instalación de nuevas plantas u otras aplicaciones paisajísticas. Realizar auditorías de agua en interiores y exteriores donde sea aplicable. Dejar sin operar fuentes ornamentales. Prohibición y/o limitación del uso de albercas. Promoción de aplicación o instalación de dispositivos eficientes o ahorradores de agua (WC, mingitorios, etc.). Promoción de reducción del uso de aire acondicionado. Promoción del uso de agua reciclada en auto lavado. Promoción de reducción en la frecuencia del servicio de lavado y secado de sábanas y toallas en hoteles. Destinación de fondos para el desarrollo de planes de conservación del agua en oficinas y negocios.</p>
		<p>Sector agropecuario</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selección de cultivos de ciclo corto y de baja demanda. Establecer cultivos de ciclo PV para aprovechar la temporada de lluvias. ▪ Mantener canales, regaderas y estructuras de control limpias y en buen estado de funcionamiento. ▪ Ajustarse a los volúmenes asignados y a la superficie correspondiente. ▪ Compactar áreas de riego para minimizar las pérdidas por distribución e infiltración. ▪ Atenerse al calendario de riegos, a los tiempos asignados de riego y a las láminas recomendadas. ▪ Mantener los terrenos nivelados si el riego es por gravedad. ▪ Ajustarse a lo largo recomendable de los surcos y melgas para acortar los tiempos de riego. ▪ Medir y contabilizar el caudal y el volumen que se usa en cada riego. ▪ Minimizar los tiempos muertos por cambio de riego. ▪ Tomar el turno de riego a la hora que le toque a cada usuario y no dejar de regar en la noche. ▪ Evitar los coleos de agua y su pérdida a los drenes. ▪ Ajustarse al tandeo que se haya definido en cuanto al tiempo y caudal. ▪ Respetar los tiempos y caudales de los demás usuarios. ▪ Espaciar los riegos para ahorrar volúmenes de sobre riego y desperdicios. <p>Implementar cultivos de alto valor</p>

		<p>comercial y bajo consumo de agua. Hacer intercambio de agua de primer uso por agua residual tratada. Reusar el agua de los drenes para regar cultivos forrajeros. Plantear opciones de cultivos adecuados, de corto ciclo y baja demanda de agua para las condiciones de temporal. Proponer programas de empleo temporal para conservación, rehabilitación y mejora de la infraestructura, para mantener ocupada y con ingreso a la mano de obra del sector. Seguimiento de humedad del suelo.</p>
<p>PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN</p>		<p>Sector industrial</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prohibir o limitar el uso del agua en la construcción. ▪ Aplicar restricciones de riego en jardines y paisajes exteriores. ▪ Hacer auditorías de agua en interiores y exteriores cuando y donde sea aplicable. ▪ Promover disminuir el uso de aire acondicionado. ▪ Promover en edificios con aire acondicionado que aumenten un poco sus termostatos. ▪ Promover la conversión de sistemas de enfriamiento industrial al uso de torres de enfriamiento.
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coordinar campaña de esfuerzos con entidades municipales cercanas para crear sinergias. ▪ Aplicación del programa de respuesta a la sequía. <p>»Se fijan ROLES Y RESPONSABILIDADES para cada dependencia.</p>

11. Bibliografía

Comisión Nacional del Agua, Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos

Comité ciudadano de evaluación estadística económica del Estado de Sinaloa, con información del INEGI.

Escalante Sandoval, Carlos y Reyes Chávez, Lilia, 2004: Análisis de Sequías. México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2 Volúmenes. 1110pp.

Galván Ortiz, Luis Manuel, 2007: Aplicación del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) en la detección de sequías históricas en México (1920-2000). Tesis de licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, México.

Galván, L.M., 2011: Impacto de la Sequía Meteorológica en la vegetación en Distintas Regiones Climáticas de México (1982-2006). Tesis de Maestría en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F. 55 pp.

García, E. y M. E. Hernández, 1988: Anomalías de la precipitación en la República Mexicana de 1921 a 1980. Revista de Geografía 2 (3), INEGI, México, 1-24.

Giddings, M. Soto E. 2005: Standarized Precipitation Index Zones for Mexico. *Atmósfera*. 18, 33-56

Herrera, G., 2000: Caracterización Geográfica de la Sequía en México. Tesis de Doctora en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información, Censos Nacionales y Conteos 2010

Jáuregui, E., 1967: Las ondas del este y los ciclones tropicales en México. *Ingeniería Hidráulica en México*, 21(3):197-208

Jáuregui, E., 1989: Los huracanes prefieren a México. *Información Científica y Tecnológica*, 11, 155 pp, México, CONACyT.

Jáuregui, E., 2003a: Algunos conceptos modernos sobre la circulación general de la atmósfera. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía UNAM*, 50:121-143.

Jáuregui, E., 2003b: Climatology of landfalling hurricanes and tropical storms in Mexico. *Atmósfera*, 16(4):193-204

Keyantash, J. and J.A. Dracup, 2002: The Quantification of Drought: An Analysis of Drought Indices. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83 (8), 1167-1180.

Lawrimore, J., R. R. Heim, Jr., M. Svoboda, V. Swail and P. J. Englehart, 2002: Beginning a new era of drought monitoring across North America. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83, 1191-1192.

Magaña Rueda V., J. M. Méndez, R. Morales y C. Millán, 2004: Sección III: Impactos, vulnerabilidad y adaptación: Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. *Cambio Climático: Una visión desde México*. Julia Martínez, Adrián Fernández y Patricia Osnaya (Compiladores). Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 525 pp.

McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J., 1995: Drought monitoring with multiple time scales. *Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology*. 233-236. Boston, MA: American Meteorological Society.

McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology* (pp. 179-184). Boston, MA: American Meteorological Society.

Méndez, Matías, Víctor Magaña, 2010: Regional Aspects of Prolonged Meteorological Droughts over Mexico and Central America. *J. Climate*, 23, 1175–1188.

Muñoz-Arriola, F., R. Avissar, C. Zhu, D. P. Lettenmaier, 2009: Sensitivity of the water resources of Rio Yaqui Basin, Mexico, to agriculture extensification under multiscale climate conditions. *Wat. Res. Res.* Vol. 45 (11), DOI: 10.1029/2007WR006783.

Palmer, W.C., 1965: Meteorological drought. Research Paper No. 45. U.S. Weather Bureau. [NOAA Library and Information Services Division, Washington, D.C. 20852]

Pereyra, D. y B. E. Sánchez, 1995: Sequías Prolongadas y Déficit Hídrico en el Estado de Veracruz. *La Ciencia y el Hombre. Riesgos por Fenómenos Naturales en el Estado de Veracruz*. Vol. VII No 21:153-167. (ISSN 0187-8786).

Pereyra, D., Q. Angulo y B. E. Palma, 1994: Effect of ENSO on the mid-summer drought in Veracruz State, Mexico. *Atmosfera*. 7: 211-219.

Quesnel, A. d. (2012). Capítulo 3. Poblamiento y construcción de los espacios migratorios rurales en el sur veracruzano. En F. S. André Quesnel, *Recomposiciones territoriales en el Istmo de Tehuantepec, México. Dinámica de poblamiento, movilidad y sistemas de actividades en el sur de Veracruz*. (págs. 159-198). México: Publicaciones de la Casa Chata.

Quesnel, A. y. (2012). Capítulo 2. Evolución demográfica, diferencias territoriales y sociales en el Istmo de Tehuantepec. En F. S. André Quesnel, *Recomposiciones territoriales en el Istmo de Tehuantepec, México. Dinámica de poblamiento, movilidad y sistemas de actividades en el sur de Veracruz* (págs. 81-157). México: Publicaciones de la Casa Chata.

Redmond, Kelly. T., 2002: The depiction of drought: A commentary. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83, 1143-1147.

Salinas Prieto, J. A, 2006: Dinámica de ondas del este y su interacción con el flujo medio en el Caribe. Tesis de Doctorado (Doctorado en Ciencias de la Tierra)-UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera. 109pp.

Schultz, D. M., W. E. Bracken, L. F. Bosart, G. J. Hakim, M. A. Bedrick, M. J. Dickinson, and K. R. Tyle, 1997: The 1993 Superstorm cold surge: Frontal structure, gap flow, and tropical impact. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 5-39

Stahle, D. W., E. R. Cook, J. Villanueva Díaz, F. K. Fye, D. J. Burnette, R. D. Griff in, R. Acuña Soto, R. Seager, y R. R. Heim Jr., 2009: Early 21st-Century Drought in Mexico. *Eos* 90(11):89-90.

Svoboda, M., D. LeComte, M. Hayes, R. Heim, K. Gleason, J. Angel, B. Rippey, R. Tinker, M. Palecki, D. Stooksbury, D. Miskus, and S. Stephens. 2002. The Drought Monitor. *Bulletin of the American Meteorological Society* 83: 1181-1190.

Tejeda, A., B. Palma Coord., 1997: Informe final del estudio sobre la climatología de Coatzacoalcos y alrededores, Despacho de Planeación, Desarrollo y Recuperación Ambiental (PLADEYRA, S.C.) y Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas.

Wilhite, Donald A. (Ed). 2005: *Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues*. CRC Press. 1st edition. Boca Raton, FL. 432pp.

Zhu, C., D. P. Lettenmaier, 2007: Long-Term Climate and Derived Surface Hydrology and Energy Flux Data for Mexico: 1925–2004. *J. Climate*, 20, 1936–1946.

DOF ENERO 2010

DOF AGOSTO 2009
DOF MARZO 2011
DOF AGOSTO 2009
DOF AGOSTO 2009
DOF FEBRERO 2011
DOF AGOSTO 2009
DOF SEPTIEMBRE 2010
DOF AGOSTO 2009
DOF MARZO 2010
DOF NOVIEMBRE 2010
DOF AGOSTO 2009

Sitios de Internet

http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/index.html#

<http://cuentame.inegi.gob.mx/monografias/informacion/hgo/territorio/default.aspx?tema=me&e=13>

http://s3.esoft.com.mx/esofthands/include/upload_files/13/Archivos/%5Ci200904161747201PIB%20percapita%20por%20entidad%20federativa.xls

<http://www.banxico.org.mx>

<http://www.cna.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115>

<http://www.csva.gob.mx/biblioteca/estudiosProyectos/terminados/ProgHPre/Cap4.pdf>

<http://www.cuencacoatza.org/tucuenca.php>

<http://www.pronacose.gob.mx>

<http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/informacion-socioeconomica-por-municipio/cuadernillos-municipales/>

http://www3.inegi.org.mx/sistemas/iter/entidad_indicador.aspx?ev=5

http://www2.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/taller_ener_ren_08.pdf

12 Lista de acrónimos

ANP Áreas Naturales Protegidas
BANDAS Banco Nacional; de Datos de Aguas Superficiales
CC Consejo de Cuenca
CFE *Comisión Federal de Electricidad*
CLICOM México Climatological Station Network Data
CLD Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación
CONAGUA Comisión Nacional del Agua
COVI Comisión de Operación y Vigilancia
FAO Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INEGI del *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*
LAN Ley de Aguas Nacionales
LGCC Ley General del Cambio Climático
OCGC Organismos de Cuenca Golfo-Centro
OMM Organización Meteorológica Mundial
PMPMS Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación
PRONACOSE Programa Nacional Contra la Sequía
PSDI Índice de Severidad de Sequía de Palmer
SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCT *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*
SDI Índice Estandarizado de Sequía
SE Secretaría de Economía
SEDATU Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
SEDENA Secretaría De La Defensa Nacional
SEDESOL Secretaría de Desarrollo Social
SEGOB Secretaría de Gobernación
SEMAR Secretaría de Marina
SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente
SENER secretaría de energía
SHCP Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SMN **Servicio Meteorológico Nacional**
SPI Índice Estandarizado de Precipitación
SSA Secretaría de Salud.
UNCCD Convención de Naciones Unidas contra la Desertificación