



**Plan de Adaptación,
Ordenamiento y
Manejo Integral de las
Cuencas de los Ríos
Grijalva y Usumacinta**

**Anexos del Diagnóstico
Integrado con
Identificación de Áreas
Prioritarias**

ATN/OC-12432-ME

Noviembre 2013

Preparado para:

**Banco Interamericano de
Desarrollo (BID)**

1300 New York Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20577

Elaborado por:

Abt Associates Inc.

4550 Montgomery Avenue
Suite 800 North
Bethesda, MD 20814

Tabla de Contenidos

Anexo Capítulo 2	1
2A. Listado de municipios por agrupamiento.....	1
Anexo Capítulo 3	4
3A. Capas del Sistema de Información Geográfica (SIG).....	4
Anexo Capítulo 5	8
5A. Metodología para el desarrollo de escenarios futuros de cobertura forestal.....	8
Anexo Capítulo 6	11
6A. Análisis del informe actualización de escenarios de cambio climático	11
6A1. Sub-anexo	14
6A2. Sub-anexo. Implementación del método de fiabilidad del ensamble ponderado (FEP-REA)	14
6A3. Sub-anexo	16
6A4. Sub-anexo	16
6B. Procesamiento de datos	18
6C. Identificación de tendencias climáticas.....	20
Conclusiones y Recomendaciones.....	93
Anexo Capítulo 7	95
7A. Modelación Hidrológica en el Usumacinta. Estimación del efecto de los cambios climáticos sobre la cuantificación del recurso hídrico, en la cuenca del Río Lacantún, tributario del río Usumacinta.	95
7B. Evaluación de la vulnerabilidad del sistema de presas del Río Grijalva ante los impactos del cambio climático.....	120
Anexo Capítulo 8	155
8A. Mapas de vulnerabilidad y riesgo para el Grijalva-Usumacinta de INECC-GGGI 2013	155
8C. Variables socioeconómicas por municipio y cuenca relevantes para la vulnerabilidad social	174
Anexo Capítulo 10	177
10A. Institucionalidad para la gestión del agua en la cuenca del Grijalva-Usumacinta.....	177
10B. Análisis legal e institucional del agua como derecho humano	184
10C. Programa Nacional Forestal 2013 (PRONAFOR, antes "ProÁrbol").....	189
10D. Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas (ECCAP) y proyectos específicos de la región de interés.....	191
10E. Programa Hídrico por Organismo de Cuenca. Región XI: Frontera Sur. Visión 2030 CONAGUA	193
10F. Programa Hídrico Integral de Tabasco.....	204



PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

10G. Cruzada contra el Hambre de la Secretaría de Desarrollo Social	205
10H. Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)	209
10I. Análisis de las condiciones legales e institucionales en ambos estados para la adopción del PAOM.....	211
10J. Las ANP en la región Grijalva-Usumacinta.....	226

Anexo Capítulo 2

2A. Listado de municipios por agrupamiento

Agrupamiento	Clave municipal	Municipio
<i>Alto Grijalva</i>	07002	Acala
	07006	Amatenango de la Frontera
	07007	Amatenango del Valle
	07008	Angel Albino Corzo
	07010	Bejucal de Ocampo
	07011	Bella Vista
	07012	Berriozábal
	07013	Bochil
	07017	Cintalapa
	07018	Coapilla
	07020	La Concordia
	07021	Copainalá
	07023	Chamula
	07027	Chiapa de Corzo
	07028	Chiapilla
	07029	Chicoasén
	07030	Chicomuselo
	07033	Francisco León
	07034	Frontera Comalapa
	07036	La Grandeza
	07044	Ixtapa
	07046	Jiquipilas
	07047	Jitotol
	07049	Larráinzar
	07053	Mazapa de Madero
	07058	Nicolás Ruíz
	07060	Ocotepec
	07061	Ocozacoautla de Espinosa
	07062	Ostuacán
	07063	Osumacinta
	07067	Pantepec
	07070	El Porvenir
	07075	Las Rosas
07078	San Cristóbal de las Casas	
07079	San Fernando	
07080	Siltepec	
07083	Socoltenango	
07085	Soyaló	
07086	Suchiapa	
07090	Tapalapa	
07092	Tecpatán	

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias



	07094	Teopisca
	07098	Totolapa
	07101	Tuxtla Gutiérrez
	07104	Tzimol
	07106	Venustiano Carranza
	07107	Villa Corzo
	07108	Villaflores
	07110	San Lucas
	07111	Zinacantán
	07113	Aldama
	07117	Montecristo de Guerrero
	07119	Santiago el Pinar
<i>Bajo Grijalva</i>	27002	Cárdenas
	27004	Centro
	27005	Comalcalco
	27006	Cunduacán
	27008	Huimanguillo
	27010	Jalpa de Méndez
	27013	Nacajuca
	27014	Paraíso
<i>Bajo Usumacinta</i>	04007	Palizada
	07016	Catazajá
	07050	La Libertad
	27001	Balancán
	27003	Centla
	27007	Emiliano Zapata
	27011	Jonuta
	27017	Tenosique
<i>Lacantún-Chixoy</i>	07004	Altamirano
	07019	Comitán de Domínguez
	07024	Chanal
	07038	Huixtán
	07041	La Independencia
	07052	Las Margaritas
	07059	Ocosingo
	07064	Oxchuc
	07065	Palenque
	07099	La Trinitaria
	07114	Benemérito de las Américas
	07115	Maravilla Tenejapa
	07116	Marqués de Comillas
<i>Ríos de la Sierra</i>	07005	Amatán
	07014	El Bosque
	07022	Chalchihuitán
	07025	Chapultenango
	07026	Chenalhó
	07039	Huitiupán
	07042	Ixhuatán
	07043	Ixtacomitán

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias



	07045	Ixtapangajoya
	07048	Juárez
	07056	Mitontic
	07066	Pantelhó
	07068	Pichucalco
	07072	Pueblo Nuevo Solistahuacán
	07073	Rayón
	07074	Reforma
	07076	Sabanilla
	07081	Simojovel
	07082	Sitalá
	07084	Solosuchiapa
	07088	Sunuapa
	07091	Tapilula
	07093	Tenejapa
	07112	San Juan Cancuc
	07118	San Andrés Duraznal
	27009	Jalapa
	27015	Tacotalpa
	27016	Teapa
<i>Tulijáh-Chilapa</i>	07031	Chilón
	07077	Salto de Agua
	07096	Tila
	07100	Tumbalá
	07109	Yajalón
	27012	Macuspana

Fuente: INEGI, 2010.

Anexo Capítulo 3

3A. Capas del Sistema de Información Geográfica (SIG)

Información de contexto	Chiapas	Limite Estatal Límites Municipales Áreas Urbanas Localidades Carreteras ANP Estatales ANP Federales ANP Municipales Ríos Sureste Ríos Atlas del agua Cuerpos de agua USV serie II USV serie III USV serie IV Índice de riesgo de Deforestación Servicios Públicos Localidades Rurales Ejes Viales Localidades 2010 Servicios de Infraestructura Ageb Urbano Localidades Urbanas Manzanas Servicios Varios
	Tabasco	Limite Estatal Límites Municipales Áreas Urbanas Localidades Carreteras ANP Estatales ANP Federales ANP Municipales Ríos Sureste Ríos Atlas del agua Cuerpos de agua USV serie II USV serie III USV serie IV Índice de riesgo de Deforestación Cuenca Grijalva Villa Hermosa Humedales Grijalva Villa Hermosa Humedales Tabasco Localidades 2010 Servicios Públicos



		Localidades Rurales
		Ejes Viales
Información de diagnóstico integrado	Guatemala	Servicios de Infraestructura
		Ageb Urbano
		Localidades Urbanas
		Manzanas
		Servicios Varios
		Límite Administrativo
		Límites Municipales
		Localidades pobladas
		Caminos
		Ríos
		Cuerpos de agua
		Departamentos
		Vías Primarias
		Vías Secundarias
		Poblados
Información de diagnóstico integrado	Biofísica	Climas
		Cuenca Grijalva-Usumacinta
		Degradación de Suelos
		Edafología
		Hidrogeología
		Mascara Internacional
		Modelo Digital de Elevación
		Sombreado
		Microcuencas Ivan
		Sitios RAMSAR
		USV serie II
		USV serie III
		USV serie IV
		Ríos Sureste
		Ríos Atlas del agua
		Cuerpos de agua
		Límite Cuenca Grijalva
		Límite Cuenca Usumacinta
		Ríos Usumacinta
		Degradación de la cuenca Grijalva-Usumacinta
		Curvas de Nivel
		Distribución de Precipitación
		Distribución de Manglares
		Distribución Florística
		Ecorregiones
		Escurrimiento medio anual
		Evapotranspiración real
		Evapotranspiración real isoclinas
		Fisonomía de la vegetación
		Hidrografía
		Humedad del suelo
		Isotermas medias anuales



	Precipitación media anual
	Precipitación total anual
	Provincias fisiográficas
	Provincias Biogeográficas
	Provincias Herpetofaunísticas
	Rangos de Humedad
	Regiones y Provincias Mastogeográficas
	Subcuencas Hidrológicas
	Temperatura máxima absoluta
	Temperatura máxima promedio
	Temperatura media anual
	Temperatura mínima promedio
	Temperatura mínima absoluta
	Subcuencas Conagua
Socioeconómica	Áreas Urbanas
	Actividad Económica por Estado
	Actividad Económica por Municipio
	Analfabetismo por Estado
	Carreteras
	Demografía por Municipio
	Demografía por Estado
	Densidad de Población por Estado
	Distribución de Población por Municipio
	Empleo por Estado
	Empleo por Municipio
	Ingresos Estatales
	Ingresos Municipales
	Marginación por Localidad
	Marginación por Estado
Marco legal e institucional	ANP Federales
	ANP Estatales
	ANP Municipales
	Microcuencas FIRCO
	Sitios RAMSAR
	Límites Estatales
	Límites Municipales
	Localidades
	Índice de riesgo de Deforestación
	AICAS
	Cuencas Hidrográficas
	Regiones Hidrológicas Prioritarias
	Regiones Marinas Prioritarias
	Regiones Económicas
	Regiones Terrestres Prioritarias
	Sub regiones Hidrológicas
	UMAS
	Zonas ecológicas
	Municipios de Chiapas, Tabasco Campeche
	Municipios cruzada del Hmabre



	Municipios por Cuenca	
	Ecorregiones WWF	
	Zonas Prioritarias Vulnerabilidad*	
Estudios socio-ambientales	<i>Uso del agua y energía</i>	Presas
		Cuencas
		Reservas de Agua
		Acuíferos
		Subcuencas
	<i>Uso de la biodiversidad</i>	Sitios Prioritarios Terrestres para la conservación de la Biodiversidad
		Anfibios
		Reptiles
		Aves
		Mamíferos
		Pinus
		Angiospermas
	Sitios WWF	
	<i>Adaptación al cambio climático</i>	
<i>Manejo de residuos</i>		
Vulnerabilidad	Índice Vulnerabilidad	
	Índice Ambiental	
	Índice Hidrometeorológico	
	Servicios Ambientales	
	Deforestación	
	Degradación	
	Índice Socio económico	
	Marginación	
	Indígena	
	Densidad de Población	
	Inverso IDH	
	Riesgo Sedesol	
	Erosión	
	Análisis Modis	
	Análisis USV	

Anexo Capítulo 5

5A. Metodología para el desarrollo de escenarios futuros de cobertura forestal

a) Estimación de tasas de deforestación por ventanas de análisis

La tasa de deforestación es una estimación dependiente del área y, por tanto, presenta el problema de estimación por unidades de área modificable. Lo anterior como una búsqueda a la obtención de estimaciones consistentes (y en consecuencia comparables en áreas similares) de tasas de deforestación que permitan la generación de escenarios de cobertura forestal, mediante la idea de “frentes de deforestación”, que permiten obtener valores acerca de la variabilidad espacialmente diferenciados.

La pérdida de la cobertura forestal puede ser estimada mediante el empleo de imágenes satelitales y análisis espacial. La tasa anual de deforestación es calculada para comparar el área bajo cobertura forestal en la misma región para 2 tiempos diferentes. De acuerdo con la FAO (1995), la tasa de deforestación anual es derivada mediante la aproximación al cálculo del interés compuesto y se calcula de la siguiente manera:

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1}^{1/t_2 - t_1} - 1 \right)$$

En donde A_1 y A_2 son las áreas de cobertura forestal en el tiempo t_1 y t_2 respectivamente.

No obstante, éste cálculo tiene asociado el problema de que la tasa de deforestación es dependiente del tamaño de las áreas correspondientes. Es decir, para áreas muy grandes una pérdida pequeña no representa mucho cambio en la tasa, sin embargo para áreas pequeñas ese mismo cambio podría significar una tasa muy grande. Para evitar este problema en el cálculo de tasas de deforestación, que además se precisa que sean espacialmente diferenciadas, se propone el uso de la expresión desarrollada por Puyravaud (2003) para la estandarización en el cálculo de tasas de deforestación anuales. Que para cálculos prácticos se expresa de la siguiente manera:

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{A_2}{A_1}$$

La expresión anterior permite estimar la tasa de deforestación en función de tamaños diferentes de áreas, lo que admite el cálculo de deforestación espacialmente diferenciado, pudiendo con ello identificar la intensidad de los denominados “frentes de deforestación” y permitiendo también la estimación de escenarios futuros de cobertura forestal.

b) Modelo de agotamiento exponencial para la estimación de cobertura forestal

Si $C(t)$ es la cobertura forestal en el instante t , entonces la cobertura forestal después de transcurrido un periodo de tiempo Δt , es decir $C(t + \Delta t)$ está dada por:

$$C(t + \Delta t) = C(t) + \alpha C(t)\Delta t$$

Donde α es la tasa de deforestación.

De la expresión anterior,

$$C(t + \Delta t) - C(t) = \alpha C(t)\Delta t$$

$$\frac{C(t + \Delta t) - C(t)}{\Delta t} = \alpha C(t)$$

Haciendo que el intervalo de tiempo Δt sea cada vez más pequeño se tiene:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{C(t + \Delta t) - C(t)}{\Delta t} = \alpha C(t)$$

Lo que nos lleva a,

$$\frac{d}{dt} C(t) = \alpha C(t)$$

Lo cual se convierte en la ecuación diferencial que modela la situación. Esta ecuación se resuelve mediante la separación de variables:

Entendiendo que C depende de t , se tiene:

$$\frac{dC}{dt} = \alpha C$$

$$\frac{dC}{C} = \alpha dt$$

Con lo cual las variables se separan y se puede integrar directamente en ambos miembros de la igualdad obteniéndose:

$$\int \frac{dC}{C} = \int \alpha dt$$

$$\ln(C) = \alpha t + C_1$$

Donde C_1 es una constante arbitraria real. Aplicando la inversa de la función logaritmo natural, es decir, la exponencial:

$$e^{\ln(C)} = e^{\alpha t + C_1}$$

$$C(t) = e^{\alpha t} e^{C_1}$$

$$C(t) = C e^{\alpha t}$$

Esta es la solución de la ecuación diferencial que nos permite estimar la cobertura forestal en cualquier instante de tiempo.

Anexo Capítulo 6

6A. Análisis del informe actualización de escenarios de cambio climático

1. Metodología de Regionalización Estadística

El método usado es conocido como REA (Reliability Ensemble Averaging; Giorgi y Mearns, 2002) y que es implementado en México por Montero y Pérez (2008) sobre los datos del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 3 (CMIP3) del Cuarto Reporte de Evaluación (AR4) del Panel Intergubernamental ante el Cambio Climático (IPCC), mismo algoritmo es usado para la generación de las nuevas proyecciones a partir de los modelos del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 5 (CMIP5) con la excepción de que el criterio de convergencia (ver abajo para detalle) se le define un *epsilon*.

El algoritmo consiste en calcular el cambio proyectado por el ensamble de los modelos pesado por el factor de fiabilidad (R) en cada punto de malla. R se conforma de la convolución de R_d y R_c , criterios de desempeño y convergencia respectivamente, los cuales cambian en cada punto dependiendo de qué modelos simulan mejor la parte histórica del clima en ese punto, y de cuál modelo está más cerca del cambio proyectado por el ensamble; por tanto, el peso cambia también en cada punto. Esto da entonces la caracterización del método, como es sabido el clima, además de depender de factores globales depende de factores local, brindando resultados diferenciados regionalmente.

2. Métricas de evaluación empleadas

Las métricas empleadas (raíz del error cuadrático medio (RMSE), error absoluto medio (MAE), desviación estándar (Std), correlación (r) y diagramas de Taylor) son usadas comúnmente en estudios climáticos, por lo que coincidimos en su empleo, siempre y cuando sean aplicadas en cada punto de malla.

3. Validación del REA

Como se menciona en el informe y en el punto 1 de este reporte, la proyección de cambio depende de dos criterios, que se determinan por (1) el desempeño de la parte histórica de los modelos y (2) las proyecciones de los modelos en ambos futuros (cercano y lejano) respecto a la proyección del ensamble de modelos, tal definición restringe al REA para compararse con la parte histórica, de manera que la validación del método no es adecuada (ver Anexo XC).

No obstante el mismo error se comete en ambos análisis de las variables (Pr , T , $Tmin$, $Tmax$) lo que muestra sigue habiendo una mayor incertidumbre en proyecciones de precipitación. Por lo que se recomienda hacer una corrección de sesgo a partir de sólo el criterio de convergencia para aplicarse al cambio ponderado (proyección).

En el informe no se especifica que puntos son tomados para las gráficas del ciclo anual o sí es el promedio areal de cada región [Noroeste (23 a 35°N; 106 a 117°W), Noreste (23 a 31°N; 97 a 106°W), Centro/Sur (15 a 23°N; 97 a 106°W) y Sureste (15 a 22°N; 87 a 97°W); Sub-Anexo C]. En caso del segundo no es recomendado ya que el tamaño de las regiones es mayor a la resolución de las proyecciones de cambio y como es sabido el clima puede variar a escalas menores por lo que no es representativo de la región.

4. Comparación de Resultados a partir del CMIP3 y CMIP5

La información al respecto es escueta, falta detalle del proceso de ambos estudios para saber si son comparables.

5. Datos

Se proporcionaron los datos en formato netCDF (ver sub-anexo 6A3 para detalle de almacenamiento) sin información de descripción de los mismos para facilitar su empleo. Dicho formato no es adecuado para todas las herramientas de análisis. Se encontraron errores en las unidades en los datos de las proyecciones de cambio en temperatura de todos los escenarios en ambos períodos de tiempo futuro.

6. Panorama de las salidas de los modelos de circulación general

De acuerdo con Tebaldi y Knutti (2007), en 1990 el Proyecto de Intercomparación del Modelo Atmosférico (AMIP; Gates, 1992) desarrolló un protocolo experimental estandarizado para modelos de circulación general atmosférico (GCMs). Lo siguiente a AMIP fue el CMIP, el Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (Meehl, et al. 2000), donde el objeto de estudio eran las salidas de los modelos de circulación general atmósfera-oceáno acoplados (AOGCMs). La primera fase CMIP se limitó a salidas de control, la segunda se idealizaron escenarios de calentamiento global con incremento de CO₂ atmosférico en una tasa de 1% por año. Para el Cuarto reporte de evaluación del IPCC (AR4) el archivo de las salidas de los modelos acoplados en el Programa para Diagnóstico e Intercomparación de Modelos Climáticos (PCMDI, <http://www-pcmdi.llnl.gov/>) se extendieron a históricos Special Report on Emissions Scenarios (SRES) (Nakicenovic, et al., 2000), donde las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) se mantuvieron constantes después de alcanzar los niveles presentes para mantener la longitud de una simulación multi-siglo. En el TAR (IPCC, 2001), muchos resultados fueron presentados como promedios de ensamble multi-modelo, acompañados por mediciones de variabilidad inter-modelo, más comúnmente desviaciones estándares inter-modelo. Räisänen y Palmer (2001) propusieron por primera vez una visión probabilística de las proyecciones de cambio climático en las bases de experimentos multi-modelo. El método de Fiabilidad de Ensamble Ponderado (REA, siglas en inglés) por Giorgi y Mearns (2002) tiene una perspectiva diferente en el sentido de que no todos los GCMs son creados igual. Este método propone una estimación algorítmica de los pesos del modelo a través de los cuales los criterios de “sesgo” y “convergencia”, que son por primera vez cuantificados.

La habilidad y confiabilidad son evaluadas repetidamente al comparar varias realizaciones independientes del sistema real con las predicciones del modelo a través de algunas métricas que cuantifican el acuerdo entre los pronósticos del modelo y las observaciones. Para proyecciones de cambio climático futuro sobre décadas o más tiempo no hay período de verificación. La idea de que el rendimiento de un pronóstico puede ser mejorado por el promedio o combinación de resultados de múltiples modelos es basado en la suposición fundamental de que los errores tienden a cancelarse si los modelos son independientes, y entonces la incertidumbre deberá disminuir cuando el número de modelos incrementa. Sin embargo, existen modelos que comparten parametrizaciones, lo que hace que la anterior premisa no se cumpla.

La incertidumbre en la evolución del clima futuro depende de las incertidumbres en los escenarios de emisión, causado por incertidumbres del desarrollo social, económico y tecnológico, así como de las proyecciones del modelo climático para un escenario dado causado por el entendimiento incompleto del sistema climático y la habilidad para describirlo en un modelo computacional y razonablemente eficiente.

El desarrollo de los nuevos escenarios (ver Cuadro I) del CMIP5 es descrito abajo.

Cuadro I

Nombre	Forzamiento Radiativo	Concentración	Forma del Itinerario
VCR 8.5	>8.5 W/m ² en 2100	>~1370 CO ₂ eq en 2100	En aumento
VCR 6	Estabilización en ~6 W/m ² a partir de 2100	~850 CO ₂ eq (estabilización, a partir de 2100)	Estabilización sin translimitaciones
VCR 4.5	Estabilización en ~4.5 W/m ² a partir de 2100	~650 CO ₂ eq (estabilización, a partir de 2100)	Estabilización sin translimitaciones
VCR 2.6	Máximo en ~3 W/m ² antes de 2100 posteriormente disminuye a 2.6 W/m ²	Máximo a ~490 CO ₂ eq antes de 2100, posteriormente disminuye	Culminación seguida de disminución

Los escenarios que proporcionan información de entrada (incluyendo las emisiones de GEI, el uso y cobertura de tierra) a los modelos climáticos se conocen como “Vías de Concentración Representativas” (VCR o RCP-siglas en inglés). Las VCR se denominan vías porque permiten básicamente obtener proyecciones de las concentraciones de GEI en la atmósfera en función del tiempo. El término, además, revela que lo que interesa no es solamente obtener un valor específico de concentración a largo plazo ni un forzamiento radiativo (por ejemplo, determinado nivel de estabilización), sino también la trayectoria seguida. El proceso de desarrollo de los nuevos escenarios es en base a una metodología en paralelo con VCR que desvincula hasta cierto punto las ciencias climáticas de las proyecciones socioeconómicas, ya que una trayectoria de concentraciones dada puede ser el resultado de diferentes proyecciones socioeconómicas y los resultados de modelos de evaluación. Esto evitaría que se tengan que volver a correr los modelos para cada nuevo escenario. A fin de tener en cuenta los efectos de las emisiones sobre el conjunto de los GEI y aerosoles, las VCR han sido seleccionadas básicamente en función de sus emisiones, de los correspondientes niveles de concentración resultantes, y del forzamiento radiativo neto, de ahí a que sean representativas; y el número se determinó que fuese par, para no tener un escenario intermedio. Las cuatro líneas históricas fueron desarrolladas para describir consistentemente las relaciones entre las fuerzas dominantes de emisión y su evolución, con cada línea histórica que represente diferentes vías de desarrollo económico, demográfico, social, económico, tecnológico y ambiental.

6A1. Sub-anexo



INFORME FINAL

15 de enero de 2013

ACTUALIZACIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA MÉXICO COMO PARTE DE LOS PRODUCTOS DE LA QUINTA COMUNICACIÓN NACIONAL

Tereza Cavazos^{1**}, José Antonio Salinas^{2*}, Benjamín Martínez^{3*}, Gabriela Colorado², Pamela de Grau¹, Ricardo Prieto González², Ana Cecilia Conde Álvarez³, Arturo Quintanar Isaías³, Julio Sergio Santana Sepúlveda², Rosario Romero Centeno³, María Eugenia Maya Magaña², José Guadalupe Rosario de La Cruz², Ma. del Rosario Ayala Enríquez², Heriberto Carrillo Tlazazanatz², Oscar Santiesteban³ y María Elena Bravo¹

¹ Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C.

² Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

³ Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

** Coordinadora del Proyecto

* Responsables Institucionales

6A2. Sub-anexo. Implementación del método de fiabilidad del ensamble ponderado (FEP-REA)

El método de Fiabilidad del Ensamble Ponderado (Reliability Ensemble Averaging, REA; Giorgi y Mearns, 2002) se basa principalmente en dos criterios, el de desempeño (Rd)¹ y el de convergencia (Rc)¹. Estos son combinados en el factor de fiabilidad del modelo R de la siguiente manera:

$$R_i = (Rd_i^m * Rc_i^n)^{1/m*n}$$

Donde el índice *i* representa a cada modelo, y m y n son parámetros para pesar cada criterio.

Entonces obtener el cambio promedio pesado:

$$\widetilde{\Delta P} = \frac{\sum R_i \Delta P_i}{\sum R_i}$$

ΔP_i es el cambio proyectado por cada modelo, para mayor detalle ver Giorgi & Mearns.

Este método fue implementado en México para los escenarios del Cuarto Reporte de Evaluación del IPCC (AR4) por Montero, et al. (2008), contando con dos iteraciones en el criterio de convergencia donde ΔP es la distancia del modelo al promedio del ensamble).

Para el cálculo del rango de incertidumbre se emplea la misma fórmula propuesta por Giorgi & Mearns para la desviación de la raíz media cuadrática:

$$\delta \widetilde{\Delta P} = \sqrt{\frac{\sum R_i (\Delta P_i - \widetilde{\Delta P})^2}{\sum R_i}}$$

$$\widetilde{\Delta P}_+ = \widetilde{\Delta P} + \delta \widetilde{\Delta P}$$

$$\widetilde{\Delta P}_- = \widetilde{\Delta P} - \delta \widetilde{\Delta P}$$

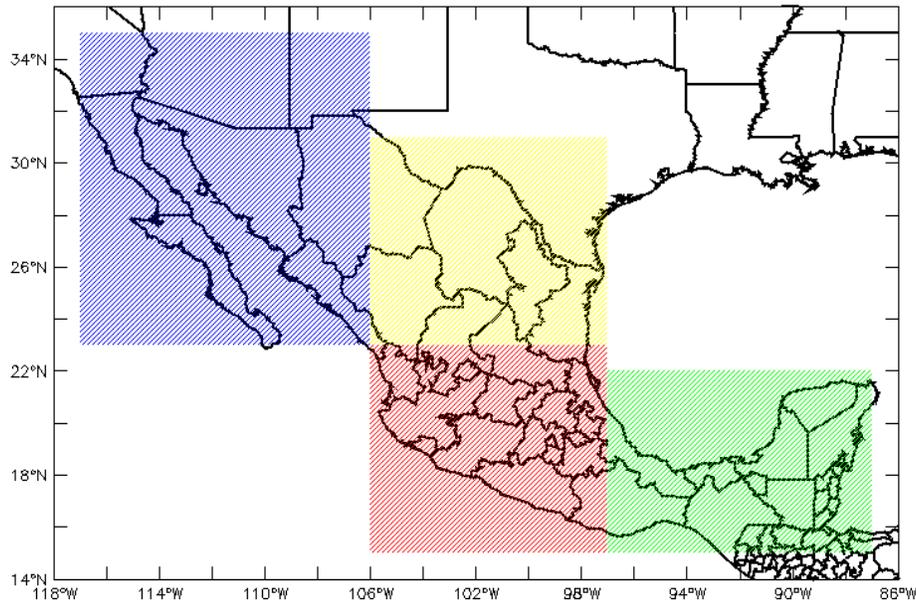
Donde $\widetilde{\Delta P}_+$ y $\widetilde{\Delta P}_-$ son los límites superior e inferior respectivamente.

Rd y Rc están definidos por:

Donde D es la variabilidad observaciones. $Rd_i = \left[\frac{\varepsilon}{|B_i|} \right]^m$ natural y $Rc_i = \left[\frac{\varepsilon}{|D_i|} \right]^n$ B es el sesgo con las

6A3. Sub-anexo

Mapa I. Regiones consideradas para la validación del REA y para el análisis de métricas e índices climáticos: Noroeste (azul), Noreste (amarillo), Sur (rojo) y Sureste (verde). Los límites de las regiones son: Noroeste (23 a 35°N; 106 a 117°W), Noreste (23 a 31°N; 97 a 106°W), Centro/Sur (15 a 23°N; 97 a 106°W) y Sureste (15 a 22°N; 87 a 97°W).



6A4. Sub-anexo

```

112K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP45/region_NE
112K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP45/region_S
108K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP45/region_SE
112K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP45/region_NO
448K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP45
132K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP85/region_NE
132K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP85/region_S
136K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP85/region_SE
132K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP85/region_NO
536K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP85
72K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP60/region_NE
76K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP60/region_S
84K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP60/region_SE
80K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP60/region_NO
316K ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio/RCP60
1,3M ./metricas/ciclo_anual/proy_cambio
72K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP45/region_NE
96K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP45/region_S
9,6M ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP45/Mexico
72K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP45/region_SE
100K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP45/region_NO
9,9M ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP45
68K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP85/region_NE
68K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP85/region_S
9,6M ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP85/Mexico
68K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP85/region_SE
68K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP85/region_NO
9,8M ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP85
68K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP60/region_NE
68K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP60/region_S
9,6M ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP60/Mexico
68K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP60/region_SE
    
```



PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

68K ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP60/region_NO
9,8M ./metricas/ciclo_anual/proy_total/RCP60
30M ./metricas/ciclo_anual/proy_total
72K ./metricas/ciclo_anual/historico/region_NE
76K ./metricas/ciclo_anual/historico/region_S
79M ./metricas/ciclo_anual/historico/Mexico
76K ./metricas/ciclo_anual/historico/region_SE
72K ./metricas/ciclo_anual/historico/region_NO
156K ./metricas/ciclo_anual/historico/graphs
79M ./metricas/ciclo_anual/historico
110M ./metricas/ciclo_anual
110M ./metricas
44M ./proy_cambio/RCP45/2075-2099/regiones/region_NE
44M ./proy_cambio/RCP45/2075-2099/regiones/region_S
43M ./proy_cambio/RCP45/2075-2099/regiones/region_SE
80M ./proy_cambio/RCP45/2075-2099/regiones/region_NO
209M ./proy_cambio/RCP45/2075-2099/regiones
4,9G ./proy_cambio/RCP45/2075-2099
41M ./proy_cambio/RCP45/2015-2039/regiones/region_NE
32M ./proy_cambio/RCP45/2015-2039/regiones/region_S
31M ./proy_cambio/RCP45/2015-2039/regiones/region_SE
58M ./proy_cambio/RCP45/2015-2039/regiones/region_NO
161M ./proy_cambio/RCP45/2015-2039/regiones
4,0K ./proy_cambio/RCP45/2015-2039/Proy_total
4,9G ./proy_cambio/RCP45/2015-2039
9,7G ./proy_cambio/RCP45
39M ./proy_cambio/RCP85/2075-2099/regiones/region_NE
39M ./proy_cambio/RCP85/2075-2099/regiones/region_S
38M ./proy_cambio/RCP85/2075-2099/regiones/region_SE
70M ./proy_cambio/RCP85/2075-2099/regiones/region_NO
183M ./proy_cambio/RCP85/2075-2099/regiones
4,0K ./proy_cambio/RCP85/2075-2099/Proy_total
4,2G ./proy_cambio/RCP85/2075-2099
35M ./proy_cambio/RCP85/2015-2039/ine
39M ./proy_cambio/RCP85/2015-2039/regiones/region_NE
39M ./proy_cambio/RCP85/2015-2039/regiones/region_S
38M ./proy_cambio/RCP85/2015-2039/regiones/region_SE
70M ./proy_cambio/RCP85/2015-2039/regiones/region_NO
183M ./proy_cambio/RCP85/2015-2039/regiones
4,0K ./proy_cambio/RCP85/2015-2039/Proy_total
4,3G ./proy_cambio/RCP85/2015-2039
8,5G ./proy_cambio/RCP85
2,5G ./proy_cambio/RCP60/2075-2098
25M ./proy_cambio/RCP60/2015-2039/regiones/region_NE
25M ./proy_cambio/RCP60/2015-2039/regiones/region_S
24M ./proy_cambio/RCP60/2015-2039/regiones/region_SE
45M ./proy_cambio/RCP60/2015-2039/regiones/region_NO
118M ./proy_cambio/RCP60/2015-2039/regiones
4,0K ./proy_cambio/RCP60/2015-2039/Proy_total
2,7G ./proy_cambio/RCP60/2015-2039
5,2G ./proy_cambio/RCP60
24G ./proy_cambio
2,9M ./proy_total/RCP45/2075-2099/regiones/region_NE
2,9M ./proy_total/RCP45/2075-2099/regiones/region_S
2,8M ./proy_total/RCP45/2075-2099/regiones/region_SE
5,1M ./proy_total/RCP45/2075-2099/regiones/region_NO
14M ./proy_total/RCP45/2075-2099/regiones
131M ./proy_total/RCP45/2075-2099
1,4M ./proy_total/RCP45/2015-2039/INE
2,9M ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones/region_NE
2,9M ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones/region_S
2,8M ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones/region_SE
5,1M ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones/region_NO
4,0K ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones/ciclo_anual/region_NE
4,0K ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones/ciclo_anual/region_S
4,0K ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones/ciclo_anual/Mexico
4,0K ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones/ciclo_anual/region_SE
4,0K ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones/ciclo_anual/region_NO
24K ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones/ciclo_anual
14M ./proy_total/RCP45/2015-2039/regiones
133M ./proy_total/RCP45/2015-2039
264M ./proy_total/RCP45
2,9M ./proy_total/RCP85/2075-2099/regiones/region_NE
2,9M ./proy_total/RCP85/2075-2099/regiones/region_S
2,8M ./proy_total/RCP85/2075-2099/regiones/region_SE
5,1M ./proy_total/RCP85/2075-2099/regiones/region_NO
14M ./proy_total/RCP85/2075-2099/regiones
131M ./proy_total/RCP85/2075-2099
1,4M ./proy_total/RCP85/2015-2039/INE
2,9M ./proy_total/RCP85/2015-2039/regiones/region_NE
2,9M ./proy_total/RCP85/2015-2039/regiones/region_S

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

```

2,8M      ./proy_total/RCP85/2015-2039/regiones/region_SE
5,1M      ./proy_total/RCP85/2015-2039/regiones/region_NO
14M       ./proy_total/RCP85/2015-2039/regiones
133M      ./proy_total/RCP85/2015-2039
264M      ./proy_total/RCP85
2,8M      ./proy_total/RCP60/2075-2099/regiones/region_NE
2,8M      ./proy_total/RCP60/2075-2099/regiones/region_S
2,7M      ./proy_total/RCP60/2075-2099/regiones/region_SE
4,9M      ./proy_total/RCP60/2075-2099/regiones/region_NO
14M       ./proy_total/RCP60/2075-2099/regiones
126M      ./proy_total/RCP60/2075-2099
1,4M      ./proy_total/RCP60/2015-2039/INE
2,9M      ./proy_total/RCP60/2015-2039/regiones/region_NE
2,9M      ./proy_total/RCP60/2015-2039/regiones/region_S
2,8M      ./proy_total/RCP60/2015-2039/regiones/region_SE
5,1M      ./proy_total/RCP60/2015-2039/regiones/region_NO
14M       ./proy_total/RCP60/2015-2039/regiones
133M      ./proy_total/RCP60/2015-2039
259M      ./proy_total/RCP60
785M      ./proy_total
70M       ./historicos/regiones/region_NE
70M       ./historicos/regiones/region_S
68M       ./historicos/regiones/region_SE
126M      ./historicos/regiones/region_NO
332M      ./historicos/regiones
3,4G     ./historicos
2

```

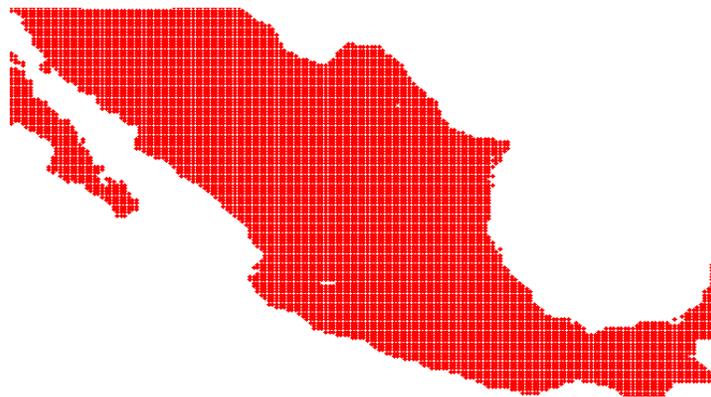
6B. Procesamiento de datos

Los datos para la región sureste del país se analizaron según la malla del mapa del Sub-anexo 6A3 (presentada en color verde).

El programa utilizado (Matlab), funciona como un buscador que define las coordenadas de un punto central de búsqueda, así como un tamaño para el radio de búsqueda, con el que se genera un área del doble de tamaño del radio, ej. si se elige un radio de búsqueda de 0.5° el área en la que la información se procesa será de $1^\circ \times 1^\circ$.

Como primer paso, el programa verifica que los datos se encuentren dentro del período en el que está comprendida la información de la base de datos. Si los datos elegidos se encuentran dentro del rango de la base de datos, el programa arroja los puntos de malla correspondientes en el mapa, en este caso para la región sur de la República.

Mapa II. Malla de datos disponibles del modelo VIC





PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

En seguida, Matlab revisa que el área de búsqueda generada incluya al menos un punto de malla activa para poder generar el archivo de Excel. Si el área contiene al menos un nodo activo, entonces el programa muestra el área de búsqueda y los puntos encontrados dentro del área, los cuales se utilizarán para la extracción de datos en la serie de tiempo establecida.

El programa mostrará en forma gráfica el punto de malla del que está extrayendo los datos y la serie de tiempo que ese punto de malla tiene para todo el periodo de la base de datos, además de marcar con unas líneas verticales de color verde, periodo de un mes que se está extrayendo de información.

Para la generación de resultados, el programa extrae el valor de lluvia y temperatura para cada nodo encontrado, y calcula el valor de lluvia y temperatura promedio en toda el área, así como el valor acumulado mensual.

6C. Identificación de tendencias climáticas

Antecedentes

La empresa Abt Associates, está elaborando el estudio para el diseño del “Plan de Adaptación, Ordenamiento y Manejo Integral (PAOM) de las cuencas de los Ríos Grijalva y Usumacinta. Programa de adaptación a las consecuencias de cambio climático en la provisión de servicios de la Cuenca del Grijalva”, el cual es financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Como parte del estudio es necesario el análisis de tendencias con base en herramientas estadísticas que cumplan con criterios de confiabilidad y facilidad de interpretación. Siguiendo metodologías validadas a nivel global, se analizarán las tendencias de las variables temperatura y precipitación que permitan inferir los impactos de cambio climático y la disponibilidad del agua como recurso para el área de las cuencas de los ríos Grijalva y Usumacinta.

Instituciones asociadas a la investigación climática

- Servicio Meteorológico Nacional

En el territorio nacional la primera instancia reconocida oficialmente para llevar a cabo investigaciones de este tipo fue la “Comisión Geográfico-exploradora” creada en 1877 y posteriormente absorbida, el año 1880, por el “Observatorio climático y astronómico”. No es hasta 1901 que se forma el Servicio Meteorológico Nacional que se encarga actualmente de coordinar la toma de datos de aproximadamente 212 estaciones propias a la vez que colabora en hacer accesible la información de las más de 3,700 estaciones a cargo de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR) dependiente también de la Comisión Nacional del Agua.

- Centro de Ciencias de la Atmósfera
- Universidad Veracruzana
- Universidad de Sonora
- El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Avances recientes de México en materia de Cambio Climático

El avance más reciente y significativo ha sido hecho por las instituciones de la Red Mexicana de Modelación del Clima (CICESE, IMTA y CCA-UNAM) que coordina el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Este conjunto de instituciones realizaron el análisis regional del periodo histórico y de las proyecciones de 15 modelos de circulación global (MCG) del Proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados, fase 5 (CMIP5, por sus siglas en inglés) para el caso de México, que serán utilizados en el 5º Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental de cambio Climático (IPCC) (Cavazos et. al, 2013).

En este trabajo se utilizaron métricas climáticas a escala mensual (ciclo anual, errores y diagramas de Taylor) para evaluar el desempeño de cada MCG con respecto a algunas variables superficiales

observadas (temperatura máxima del aire, temperatura mínima del aire, temperatura promedio del aire y precipitación) durante el periodo histórico (1961-2000) de la base de datos mensuales del *Climate Research Unit* (CRU) de la Universidad de East Anglia. También se evaluaron índices climáticos extremos para todo el país mediante el análisis de umbrales presentes y futuros de la temperatura máxima y mínima y de la precipitación a escala anual y estacional.

Los resultados de los 15 MCG se combinaron en un ensamble ponderado mediante el método REA (*Reliability Ensemble Averaging*), calculando la incertidumbre de cada modelo. Esto se hizo para el periodo histórico (1961-2000) y para las proyecciones usando los escenarios de forzamiento radiactivo bajo (RCP4.5), medio (RCP6.0) y alto (RCP8.5). Se re-evaluaron las métricas climáticas para validar el comportamiento de todos los modelos individuales con respecto al ensamble ponderado del REA y de los datos observados del CRU.

Un segundo avance importante ha sido la generación de la base de datos CLICOM y su versión de superficie continua CLICOM MALLA (Zhu and Lettenmaier, 2007; Muñoz-Arriola et al., 2009).

Cabe señalar que en los trabajos asociados a la generación de escenarios futuros de cambio climático y cálculo de tendencias aún no se han estandarizado procedimientos ni establecido metodologías oficiales.

Objetivos

Utilizar las observaciones registradas en estaciones climáticas (pluviométricas, pluviográficas, climáticas ordinarias, agro-climáticas, climáticas principales y meteorológicas o cualquier otra clasificación) para identificar tendencias estadísticamente significativas, a partir de las cuales se puedan verificar, validar y/o corroborar escenarios de cambio climático, principalmente los disponibles en las Comunicaciones Nacionales a la UNFCCC.

Fuentes de datos

Para este estudio se empleó la Base de Datos Climatológica Nacional-(CLICOM). CLICOM es un sistema de software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas (CLimate COMputing Project). Las observaciones diarias del CLICOM representan los datos recopilados durante las últimas 24 horas, la hora de corte es 08:00 a.m. Cada una de las diferentes estaciones del país contiene diferentes periodos de información, pero, en términos generales, se pueden encontrar datos de 1950 a 2008.

Metodología

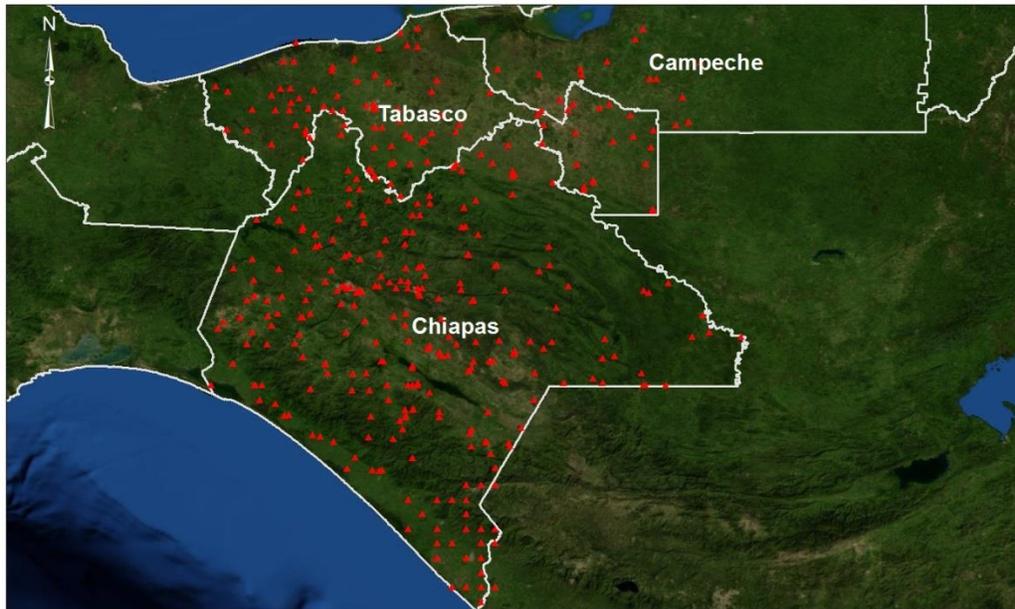
La depuración de datos históricos de temperatura y precipitación se basó en la utilización de los programas RClimDex y RHtest. RClimDex, desarrollado y actualmente mantenido por Xuebin Zhang y Feng Yang del Departamento de Investigación Climática del Servicio Meteorológico de Canadá, se ejecuta a través de un ambiente R el cual es un lenguaje estadístico de libre acceso y cuenta con dos fases uno es el control de calidad (QC), y posteriormente el cálculo de los índices de extremos (Zhang y Feng, 2004). La homogenización de datos se llevó a cabo utilizando el programa RHtest, el cual es un programa que se puede utilizar para detectar y ajustar múltiples puntos de cambio (change points) que podrían existir en una serie de datos temporal (Wang y Feng, 2007).

Este proceso se lleva a cabo para calcular una serie de índices que, de acuerdo con la metodología referida, permiten identificar tendencias estadísticamente significativas, a partir de las cuales se puedan verificar, validar y/o corroborar escenarios de cambio climático.

ESTACIONES SISTEMA CLICOM

Mediante el uso de la base de datos del Sistema Climatológico Nacional (Sistema Clicom) se descargaron las variables de precipitación, temperatura máxima y mínima para las 391 estaciones en el área de estudio, como se puede observar en la figura 1.

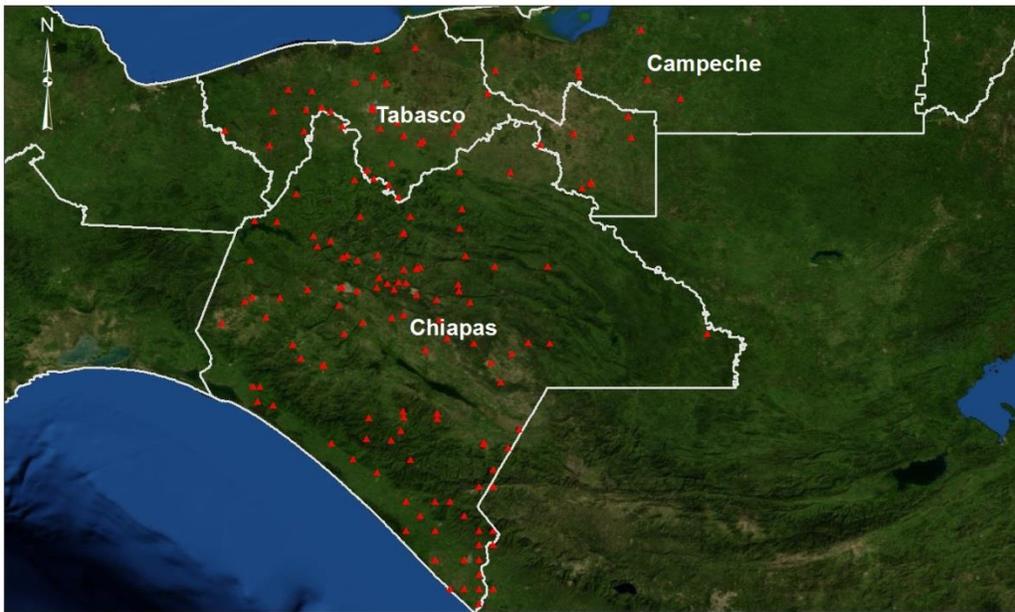
Figura 1. Total de Estaciones Reales



Fuente: Abt Associates

El siguiente paso fue la selección de las estaciones que reportan datos para un periodo igual o mayor a 30 años, en este punto es importante resaltar que no siempre los periodos reportados por el sistema Clicom corresponden con los periodos contenidos en las bases de datos. Una vez esta selección la muestra de estaciones se reduce a 147 estaciones (figura 2).

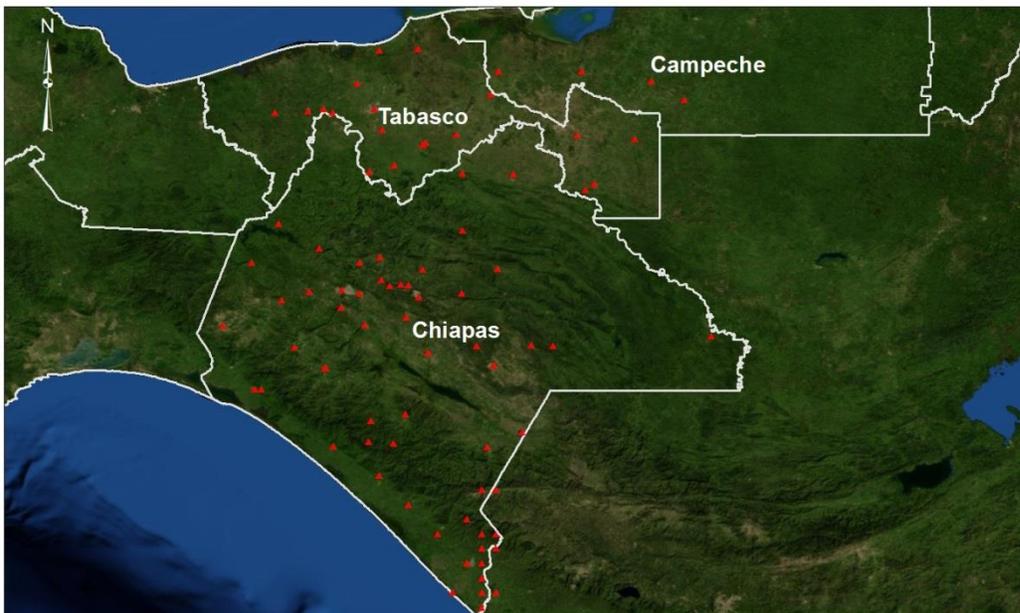
Figura 2. Estaciones con más 30 años de datos



Fuente: Abt Associates

Con la depuración de las estaciones que cuentan con menos de 30 años de datos se procedió a seleccionar las estaciones que cuentan con datos de más del 50% para el periodo 1961 – 1990 (período base de referencia), para un total de 85 estaciones distribuidas en el área de estudio (figura 3).

Figura 3. Estaciones con más 30 años de datos

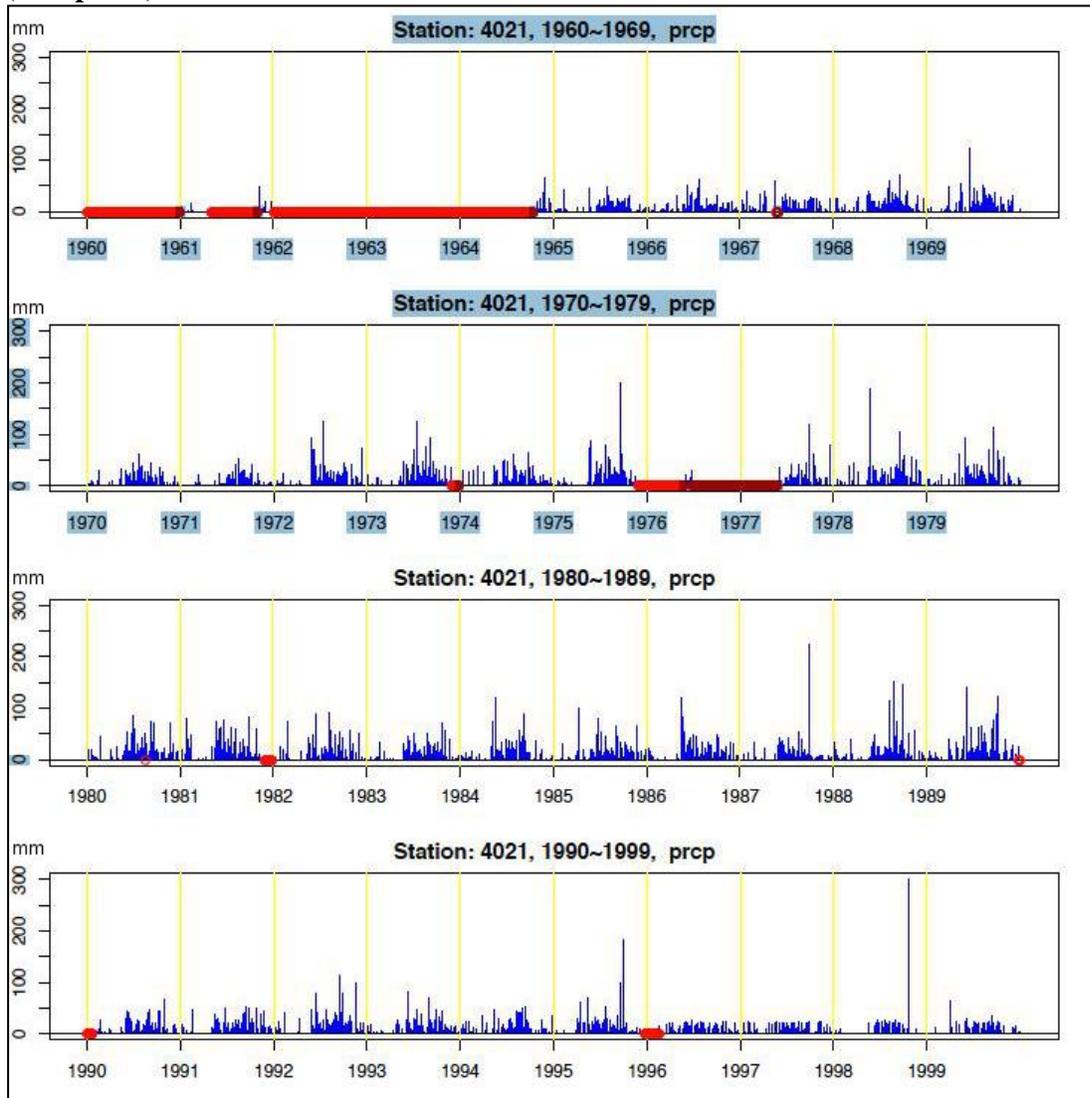


Fuente: Abt Associates

Una vez definidas las estaciones que cumplieron con los criterios necesarios, se procedió a someter las estaciones a las pruebas del programa Rclimdex, empleando para la prueba QC un valor de 4 desviaciones estándar. Todas aprobaron el filtro de calidad QC arrojando archivo indcal.

Sin embargo al calcular los índices, solo 4 estaciones aprobaron los índices completos. El resto reportó información de más del 25% perdida por lo cual no se calculan los índices WSDI (indicador de la duración de periodos cálidos) ni CSDI (indicador de la duración de periodos fríos). Por lo tanto se consideran no aptas para ejecutar RHtestsV3 con ellas. A continuación se presenta la gráfica de precipitación de una de estaciones que tiene pérdida de datos haciendo inviable la estación para el cálculo de índices y tendencias de cambio climático.

Gráfica 1. Resultado de la prueba QC para la estación MONCLOVA, CARMEN (Campeche)



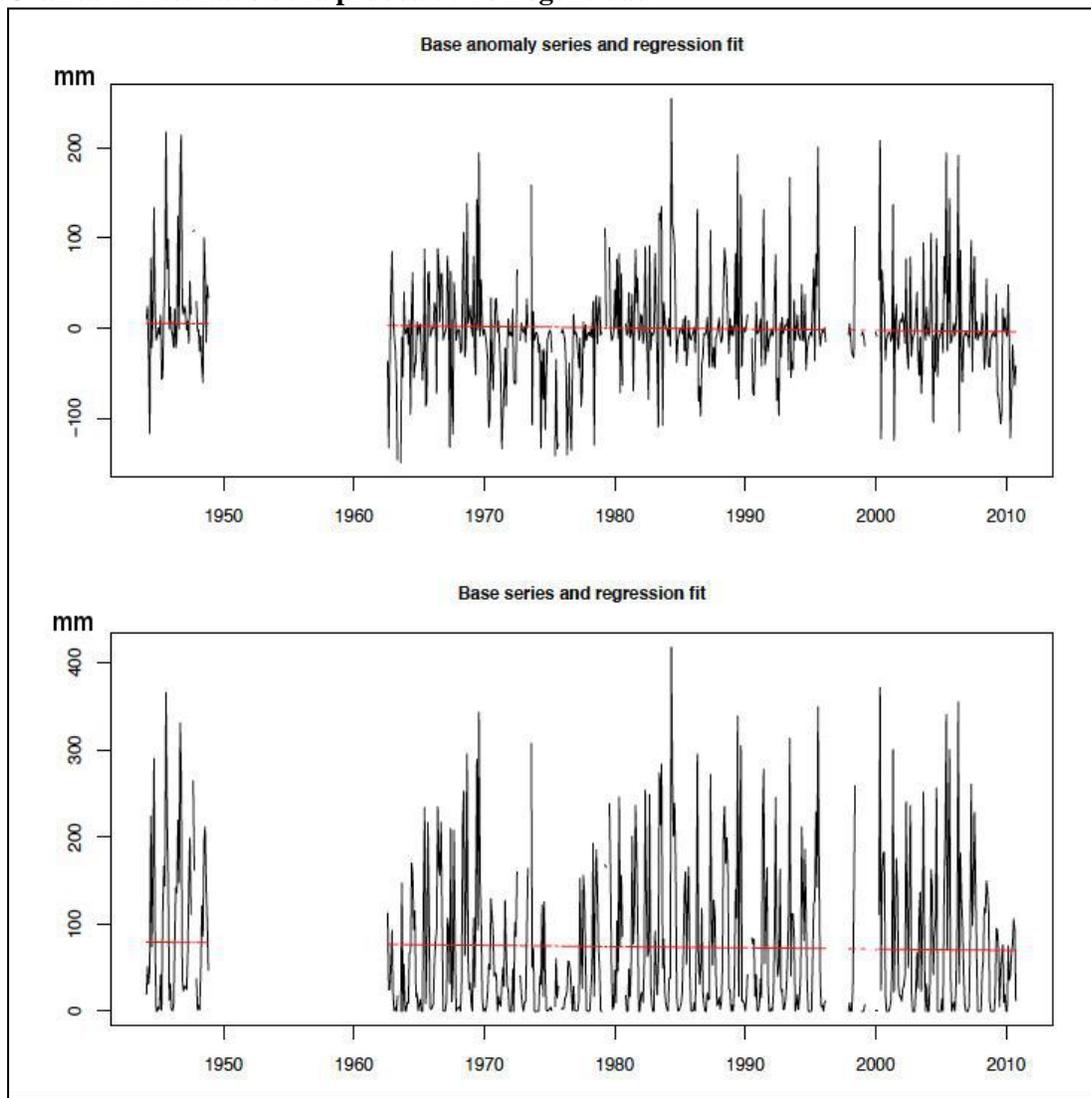
Fuente: Abt Associates

Con las 4 estaciones que aprobaron en Rclimdex se procedió al cálculo de la homogeneidad empleando la aplicación RHtestsV3, modificando los parámetros iniciales y disminuyendo el nivel de confianza de 0.95

a 0.99. Se encontró que ninguna de las estaciones es homogénea para sus tres variables ya que todas presentan puntos de cambios significativos y abruptos.

A continuación se presenta la gráfica de homogeneidad de la variable precipitación para la estación 7002 (Abelardo Rodríguez, estado de Chiapas) la cual no presenta puntos de cambio significativos.

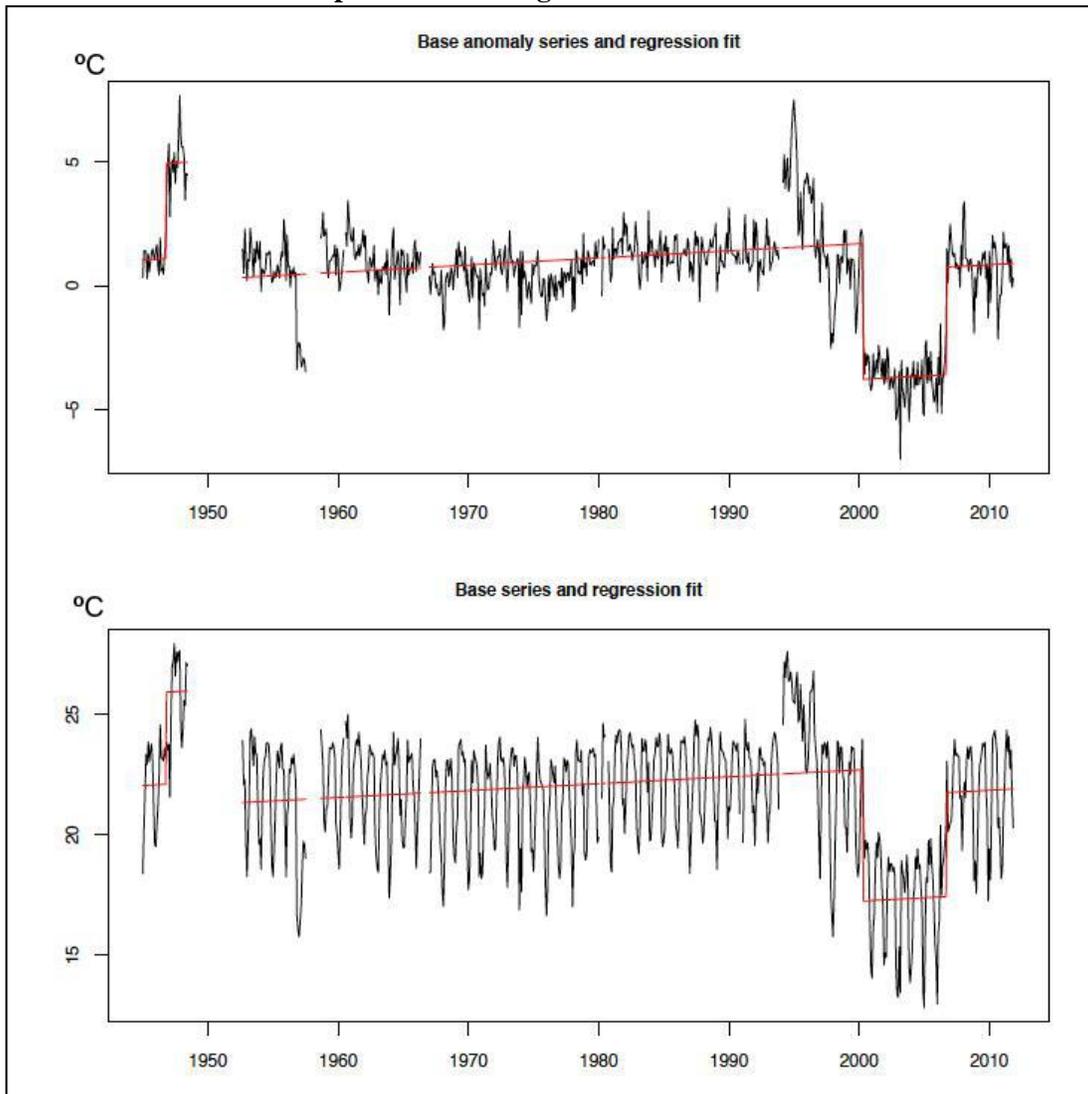
Gráfica 2. Resultado de la prueba de homogeneidad



Fuente: Abt Associates

En la siguiente grafica se puede observar el caso de la variable temperatura mínima para la estación 4024 (PALIZADA, estado de Campeche), en la cual se observa una alteración en los datos que puede deberse a un error en el instrumento de medida. Este tipo de graficas se encontraron en 3 de las 4 estaciones que aprobaron en Rclimdex.

Grafica 3. Resultado de la prueba de homogeneidad



Fuente: Abt Associates

3 estaciones arrojaron resultados de homogeneidad para la variable precipitación, 1 estación reportó homogeneidad en la variable de temperatura máxima y en el caso de la variable de temperatura mínima 1 estación resultó homogénea para esta variable. A continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos para las estaciones CLICOM.

Estaciones Cuenca Grijalva.								
Estado	Est_Cuenca	Est.>30años	Est. 61-90	Climdex		RHtestsV3		
				QC	Indcal	Rh_Prcp	Rh_Tmax	Rh_Tmin
Campeche	15	6	4	4	1	1	1	0
Chiapas	283	109	62	62	2	2	0	1
Tabasco	93	32	19	19	1	0	0	0
TOTALES	391	147	85	85	4	3	1	1

Ante los resultados obtenidos al procesar las estaciones del sistema Clicom fue necesario buscar una metodología alternativa que permitiera superar la falta de completitud de los datos existentes.

ESTACIONES VIRTUALES

Para superar la falta de completitud de las estaciones existentes se recurrió a la creación de estaciones virtuales a partir de los datos de las estaciones existentes que cuentan con más de 30 años de datos, incluyendo el periodo 1961 – 1990 como mínimo. Esto debido a que dicho periodo es considerado mundialmente como la línea base de referencia.

Con la finalidad de mejorar las estimaciones de las estaciones virtuales, fue necesario completar las series de datos de las estaciones existentes que presenta algún tipo de discontinuidad. Para este fin se empleó el generador de datos climáticos ClimGen el cual fue evaluado por Munang (2007) y Safaeq y Fares (2011) y usado para el caso de México por Díaz-Padilla, et. al. (2011), este programa emplea cadenas de Markov para el cálculo de los valores faltantes de precipitación, para esto es necesario la construcción de un conjunto de matrices que determinan las probabilidades transición considerando siempre que la precipitación es una variable estacionaria. Debido a esto se debe dividir el año en intervalos de tiempo y determinar la probabilidad de transición en cada uno de estos intervalos de tiempo (Sanvicente-Sánchez and Solís-Alvarado, 2008), los intervalos de tiempo en el caso de este estudio son meses.

Los datos de temperatura diarios se generan mediante un proceso de interpolación, usando un modelo cuadrático llamado “Spline”. (Richardson, 1981).

El uso del programa ClimGen para la estimación de datos faltantes no afecta la correlación temporal ni espacial y no requiere que los datos históricos se ajusten a una distribución normal (San Vicente, 2008), por lo tanto los productos obtenidos con base en esta información respetaran las tendencias históricas.

Con esta metodología se completó un total de 147 que cumplen con los criterios anteriormente mencionados.

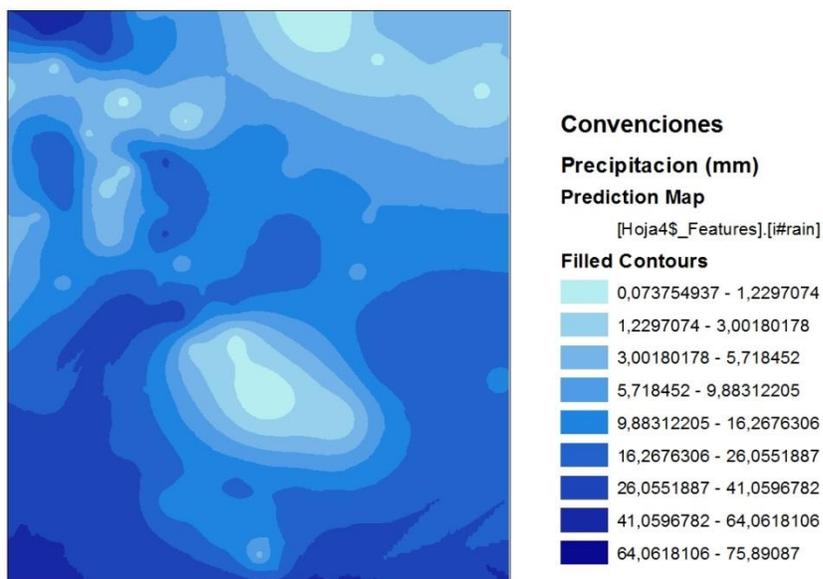
Buscando mejorar la calidad de los datos y de minimizar el impacto de las estimaciones realizadas usando ClimGen se optó por la generación de superficies continuas, ya que las variables analizadas son continuas en el espacio y gracias a esto una estación en un periodo de tiempo que no haya presentado discontinuidad puede minimizar el error en la estimación de los valores de una estación si haya presentado discontinuidad. En este paso se empleó la metodología propuesta por Boer et. al. (2001), específicamente “trivariate thin plate splines”. El modelo digital de elevación (DEM) requerido para esta metodología se construyó a partir de las curvas de las curvas de nivel provistas por INEGI cada 20 m y la red de drenaje

para una corrección por profundidad. Este análisis se llevó a cabo en el programa ArcGis 9.3. Aplicando las herramientas de análisis espacial.

Debido a la exigencia de los programas propuestos en los términos de referencia para el análisis de las tendencias climáticas, es necesario que las estimaciones de las superficies se generen para cada uno de los días lo cual en términos computacionales implica un alto costo de recursos y tiempo, esto nos lleva al uso de datos funcionales bajo este enfoque los resultados de las mediciones son una curva que representa la muestra concreta. Para la estimación espacial de los datos se usó el método de interpolación espacial Kriging universal para datos funcionales (UKFD) (Caballero et al., 2013; Delicado et al., 2008), esto permitió obtener las curvas de datos para el área de estudio (valores de superficies continuas para cada uno de los días), teniendo las superficies continuas se calcularon las área en las que la sumatoria del error medio cuadrático es la menor. La construcción de la grilla se llevó acabo empleado el programa R, específicamente las librerías SP, gstat, fda y geoR.

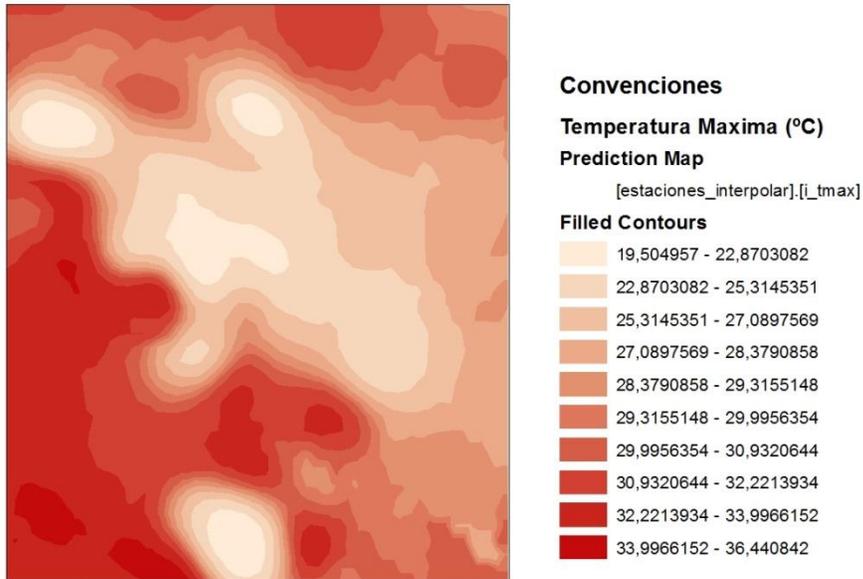
En las siguientes figuras se presentan ejemplos de las superficies obtenidas para cada una de las variables.

Figura 4. Superficie Continua de Precipitación



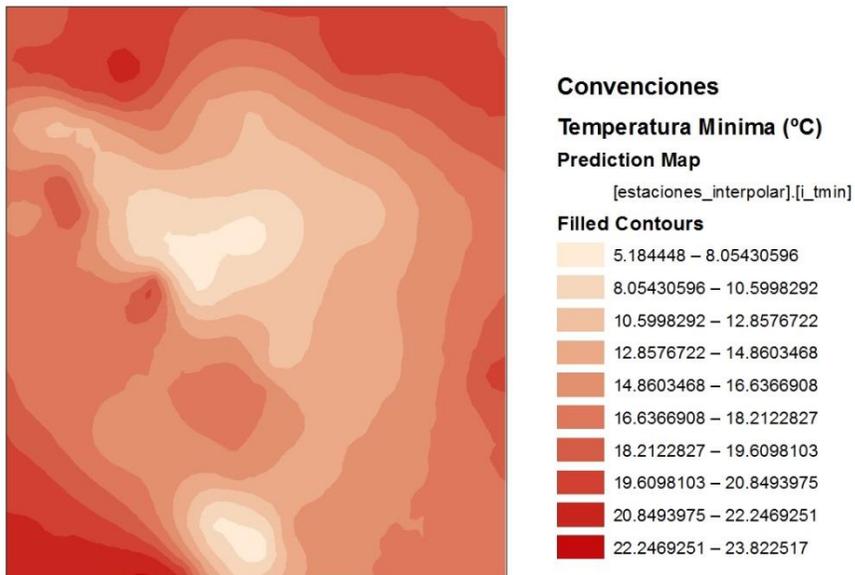
Fuente: Abt Associates

Figura 5. Superficie Continua de Temperatura Máxima



Fuente: Abt Associates

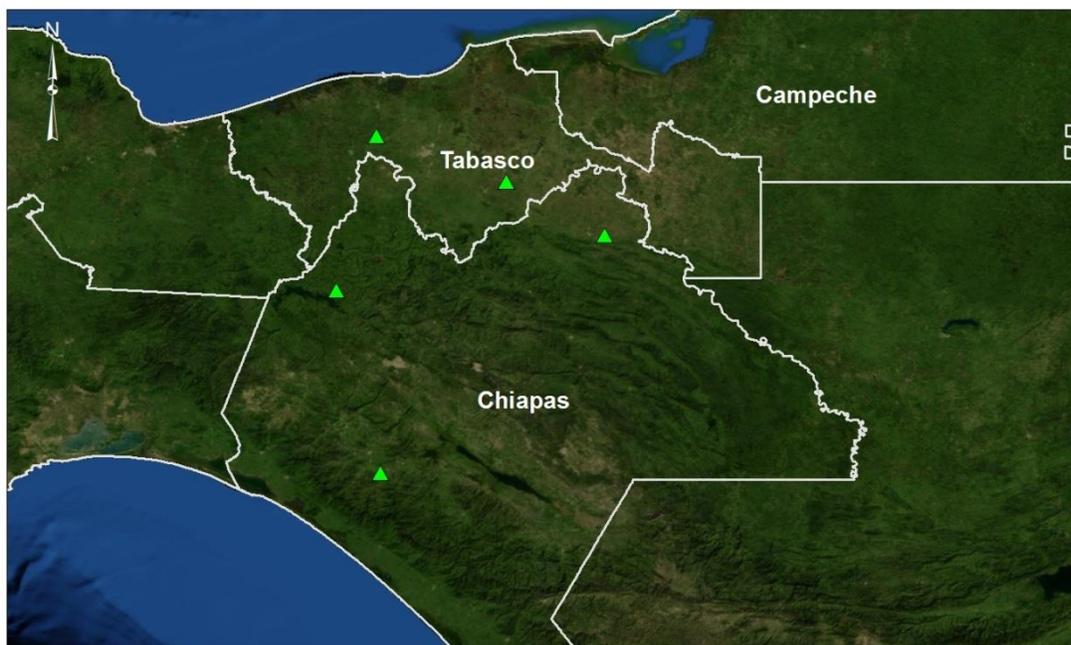
Figura 6. Superficie Continua de Temperatura Mínima



Fuente: Abt Associates

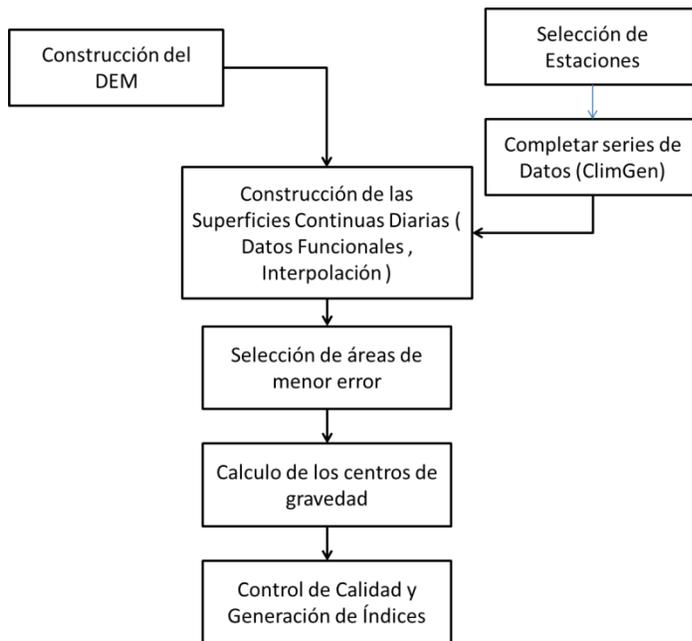
Al encontrar las áreas con el menor error surge la duda de que punto tomar, se optó por tomar como punto de análisis los centros de gravedad (centroides) de los municipios de esta manera se asigna la información a una unidad político administrativa capaz de tomar decisiones o de producir algún impacto en la gestión de procesos adaptativos. Del total de estaciones virtuales generadas, para el área de estudio 5 cumplen con los parámetros del programa RClindex y RHtests para el cálculo de los índices de tendencia. En la siguiente imagen se puede observar las localizaciones de las estaciones virtuales. Como se puede observar para el área que comprende la cuenca alta del río Usumacinta no se obtuvieron estaciones virtuales que cumplieran con los parámetros de los programas aplicados.

Figura 7. Localización de las Estaciones Virtuales



Fuente: Abt Associates

A continuación se presenta el diagrama de la metodología empleada.

Figura 8. Diagrama de la metodología empleada

Fuente: Abt Associates

Resultados

Como resultado de dicho análisis se presentaran 24 índices para las estaciones que cumplen con todos los parámetros, en las siguientes tablas se encuentran el nombre abreviado por sus siglas en inglés, el nombre completo, su definición y las unidades de medida.

Precipitación			
Indicador	Nombre del Indicador	Definición	Unidades
CDD	Días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con $RR^a < 1\text{mm}$	Días
CWD	Días húmedos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con $RR \geq 1\text{mm}$	Días
PRCPTOT	Precipitación total anual en los días húmedos	Precipitación anual total en los días húmedos $RR \geq 1\text{mm}$	mm
R95p	Días muy húmedos	Precipitación anual total en que $RR > 95$ percentil	mm
R99p	Días extremadamente húmedos	Precipitación anual total en que $RR > 99$ percentil	mm
R10	Número de días con precipitación intensa	Número de días en un año en que $PRCP^b \geq 10\text{mm}$	Días
R20	Número de días con precipitación muy intensa	Número de días en un año en que $PRCP \geq 20\text{mm}$	Días
R100	Número de días con precipitación mayor a 100 mm	Número de días en un año en que $PRCP \geq 100\text{mm}$	Días
RX1day	Cantidad Máxima de precipitación en un día	Máximo mensual de precipitación en 1 día	mm
Rx5day	Cantidad Máxima de precipitación en 5 días	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	mm
SDII	(Índice simple de intensidad diaria)	Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por $PRCP \geq 1.0\text{mm}$) en un año	mm

^a Precipitación Acumulada por mes^b Precipitación

Temperatura			
Indicador	Nombre del Indicador	Definición	Unidades
TXx	Max Tmax	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria	°C
TNn	Min Tmin	Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria	°C
TNx	Max Tmin	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria	°C
TXn	Min Tmax	Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria	°C
CSDI	Indicador de la duración de periodos fríos	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que $TN^c < 10$ th percentil	Días
WSDI	Indicador de la duración de periodos calientes	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que $TX^d > 90$ th percentil	Días
TX90p	Días calientes	Porcentaje de días cuando $TX > 90$ th percentil	Días
TX10p	Días fríos	Porcentaje de días cuando $TX < 10$ th percentil	Días
TN10p	Noches frías	Porcentaje de días cuando $TN < 10$ th percentil	Días
TN90p	Noches calientes	Porcentaje de días cuando $TN > 90$ th percentil	Días
DTR	Rango diurno de temperatura	Diferencia media mensual entre TX y TN	°C

A continuación se presentaran los resultados de los índices obtenidos, para un periodo de análisis que abarca un rango temporal de máximo 47 años. Para propósitos de visualización, Rclimdex grafica series anuales, junto con tendencias calculadas por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida) y regresión local ponderada (línea punteada).

Alto Grijalva

Estación 1:

En el alto Grijalva se cuenta con dos estaciones que aprobaron los parámetros la primera de ellas la estación construida a partir de las estaciones meteorológicas 7175 (Villa Flores SMN), 7204 (Villa Flores DGE), las cuales según datos obtenidos del INEGI se encuentran en la región climática Aw2 (w) (cálido subhúmedo).

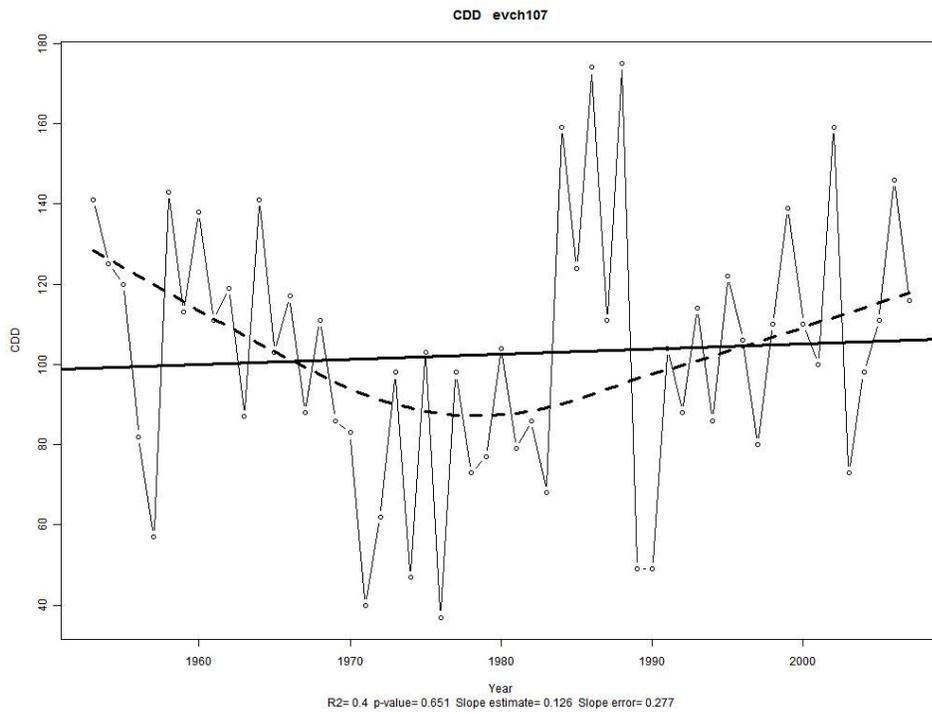
Precipitación:

Analizando las gráficas que se presentan a continuación se puede observar una disminución en la precipitación promedio anual (PRCPTOT), un aumento leve en la tendencia del número de días sin precipitación (CDD), también se encuentra una disminución en la precipitación registrada durante los días muy húmedos (R95p) y de manera similar se presenta un incremento en la precipitación registrada durante los días extremadamente húmedos (R99p). Estos dos últimos indicadores se ven reflejados en la disminución de días consecutivos con precipitaciones mayores a 10mm, 20mm. Se encontró un aumento en el índice de precipitación (SDIII).

^c Temperatura mínima

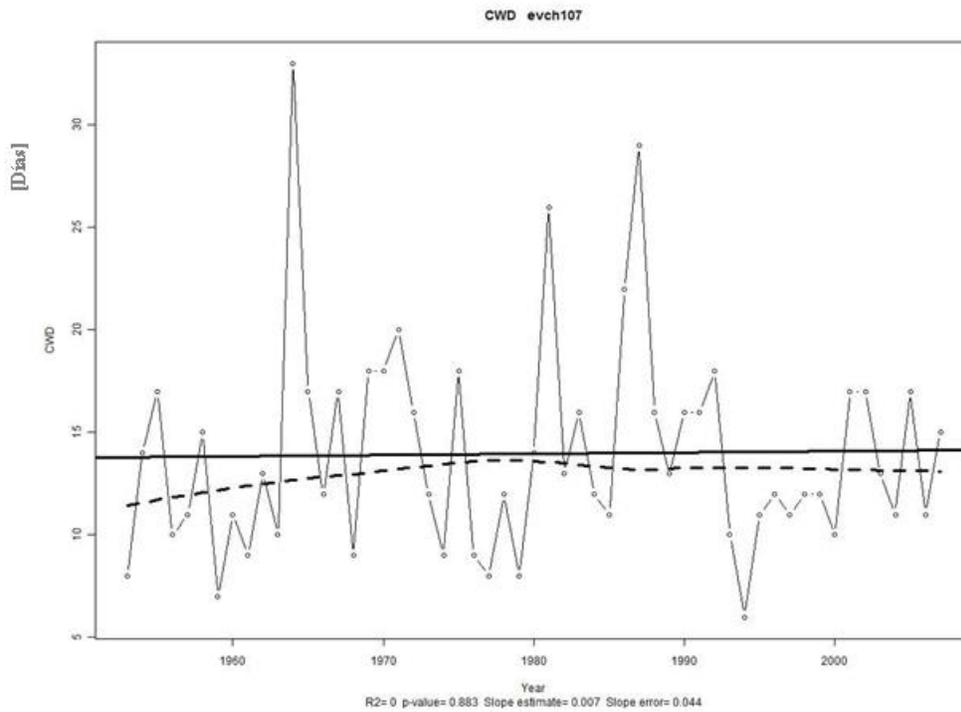
^d Temperatura máxima

Grafica 4. CDD (Días) Número máximo de días consecutivos con RR<1mm



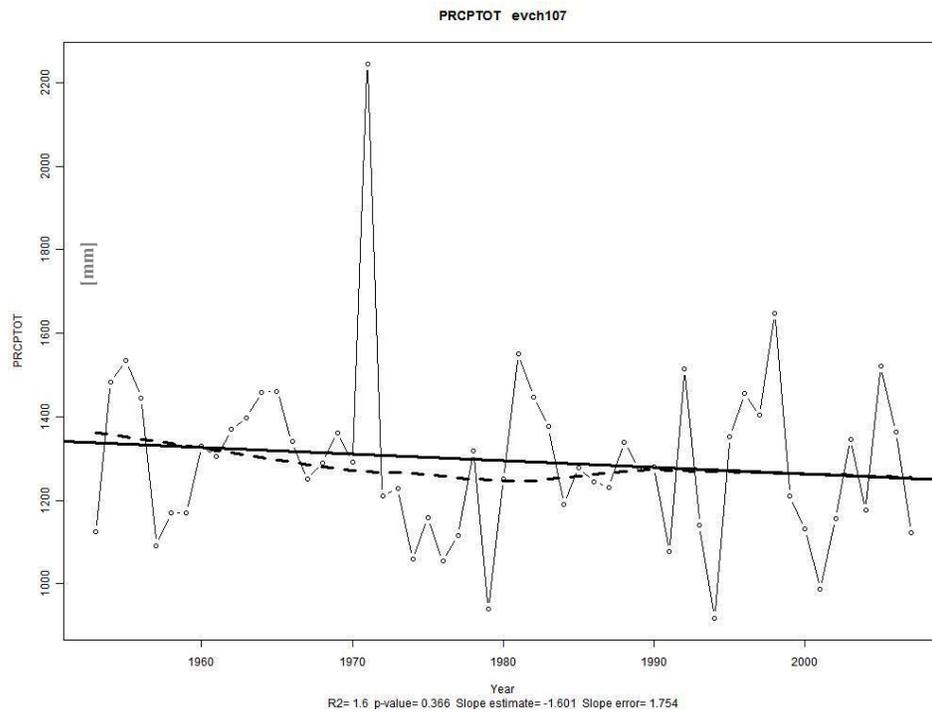
Fuente: Abt Associates

Gráfica 5. CWD (Días) Número máximo de días consecutivos con RR>=1mm



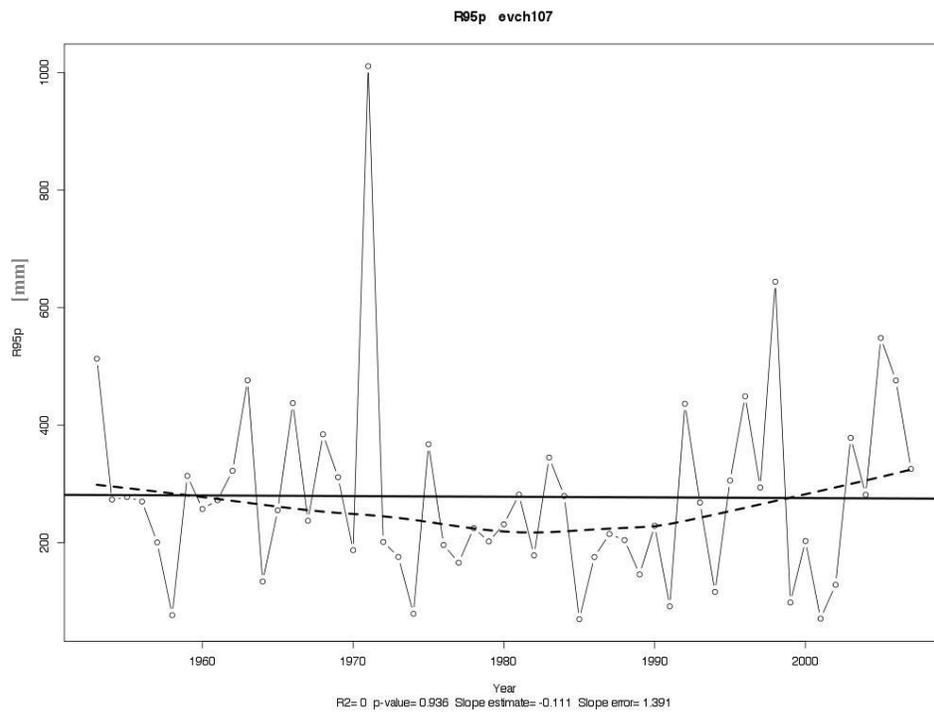
Fuente: Abt Associates

Gráfica 6. PRCPTOT (mm) Precipitación anual total en los días húmedos (RR>=1mm)



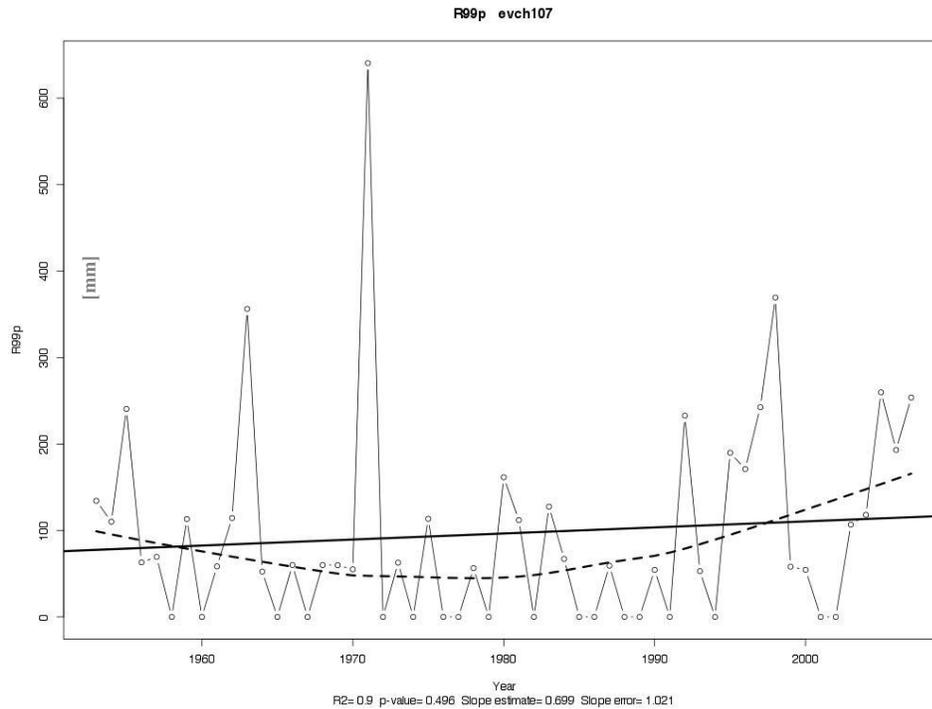
Fuente: Abt Associates

Gráfica 7. R95P (mm) Días muy húmedos



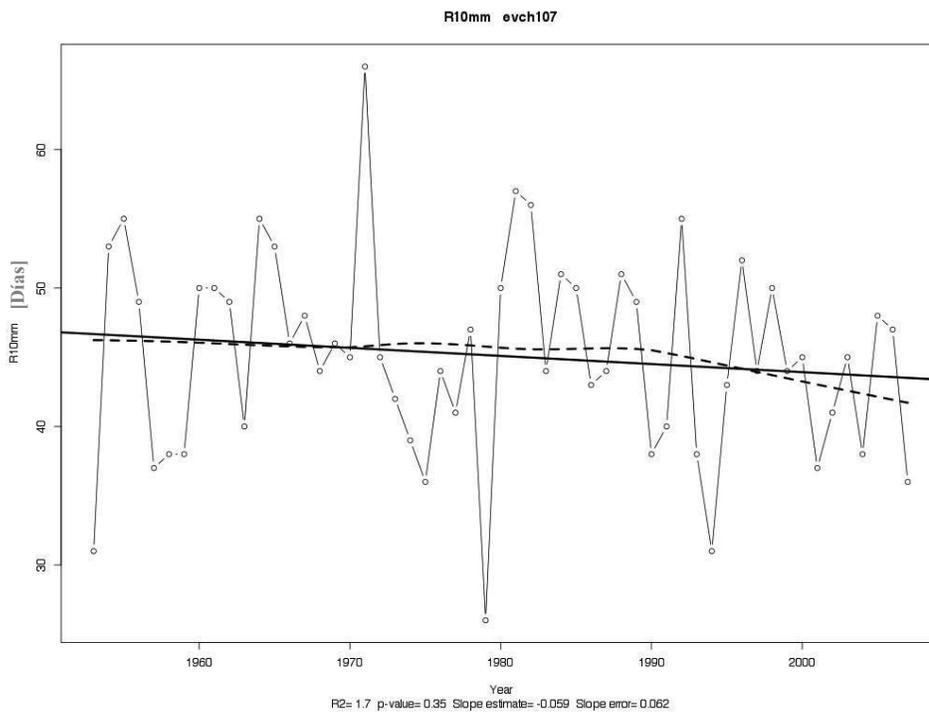
Fuente: Abt Associates

Gráfica 8. R99P (mm) Días Extremadamente húmedos



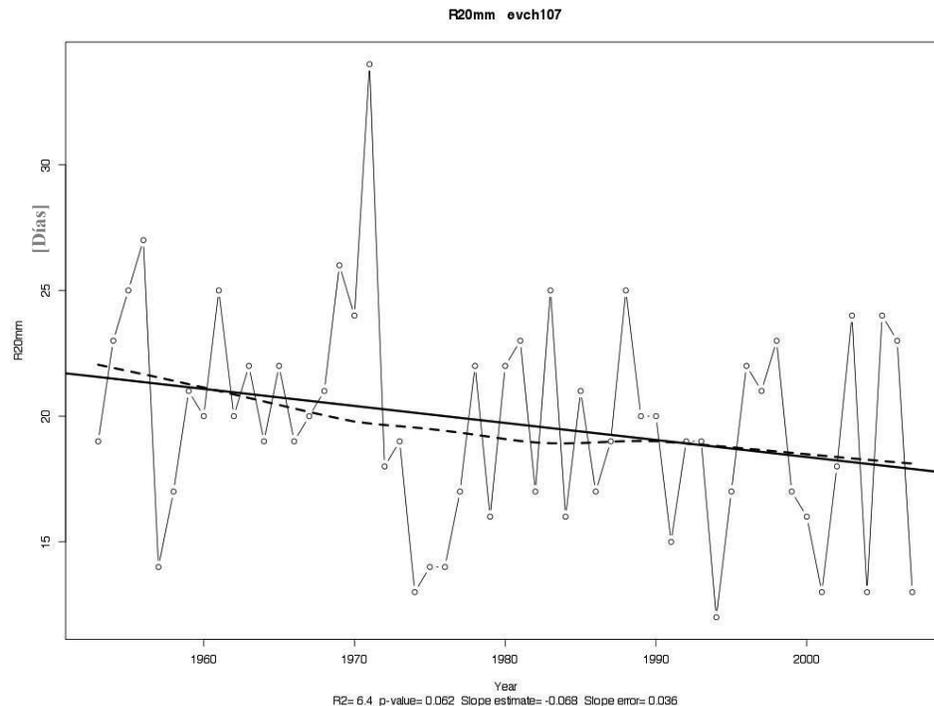
Fuente: Abt Associates

Gráfica 9. (Días) Número de días en un año en que PRCP >= 10mm



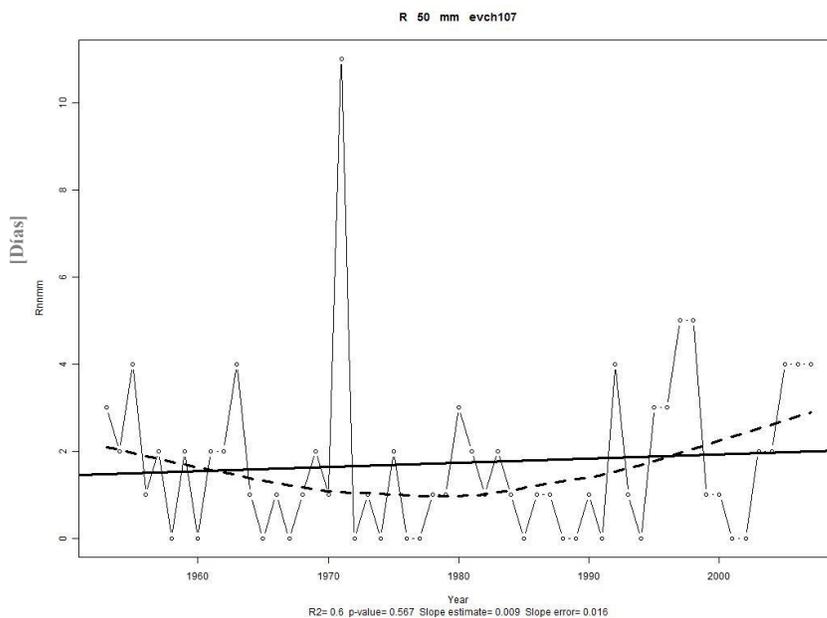
Fuente: Abt Associates

Gráfica 10. (Días) Número de días en un año en que PRCP>=20mm



Fuente: Abt Associates

Gráfica 11. (Días) Número de días en un año en que PRCP>=50mm^e

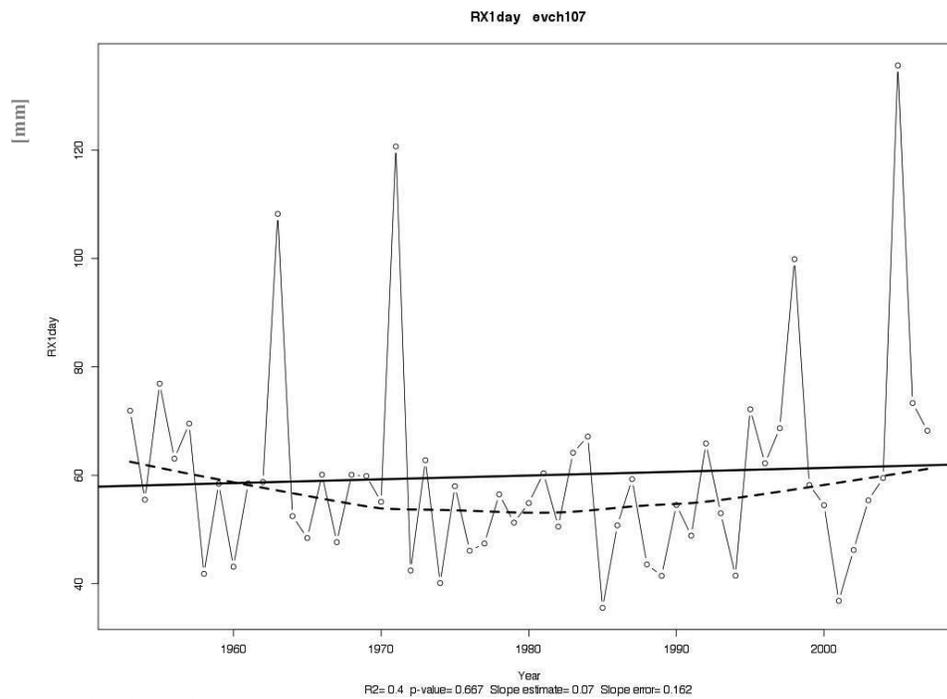


Fuente: Abt Associates

Fuente: Elaboración Propia

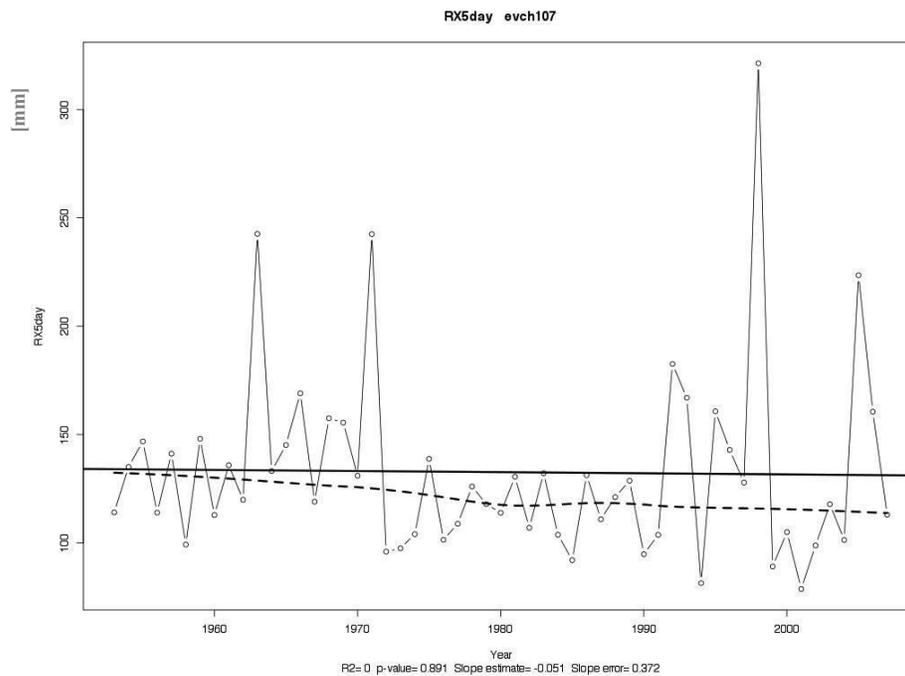
^e Para esta estación se empleó el índice PRCP>50mm debido a que no presenta precipitaciones superiores a los 100 mm como ocurre en otras estaciones.

Gráfica 12. RX1day (mm) Máximo mensual de precipitación en 1 día



Fuente: Abt Associates

Gráfica 13. RX5day (mm) Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos

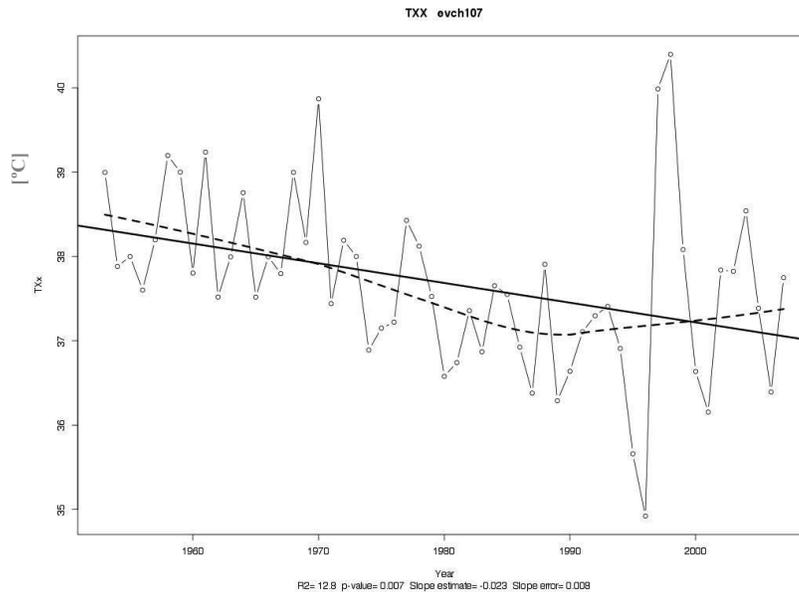


Fuente: Abt Associates

Temperatura:

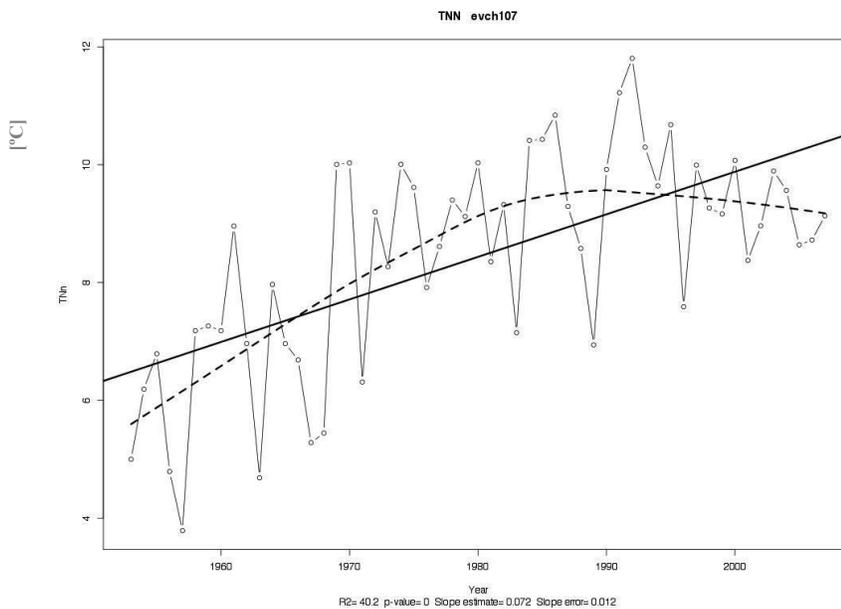
En cuanto a la temperatura se encontró para esta estación, que las temperaturas máximas extremas (TX) tienden a caer y las temperaturas mínimas más bajas (TNn) tienden a elevarse como se puede observar en las siguientes gráficas:

Gráfica 15. TXX (°C) Temperatura Máxima Extrema



Fuente: Abt Associates

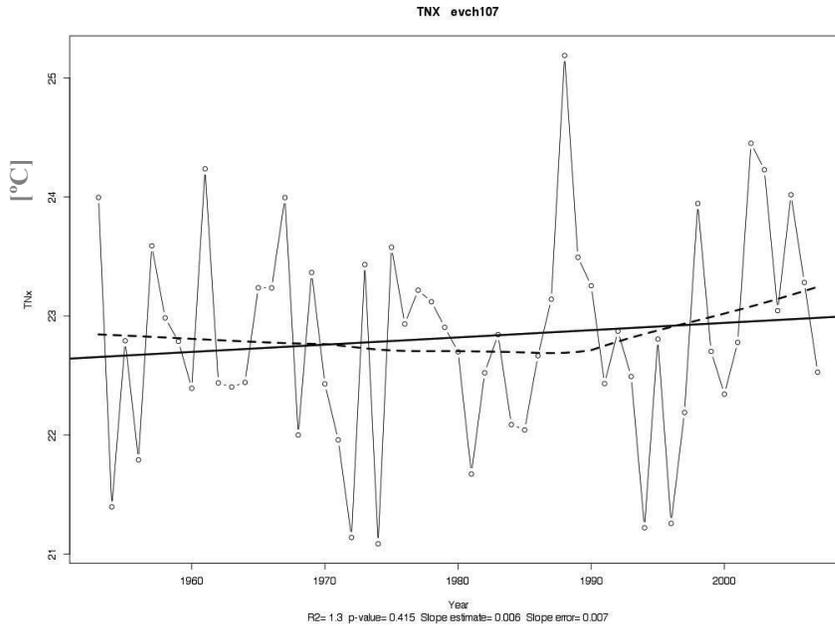
Gráfica 16. Tnn (°C) Temperatura Mínima Extrema



Fuente: Abt Associates

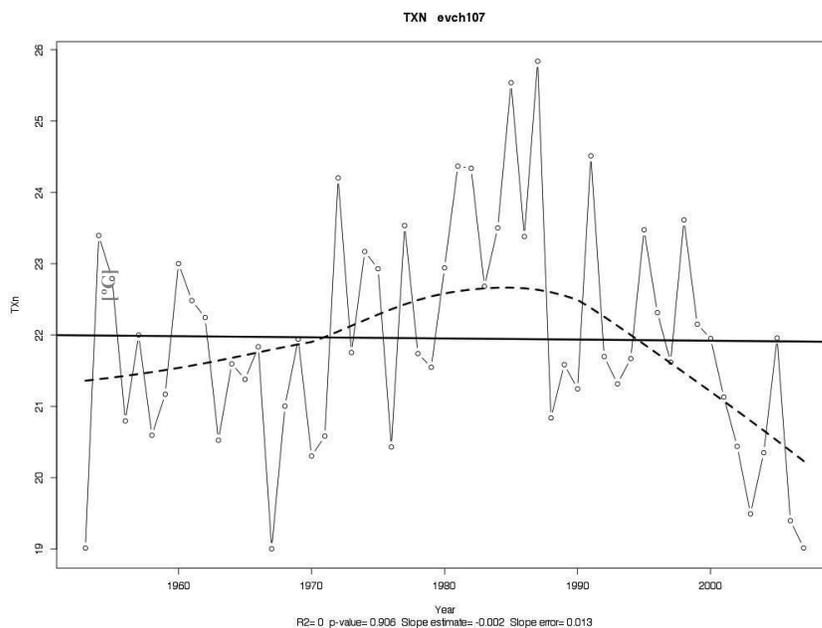
En cuanto a los valores extremos de temperatura mínima más alta (TNX) y el valor de temperatura máxima más baja (TXN), no se presentan cambios significativos en los resultados de obtenidos a partir de esta estación.

Gráfica 17. TNX (°C) Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria



Fuente: Abt Associates

Gráfica 18. TXN (°C) Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria

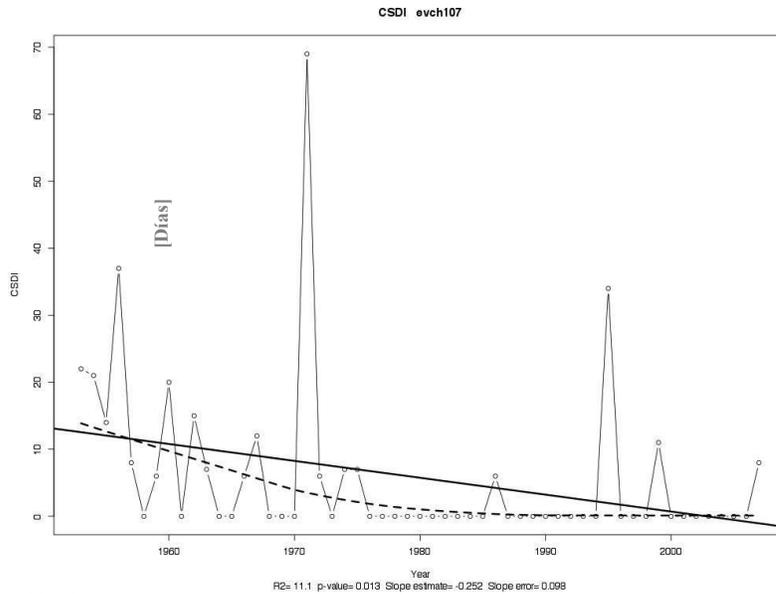


Fuente: Abt Associates

El indicador de periodos fríos (CSDI) muestra una tendencia a la baja. En este indicador se puede observar que después del inicio de la década de los 70 el período de ocurrencia de este fenómeno empieza a disminuir. En cuanto al indicador de periodos cálidos (WSDI) presenta una tendencia negativa. Se observa

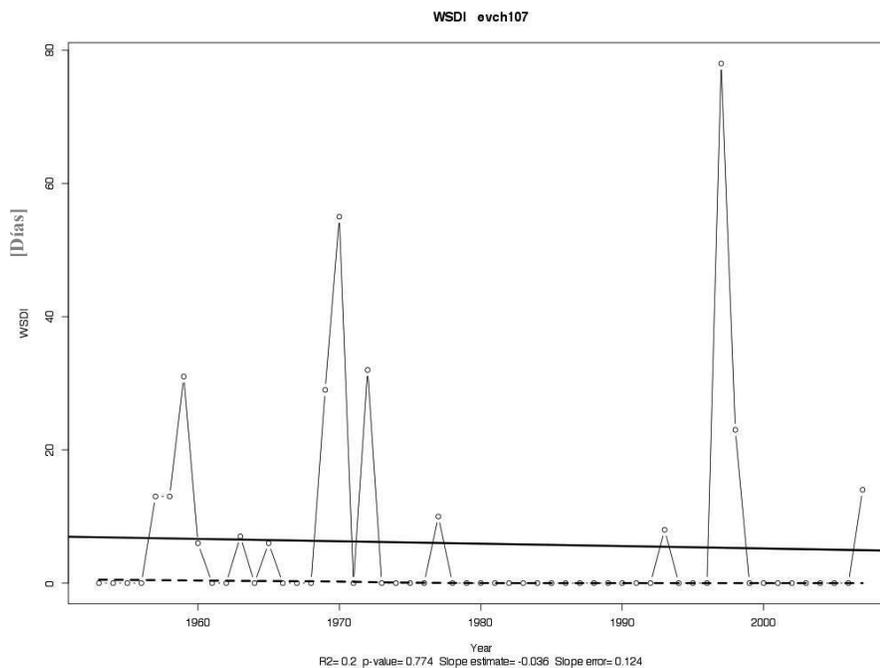
un fenómeno similar al del indicador anterior presentando un valor extremo a finales de la década de los 90.

Gráfica 19. CSDI (Días) Contaje anual de días fríos con por lo menos 6 días consecutivos en que $TN < 10^{\text{th}}$ percentil



Fuente: Abt Associates

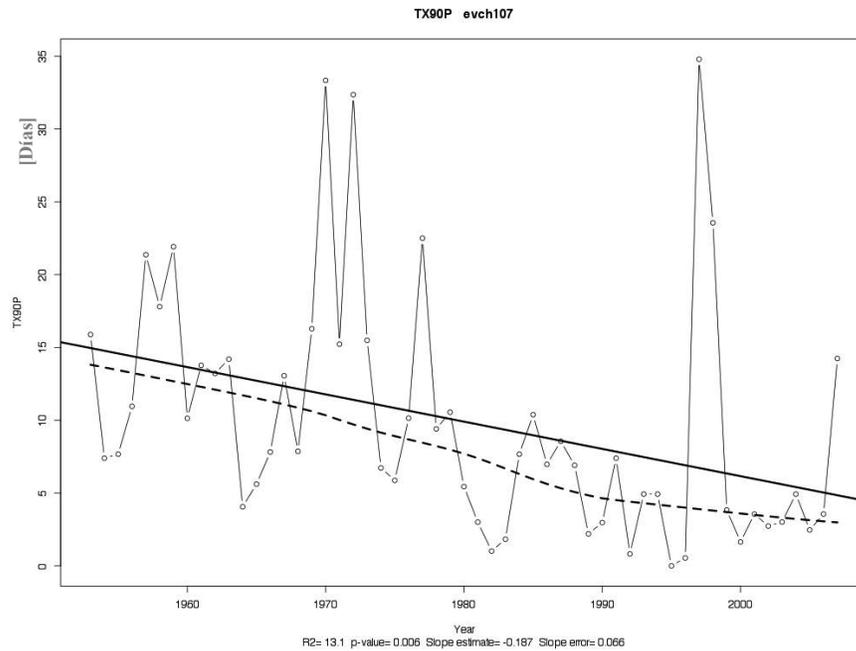
Gráfica 20. WSDI (Días) Contaje anual de días cálidos con por lo menos 6 días consecutivos en que $TX > 90^{\text{th}}$ percentil



Fuente: Abt Associates

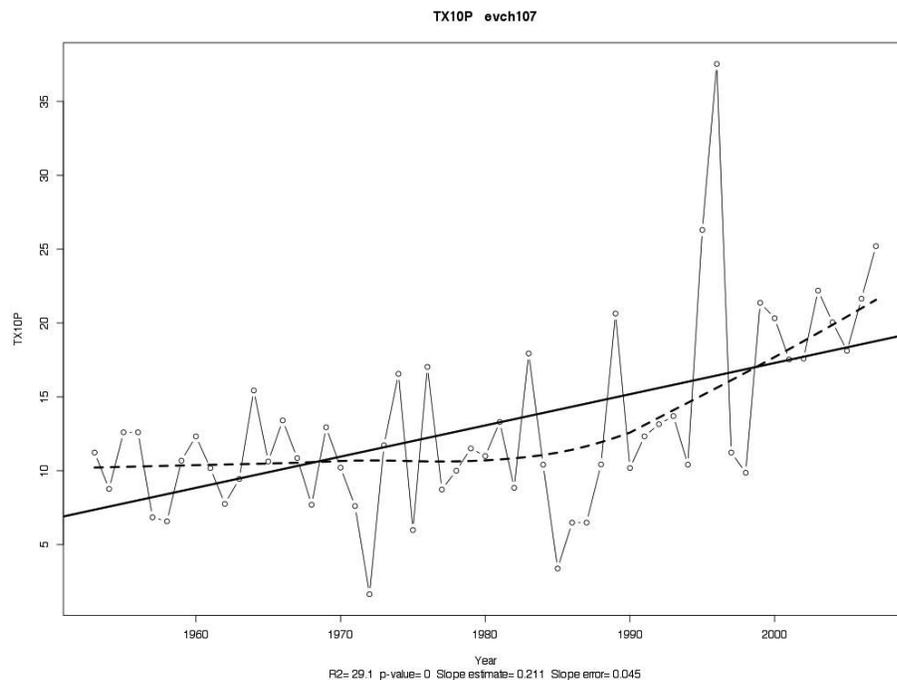
Se encuentra una disminución en los días calurosos (TX90P) y un aumento en la frecuencia de días frescos (TX10P)

Gráfica 21. TX90P (Días) Porcentaje de días cuando TX>90th percentil



Fuente: Abt Associates

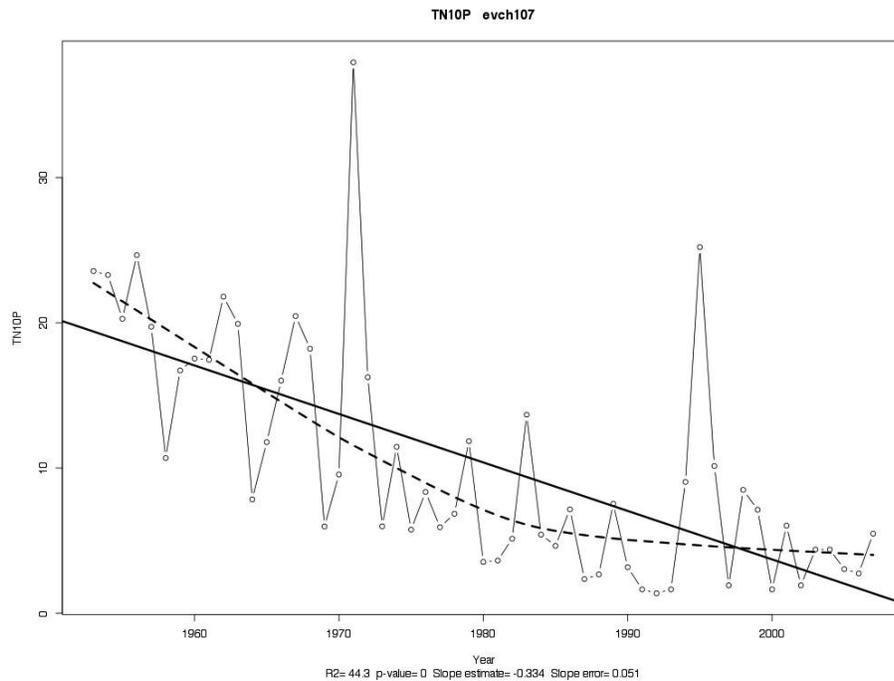
Gráfica 22. TX10P (Días) Porcentaje de días cuando TX<10th percentil



Fuente: Abt Associates

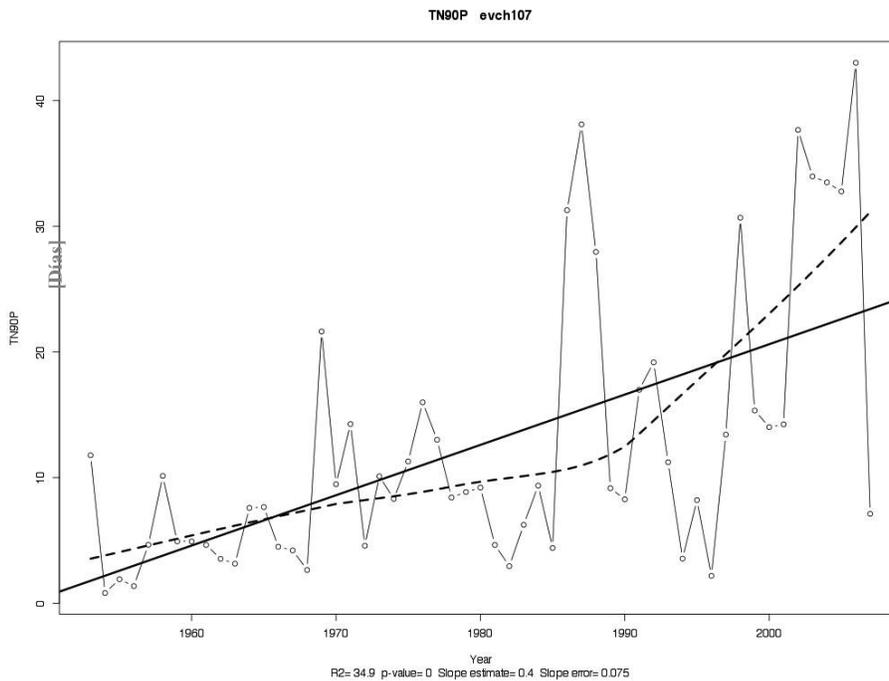
En cuanto a los indicadores de las noches se encuentra una disminución en las noches frías (TN10P) y un aumento en las noches cálidas (TN90P).

Gráfica 23. TN10P (Días) Porcentaje de días cuando TN<10th percentil



Fuente: Abt Associates

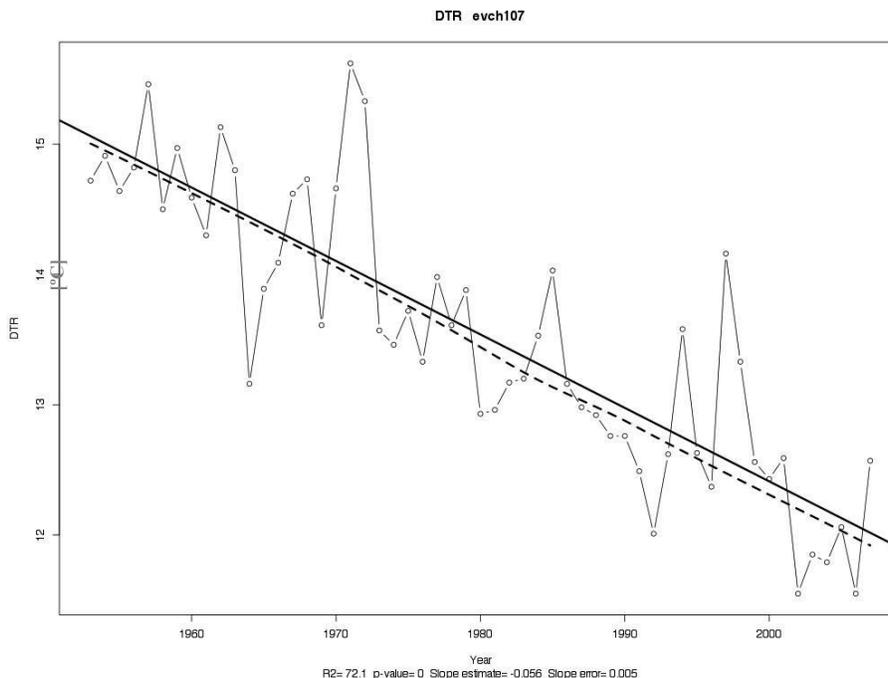
Gráfica 24. TN90P (Días) Porcentaje de días cuando TN>90th percentil



Fuente: Abt Associates

El rango diurno de temperatura en esta estación (DTR), presenta una disminución de 2 grados entre inicios de la década del 60 y finales de la década del 90, disminuyendo un grado más para la década del 2000

Gráfica 25.(DTR) (°C) Diferencia media mensual entre TX y TN



Fuente: Abt Associates

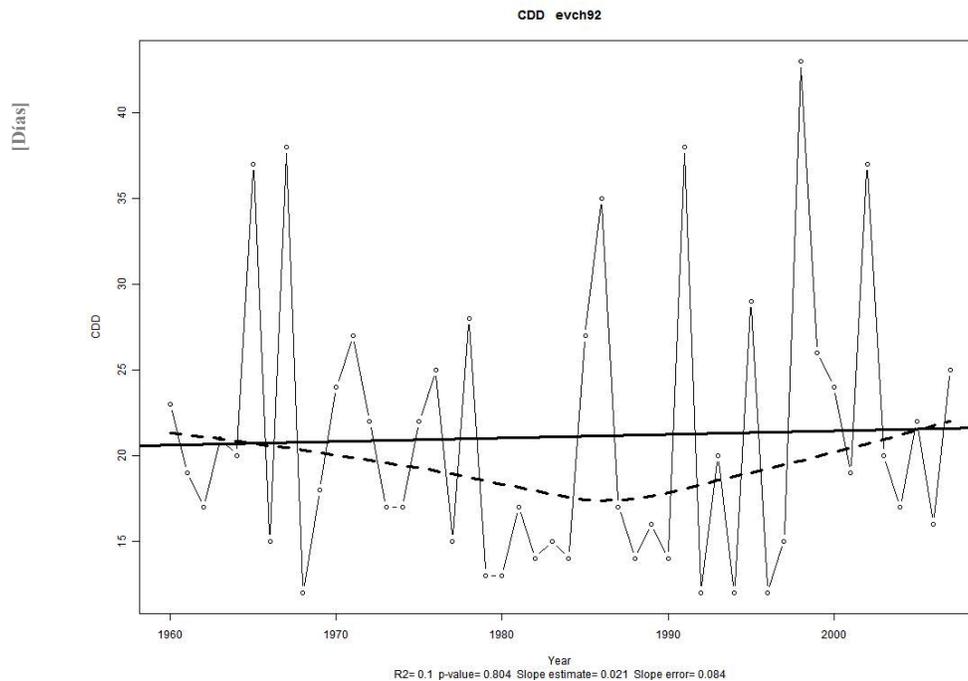
Estación 2

La segunda estación localizada en el alto Grijalva que aprobó los parámetros es la construida a partir de las estaciones CLICOM 7112 (MALPASO, TECPATAN), 7368 (TORTUGUERO, MALPASO CFE), 7170 (TZIMBAC, TECPATAN), 7120 (NETZAHUALCOYOTL, TECPATAN) y 7360 (LUIS ESPINOZA, TECPATAN). Esta estación se encontraría localizada en la región climática Am (f) (Cálido húmedo).

Precipitación:

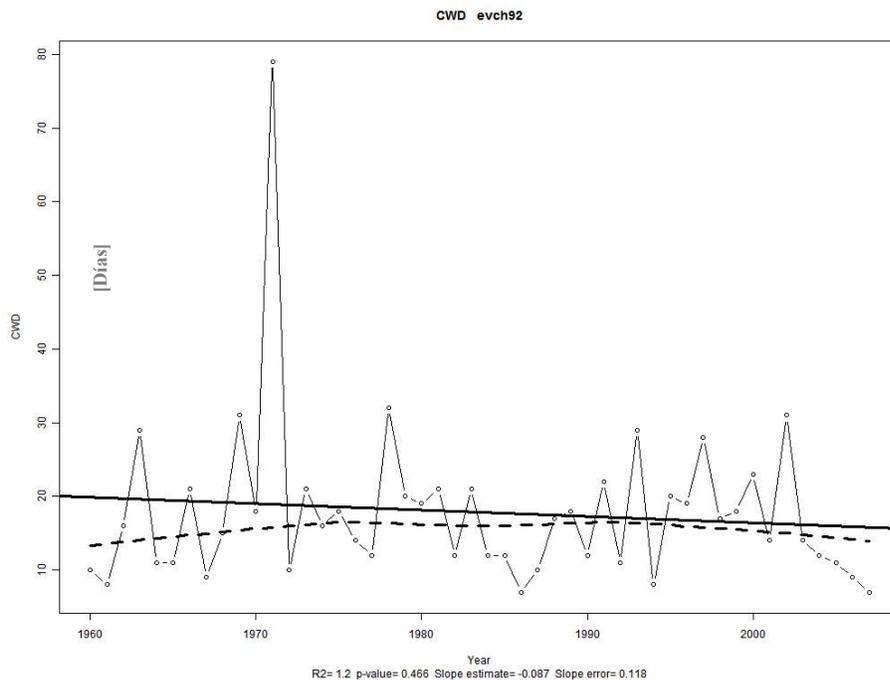
Se observa un incremento en los días secos consecutivos (CDD), con una leve tendencia a la disminución de días húmedos consecutivos (CWD), en cuanto a la precipitación total anual (PRCPTOT) se puede observar una disminución con una tendencia muy marcada. En cuando a los días húmedos y muy húmedos se encontró una tendencia creciente para ambos indicadores (R95p y R99p).

Gráfica 26.CDD (Días) Número máximo de días consecutivos con RR<1mm



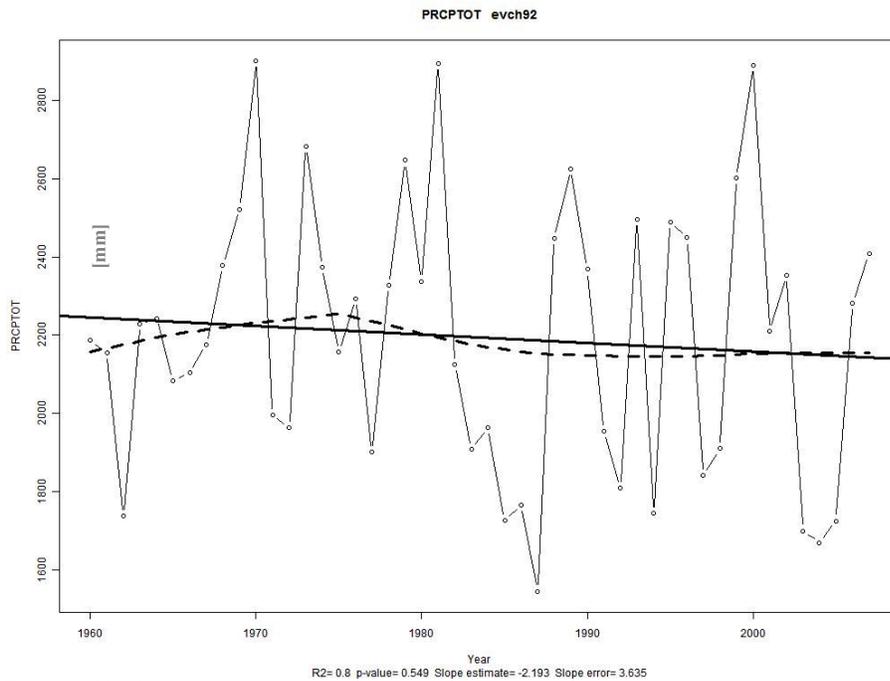
Fuente: Abt Associates

Gráfica 27. CWD (Días) Número máximo de días consecutivos con RR>=1mm



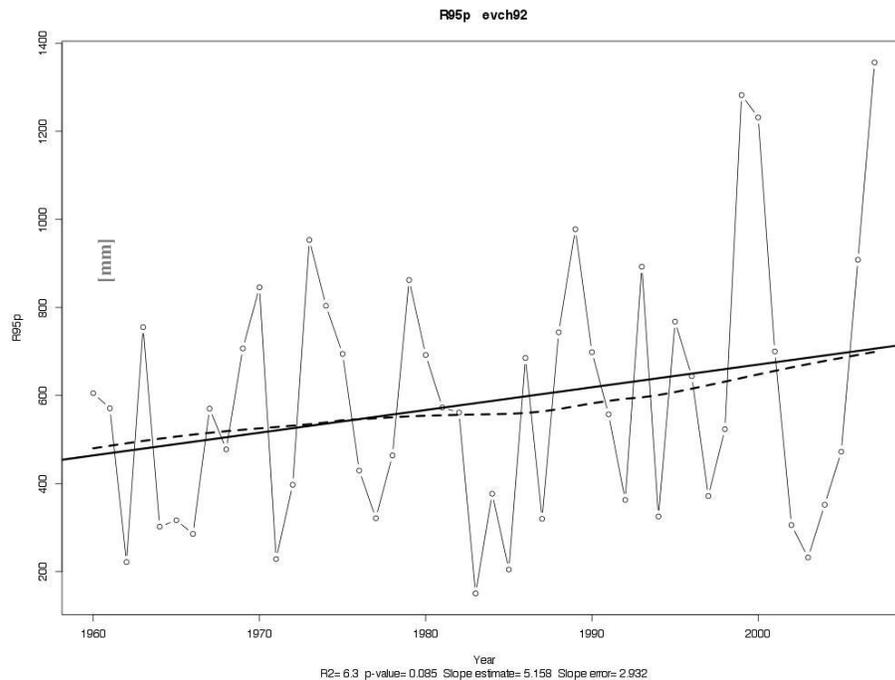
Fuente: Abt Associates

Gráfica 28. PRCPTOT (mm) Precipitación anual total en los días húmedos (RR>=1mm)



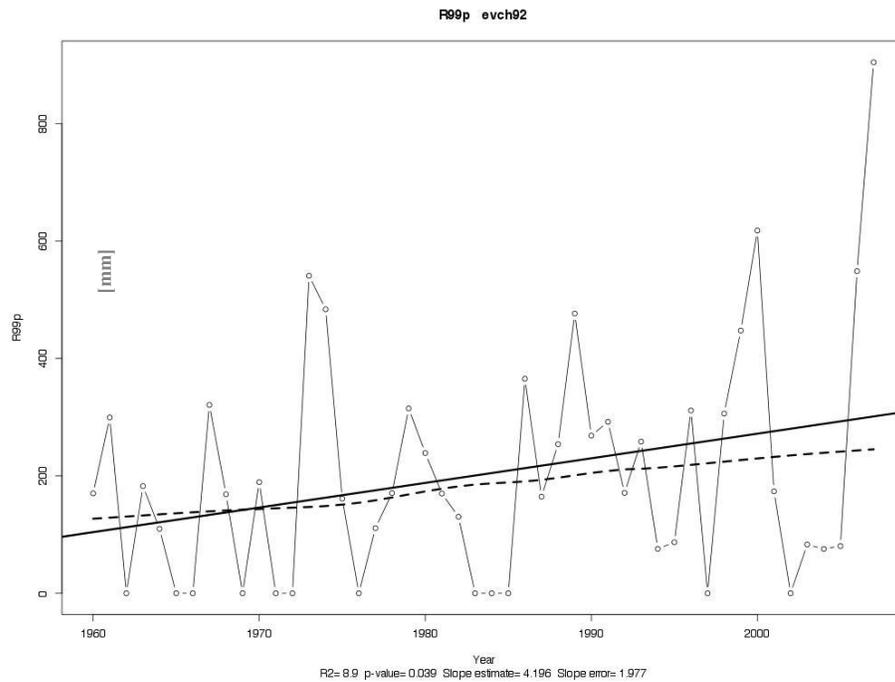
Fuente: Abt Associates

Gráfica 29. R95P (mm) Días muy húmedos



Fuente: Abt Associates

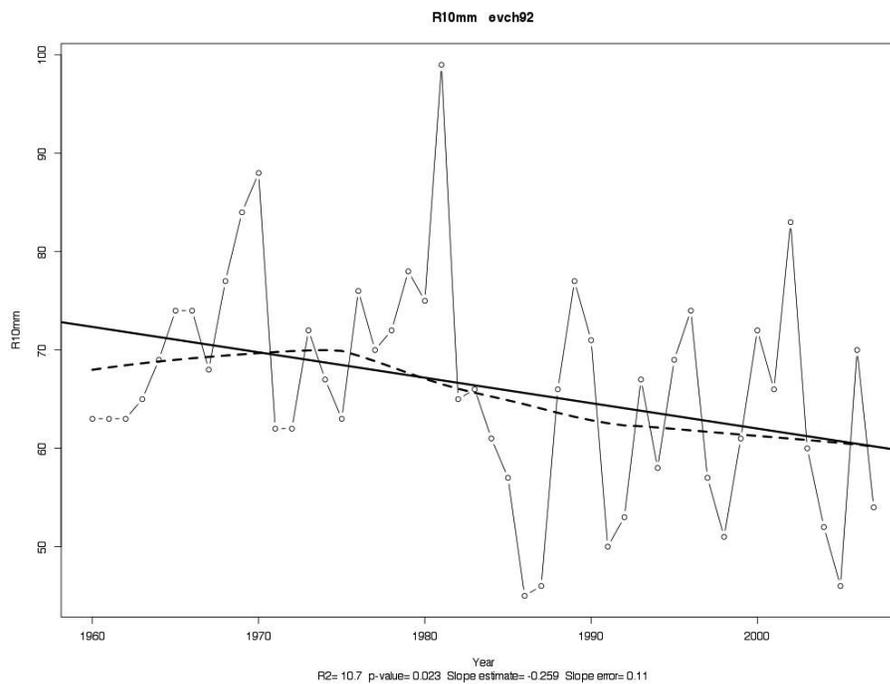
Gráfica 30. R99P (mm) Días Extremadamente húmedos



Fuente: Abt Associates

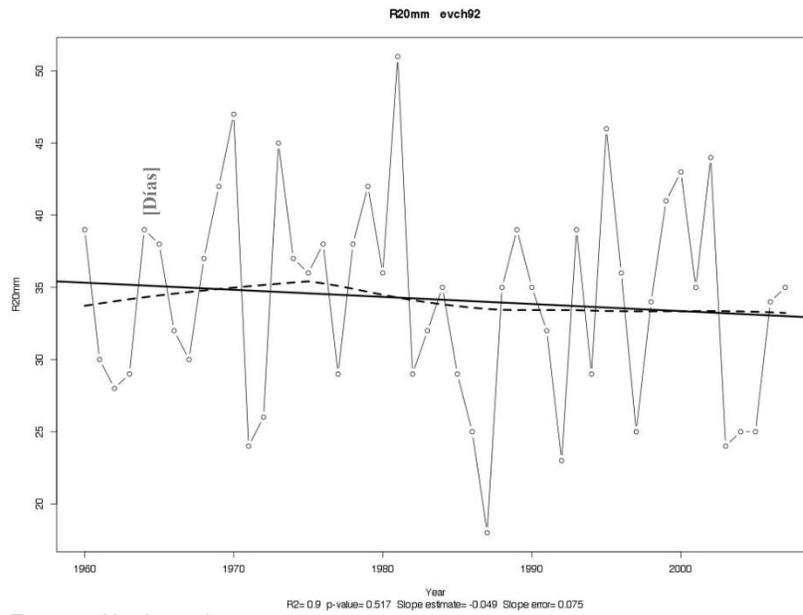
En cuanto a los indicadores de días consecutivos con precipitaciones mayores a 10 mm y 20mm se encontró una tendencia decreciente, a aplicar en índice Rnn para precipitaciones mayores a 100 mm se encontró una tendencia creciente para este fenómeno.

Gráfica 31. (Días) Número de días en un año en que PRCP>=10mm



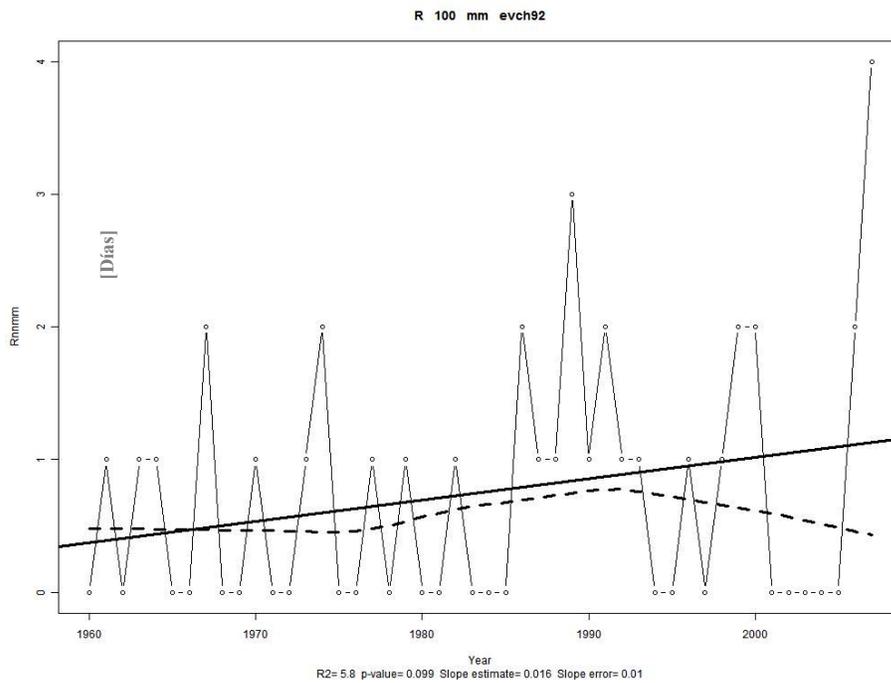
Fuente: Abt Associates

Gráfica 32. (Días) Número de días en un año en que PRCP \geq 20mm



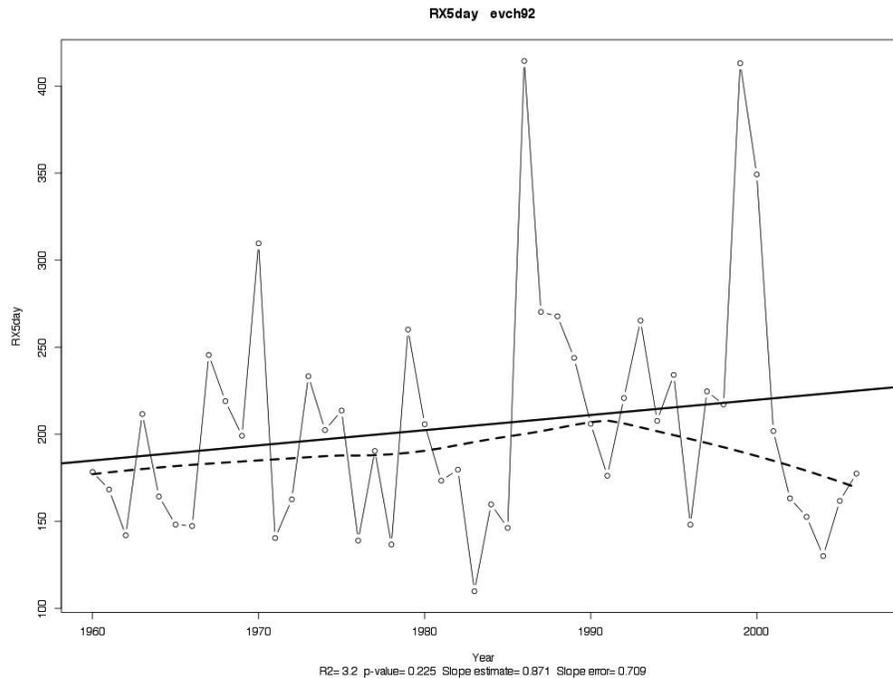
Fuente: Abt Associates

Gráfica 33. (Días) Número de días en un año en que PRCP \geq 100mm



Fuente: Abt Associates

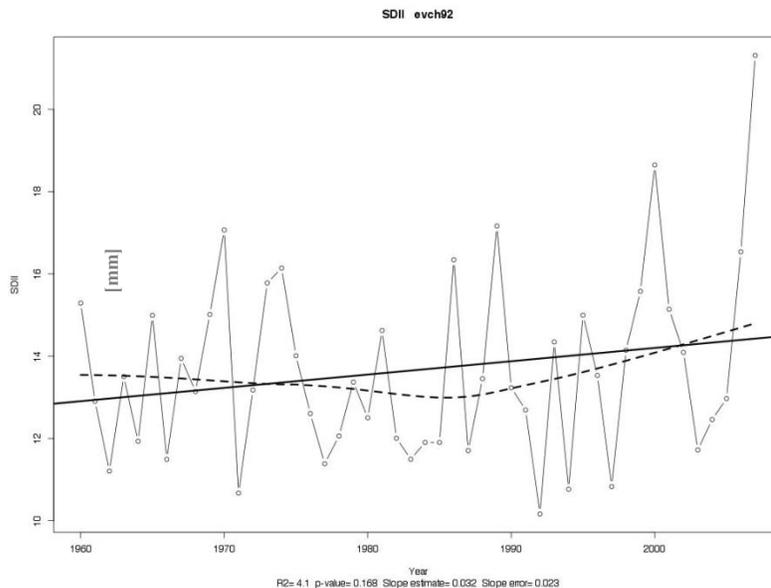
Gráfica 35. RX5day (mm) Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos



Fuente: Abt Associates

Los valores de precipitaciones máximas en 1 y 5 días, presentan una tendencia creciente. El índice de intensidad diaria SDIII presenta una tendencia creciente, especialmente desde los inicios de la década del 90.

Gráfica 36. SDII (mm) Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por PRCP>=1.0mm) en un año

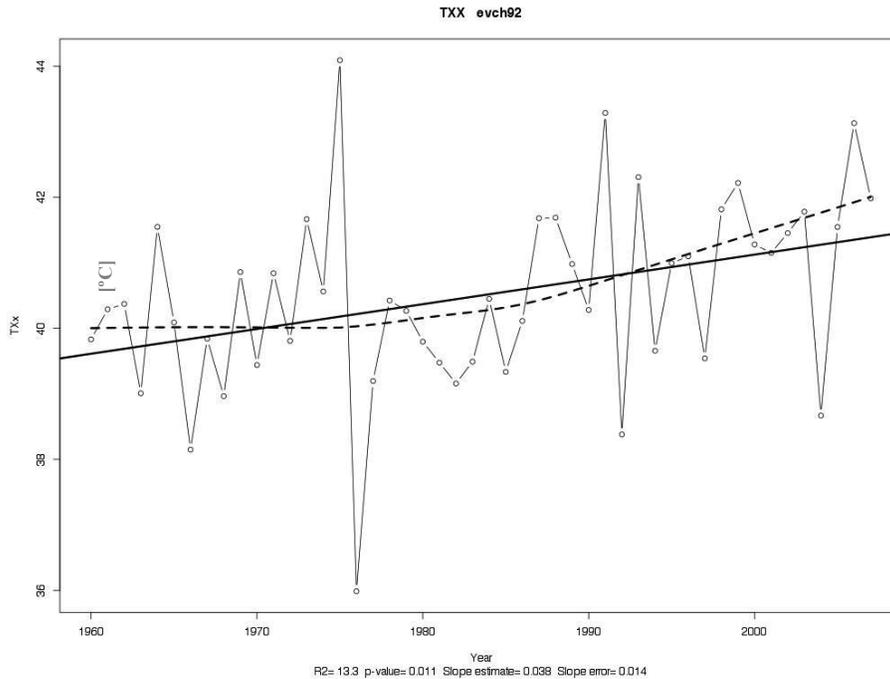


Fuente: Abt Associates

Temperatura:

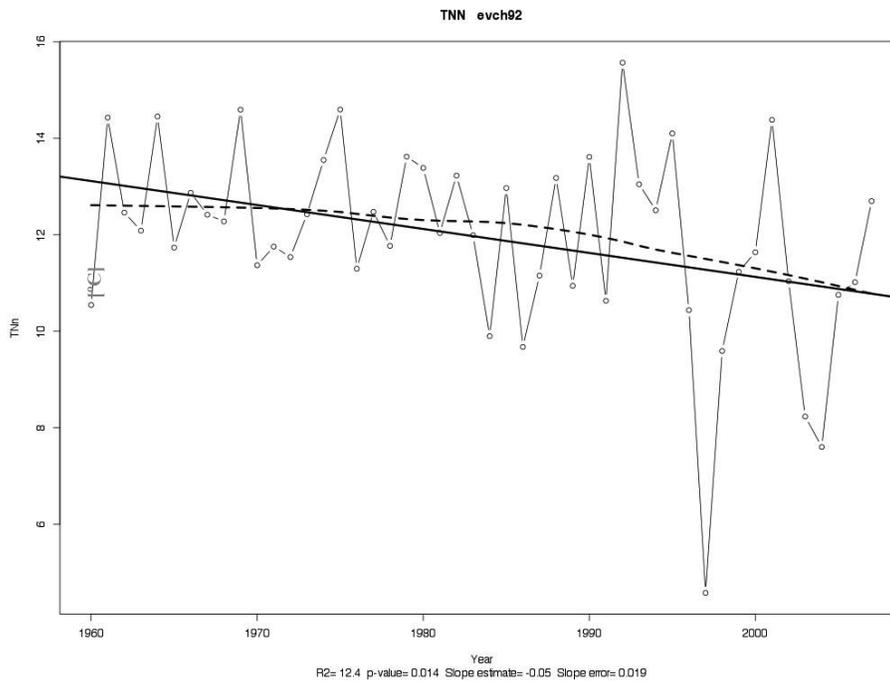
Para esta estación se encontró que la temperatura máxima (TXX) presenta una clara tendencia al aumento de la temperatura, mientras que los valores mínimos de temperatura (TNN) presentan una disminución en la misma.

Gráfica 37. TXX (°C) Temperatura Máxima Extrema



Fuente: Abt Associates

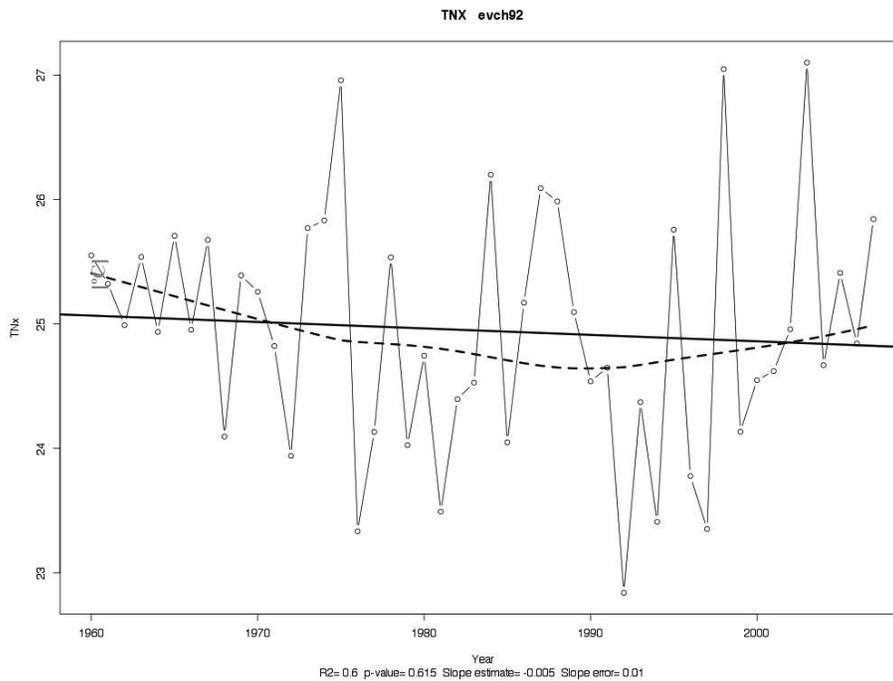
Gráfica 38. Tnn (°C) Temperatura Mínima Extrema



Fuente: Abt Associates

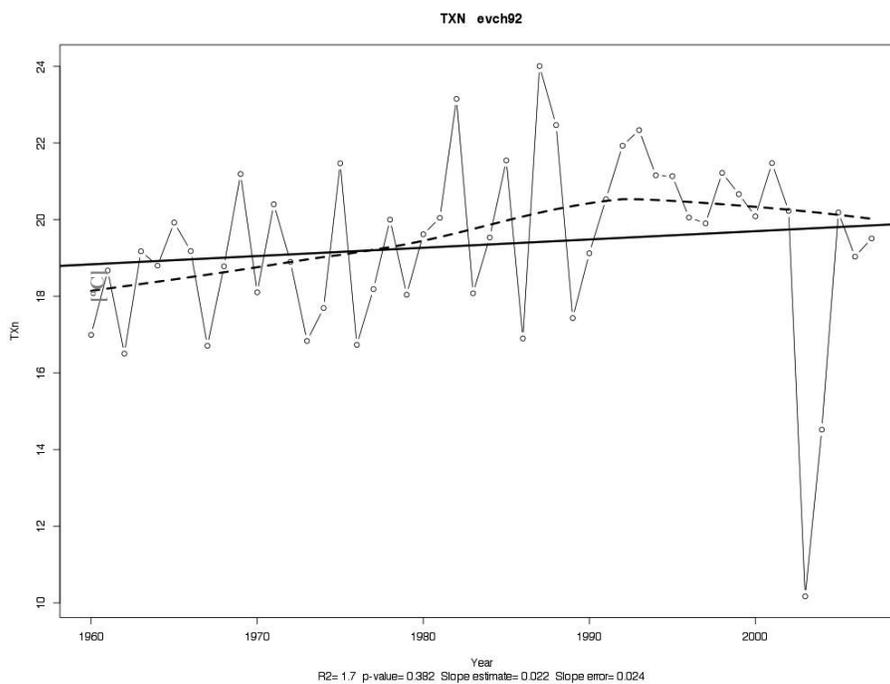
En las siguiente Gráficas se encuentra una disminución en los valores máximos de las temperaturas mínimas (TNX) y un aumento en los valores mínimos de las temperaturas mínimas (TXN).

Gráfica 39. TNX (°C) Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria



Fuente: Abt Associates

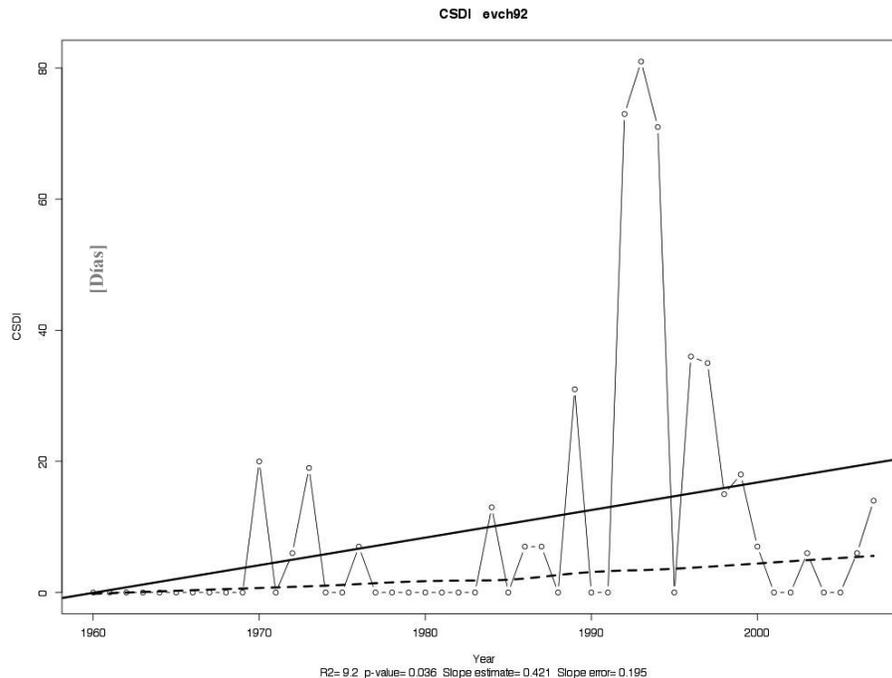
Gráfica 40. TXN (°C) Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria



Fuente: Abt Associates

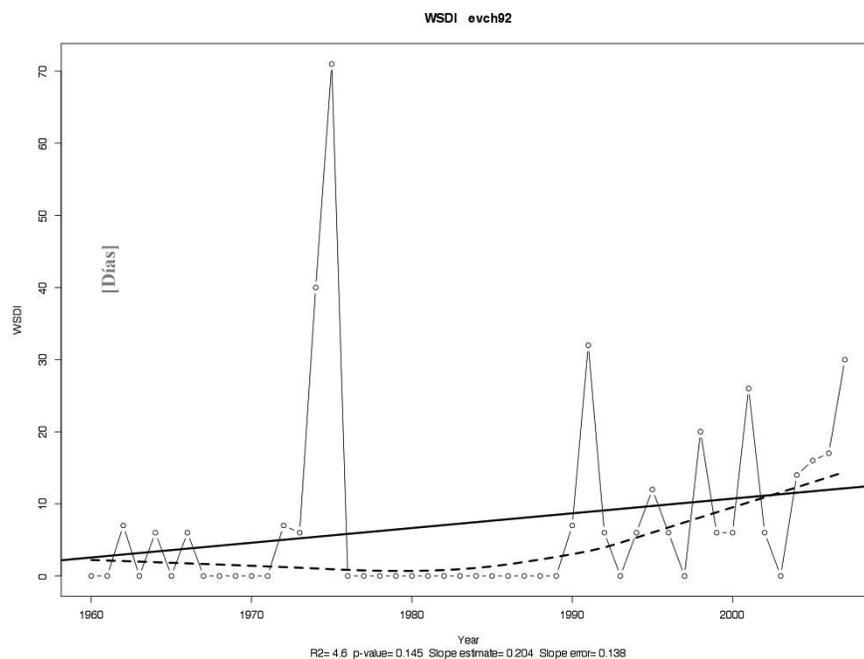
A mediados de la década de los 80 se presenta un incremento en los periodos fríos (CSDI), en cuanto a los periodos cálidos también presentan un incremento a desde los inicios de la década del 90.

Gráfica 41. CSDI (Días) Contaje anual de días fríos con por lo menos 6 días consecutivos en que $TN < 10$ th percentil



Fuente: Abt Associates

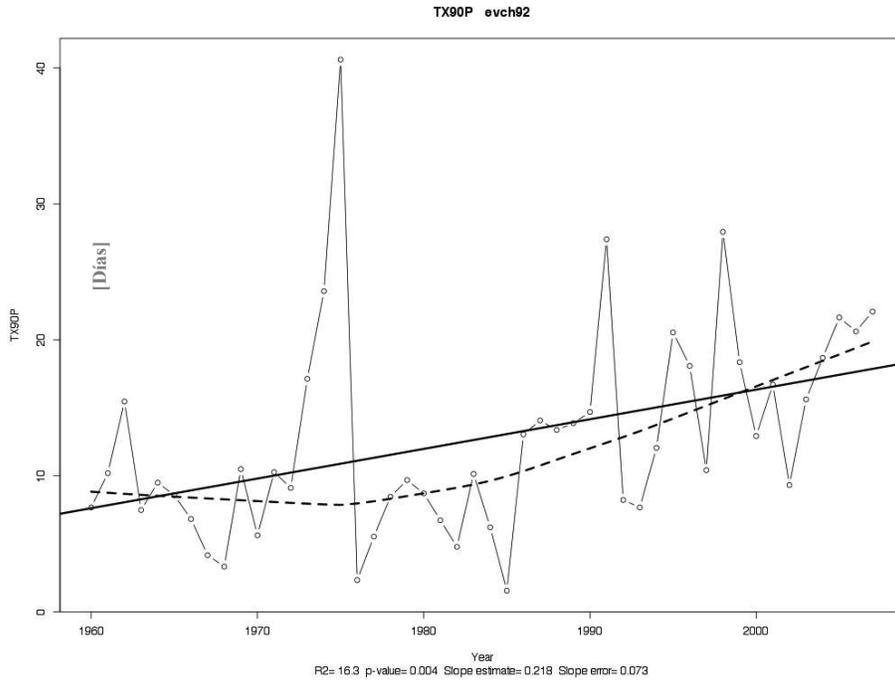
Gráfica 42. WSDI (Días) Contaje anual de días cálidos con por lo menos 6 días consecutivos en que $TX > 90$ th percentil



Fuente: Abt Associates

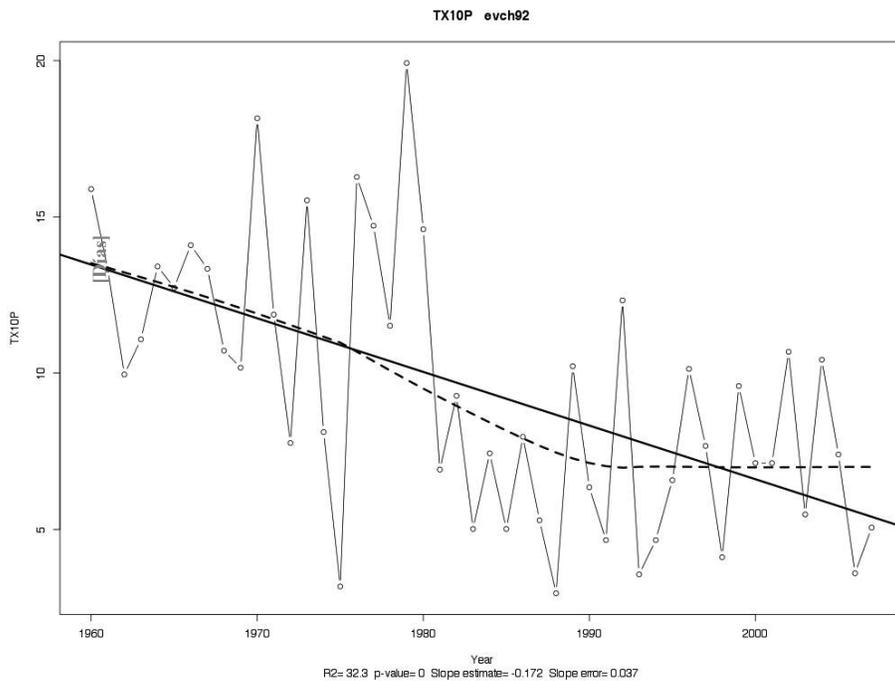
Se encontró un incremento en la frecuencia de días cálidos (TX90P) y una disminución en los días frescos (TX10P)

Gráfica 43. TX90P (Días) Porcentaje de días cuando TX>90th percentil



Fuente: Abt Associates

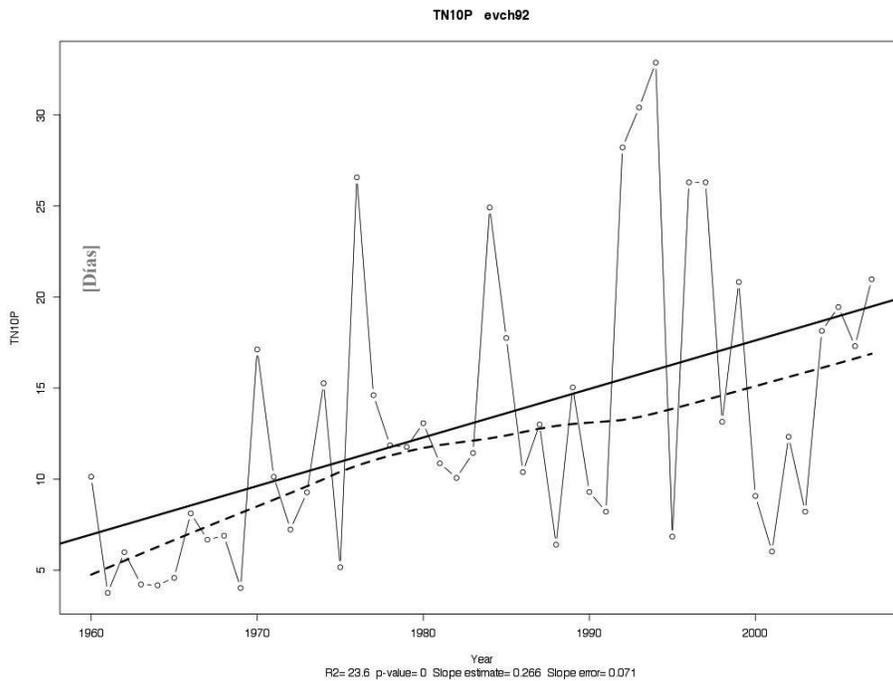
Gráfica 44. TX10P (Días) Porcentaje de días cuando TX<10th percentil



Fuente: Abt Associates

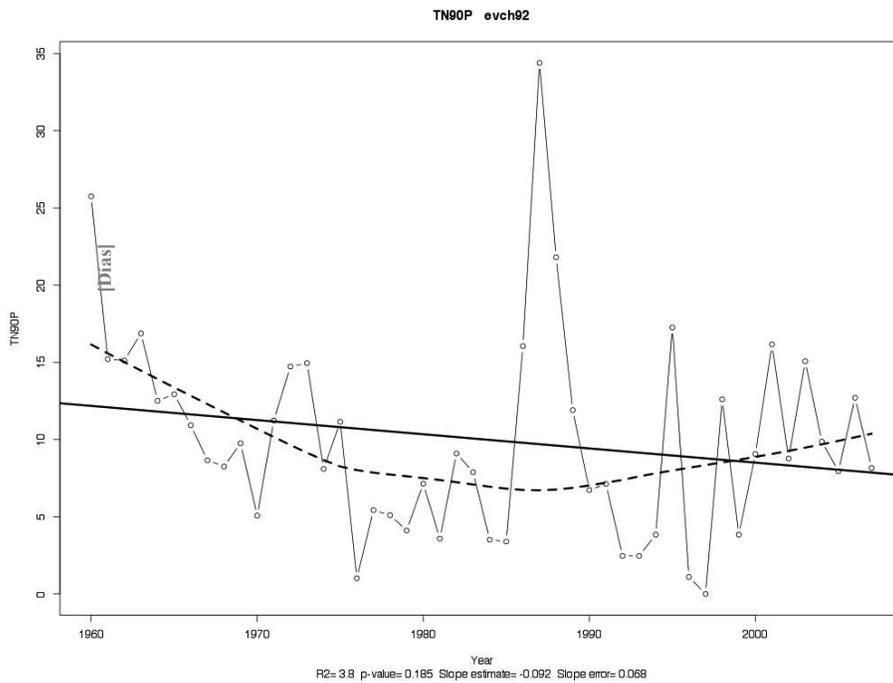
Se encontró un evidente incremento en las noches frías (TN10P) y un decrecimiento en las noches calidad (TN90P).

Gráfica 45. TN10P (Días) Porcentaje de días cuando TN < 10th percentil



Fuente: Abt Associates

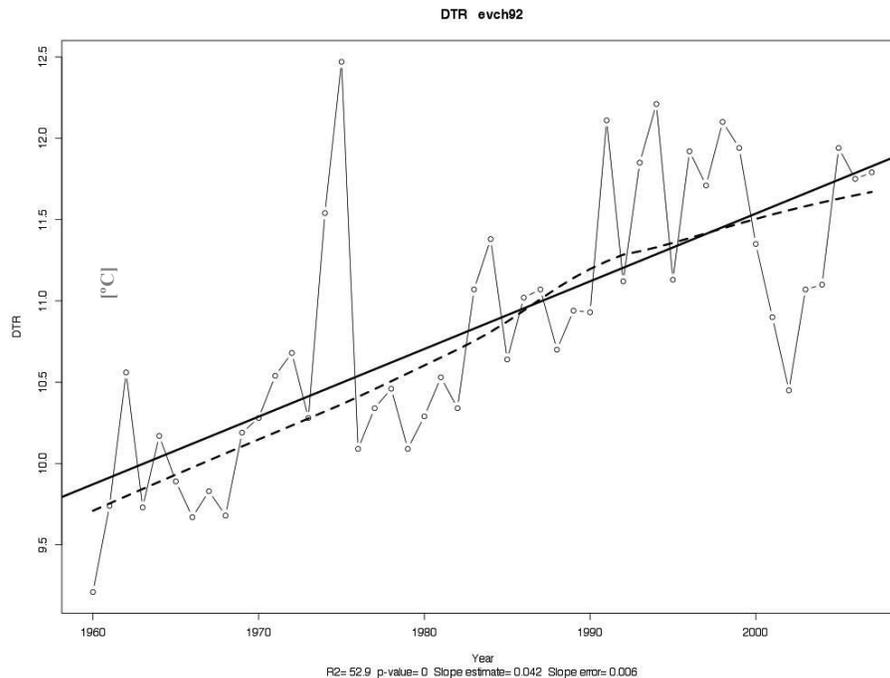
Gráfica 46. TN90P (Días) Porcentaje de días cuando TN > 90th percentil



Fuente: Abt Associates

Se encontró un aumento en el rango diurno de temperatura.

Gráfica 47.(DTR) (°C) Diferencia media mensual entre TX y TN



Fuente: Abt Associates

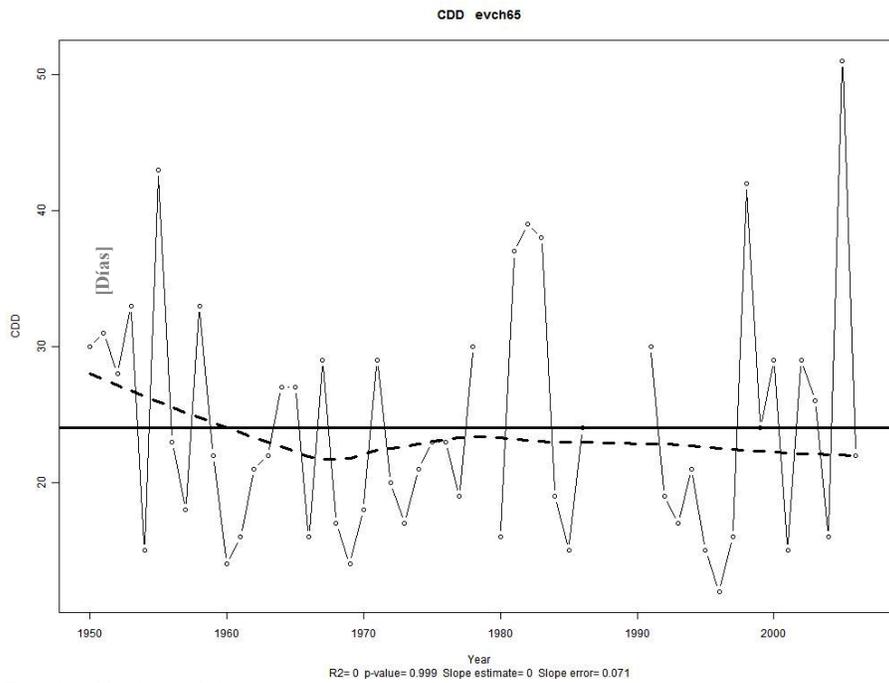
Lacandona – Comitán

Para la región se cuenta con una estación que aprobó los parámetros, construida a partir de las estaciones reales 27047 (TENOSIQUE, TENOSIQUE), 27004 (BOCA DEL CERRO (DGE), TENO) y 7085 (KM. 336, PALENQUE), esta estación se encuentra localizada sobre la región climática A (m) (Cálido húmedo).

Precipitación:

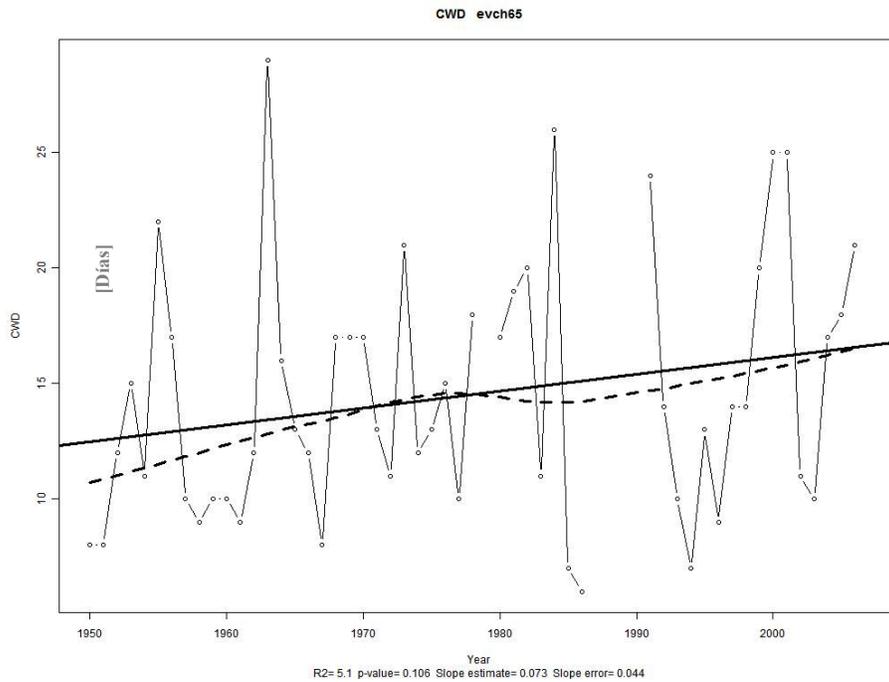
Se encontró que el número de días secos (CDD) no presenta variaciones significativas, en cuanto al número de días húmedos consecutivos se ducto un incremento de los mismos (CWD). Respecto a la precipitación anual (PRCPTOT) se encontró que viene disminuyendo significativamente.

Gráfica 48. CDD (Días) Número máximo de días consecutivos con RR<1mm



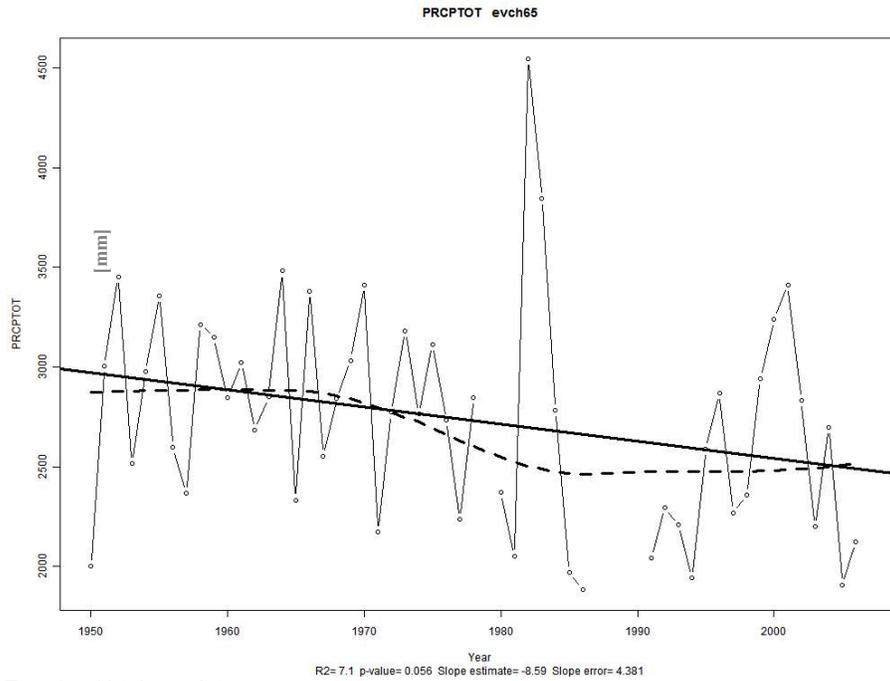
Fuente: Abt Associates

Gráfica 49. CWD (Días) Número máximo de días consecutivos con RR>=1mm



Fuente: Abt Associates

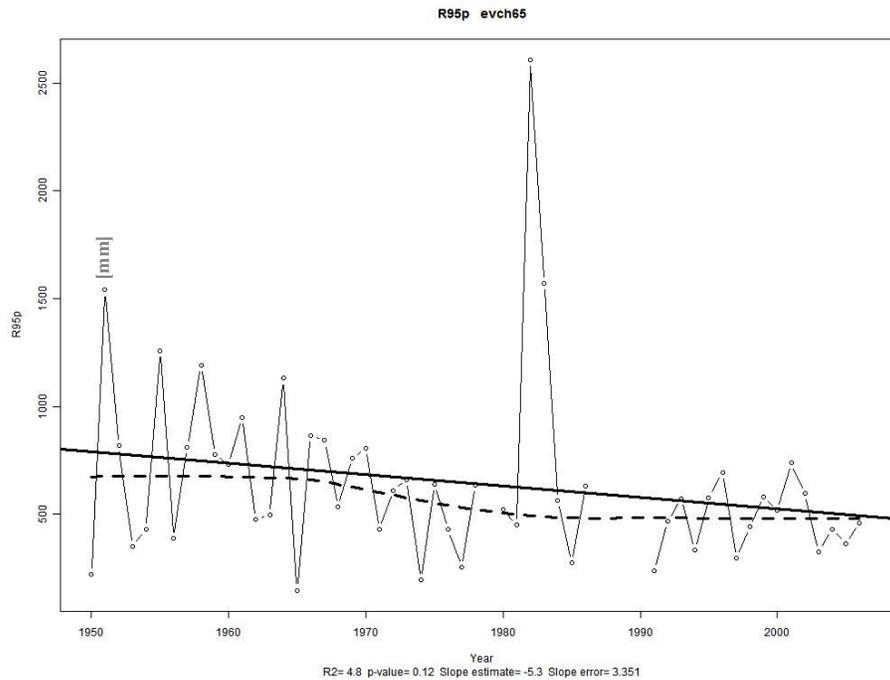
Gráfica 50. PRCPTOT (mm) Precipitación anual total en los días húmedos (RR>=1mm)



Fuente: Abt Associates

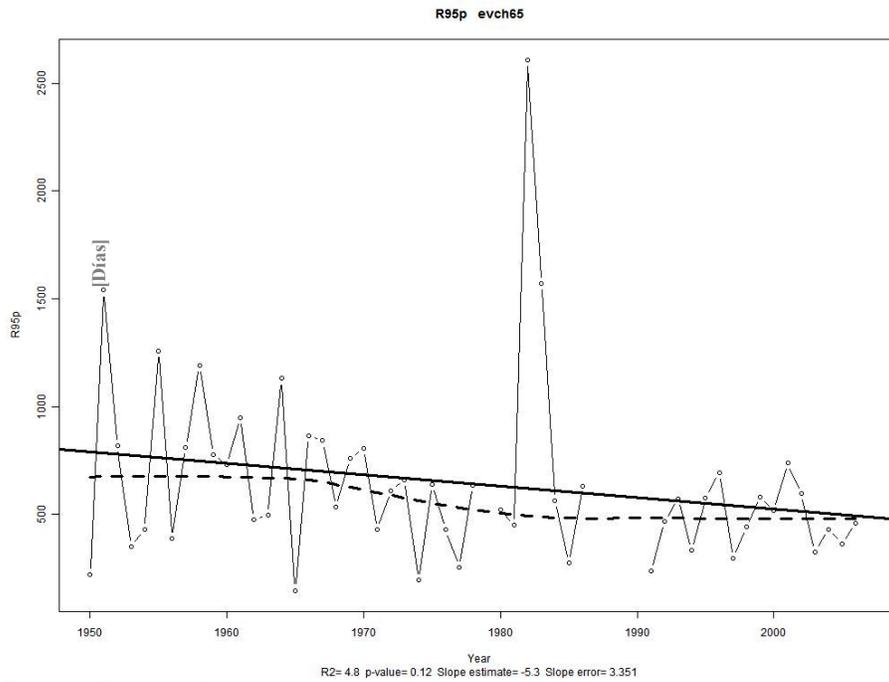
Para estación se encontró una disminución en los días húmedos(R95p) y muy húmedos (R99p).

Gráfica 51. R95P (mm) Días muy húmedos



Fuente: Abt Associates

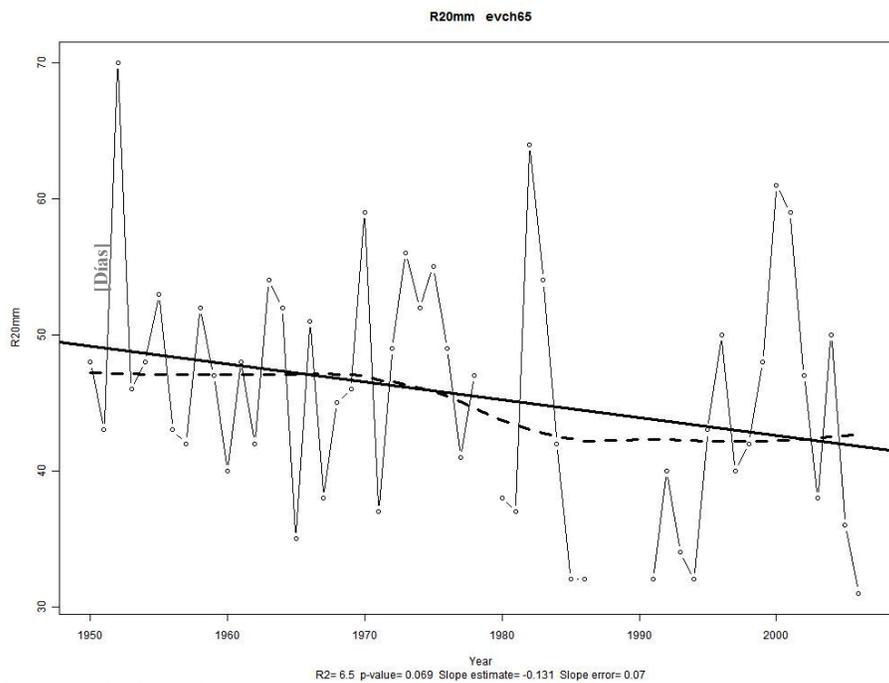
Gráfica 52. R99P (Días) Días Extremadamente húmedos



Fuente: Abt Associates

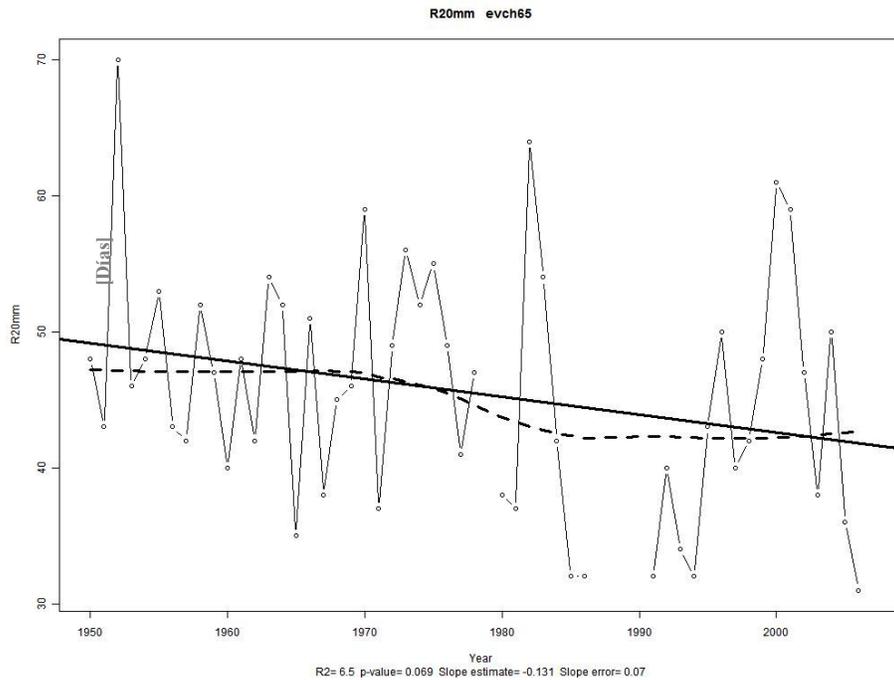
Los días con precipitaciones mayores a 10 mm y 20 mm han disminuido, en cuanto a los días con precipitaciones superiores a los 100mm se encontró un incremento en los mismos.

Gráfica 53. (Días) Número de días en un año en que PRCP >= 10mm



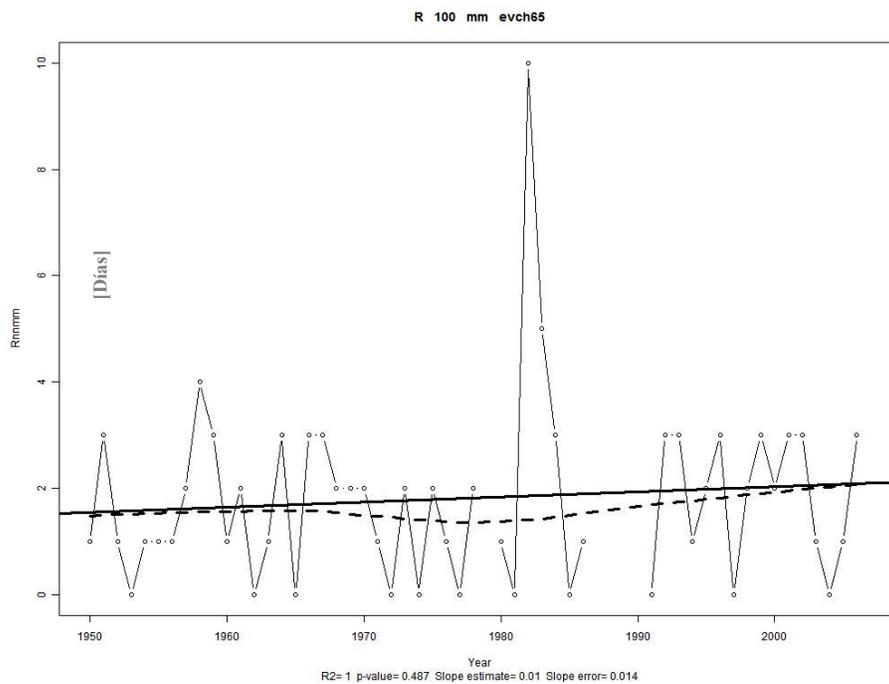
Fuente: Abt Associates

Gráfica 54. (Días) Número de días en un año en que PRCP>=20mm



Fuente: Abt Associates

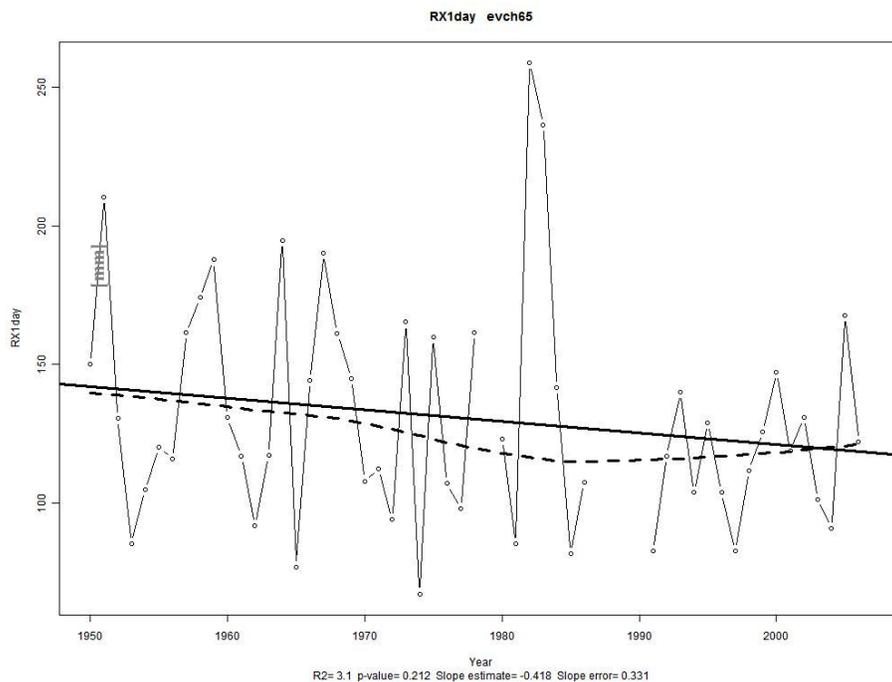
Gráfica 55. (Días) Número de días en un año en que PRCP>=100mm



Fuente: Abt Associates

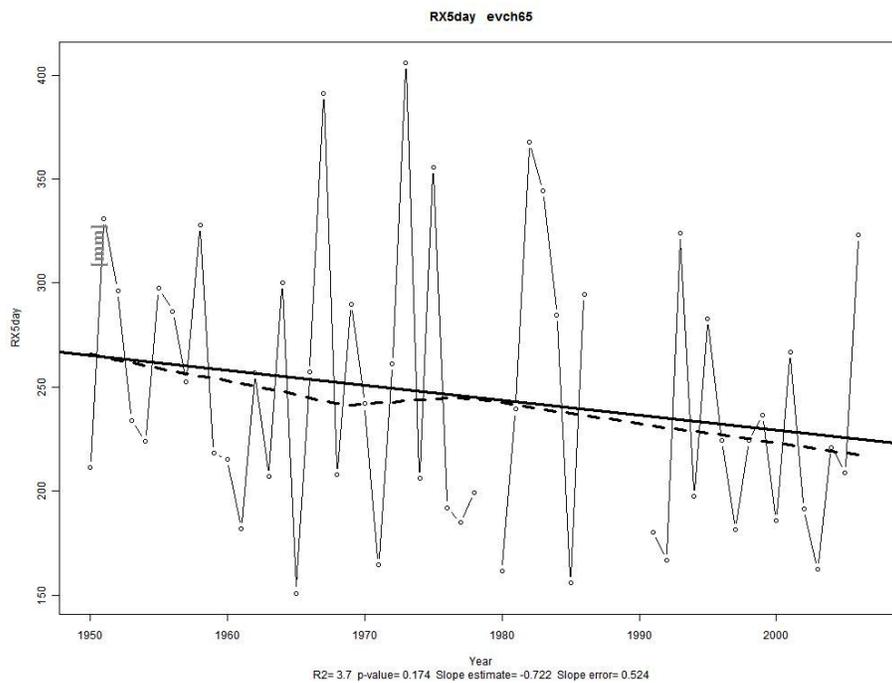
La precipitaciones máximas para 1 (RX1day) día y para 5 días (RX5day), presentan una disminución.

Gráfica 56. RX1day (mm) Máximo mensual de precipitación en 1 día



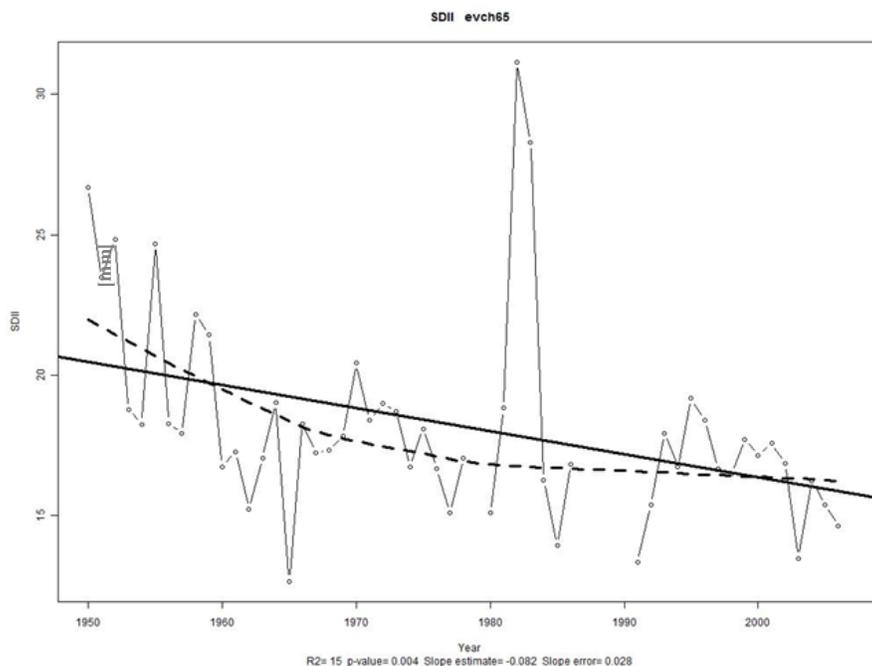
Fuente: Abt Associates

Gráfica 57. RX5day (mm) Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos (mm)



El índice de intensidad presenta una tendencia negativa ya que su valor ha ido disminuyendo como se puede observar en la gráfica.

Gráfica 58. SDII (mm) Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por PRCP >= 1.0mm) en un año

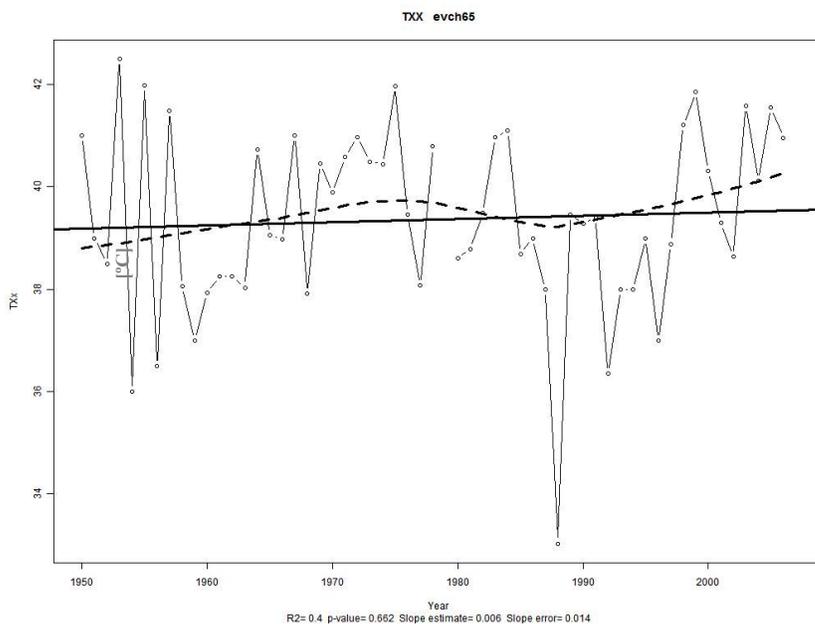


Fuente: Abt Associates

Temperatura:

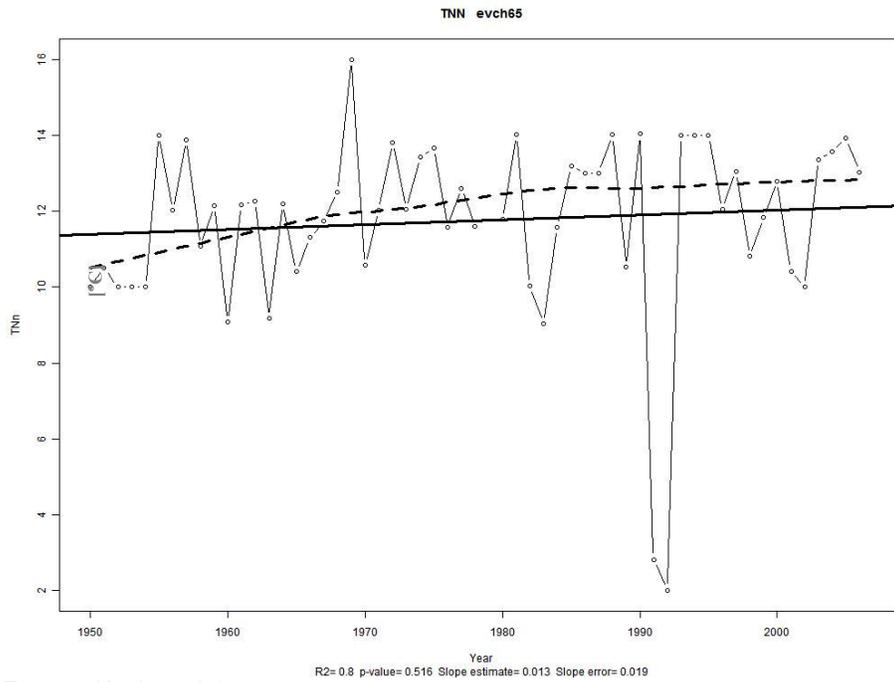
Los valores extremos de temperatura máxima y de temperatura mínima presentan incrementos en los valores de temperatura poco significativos.

Gráfica 59. TXX (°C) Temperatura Máxima Extrema



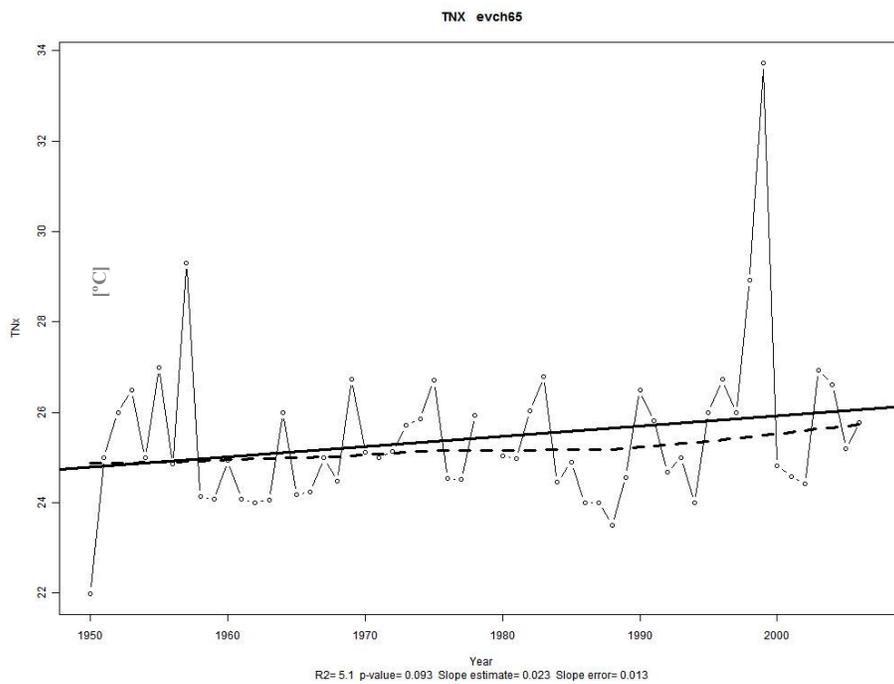
Fuente: Abt Associates

Gráfica 60. TNN (°C) Temperatura Mínima Extrema



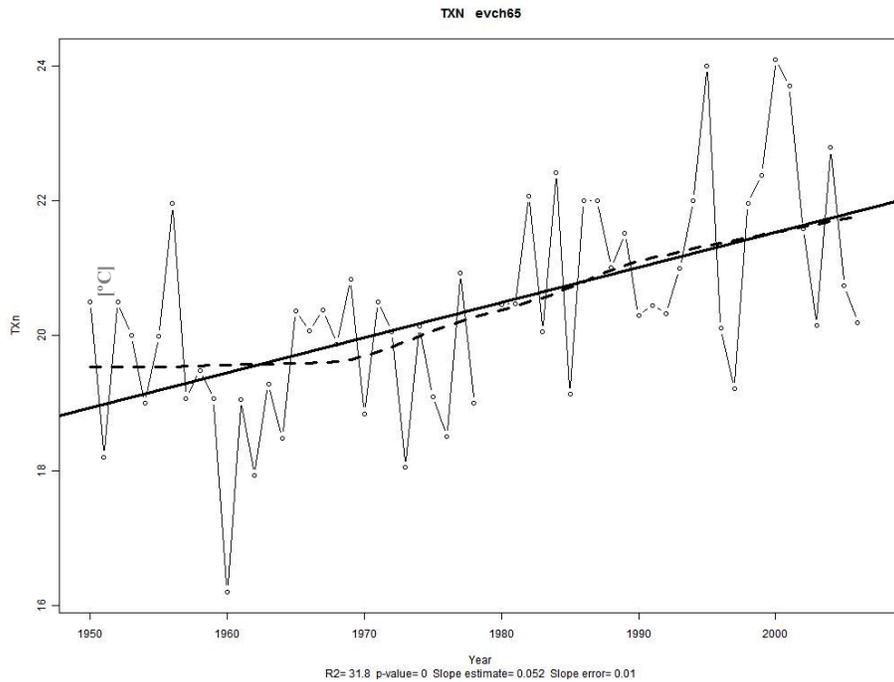
Fuente: Abt Associates

Gráfica 61. TNX (°C) Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria



Se encontró un aumento en los valores máximos de las temperatura mínimas (TNX), esta misma tendencia se encontró para los valores mínimos de las temperaturas máximas (TXN).

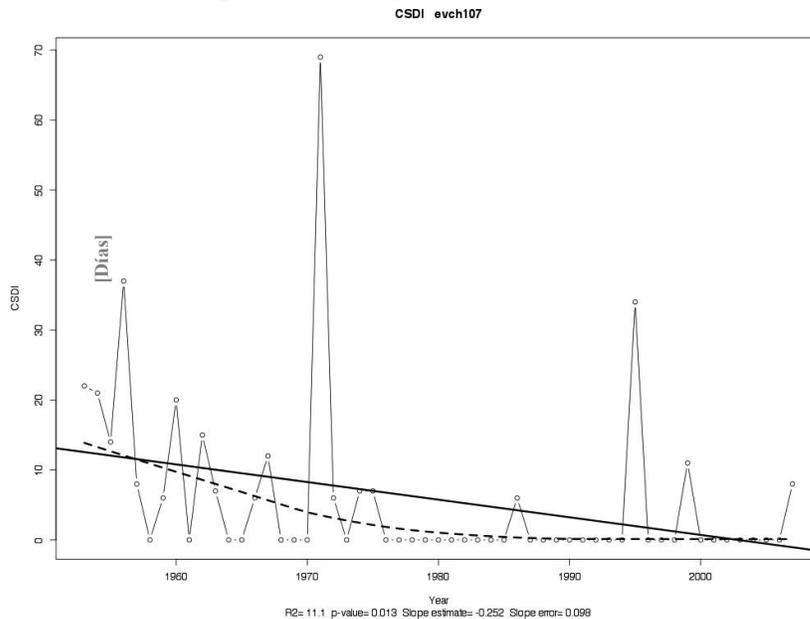
Gráfica 62. TXN (°C) Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria



Fuente: Abt Associates

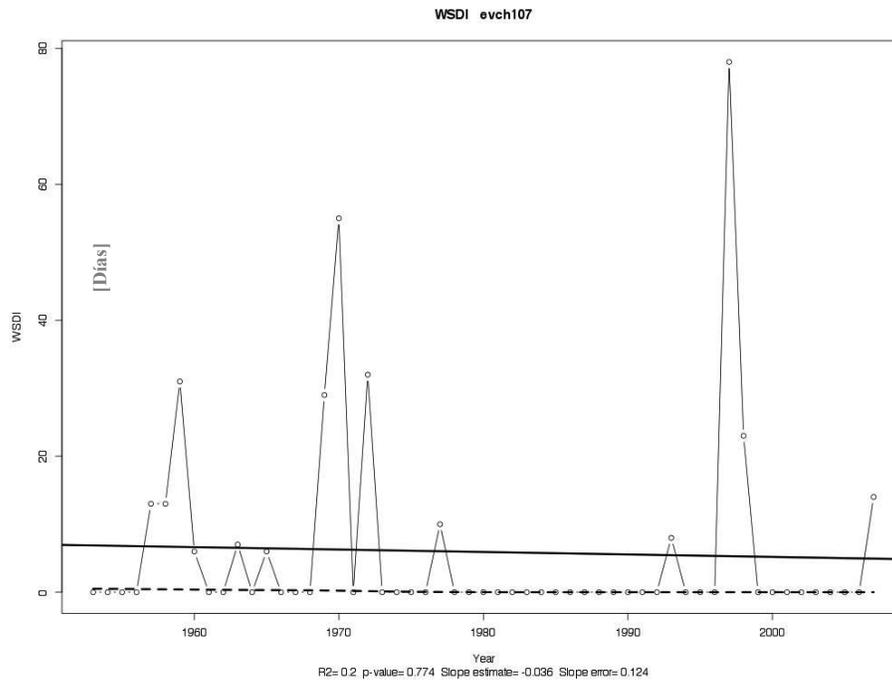
Se encontró un incremento en los periodos fríos(CSDI) y cálidos (WSDI), este incremento se puede notar desde inicios de la década de los 80.

Gráfica 63. CSDI (Días) Contaje anual de días fríos con por lo menos 6 días consecutivos en que $TN < 10$ th percentil



Fuente: Abt Associates

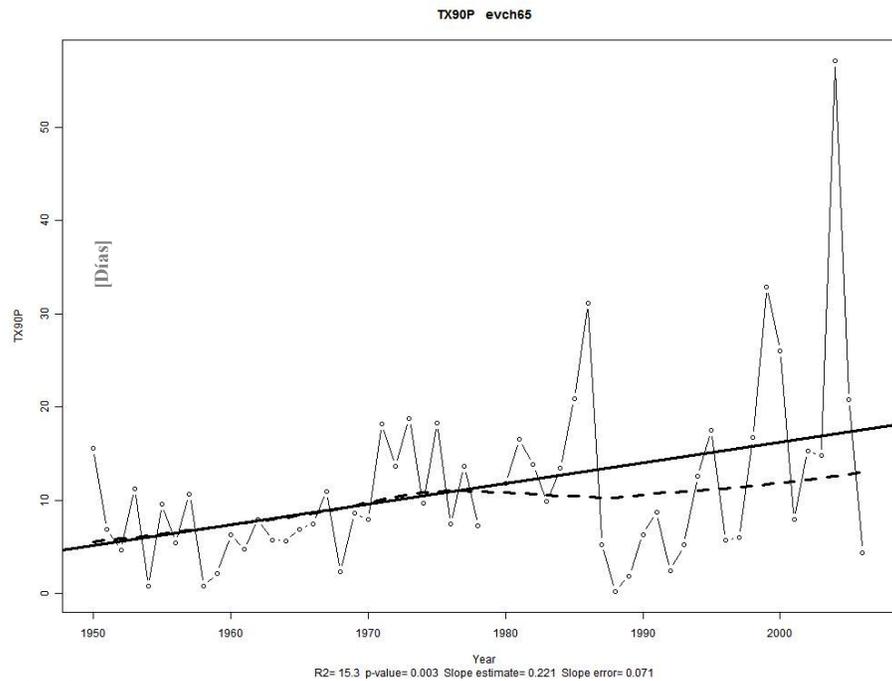
Gráfica 64. WSDI (Días) Contaje anual de días cálidos con por lo menos 6 días consecutivos en que TX>90th percentil



Fuente: Abt Associates

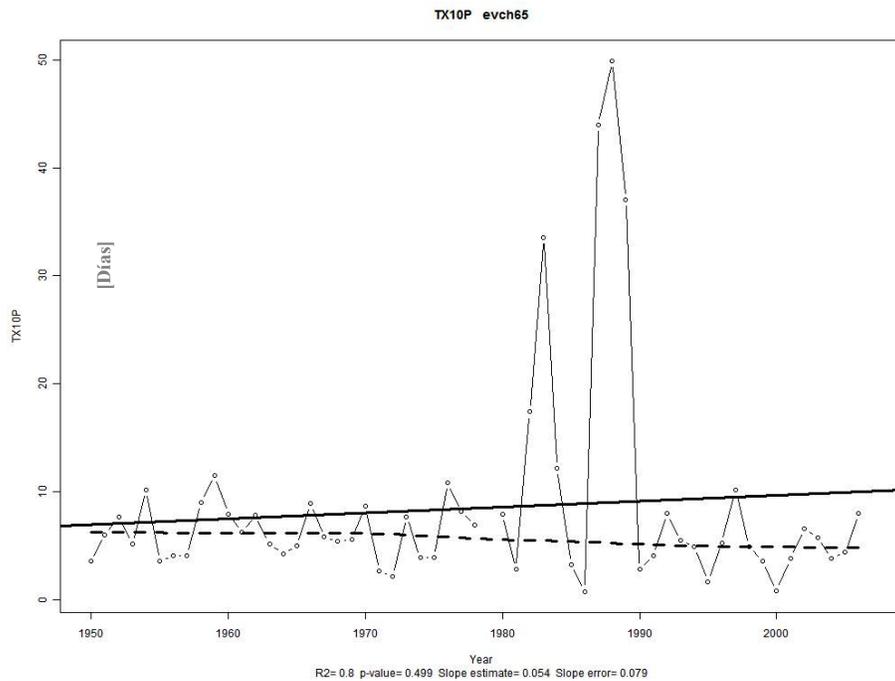
Se encontró un aumento en los días cálidos (TX90P), el índice de días frescos (TX10P) también presenta un aumento a un que no es tan significativo como el de los días cálidos.

Gráfica 65. TX90P (Días) Porcentaje de días cuando TX>90th percentil



Fuente: Abt Associates

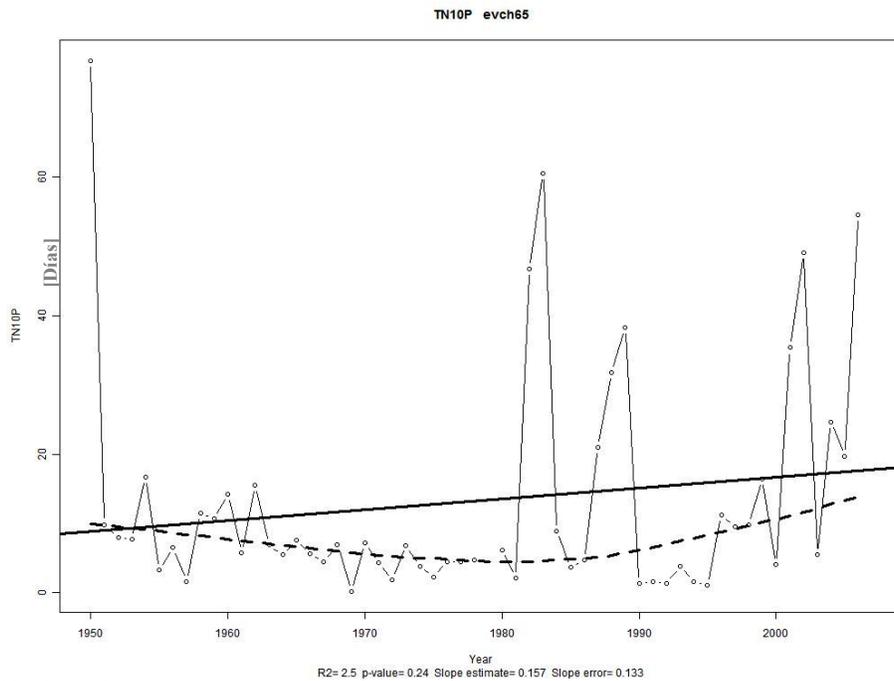
Gráfica 66. TX10P (Días) Porcentaje de días cuando TX<10th percentil



Fuente: Abt Associates

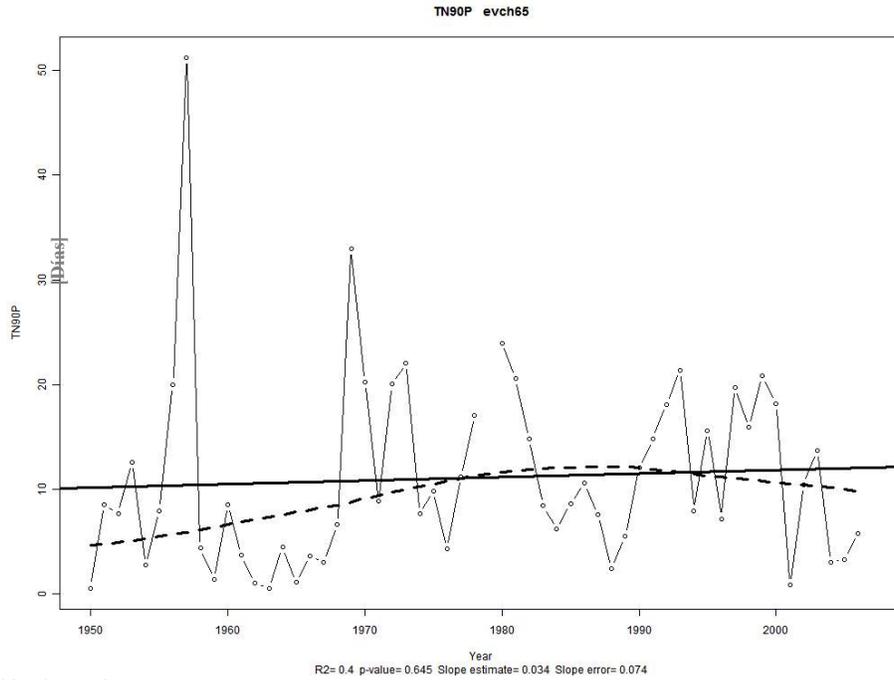
Se encontró una tendencia creciente en el número de noches frías (TN10P) y una disminución en el número de noches cálidas.

Gráfica 67. TN10P (Días) Porcentaje de días cuando TN<10th percentil



Fuente: Abt Associates

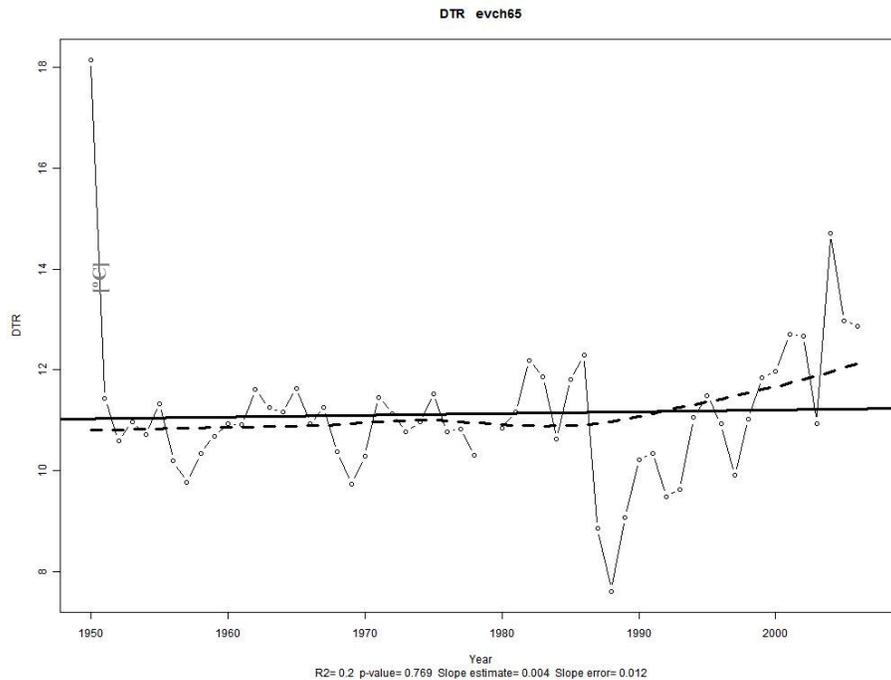
Gráfica 68. TN90P (Días) Porcentaje de días cuando TN>90th percentil



Fuente: Abt Associates

En cuanto al rango diario de temperatura no se encontraron variaciones.

Gráfica 69.(DTR) (°C) Diferencia media mensual entre TX y TN



Fuente: Abt Associates

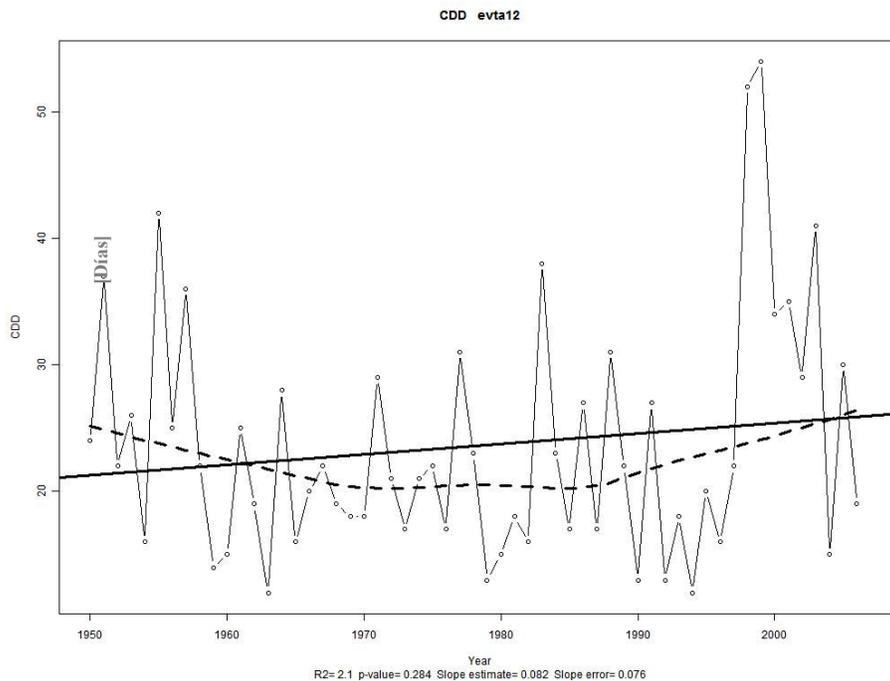
Tulijáh – Chilapa

Se cuenta con una estación que aprobó los parametros, construida a partir de las estaciones CLICOM 27030 (MACUSPANA, MACUSPANA (DGE)), 27031 (MACUSPANA, MACUSPANA (SMN)) y 27048 (TEPETITAN, MACUSPANA). Esta estación se encuentra localizada en la zona climática Am(f) (Calido húmedo).

Precipitación;

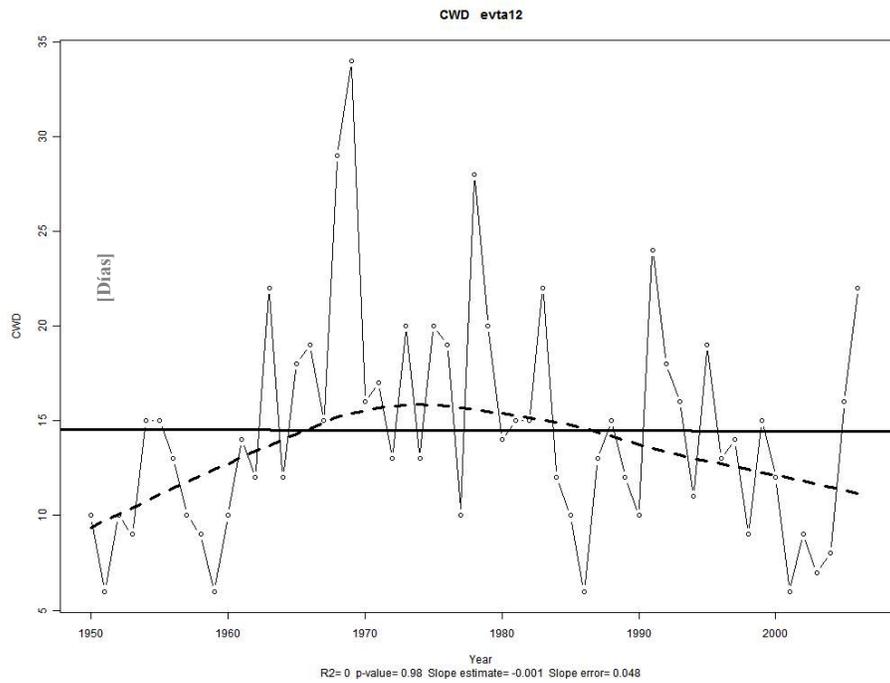
Se encontró un aumento en los días secos consecutivos (CDD), al igual que un aumento en la precipitación anual (PRCPTOT), en cuanto a los días húmedos consecutivos no se encontraron mayores variaciones.

Gráfica 80. CDD (Días) Número máximo de días consecutivos con RR<1mm



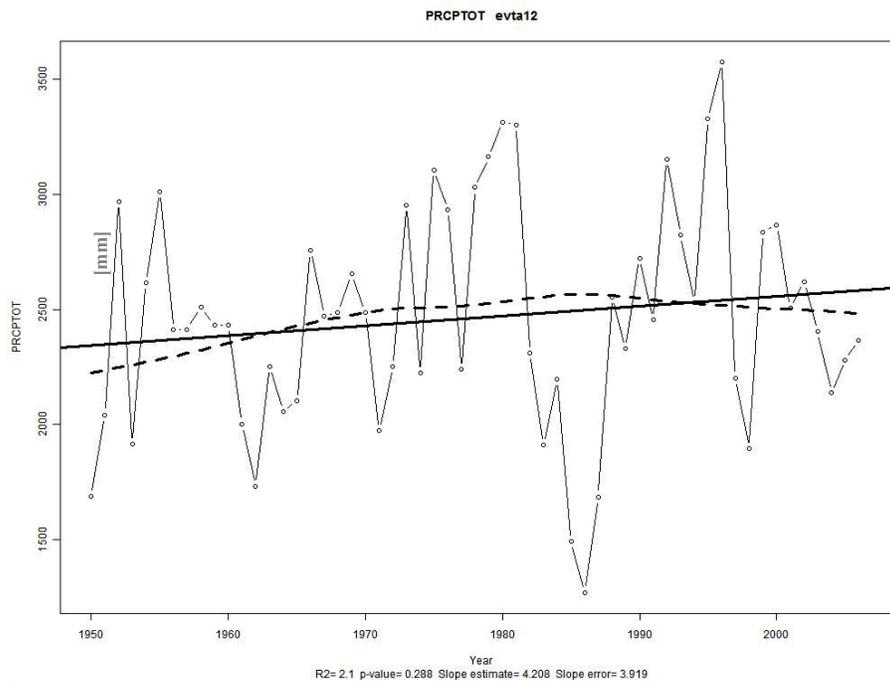
Fuente: Abt Associates

Gráfica 81. CWD (Días) Número máximo de días consecutivos con RR>=1mm



Fuente: Abt Associates

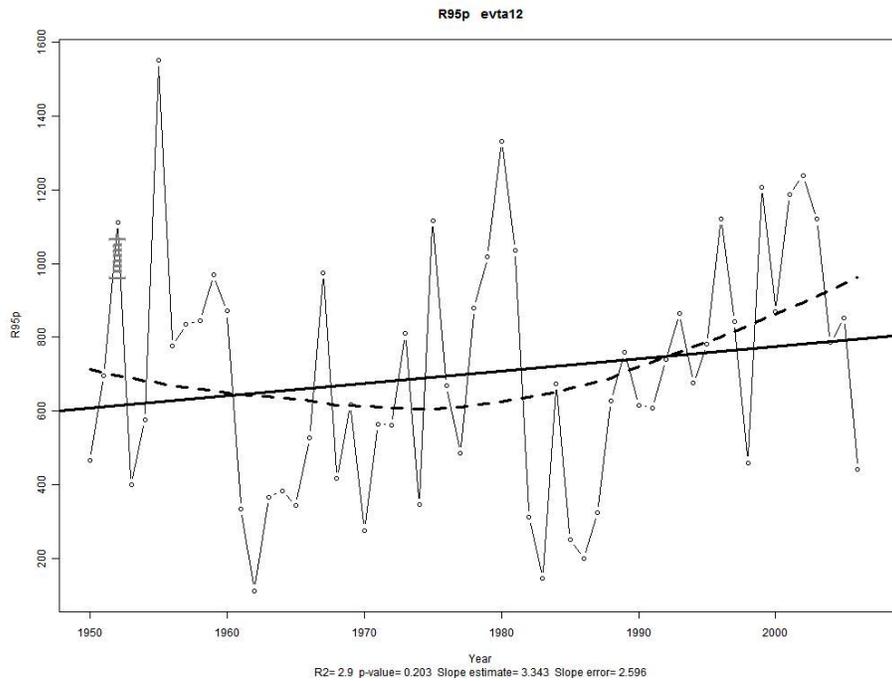
Gráfica 82. PRCPTOT (mm) Precipitación anual total en los días húmedos (RR>=1mm)



Fuente: Abt Associates

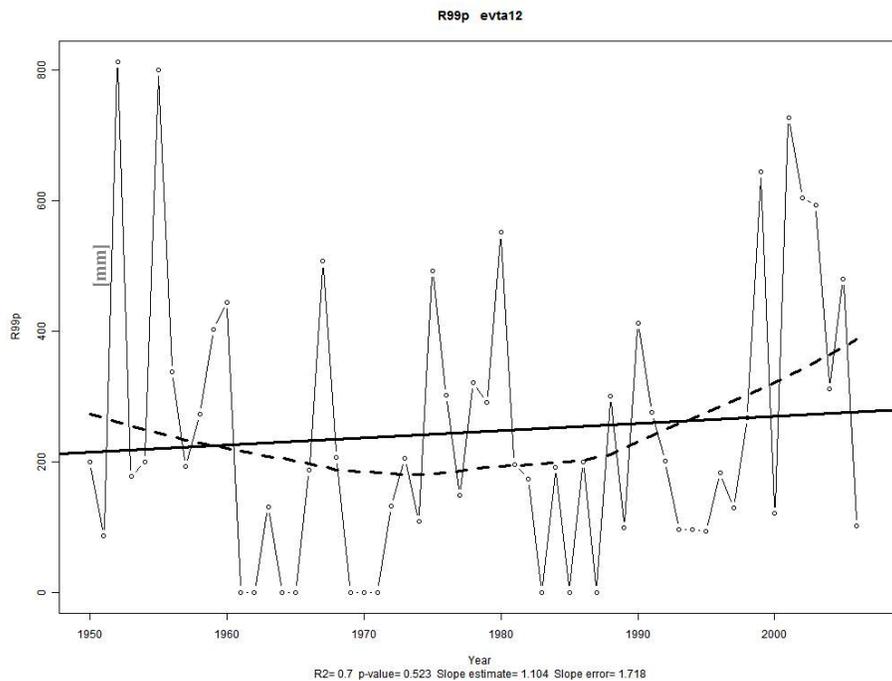
La precipitación durante los días muy húmedos (R95P) presenta un crecimiento significativo, la misma tendencia aunque no tan significativa se presenta para la precipitación registrada durante los días extremadamente húmedos (R99P).

Gráfica 83. R95P (mm) Días muy húmedos



Fuente: Abt Associates

Gráfica 84. R99P (mm) Días Extremadamente húmedos

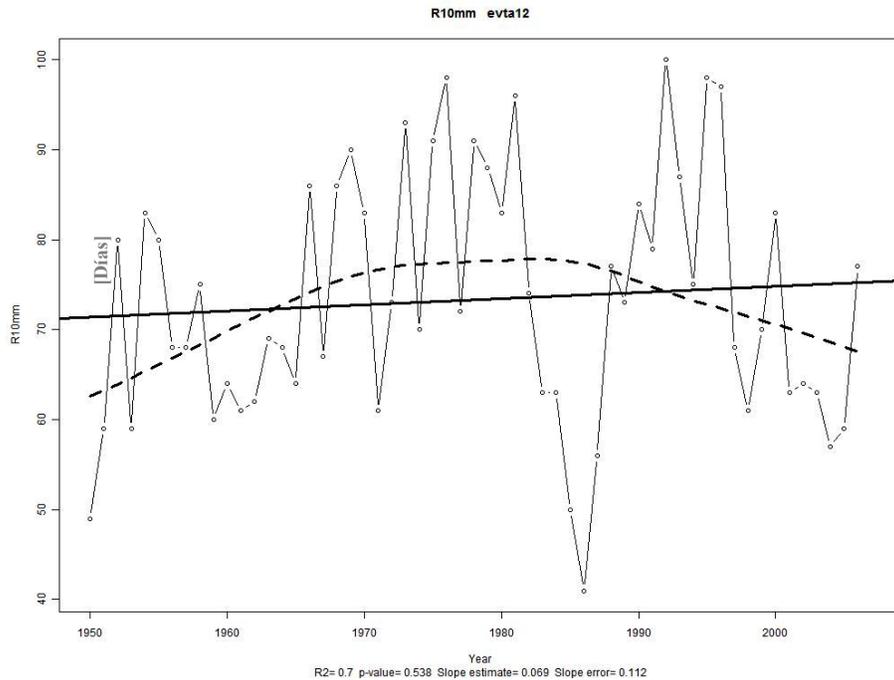


Fuente: Abt Associates

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

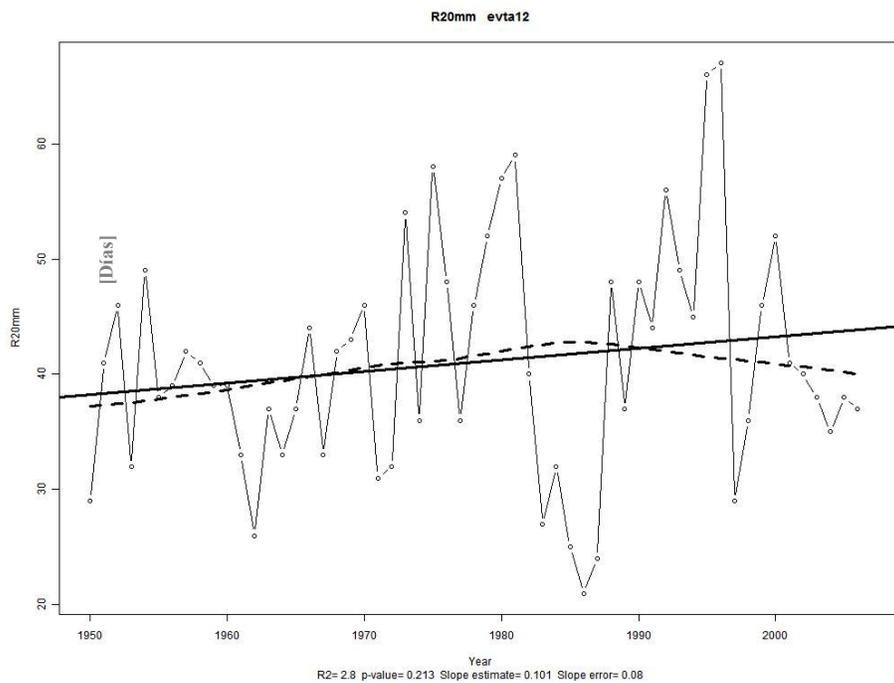
Se encontró un incremento en las precipitaciones mayores 10mm, 20mm y 100 mm, siendo la más significativa de estas las precipitaciones mayores a 20 mm.

Gráfica 85. (Días) Número de días en un año en que PRCP>=10mm



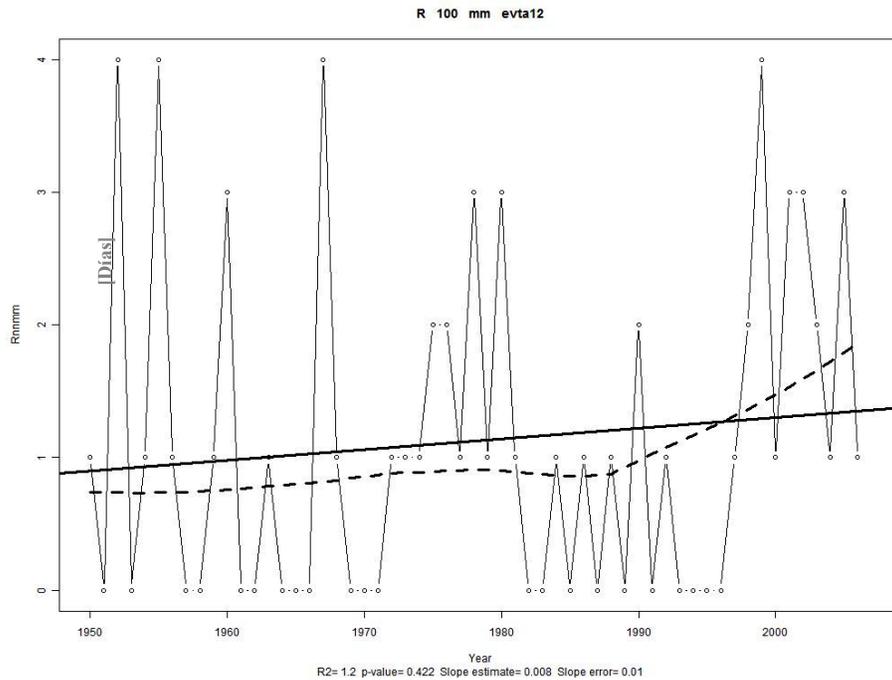
Fuente: Abt Associates

Gráfica 86. (Días) Número de días en un año en que PRCP>=20mm



Fuente: Abt Associates

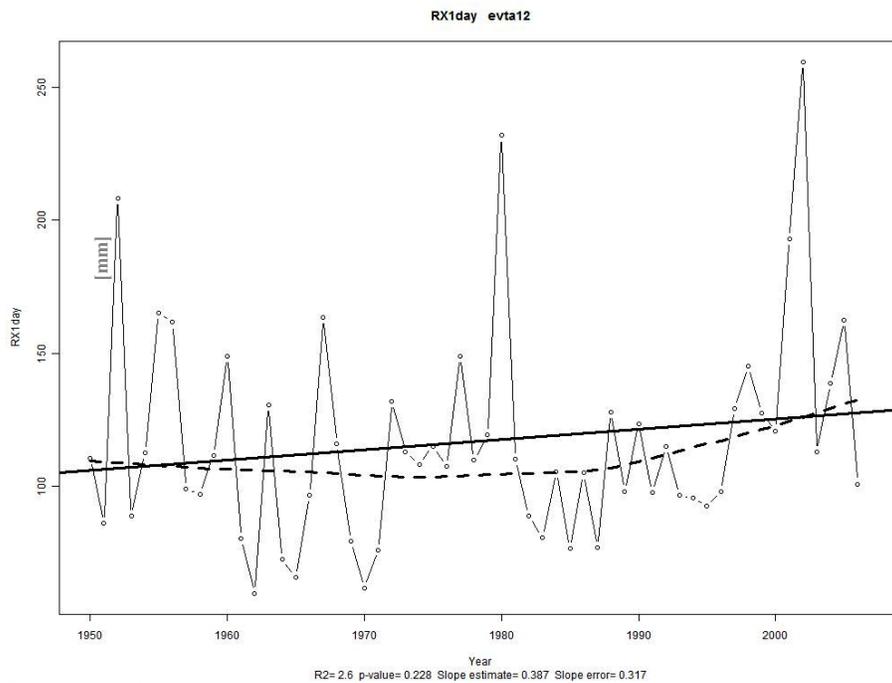
Gráfica 87. (Días) Número de días en un año en que PRCP>=100mm



Fuente: Abt Associates

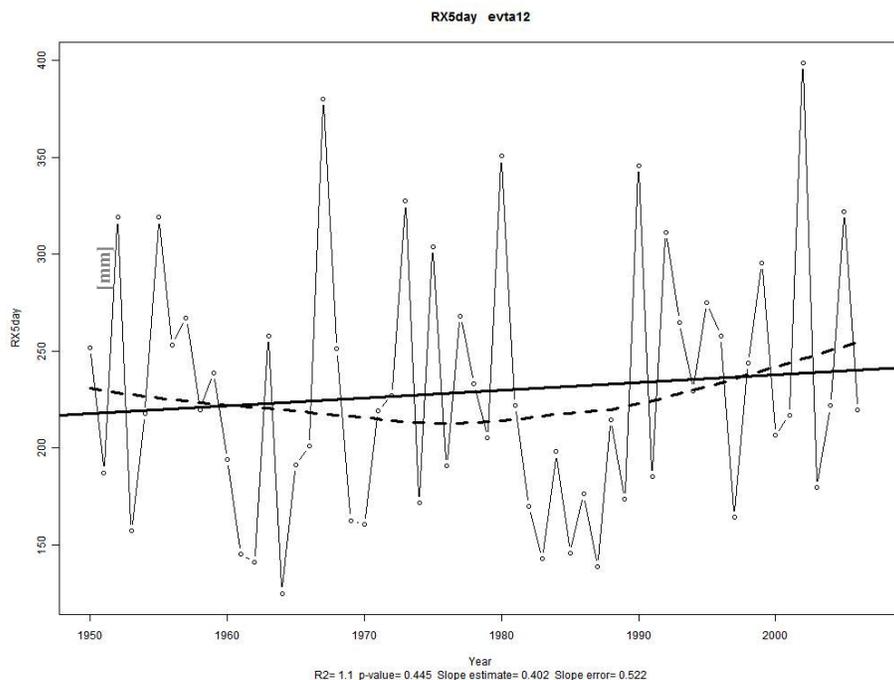
Los valores máximos de precipitación en 1 día (RX1day) y en 5 días (RX5day)

Gráfica 88. RX1day (mm) Máximo mensual de precipitación en 1 día



Fuente: Abt Associates

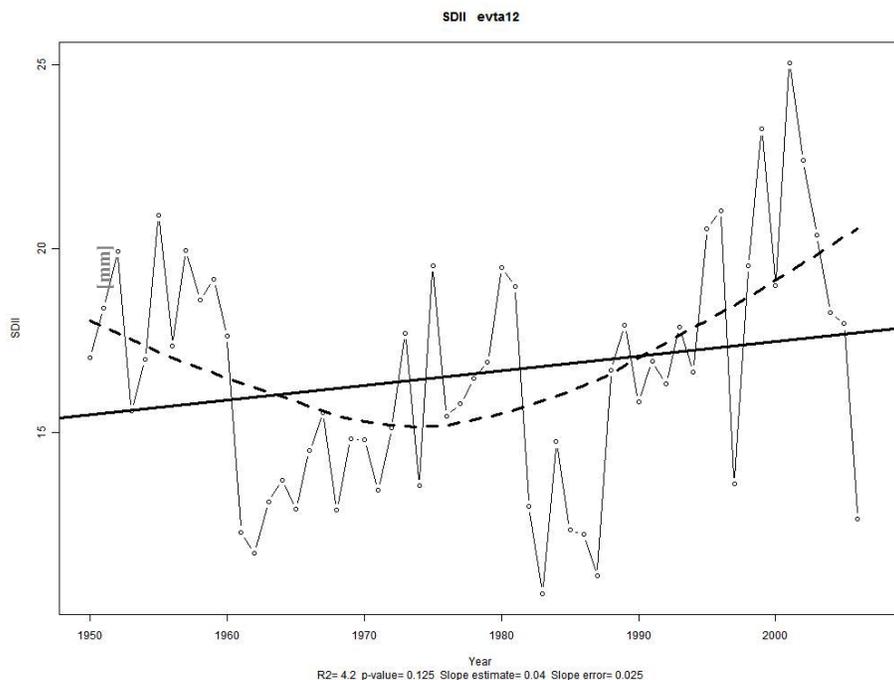
Gráfica 89. RX5day (mm) Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos



Fuente: Abt Associates

Se encontró un crecimiento en el índice de intensidad diaria.

Gráfica 90. SDII (mm) Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por PRCP>=1.0mm) en un año

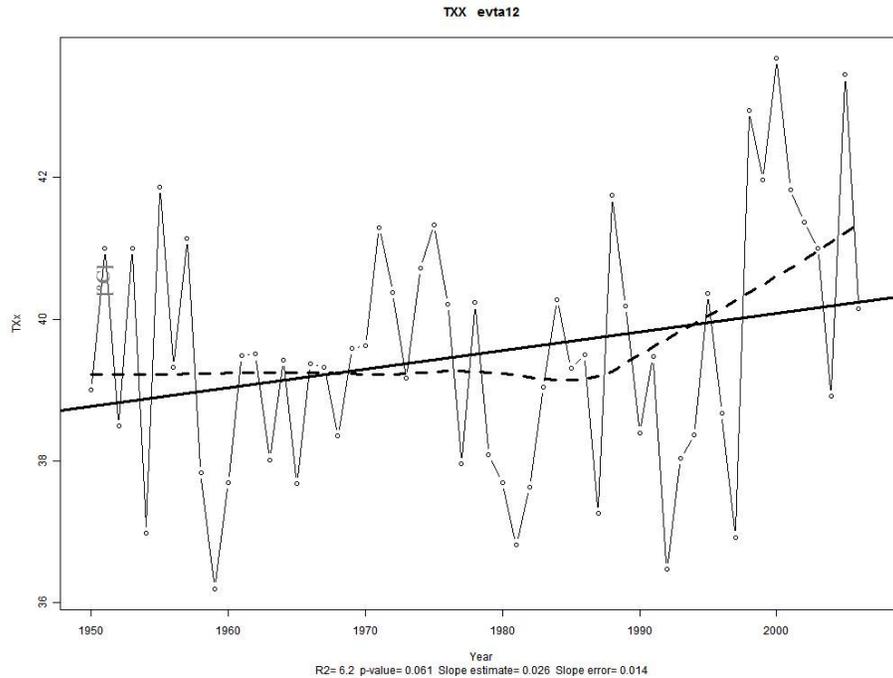


Fuente: Abt Associates

Temperatura:

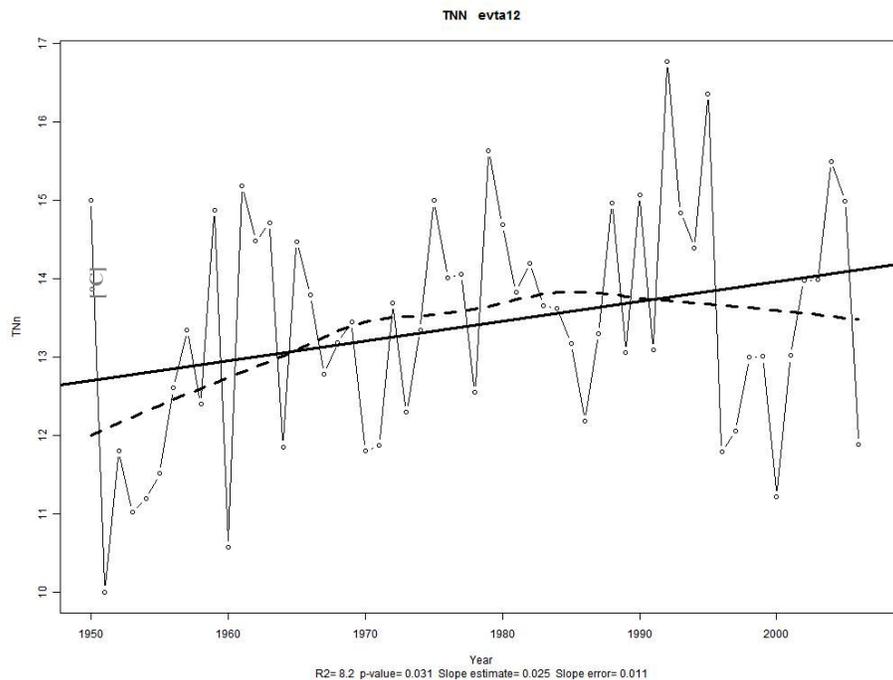
Se puede observar un incremento de temperatura para los valores extremos de temperatura máxima (TXX) y de temperatura mínima (TNN).

Gráfica 91. TXX (°C) Temperatura Máxima Extrema



Fuente: Abt Associates

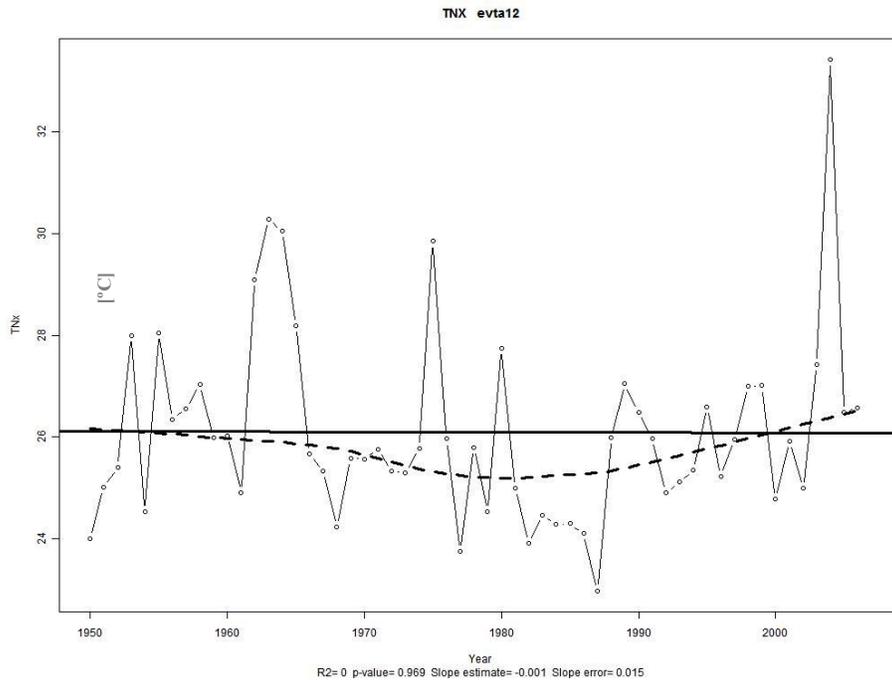
Gráfica 92. TNN (°C) Temperatura Mínima Extrema



Fuente: Abt Associates

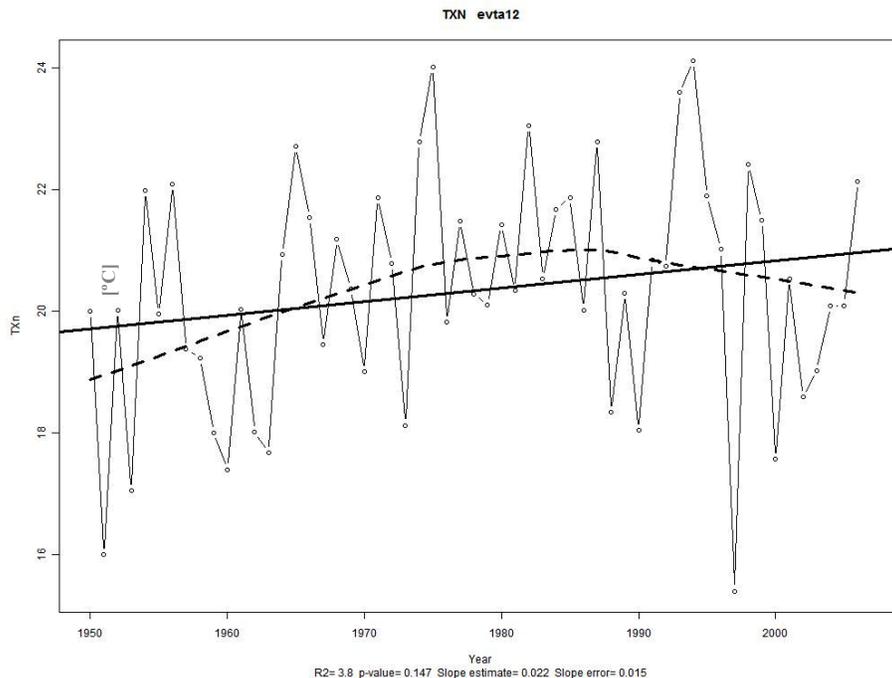
El valor máximo de temperatura mínima (TNX) no presenta variaciones significativas, en cuanto al valor mínimo de la temperatura máxima (TXN) se encontró una tendencia al aumento de este valor.

Gráfica 93. TNX (°C) Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria



Fuente: Abt Associates

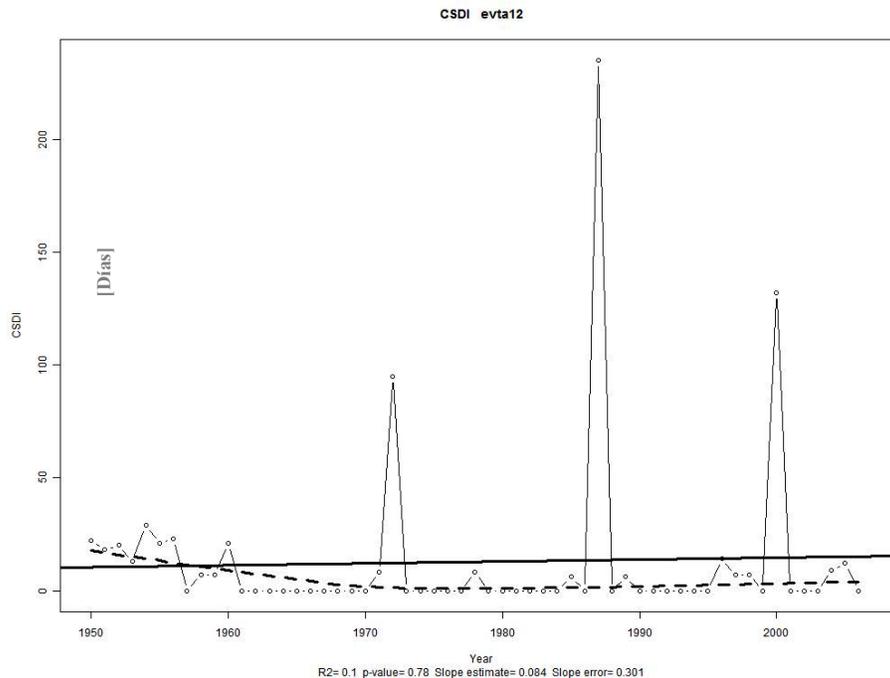
Gráfica 94. TXN (°C) Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria



Fuente: Abt Associates

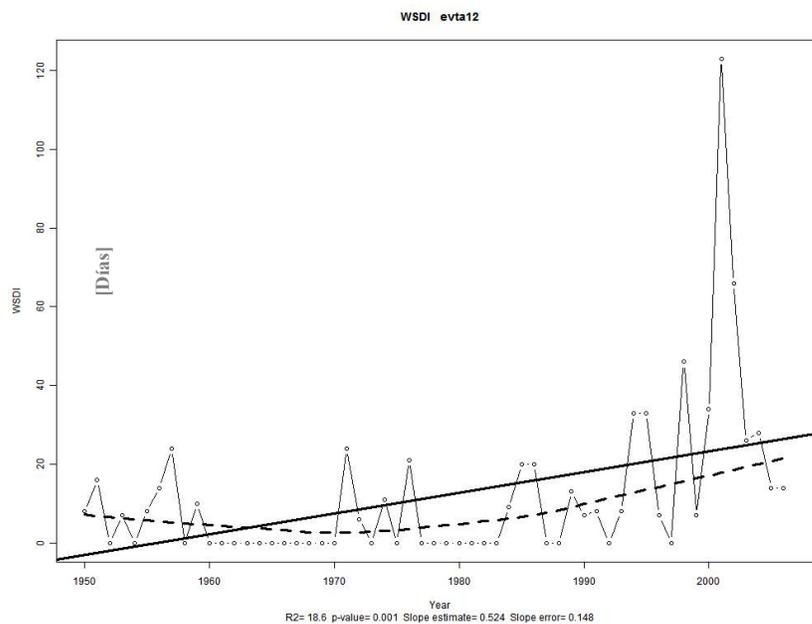
Se encontró un leve incremento en los días fríos consecutivos (CSDI), los días cálidos consecutivos (WSDI) presentan un incremento desde mediados de la década de los 80.

Gráfica 95. CSDI (Días) Contaje anual de días fríos con por lo menos 6 días consecutivos en que $TN < 10$ th percentil



Fuente: Abt Associates

Gráfica 96. WSDI (Días) Contaje anual de días cálidos con por lo menos 6 días consecutivos en que $TX > 90$ th percentil

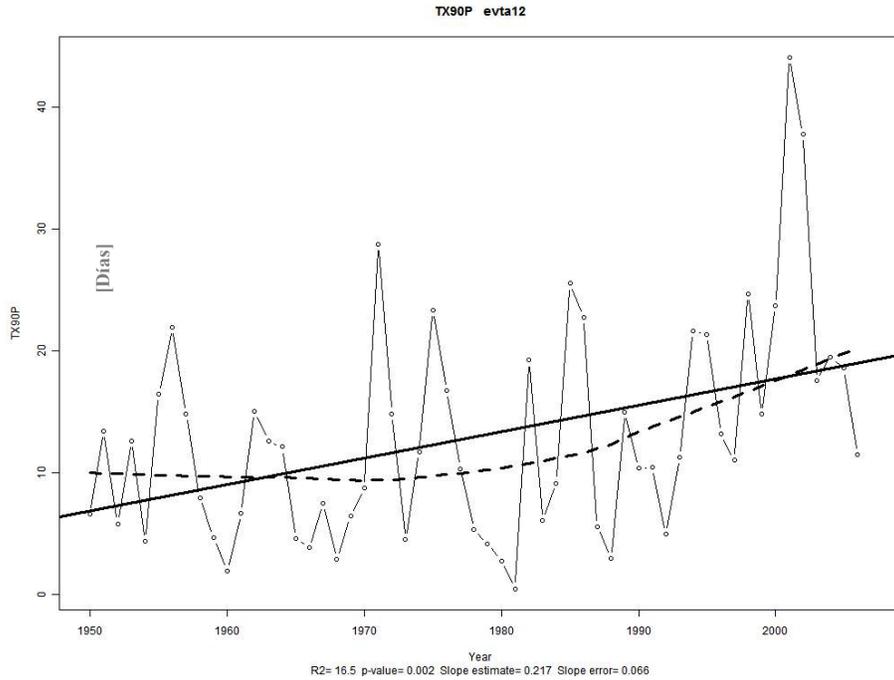


Fuente: Abt Associates

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

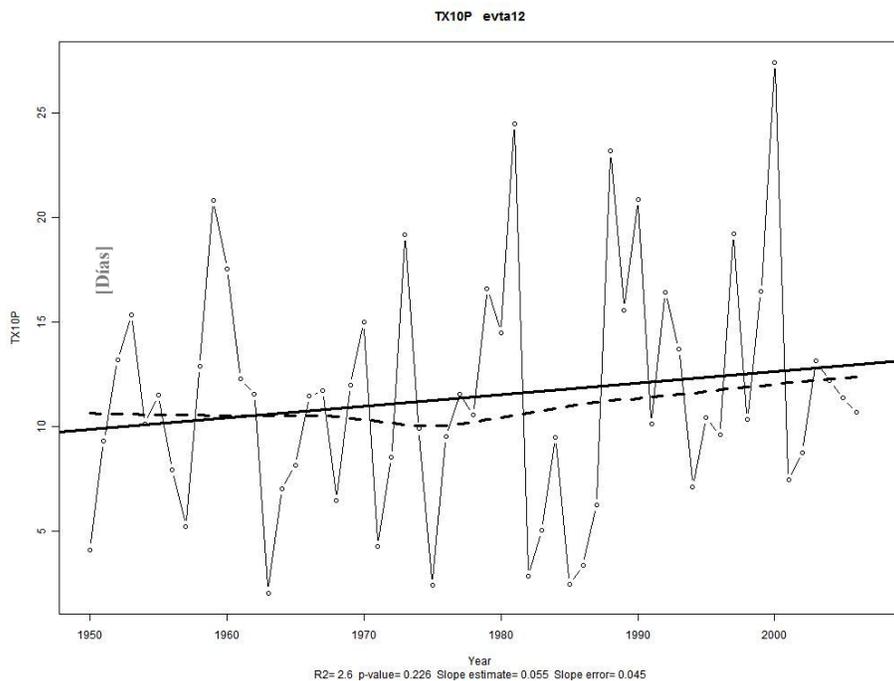
Los días cálidos presentan un leve incremento (TX90P), los días frescos (TX10P) presentan un mayor incremento que los días cálidos.

Gráfica 97. TX90P (Días) Porcentaje de días cuando TX>90th percentil



Fuente: Abt Associates

Gráfica 98. TX10P (Días) Porcentaje de días cuando TX<10th percentil

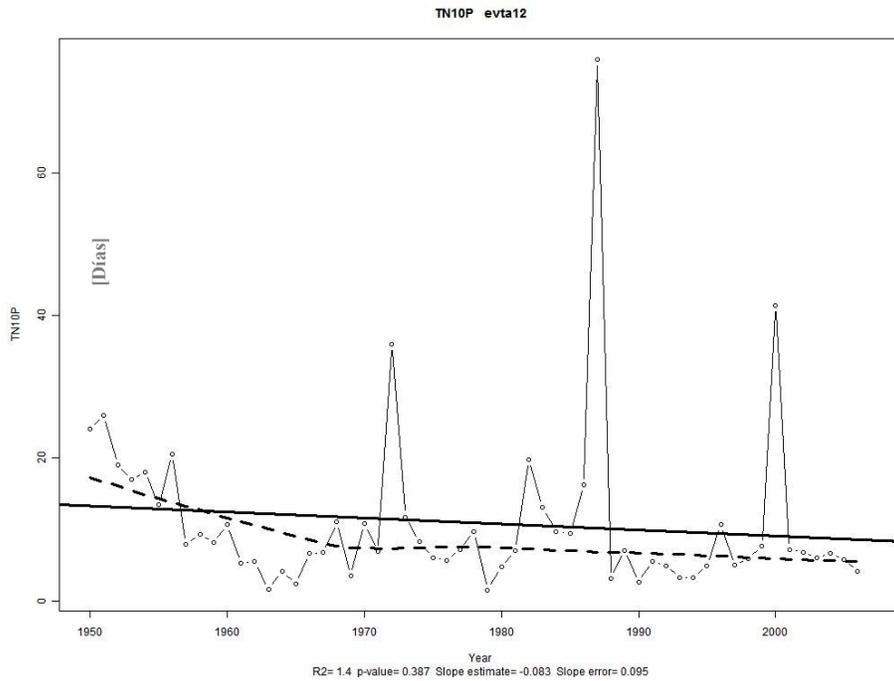


Fuente: Abt Associates

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

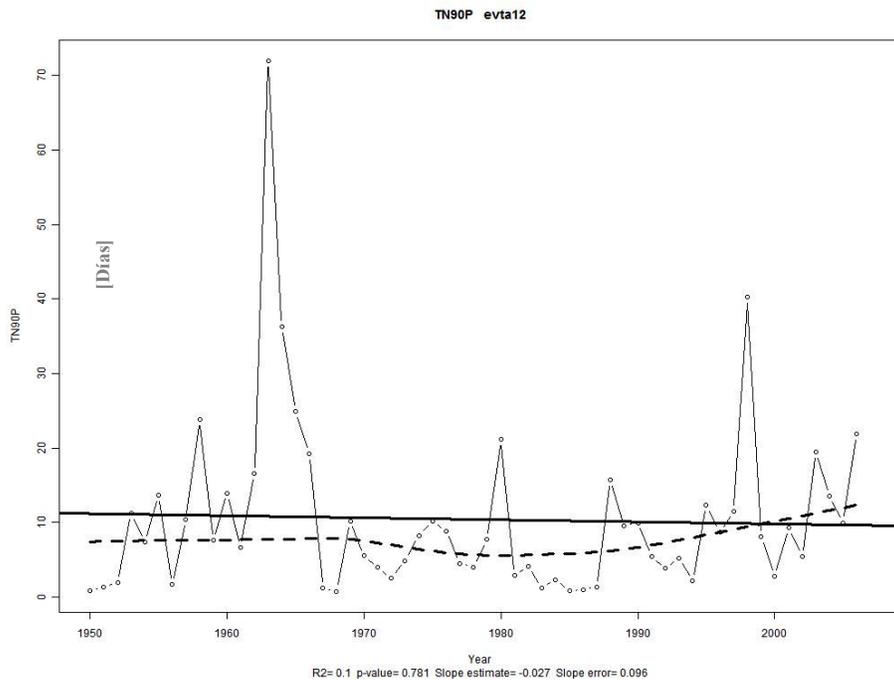
os indicadores de noches frías (TN10P) y de noches cálidas (TN90P), presentan una tendencia descendente.

Gráfica 99. TN10P (Días) Porcentaje de días cuando TN<10th percentil



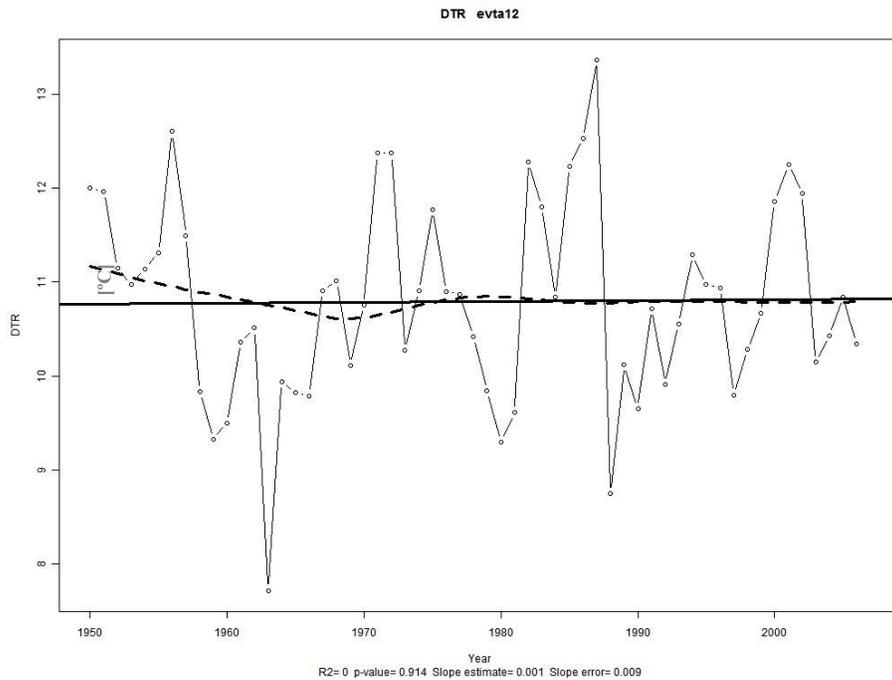
Fuente: Abt Associates

Gráfica 100. TN90P (Días) Porcentaje de días cuando TN>90th percentil



Fuente: Abt Associates

Gráfica 101.(DTR) (°C) Diferencia media mensual entre TX y TN



Fuente: Abt Associates

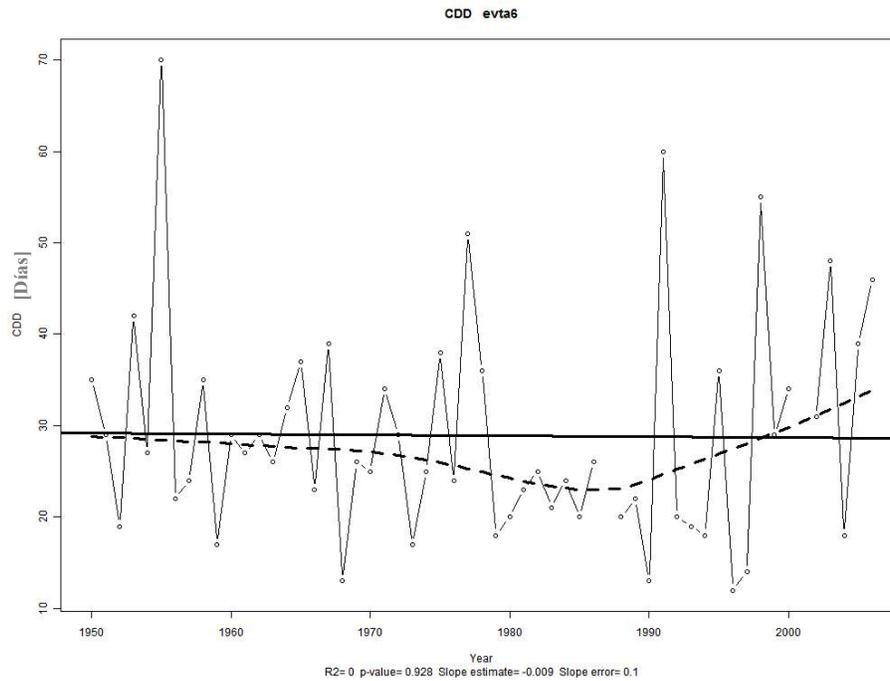
Bajo Grijalva

En la zona del Bajo Grijalva, la estación que aprobó la evaluación, se construyó a partir de los datos de las estaciones CLICOM 27020 (JALPA DE MENDEZ, JALPA), 27034 (PARAISO, PARAISO (DGE)) y 27054 (VILLAHERMOSA, CENTRO (DGE)).

Precipitación:

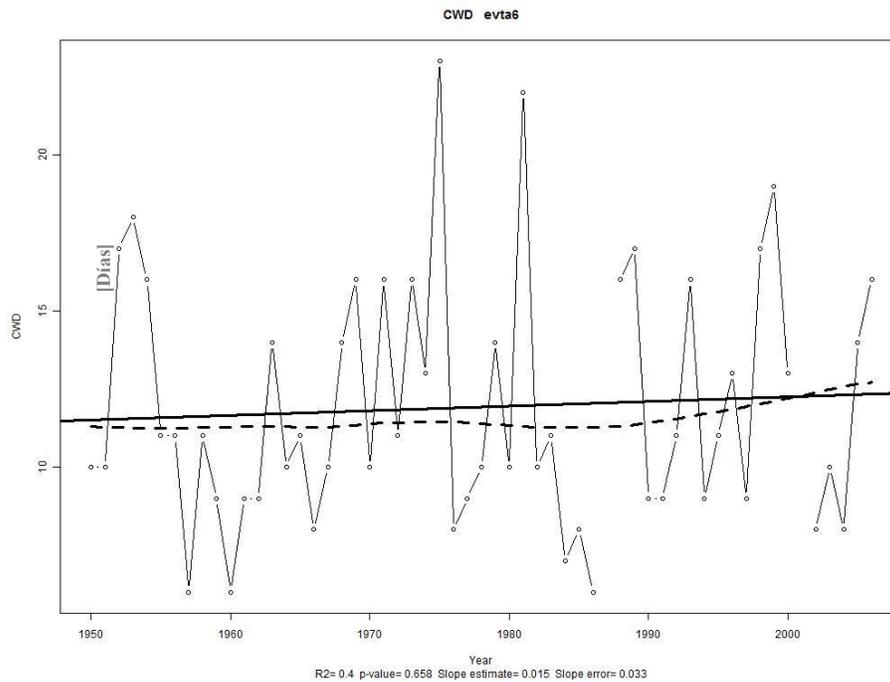
El número de días secos consecutivos (CDD) no presentan mayores variaciones por lo cual no se puede establecer una tendencia, el número de días húmedos consecutivos (CWD) presentan un incremento poco significativo. Respecto a la precipitación anual (PRCPTOT) se encontró una tendencia creciente.

Gráfica 102. CDD (Días) Número máximo de días consecutivos con RR<1mm



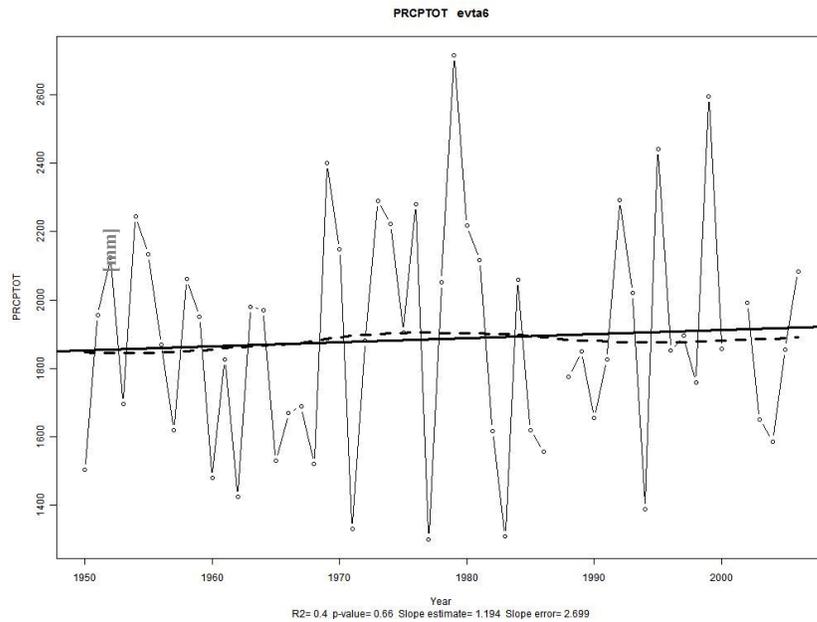
Fuente: Abt Associates

Gráfica 103. CWD (Días) Número máximo de días consecutivos con RR>=1mm



Fuente: Abt Associates

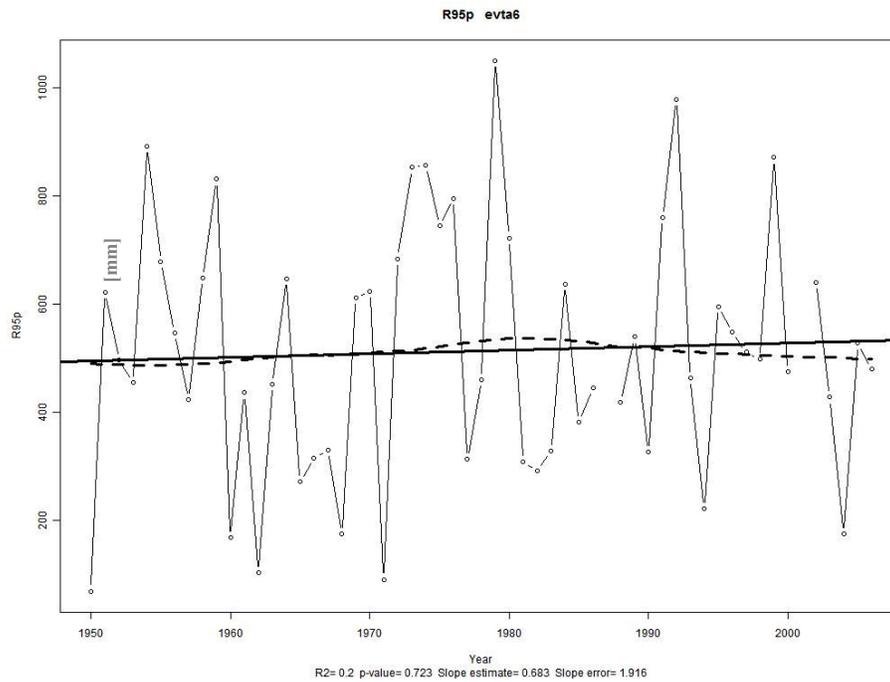
Gráfica 104. PRCPTOT (mm) Precipitación anual total en los días húmedos (RR>=1mm)



Fuente: Abt Associates

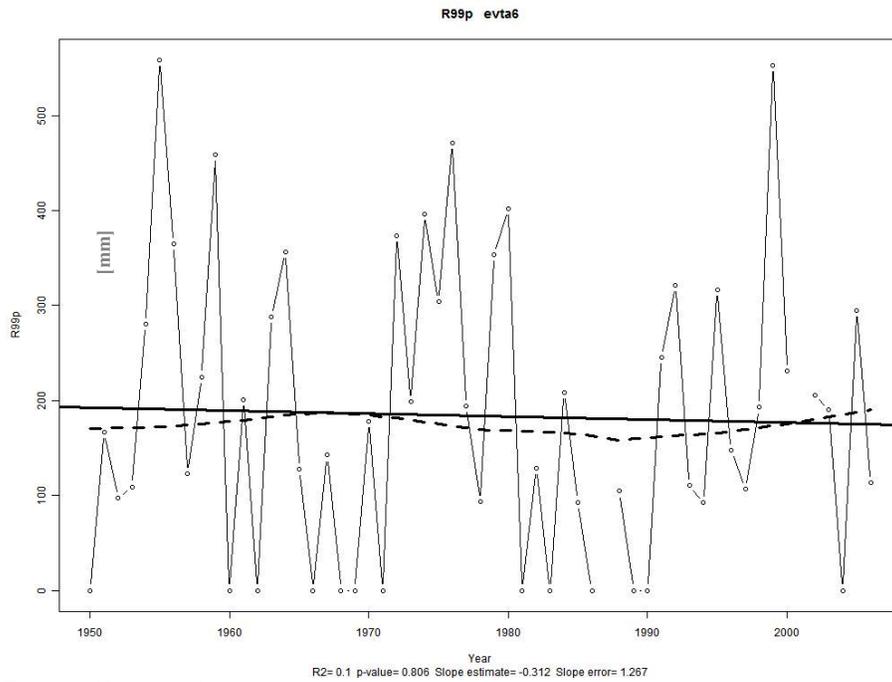
La precipitación registrada durante los días muy húmedos (R95P) presenta un leve crecimiento, mientras que aquella registrada durante los días extremadamente húmedos (R99P) presentan una tendencia decreciente pero poco significativa.

Gráfica 105. R95P (mm) Días muy húmedos



Fuente: Abt Associates

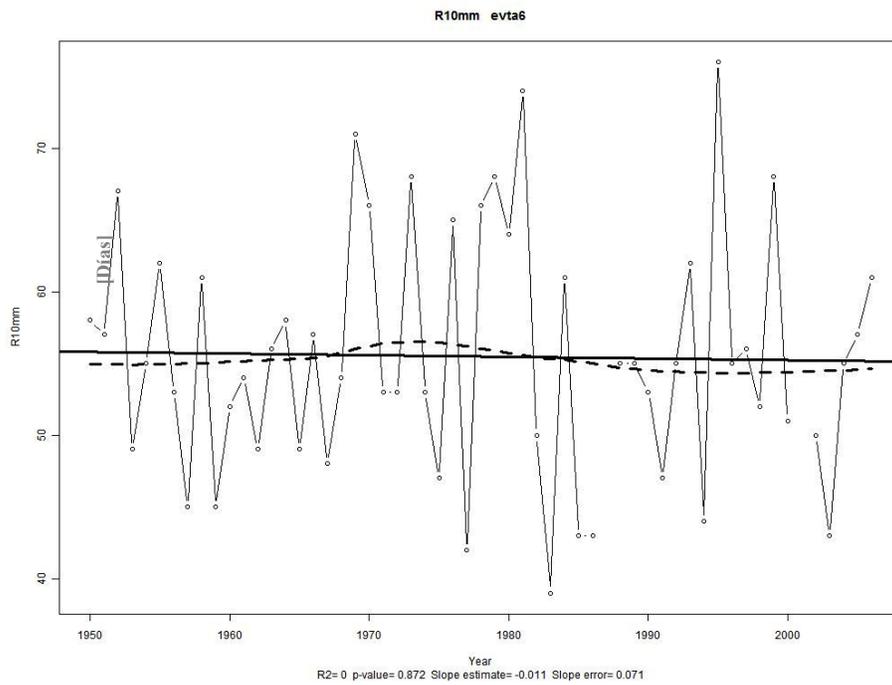
Gráfica 106. R99P (mm) Días Extremadamente húmedos



Fuente: Abt Associates

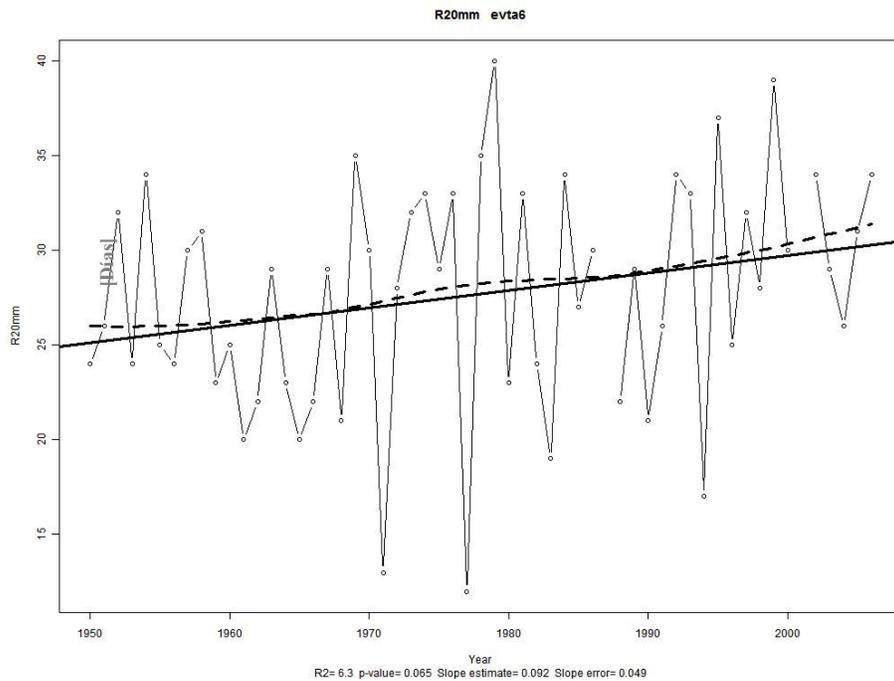
La precipitación para los días mayores a 10 mm y a 100mm presenta una tendencia a la baja, mientras que para los días con más de 20 mm se encontró un incremento.

Gráfica 107. (Días) Número de días en un año en que PRCP>=10mm



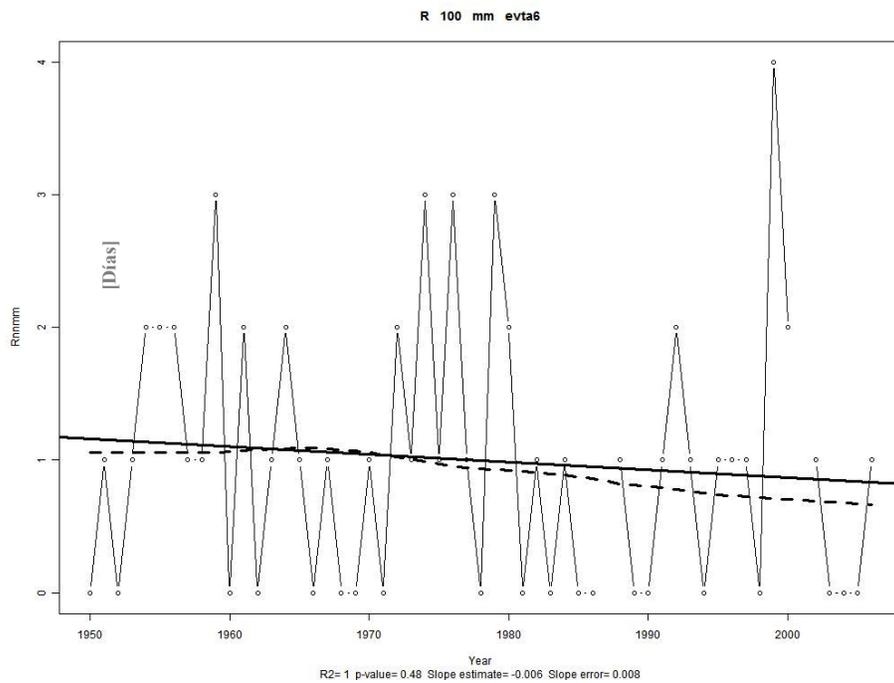
Fuente: Abt Associates

Gráfica 108. (Días) Número de días en un año en que PRCP \geq 20mm



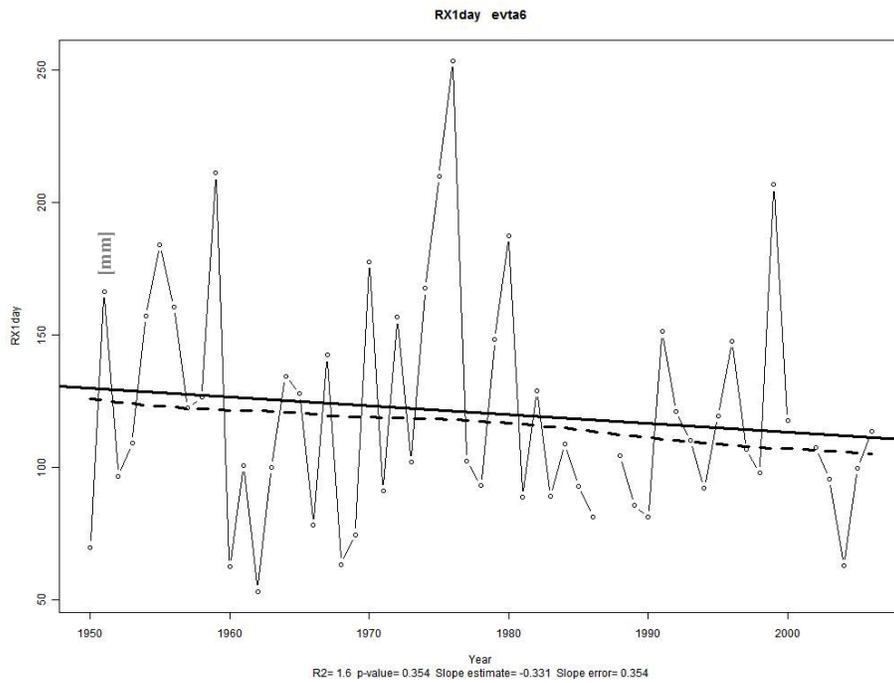
Fuente: Abt Associates

Gráfica 109. (Días) Número de días en un año en que PRCP \geq 100mm



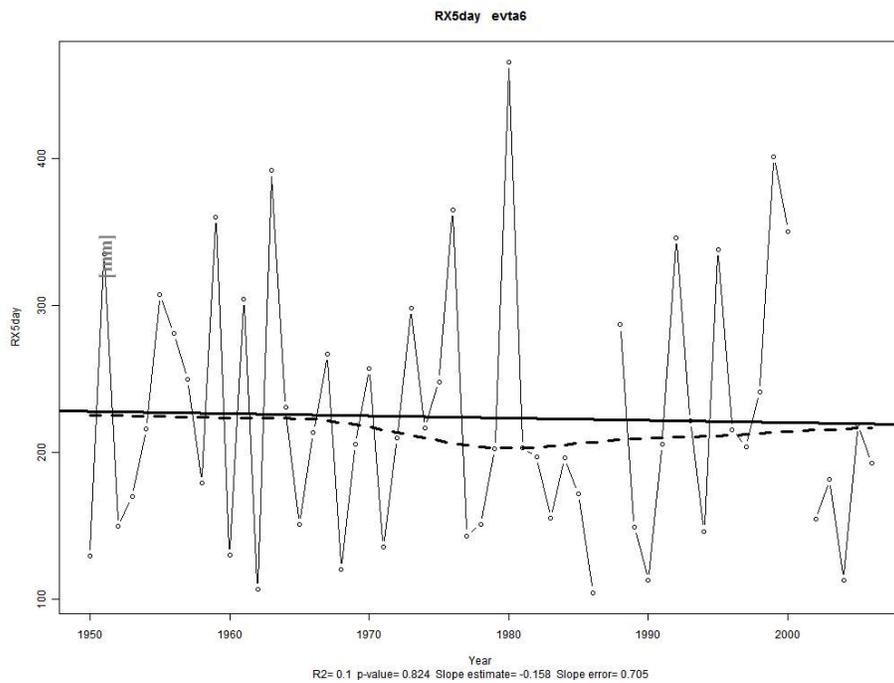
Fuente: Abt Associates

RX1day (mm) Máximo mensual de precipitación en 1 día (mm)



Fuente: Abt Associates

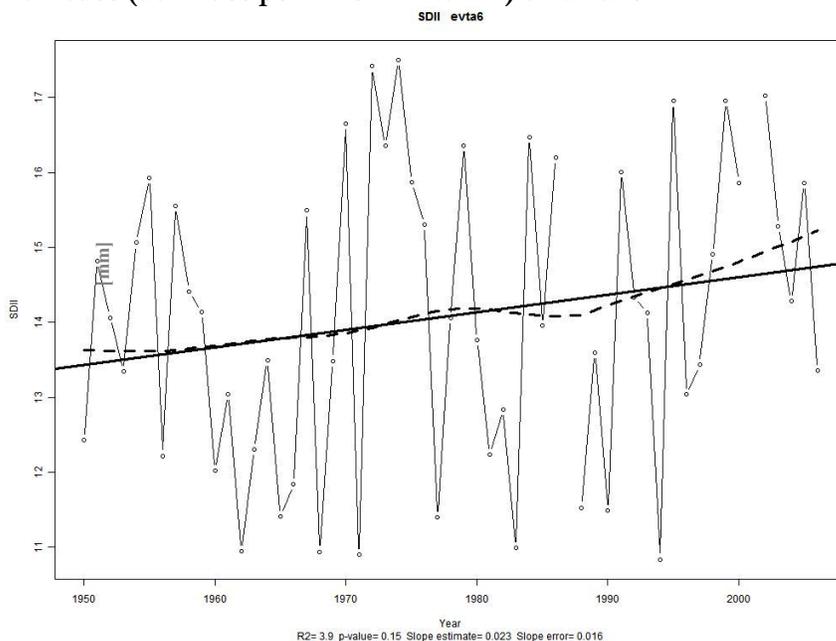
Gráfica 110. RX5day (mm) Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos (mm)



Fuente: Abt Associates

El índice de intensidad diaria de precipitación presenta una leve tendencia creciente.

Gráfica 111. SDII (mm) Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por PRCP>=1.0mm) en un año

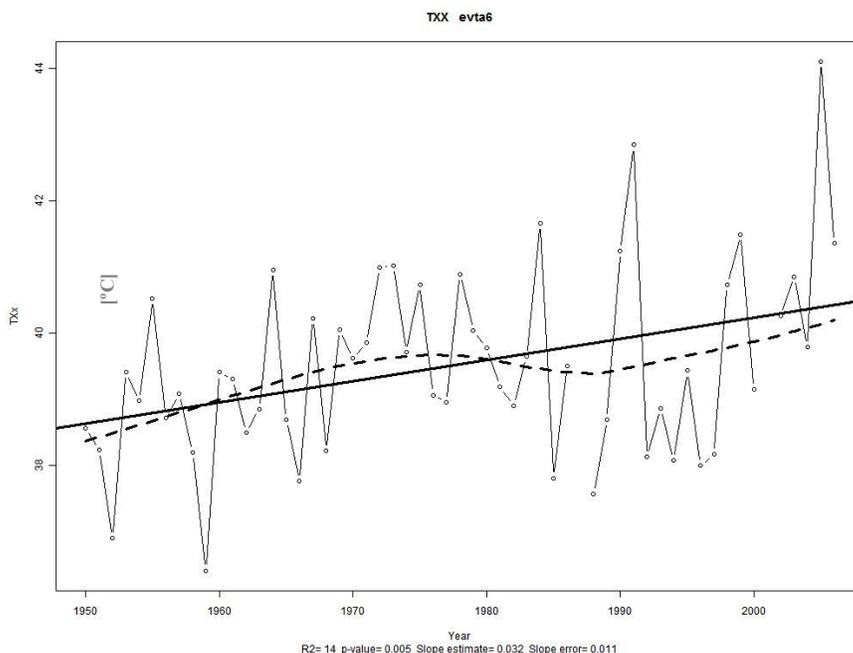


Fuente: Abt Associates

Temperatura:

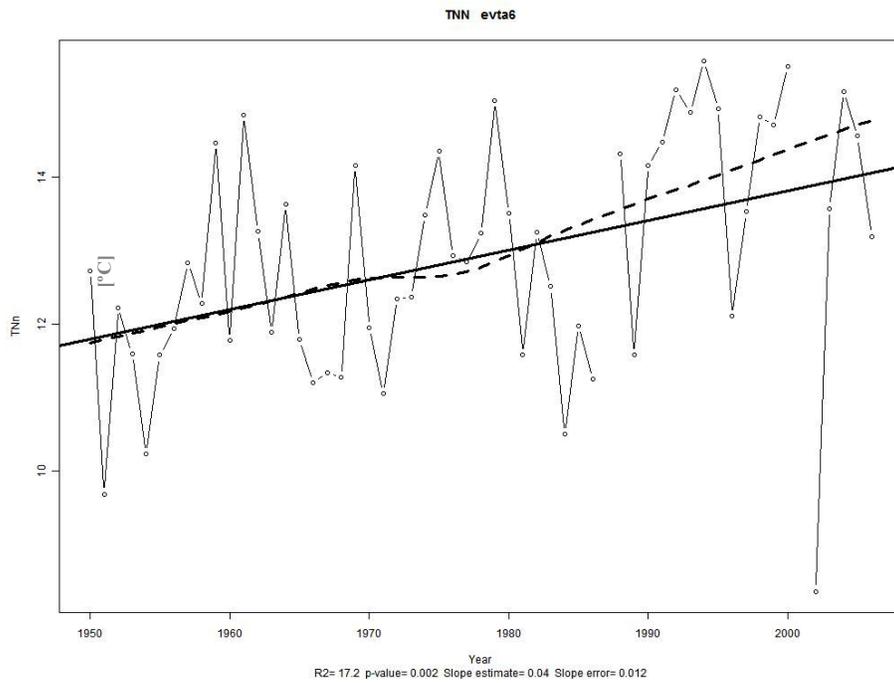
La temperatura máxima extrema (TXX) y la temperatura mínima extrema (TNN), presentan valores crecientes como se puede observar en las gráficas a continuación.

Gráfica 112. TXX (°C) Temperatura Máxima Extrema



Fuente: Abt Associates

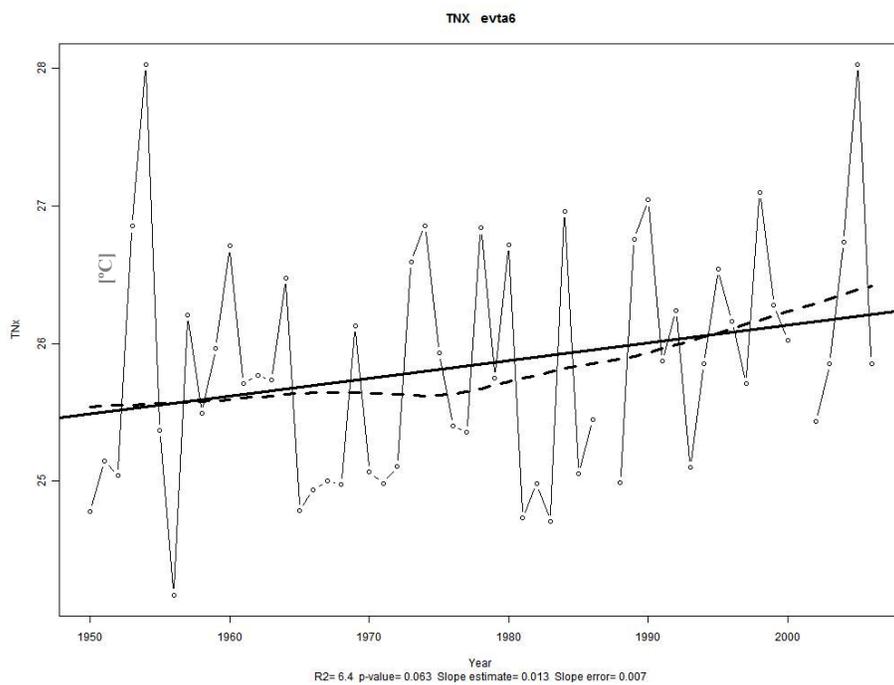
Gráfica 113. TNN (°C) Temperatura Mínima Extrema



Fuente: Abt Associates

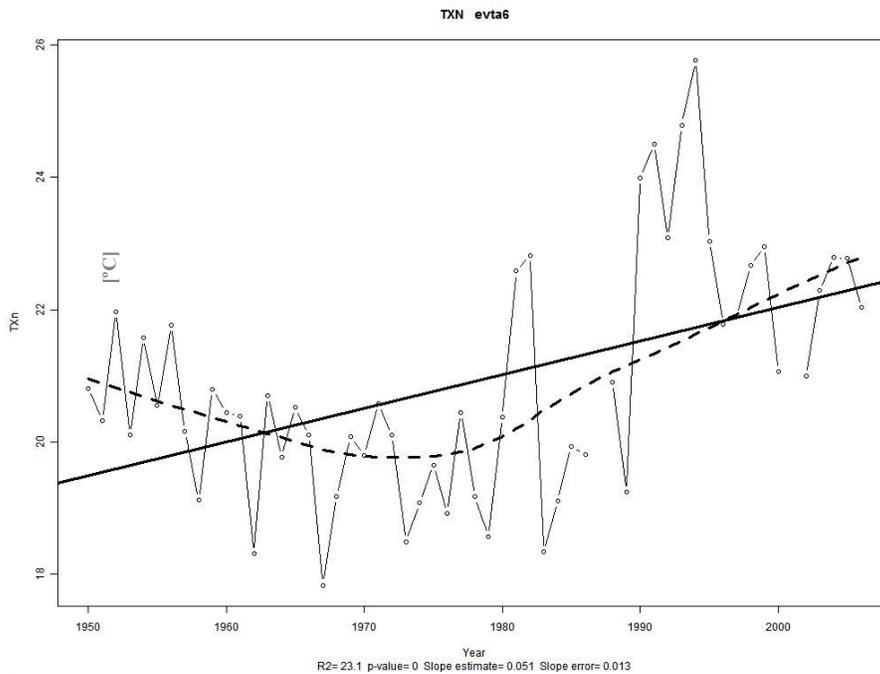
Los valores máximos de las temperaturas mínimas (TNX) y los valores mínimos de temperatura máxima (TXN), presentan una tendencia creciente.

Gráfica 114. TNX (°C) Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria



Fuente: Abt Associates

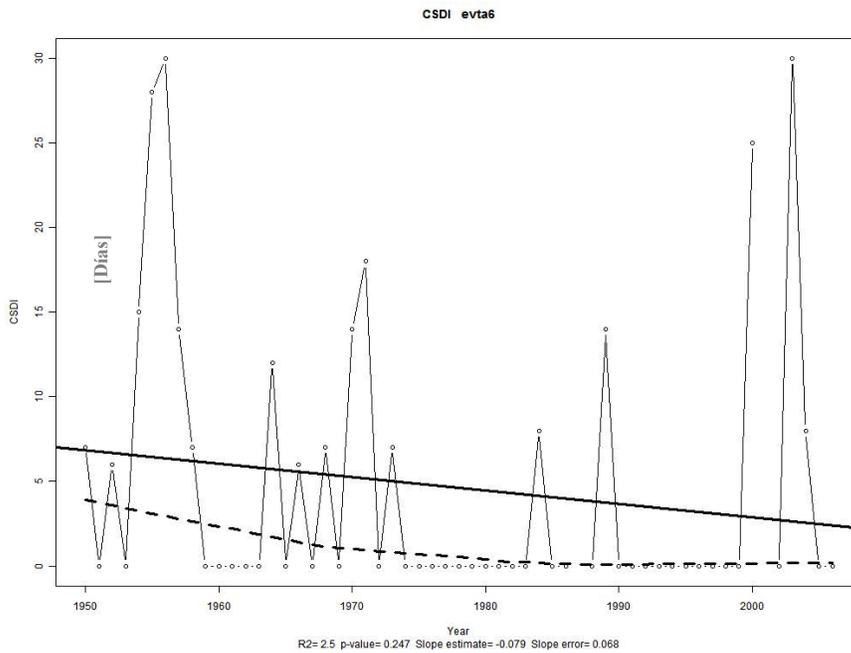
Gráfica 115. TXN (°C) Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria



Fuente: Abt Associates

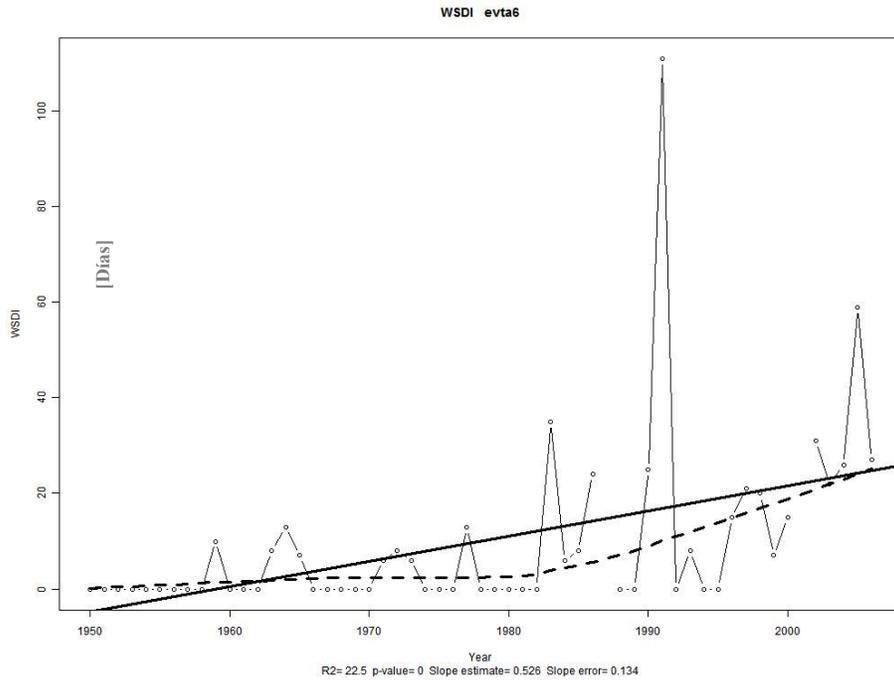
Se encontró una disminución en los periodos fríos (CSDI) y un aumento en los periodos cálidos (WSDI) este aumento en los periodos cálidos es muy marcado a partir de mediados de los 80.

Gráfica 116. CSDI (Días) Contaje anual de días fríos con por lo menos 6 días consecutivos en que $TN < 10^{\text{th}}$ percentil



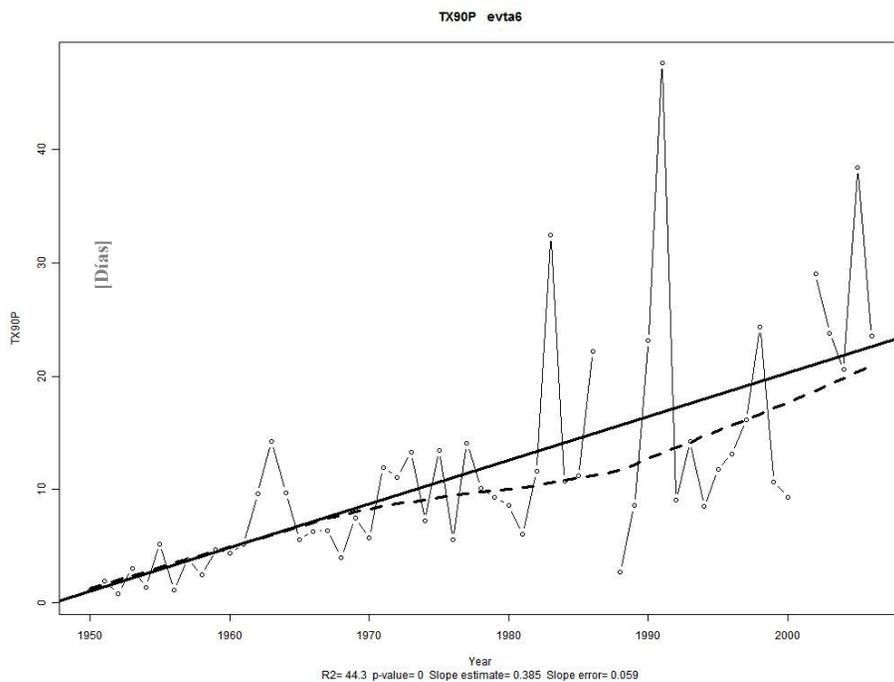
Fuente: Abt Associates

Gráfica 117. WSDI (Días) Contaje anual de días cálidos con por lo menos 6 días consecutivos en que TX>90th percentil



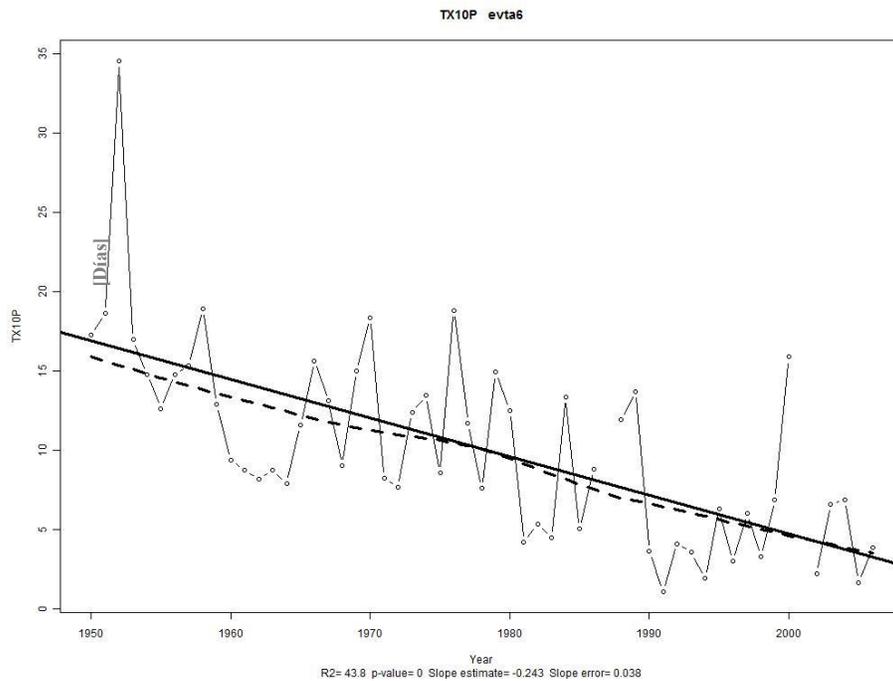
Fuente: Abt Associates

Gráfica 118. TX90P (Días) Porcentaje de días cuando TX>90th percentil



Fuente: Abt Associates

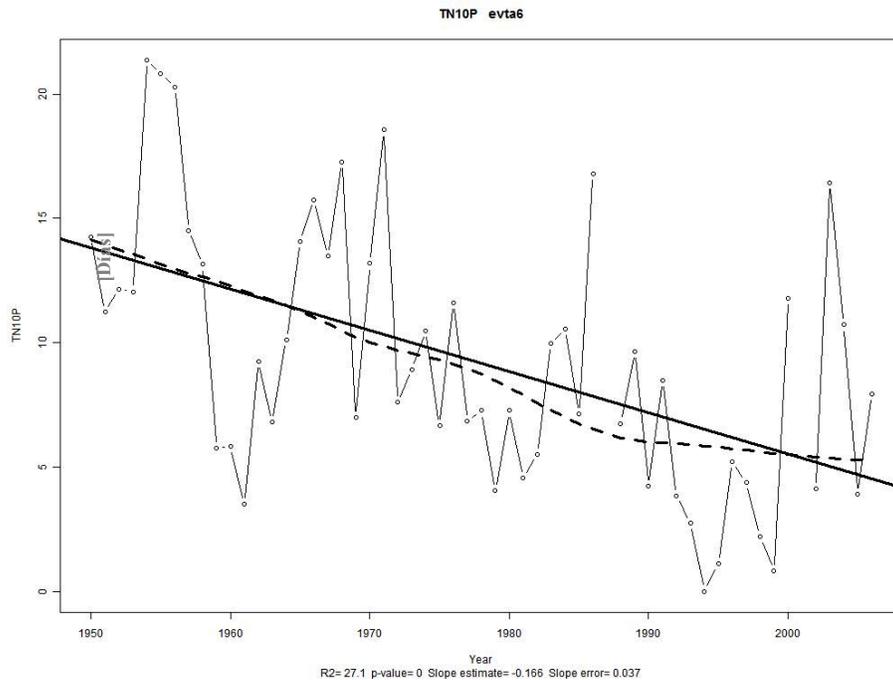
Gráfica 119. TX10P (Días) Porcentaje de días cuando TX<10th percentil



Fuente: Abt Associates

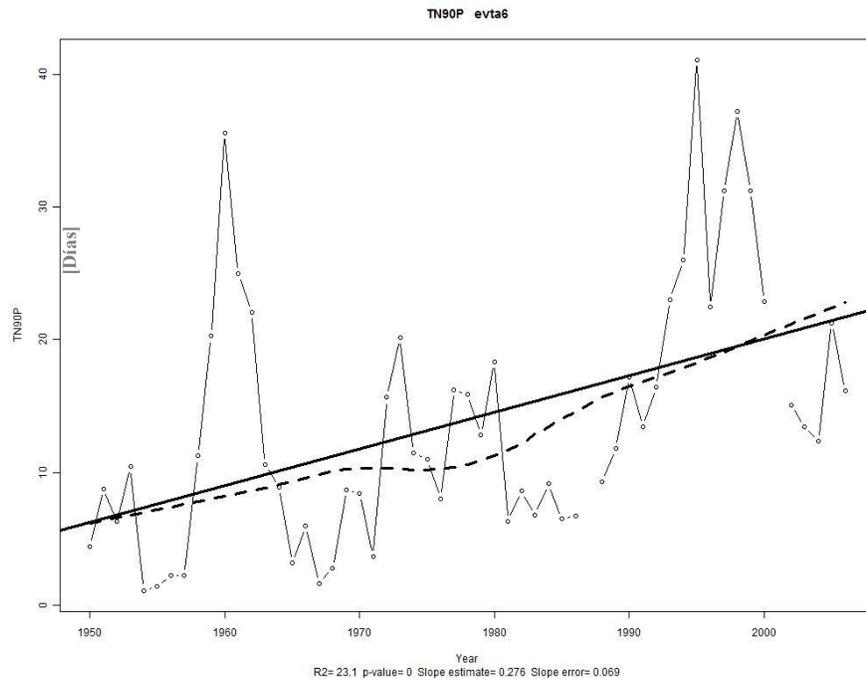
Se encontró una disminución en las noches frías (TN10P) y un aumento en las noches cálidas (TN90P).

Gráfica 120. TN10P (Días) Porcentaje de días cuando TN<10th percentil



Fuente: Abt Associates

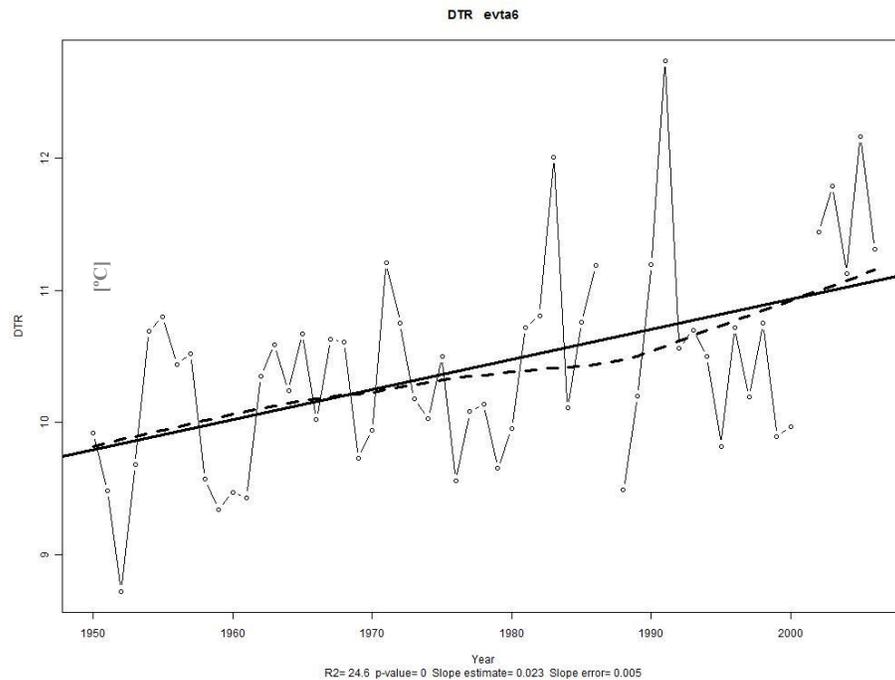
Gráfica 121. TN90P (Días) Porcentaje de días cuando TN>90th percentil



Fuente: Abt Associates

Se encontró un aumento en el rango diurno de temperatura.

Gráfica 122.(DTR) (°C) Diferencia media mensual entre TX y TN



Fuente: Abt Associates

Resumen:

En las siguientes tablas se encuentra la razón de cambio (pendiente de la línea de tendencia ajustada por mínimos cuadrados) de cada uno de los índices obtenidos empleando el programa Rclimdex.

Indicadores de Precipitacion	Alto Grijalva		Lacandona – Comitán	Tulijáh – Chilapa	Bajo Grijalva
	Estacion 1	Estacion 2			
Dias secos consecutivos (CDD) (Dias/Años)	0.126	0.021	0	0.082	-0.009
Dias humedos consecutivos (CWD) (Dias/Años)	0.007	-0.087	0.073	-0.001	0.015
Precipitacion Total Anual (PRCPTOT) (mm/Años)	-1.601	-2.193	-8.59	4.208	1.194
Dias muy humedos (R95P) (mm/Año)	-0.111	5.158	-5.3	3.343	0.683
Dias extremadamente humedos (R99P) (mm/Año)	0.699	4.196	-0.262	1.104	-0.312
Nº de dias precipitacion >10mm (Dias/Años)	-0.059	-0.259	-0.217	0.069	-0.011
Nº de dias precipitacion >20mm (Dias/Años)	-0.068	-0.049	-0.131	0.101	0.092
Nº de dias precipitacion >100mm (Dias/Años)	0.971	0.016	-0.217	0.008	-0.006
Maximo de precipitacion en el dia (RX1day) (mm/Años)	0.07	0.723	-0.418	0.387	-0.331
Maximo de precipitacion en 5 dias (RX5day) (mm/Años)	-0.051	-0.025	-0.722	0.402	-0.158
Indice de intencidad diaria (SDIII) (mm/Años)	0.022	0.032	-0.082	0.04	0.023

Indicadores de Temperatura	Alto Grijalva		Lacandona – Comitán	Tulijáh – Chilapa	Bajo Grijalva
	Estacion 1	Estacion 2			
Temperatura maxiamax extrema (TXX) (°C/años)	-0.023	0.011	0.006	0.026	0.032
Temperatura minima extrema(TNN) (°C/años)	0.072	-0.05	0.013	0.025	0.04
Valor maximo de tem min diaria (TNX) (°C/años)	0.006	-0.005	0.023	-0.001	0.013
Valor minimo de tem max diaria (TXN) (°C/años)	-0.002	0.022	0.052	0.022	0.051
Nº de dias frios (CSDI) (Dias/Años)	-0.252	0.421	0.421	0.084	-0.079
Nº de dias calidos (WSDI) (Dias/Años)	-0.036	0.204	0.658	0.524	0.526
Dias Calidos (TX90P) (Dias/Años)	-0.187	0.218	0.221	0.217	0.385
Dias Frescos (TX10P) (Dias/Años)	-0.334	-0.172	0.054	0.055	-0.243
Noches frias (TN10P) (Dias/Años)	0.211	0.266	0.157	-0.083	-0.166
Noches calidas (TN90P) (Dias/Años)	0.4	0.218	0.221	-0.027	0.276
Rango diurno de temperatura (DTR) (°C/años)	-0.056	0.042	0.004	0.001	0.023

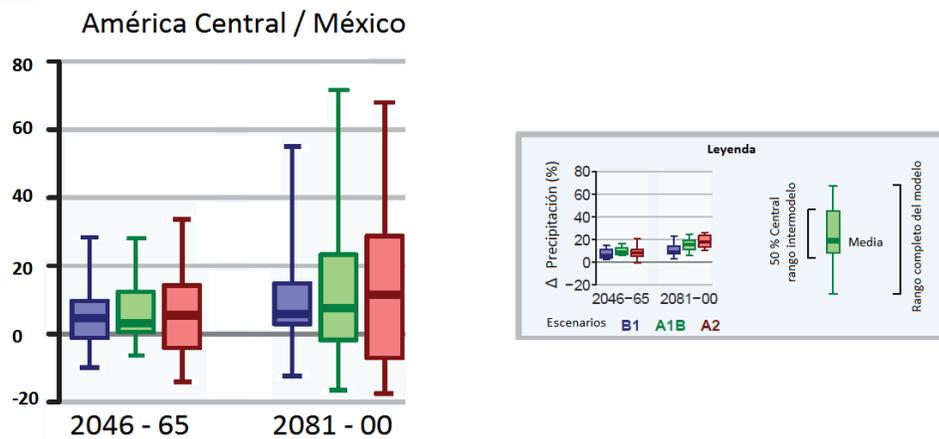
Como se puede observar en las tablas anteriores no se encontró uniformidad para todos los índices, sin embargo se pueden observar que algunos índices presentan una misma tendencia para la mayoría de estaciones. Esto permite observar algunas tendencias generales como el aumento en los días secos consecutivos lo cual implica periodos de sequía, también se puede observar para 3 de las 5 estaciones una tendencia negativa en las precipitaciones anuales. Se encontró para 4 de las 5 estaciones que índice de intensidad diaria presenta una tendencia positiva lo cual implica lluvias con mayor intensidad.

Para las variables de temperatura se encontraron tendencias que implican un aumento en la temperatura, esto se puede observar en los resultados obtenidos en los indicadores extremos en los cuales se observa una tendencia creciente para la temperatura máxima extrema y para la temperatura mínima extrema, se encontró también un incremento en el número de días cálidos y en el rango diurno de temperatura; las tendencias mencionadas se presentaron en 4 de las 5 estaciones

Tendencias proyectadas para la región y tendencias encontradas.

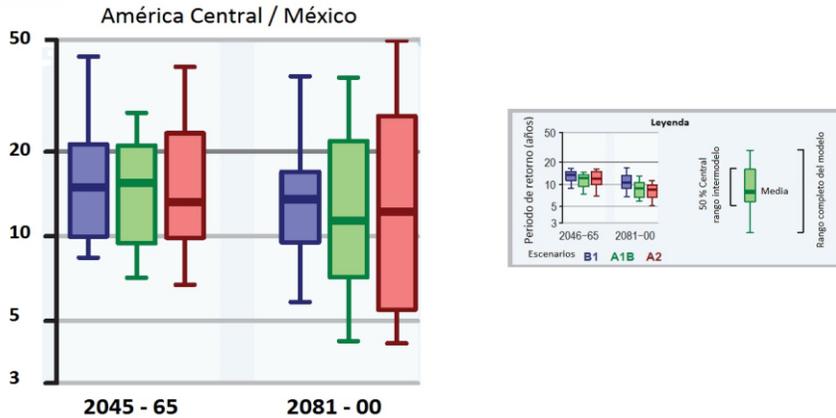
Precipitación: Según el último informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés)-, México se encuentra en una región en la que los valores de retorno en 20 años de las tasas de precipitación de 24 horas anuales máximas puede variar entre -10% y 30% para el año 2046, con unos periodos de retorno de las tasas de precipitación máxima de 24 horas anuales que pueden ir entre 8 y 40 años para el año 2046 según el escenario más conservador.

Gráfica 123. Cambios proyectados (%) en los valores de retorno de 20 años de las tasas de precipitación de 24 horas anuales máximas



Fuente: Managing The Risks Of Extreme Events And Disasters To Advance Climate Change Adaptation 2012.

Gráfica 124. Periodo de retorno proyectada (en años), de las tasas de precipitación máxima de 24 horas anuales



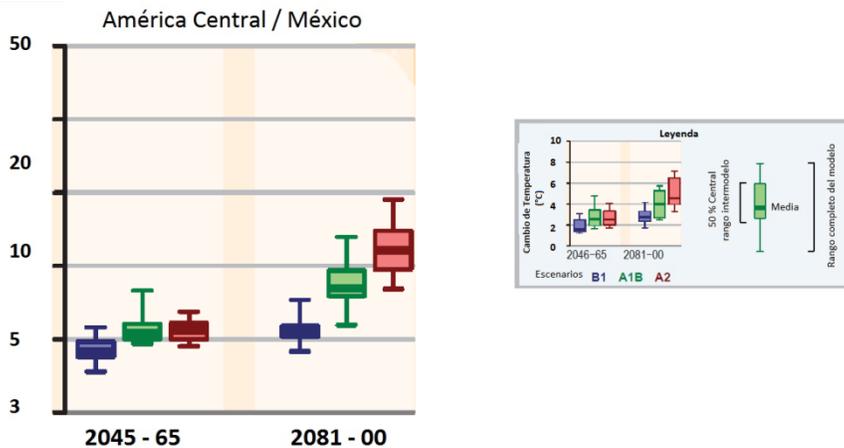
Fuente: Managing The Risks Of Extreme Events And Disasters To Advance Climate Change Adaptation 2012.

Como se mencionó anteriormente para algunos indicadores no se encontró uniformidad entre todas las estaciones, en el caso de la intensidad máxima de precipitación en 1 día se encontró una tendencia creciente para 3 de las 5 estaciones, adicionalmente el incremento encontrado en el índice de precipitación diaria lleva a pensar en un incremento en la severidad de las precipitaciones.

Con los resultados obtenidos de las estaciones no es posible determinar si se ha presentado una disminución en el periodo de retorno.

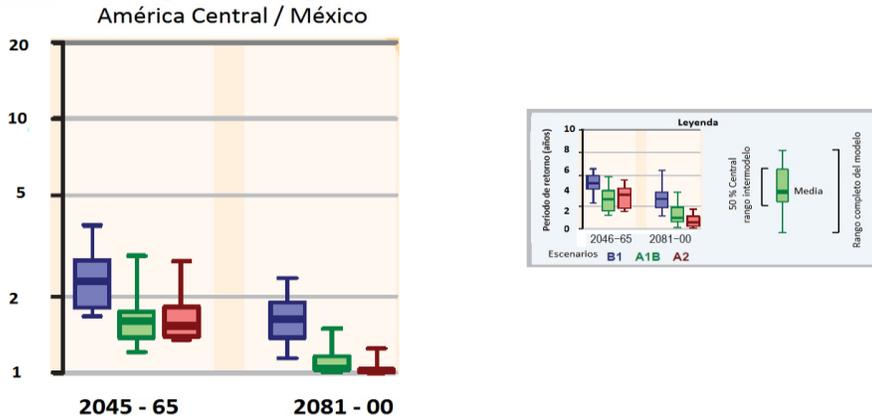
Temperatura: Según el último informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en ingles), para la región se proyecta un aumento en la temperatura entre 4 y 6 grados centígrados entre 2046 y 2065 según el escenario más conservador. Este aumento de temperatura estaría acompañada de una disminución en los periodos de retorno de las temperaturas máximas.

Gráfica 125. Cambios proyectados (en ° C) en los valores de retorno de 20 años del máximo anual de la temperatura máxima diaria



Fuente: Managing The Risks Of Extreme Events And Disasters To Advance Climate Change Adaptation 2012.

Gráfica 126. Periodo de retorno proyectado (en años), valores de retorno de 20 años del máximo anual para la temperatura máxima diaria.



Fuente: Managing The Risks Of Extreme Events And Disasters To Advance Climate Change Adaptation 2012.

Esta tendencia se puede confirmar para la región ya que para 4 de las 5 estaciones se encontró un incremento en los valores extremos de temperatura máxima. También se encontró un incremento en los periodos de días cálidos, la frecuencia en la aparición de periodos cálidos se presentan significativamente desde mediados de la década de los 80.

Se encontró un aumento de temperatura en los valores mínimos extremos, así como un aumento en los periodos fríos este incremento se puede evidenciar desde mediados de la década de los 80 y principios de la década de los 90.

Conclusiones y Recomendaciones.

- Siguiendo la metodología requerida en los términos de referencia y con base en los datos del sistema CLICOM, en la zona no se cumplen los requisitos necesarios para realizar el análisis de tendencias del cambio climático, esto debido a que los algoritmos empleados en las herramientas Rclimdex y RHtest, requieren una gran cantidad de datos históricos y de metadatos que permitan validar los resultados arrojados por las diferentes pruebas y existe una carencia en dicha información.
- Se encontraron tendencias que indican una disminución en la precipitación anual y un aumento en la severidad de las lluvias.
- El área de estudio presenta tendencias que indican un aumento de temperatura.
- Desde mediados de los 80 se encontró una disminución en el periodo de retorno de las temperaturas máximas.
- Con las tendencias encontradas se recomienda priorizar los estudios en manejo de suelos y en los cambios de uso de los mismos, para comprender mejor el impacto sobre la zona y como resultado de los mismos se generen medidas efectivas de mitigación (especialmente del impacto causado por el aumento en la intensidad de las precipitaciones) y adaptación con la participación de las comunidades.
- Se recomienda la generación de estrategias en diferentes sectores que eleven el nivel de resiliencia de las comunidades para ser frente a los cambios.



- Se recomienda la generación de estrategias y protocolos en la toma información que permitan darle seguimiento a los cambios encontrados.

Anexo Capítulo 7

7A. Modelación Hidrológica en el Usumacinta. Estimación del efecto de los cambios climáticos sobre la cuantificación del recurso hídrico, en la cuenca del Río Lacantún, tributario del río Usumacinta.

1. Introducción

Como parte del estudio “Plan de Adaptación, Ordenamiento y Manejo Integral de las cuencas de los Ríos Grijalva y Usumacinta”, se procedió a la elaboración de un estudio hidrológico, con el propósito de entender el funcionamiento, cambios y tendencias del ciclo hidrológico de las cuencas tributarias a dichos ríos.

A tal efecto, utilizando toda la información hidroclimática procesada y validada, y la información temática disponible, se procedió a aplicar una metodología similar a la descrita en la norma identificada como NOM-011-CNA-2000 (CNA, 2000) (utilizada por el IMTA), donde se establecen las especificaciones para determinar la disponibilidad media anual de aguas superficiales en una cuenca hidrológica, a los fines de entender el funcionamiento del ciclo hidrológico en las cuencas de los ríos Grijalva y Usumacinta. Según esta norma el volumen medio anual de escurrimiento que se genera en una cuenca, se estima como el producto de la lluvia media anual, el área tributaria de dicha cuenca y el coeficiente de escorrentía que la caracteriza, que es función del tipo de suelos y la cobertura vegetal y uso de la tierra.

Posteriormente, para analizar el efecto de los cambios climáticos, sobre los escurrimientos que se generan en las cuencas de los ríos Grijalva y Usumacinta, se utilizaron los nuevos escenarios de cambio climático, formulados en este estudio, y aplicando una metodología similar a la descrita “Atlas de vulnerabilidad hídrica de México” (Elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA (2010)) para realizar una estimación de impactos sobre los escurrimientos que se generan en la cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta. Como fue descrito en párrafos anteriores, dicha metodología se basa en la norma identificada como NOM-011-CNA-2000 (CNA, 2000), donde se establecen las especificaciones para determinar la disponibilidad media anual de aguas superficiales en una cuenca hidrológica

Aunque la metodología aplicada, ha sido calibrada y aplicada extensamente a nivel de todo el país, debido a que la misma trabaja utilizando totales anuales de precipitación, se consideró conveniente seleccionar cuencas importantes que formen parte del complejo hidrológico Grijalva-Usumacinta, y calibrar y aplicar modelos hidrológicos tipo lluvia-escorrentía que trabajen a nivel mensual.

Por este motivo, el principal objetivo de este estudio corresponde a una evaluación detallada, de la disponibilidad de los recursos hídricos, en una subcuenca del río Usumacinta, aplicando modelos hidrológicos tipo lluvia-escorrentía (a nivel mensual); a los fines de evaluar la posible afectación de los recursos hídricos, de dicha subcuenca, debido a la ocurrencia de los cambios climáticos.

Los principales alcances del estudio corresponden a:

1. Recopilación y procesamiento de toda la información climática e hidrométrica, representativa de la cuenca bajo estudio.
2. Instrumentación, calibración y aplicación de un modelo hidrológico, tipo lluvia escorrentía, a los fines de evaluar la disponibilidad de los recursos hídricos.
3. Análisis de los escenarios de cambio climático, para la cuenca de interés.

4. Evaluación del efecto que tendrían los escenarios de cambio climático en la disponibilidad futura del recurso hídrico en la subcuenca del río Usumacinta, seleccionada como cuenca piloto.
5. Comparación de los resultados obtenidos con el modelo hidrológico mensual, con aquellos que se determinaron usando la metodología aplicada por el IMTA (2010).

2. Selección de la subcuenca tributaria al río Usumacinta.

En la Figura 2.1 se presenta el modelo de elevación digital de la cuenca del río Usumacinta (suministrado por el Centro Geo), georeferenciado utilizando la proyección “WGS 1984 UTM Zone 15N”.

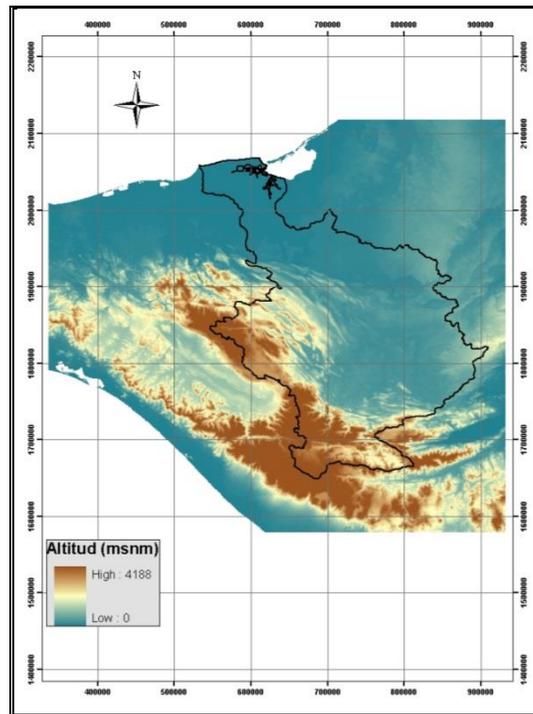
En la Figura 2.2, se muestra la parte de la cuenca total del río Usumacinta que se ubica en México, y el resto de la cuenca que se encuentra localizada en Guatemala.

En la Figura 2.3 se muestra la ubicación de estaciones hidrométricas en la cuenca del río Usumacinta, cuyas características se presentan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características de las estaciones hidrométricas

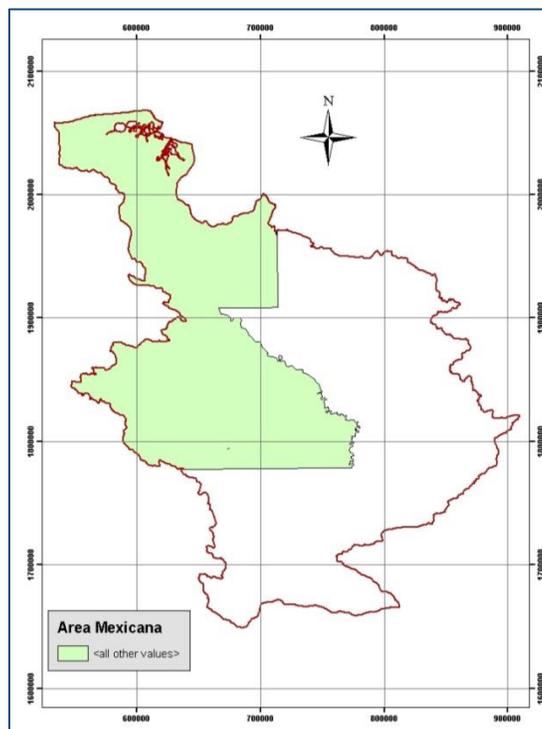
Clave o Serial	Período	Nombre de la estación	Corriente	Cuenca	Estado	Latitud	Longitud
30019	1948-2006	Boca de Cerro	Río Usumacinta	Usumacinta	Tabasco	17.433	-91.483
30088	1952-1985, 1987-1994, 2001-2002, 2006	San Pedro	Río San Pedro	Usumacinta	Tabasco	17.792	-91.158
30097	1964-1969	Agua Verde	Río Lacantún	Usumacinta	Chiapas	16.592	-90.683
30123	1970-1993	Agua Verde II	Río Lacantún	Usumacinta	Chiapas	16.458	-90.733
30113	1965-1989, 1991-1993	Ixcan	Río Ixcan	Lacantún	Chiapas	16.100	-91.083
30120	1967-1993	Chajul	Río Chajul	Lacantún	Chiapas	16.083	-90.950

Figura 2.1. Modelo de elevación digital de la cuenca del río Usumacinta



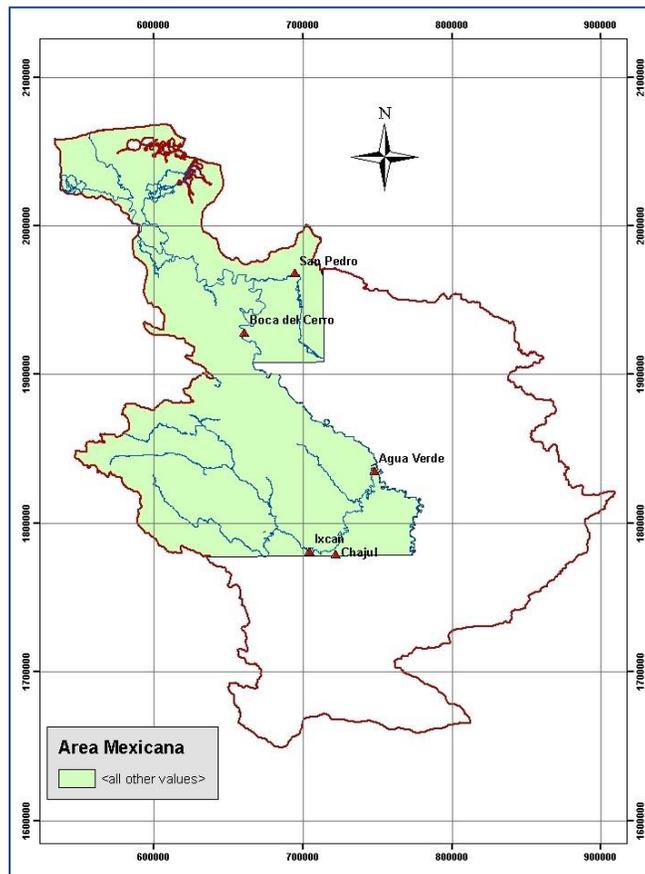
Fuente: Abt Associates

Figura 2.2. Distribución del área tributaria de la cuenca del río Usumacinta entre México y Guatemala.



Fuente: Abt Associates

Figura 2.3. Ubicación de estaciones hidrométricas



Fuente: Abt Associates

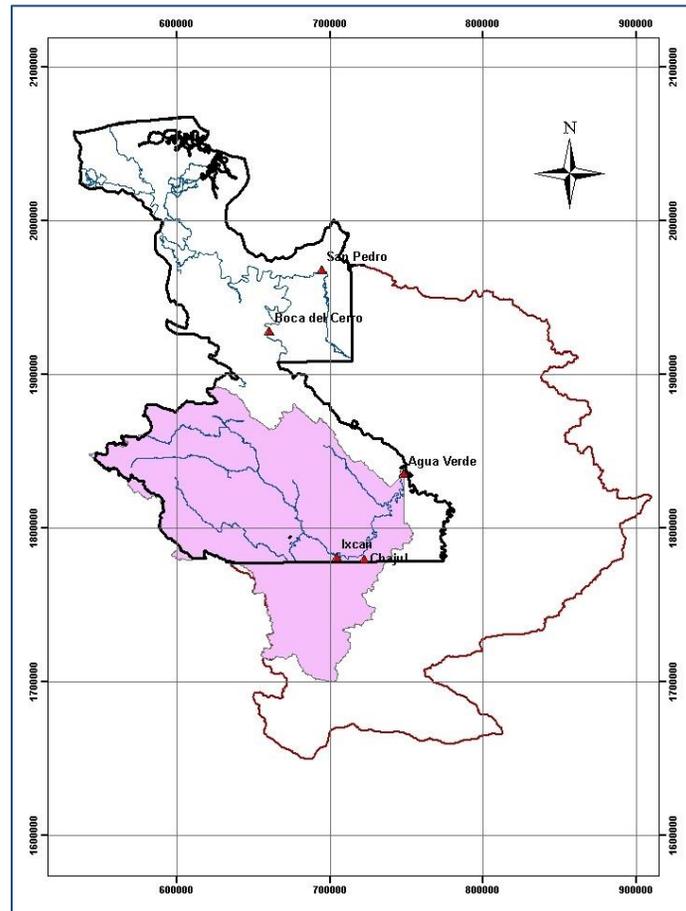
Analizando esta información se hacen las siguientes consideraciones:

1. Aguas abajo de las estaciones hidrométricas Boca de Cerro y San Pedro, no existe una estación hidrométrica que permita definir un área intermedia.
2. Las estaciones hidrométricas Río Lacantún en Agua Verde y Río Lacantún en Agua Verde II, no están ubicadas sobre el río Usumacinta, por lo tanto, si se define un área intermedia entre estas estaciones y la estación Boca de Cerro, gran parte del área tributaria a la misma se ubicaría en Guatemala, donde, hasta los momentos, no se dispone de información climática.
3. La estación hidrométrica Aguas Verdes II, que es la que dispone de mayor cantidad de información, se ubica aguas arriba de la estación Aguas Verdes (estación original que fue desinstalada), sobre el río Lacantún.
4. Las estaciones Ixcán y Chajul registran los aportes provenientes de la cuenca guatemalteca que tributa sus aguas a la cuenca del río Lacantún.

De acuerdo a lo descrito en párrafos anteriores, lo más conveniente es instrumentar, calibrar y aplicar el modelo lluvia-escorrentía en la cuenca del río Lacantún hasta la estación Aguas Verdes II.

En la Figura 2.4 se presenta la ubicación de la cuenca del río Lacantún, hasta la estación Aguas Verdes.

Figura 2.4. Ubicación de la cuenca del río Lacantún.



Fuente: Abt Associates

La cuenca del río Lacantún hasta Aguas Verdes (cerca de su confluencia con el río Usumacinta), tiene una cuenca total del orden de 19528 km², gran parte de la cual se ubica en territorio mexicano. El área de la cuenca que se ubica en este territorio representa cerca del 50% de la parte mexicana de la cuenca del río Usumacinta.

3. Análisis y procesamiento de la información básica

Información de modelos digitales de elevación

El modelo de elevación digital (DEM), de la cuenca del río Usumacinta, fue obtenido por el Centro GEO. El procesamiento de este modelo (DEM), se llevó a cabo realizando las siguientes actividades, utilizando el programa ArcGIS:

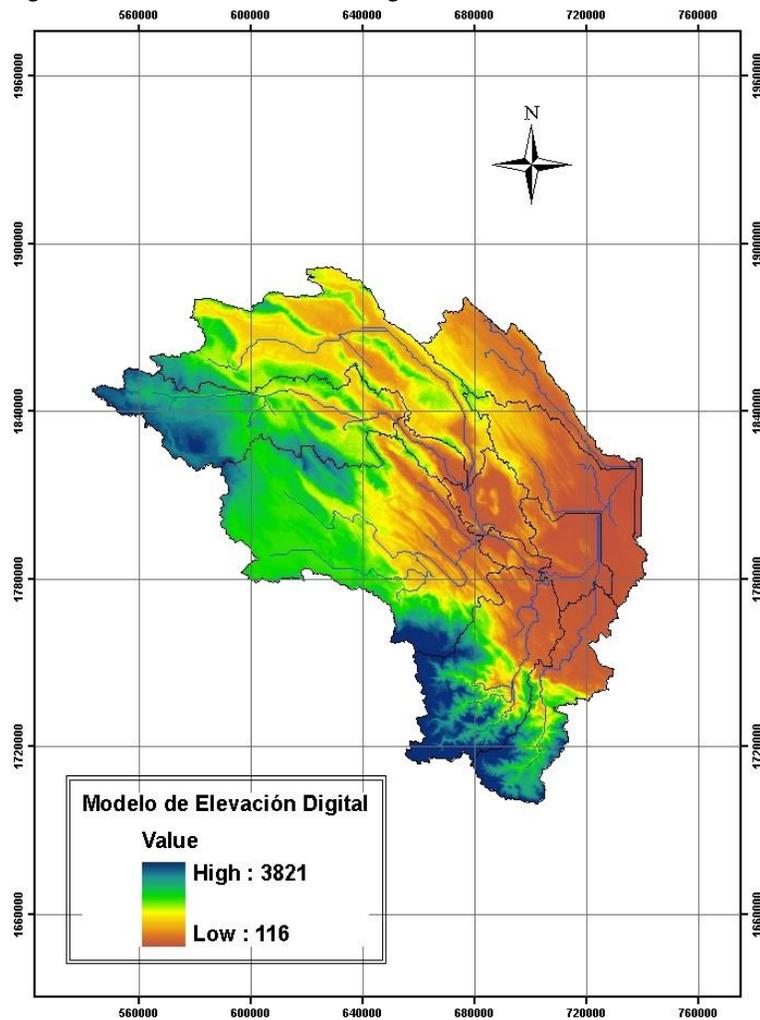
- a. Analizando el DEM se creó una máscara rectangular que incluyera la cuenca completa del río Lacantún.

- b. Con esta máscara se creó el DEM de la cuenca del río Lacantún, y se le cambió su proyección al sistema de coordenadas “WGS 1984 UTM Zone 15N”.
- c. Posteriormente, se delineó la cuenca mediante la aplicación secuencial de los siguientes comandos del programa ArcGis:
 - i. “*FILL*” para rellenar y corregir el DEM.
 - ii. “*FLOW DIRECTION*” que permite definir la dirección del flujo en cualquier punto de la cuenca.
 - iii. “*FLOW ACCUMULATION*” que determina el flujo acumulado que escurre pendiente abajo hacia una determinada celda. Con el resultado de este análisis se obtiene la red de drenajes de la cuenca.
 - iv. “*SNAP POUR POINT*”, utilizando el resultado anterior se define el sitio donde se ubica la estación hidrométrica Aguas Verdes II, en una capa de puntos.
 - v. “*WATERSHED*”, con este comando se logra dibujar el límite de la cuenca tributaria del río Lacantún hasta la estación hidrométrica Aguas Verdes II.

En la Figura 3.1, se presenta el modelo digital de terreno de la cuenca del río Lacantún hasta la estación hidrométrica Aguas Verdes II.

En esta figura, adicionalmente, se presentan las subcuencas más importantes de la cuenca del río Lacantún, que fueron definidas tomando en consideración el tipo de vegetación predominante, la ubicación de las estaciones hidrométricas y de los afluentes más importantes. En la Figura 3.2, se muestran un detalle de las subcuencas.

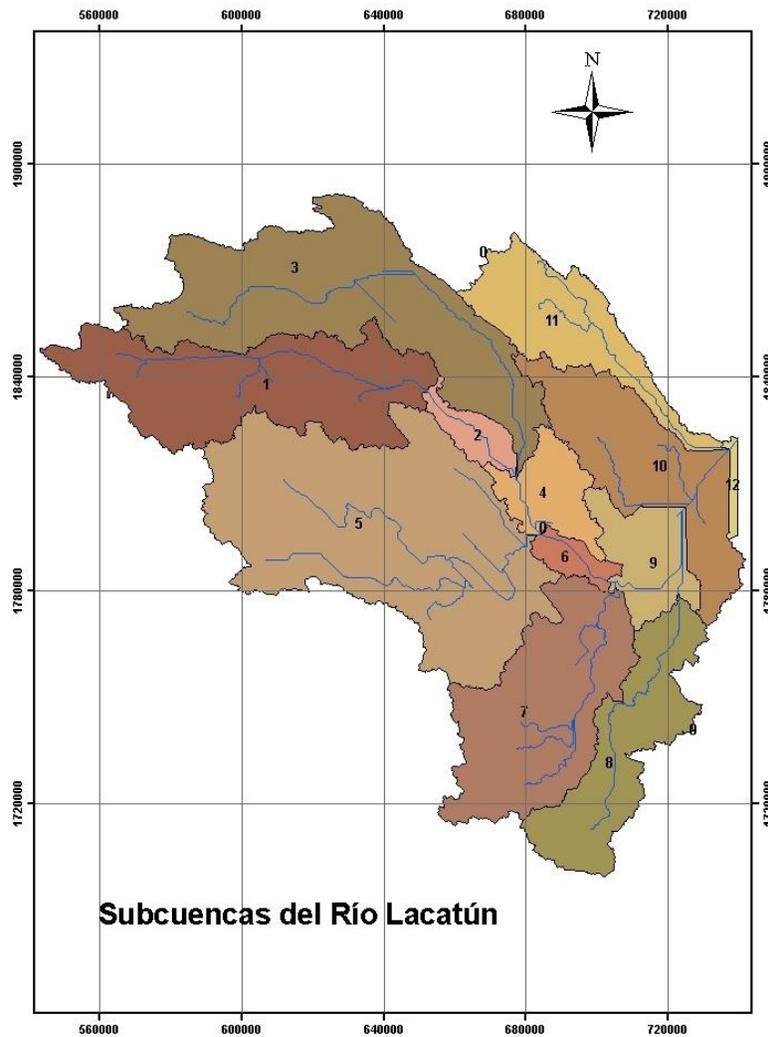
Figura 3.1. Modelo de Elevación Digital de la Cuenca del Río Lacantún



Fuente: Abt Associates

En la Tabla 3.1 se presentan las áreas de cada subcuenca y de la cuenca del río Lacantún hasta la estación hidrométrica Aguas Verdes II, que alcanza los 18825 km².

Figura 3.2. Subcuencas más importantes de la Cuenca del Río Lacatún



Fuente: Abt Associates

Tabla 3.1. Áreas de las subcuencas.

Subcuenca	Área (km ²)
1	2455
2	288
3	3299
4	600
5	4542
6	217
7	2226
8	1469
9	726
10	1690
11	1242
12	71
Total	18825

Fuente: Abt Associates

Información climatológica

En las figuras 3.3 y 3.4, se muestra la ubicación de las estaciones pluviométricas y climatológicas, que pueden ser consideradas como representativas de la cuenca del río Lacantún.

Información hidrométrica

La información hidrométrica disponible en la cuenca se mostró en la Tabla 2.1, donde se observa que la estación Río Lacantún en Aguas Verdes II, dispone de información de caudales medios mensuales para el período 1970-1993, 24 años. En la Figura 2.3, se mostró la ubicación de las estaciones hidrométricas (de interés para el estudio) en la cuenca del río Usumacinta.

Figura 3.3. Estaciones Pluviométricas

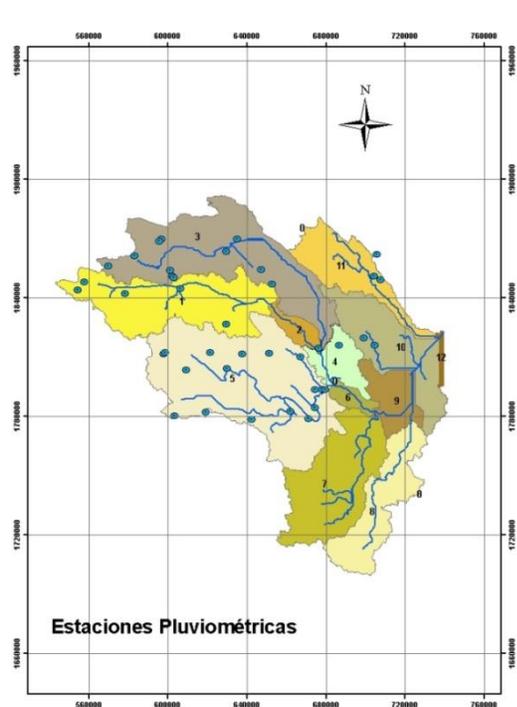
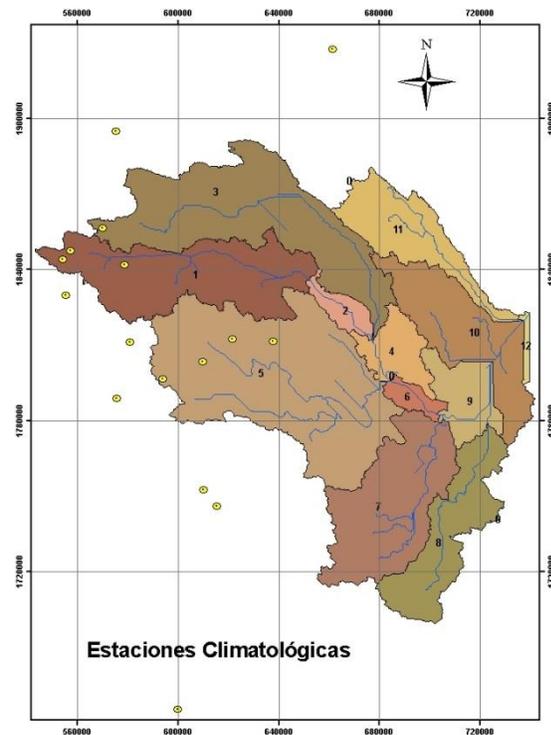


Figura 3.4. Estaciones Climatológicas



Fuente: Abt Associates

Información de suelos y cobertura Vegetal

La información tanto de las características de los suelos como de la cobertura vegetal en la cuenca del río Usumacinta, fue procesada por el Centro GEO. Esta información fue cruzada con la cuenca del río Lacantún hasta Aguas Verdes II. En la Tabla 3.2, se presentan los resultados obtenidos en referencia a las características texturales de los suelos que conforman la cuenca del río Lacantún, observándose que más del 65 % de la cuenca tiene suelos con texturas medias y el resto con texturas fina.

Tabal 3.2.- Características texturales de los suelos de la cuenca del río Lacantún

Textura	Area (%)
Fina	32.9
Gruesa	0.0
Media	65.4
ND	1.7

Fuente: Abt Associates

En referencia a la cobertura vegetal y uso de la tierra, en la cuenca del río Lacantún, en la Tabla 3.3 se presentan las áreas, expresada en porcentaje del área de la cuenca total, de las diferentes categorías o tipos de cobertura y uso. En esta tabla se observa que más del 70 % de la cuenca está cubierta por coníferas, bosques latifoliados y selvas.

Tabla 3.3. Características de la cobertura vegetal y uso de la tierra en la cuenca del río Lacantún

Tipo de Cobertura y Uso	Area (%)
Agricultura de Riego	0.2
Agricultura de Temporal	8.8
Bosque de Encino	1.2
Bosque de Encino-Pino	0.3
Bosque de Pino	5.7
Bosque de Pino-Encino	11.1
Bosque Mesófilo de Montaña	11.3
Pastizal Cultivado	13.3
Pastizal Inducido	5.6
Sabana	0.1
Selva Alta Perennifolia	40.6
Otros Usos	1.6

Fuente: Abt Associates

4. Implementación, calibración y aplicación del modelo lluvia-escorrentía

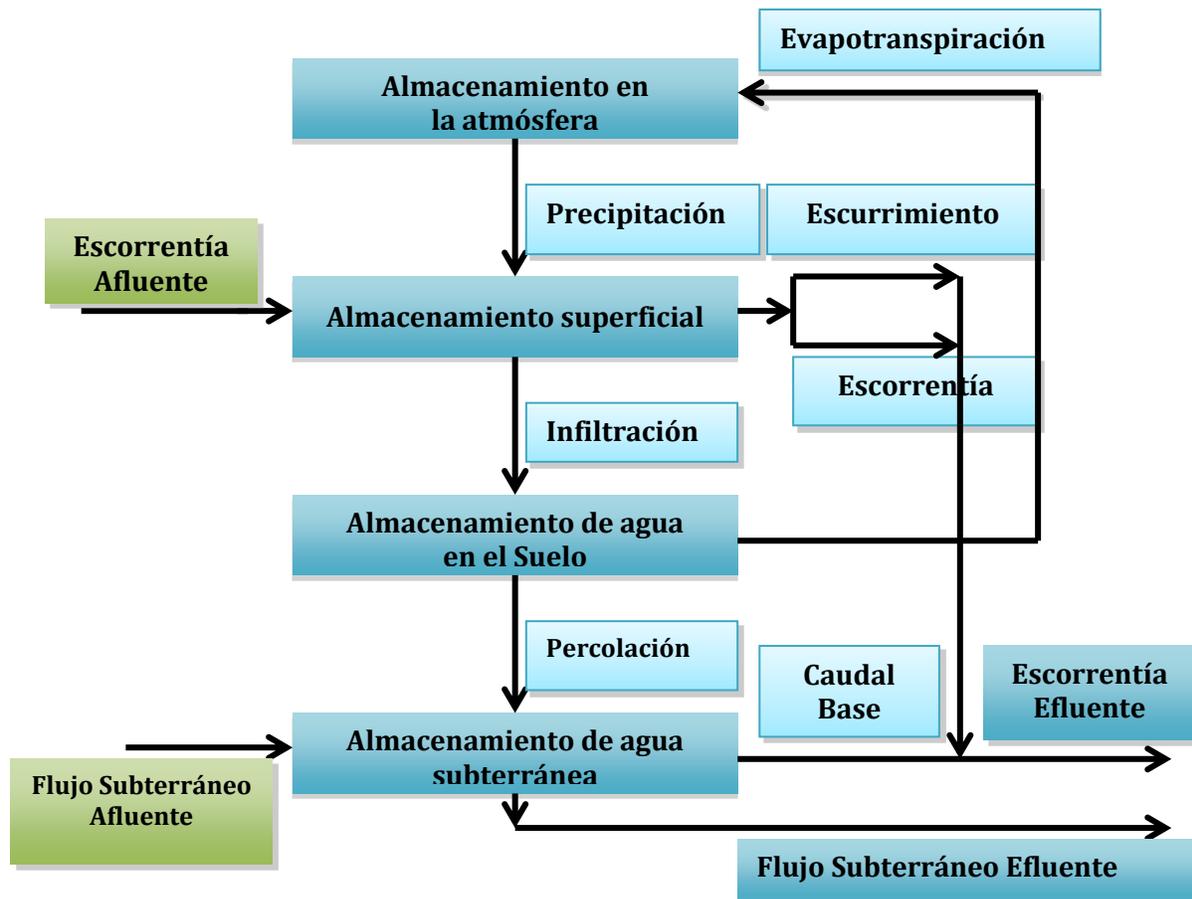
En la naturaleza, la cuantificación de los diferentes componentes que integran el ciclo hidrológico y la definición de la interrelación que existe entre ellos, es algo extremadamente complejo, dada la variación tanto temporal como espacial de todos estos procesos. Por eso, una forma de abordar este problema es simplificarlo, aplicando el concepto de sistemas. Según esta metodología, los componentes se agrupan en subsistemas que se analizan separadamente y luego combinan los resultados de acuerdo a las interacciones que existen entre ellos.

Este tipo de representación es la que se utiliza en el desarrollo de los llamados modelos lluvia-escorrentía. En estos modelos, se utilizan ecuaciones matemáticas para representar cada uno de los procesos que integran el ciclo del agua y para definir la interrelaciones que existen entre ellos, permitiendo así la transformación de información de lluvia en la escorrentía superficial que ella produce. Las características de las cuencas, en términos de suelos, geomorfología, vegetación y uso actual de la tierra, se les introducen a estos modelos a través de los llamados parámetros. El uso más importante de este tipo de modelos, está en la estimación de la escorrentía superficial en sitios de aprovechamiento hidráulico (embalses, derivaciones directas, etc.), que no disponen de información hidrométrica registrada en estaciones de medición.

Existe una gran variedad de modelos de simulación lluvia-escorrentía que cumplen con las necesidades de un análisis como el que se propone llevar a cabo en este estudio. Sin embargo, como una primera etapa del estudio, se utiliza un modelo que es muy usado a nivel de Latinoamérica que se conoce con el nombre de SIHIM (Modelo de Simulación Hidrológica Mensual), desarrollado en el Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras (CIDIAT) (Duque, 1985). Este modelo, originalmente trabajaba en ambiente MSDOS, posteriormente fue modificado y adaptado a través de una Interfaz para ser utilizado mediante el programa Excel (Córdova y Camacho, 2013), cambiándole el nombre a SIHIME (Modelo de Simulación Hidrológica Mensual con Interfaz en Excel).

En la Figura 4.1, se observa un esquema los componentes del modelo SIHIME, que utiliza como información básica los totales mensuales de precipitación y evapotranspiración, representativos de cada una de las subcuencas. Para realizar la calibración de este modelo, se requiere de los caudales promedios mensuales para el período de calibración que debe ser concomitante con los períodos de precipitación y evapotranspiración. El modelo considera los procesos de precipitación, evapotranspiración, infiltración, percolación y generación de flujo base a partir del almacenamiento subterráneo. Adicionalmente, considera almacenamientos superficiales, así como los flujos superficiales y subterráneos que provienen de subcuencas superiores y aquellos flujos que salen de la subcuenca en consideración, hacia subcuencas subyacentes, aguas abajo de ésta.

Figura 4.1. Componentes del modelo SIHIME



Fuente: Abt Associates

Para llevar a cabo el proceso de calibración y aplicación de este modelo se realizaron las siguientes actividades.

1. En función de la información disponible y la importancia de la estación (representatividad), se seleccionó la estación hidrométrica que fue utilizada en el proceso de calibración, estación Río Lacantún en Aguas Verdes II.
2. Una vez seleccionada la estación hidrométrica, se procedió a analizar las series de caudales medios mensuales, a los fines de escoger un período de calibración del modelo.
3. Utilizando el período de calibración se procedió a la selección de las estaciones pluviométricas y climatológicas, representativas de la cuenca, que dispusieran de información concomitante con dicho período.
4. Para llevar a cabo el proceso de calibración del modelo, se parametrizaron cada una de las subcuencas tomando en consideración la cobertura vegetal y uso de la tierra, así como las características texturales de los suelos.
5. El modelo fue calibrado, tratando de reproducir la serie de caudales mensuales observados en la estación Río Lacantún en Aguas Verdes II.

Disponibilidad de Información hidrométrica

En Tabla 2.1 se mostró la disponibilidad de la información hidrométrica, observándose que la estación Río Lacantún en Aguas Verdes II, dispone de información de caudales medios mensuales durante el período 1970-1993; motivo por el cual este período se seleccionó como período de calibración.

En la Figura 4.2, se muestra una comparación entre las series de caudales mensuales del río Usumacinta en Boca de Cerro y río Lacantún en Aguas Verdes II.

Para el período 1970-1993, el río Usumacinta hasta Boca de Cerro, tiene un caudal medio del orden de $1990 \text{ m}^3/\text{s}$ (con una cuenca tributaria de 47697 km^2); mientras que el río Lacantún alcanza los $886 \text{ m}^3/\text{s}$. En ambos casos los módulos de escorrentía unitaria superan los $40 \text{ lps}/\text{km}^2/\text{año}$.

En la Figura 4.3, se muestra la comparación de las series de caudales mensuales del río Lacantún hasta Aguas Verdes II, respecto a las generadas en los ríos Ixcán y Chajul, cuyas cuencas se ubican en territorio guatemalteco, y tributan sus aguas al río Lacantún.

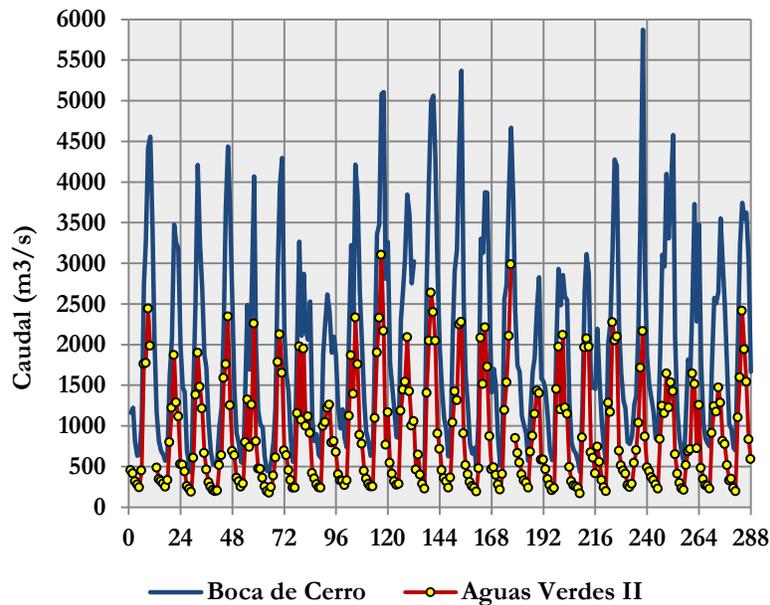
Disponibilidad de Información pluviométrica

Una vez seleccionado el período de calibración del modelo, se procedió a procesar la información de precipitación mensual, estimando datos faltantes, y seleccionando un conjunto de estaciones que fuera representativa de la cuenca del río Lacantún y que dispusiera de información de buena calidad para el período 1970-1993.

En la Figura 4.4, se muestra el conjunto de estaciones pluviométricas seleccionadas; y en la Tabla 4.1, se muestran sus principales características.

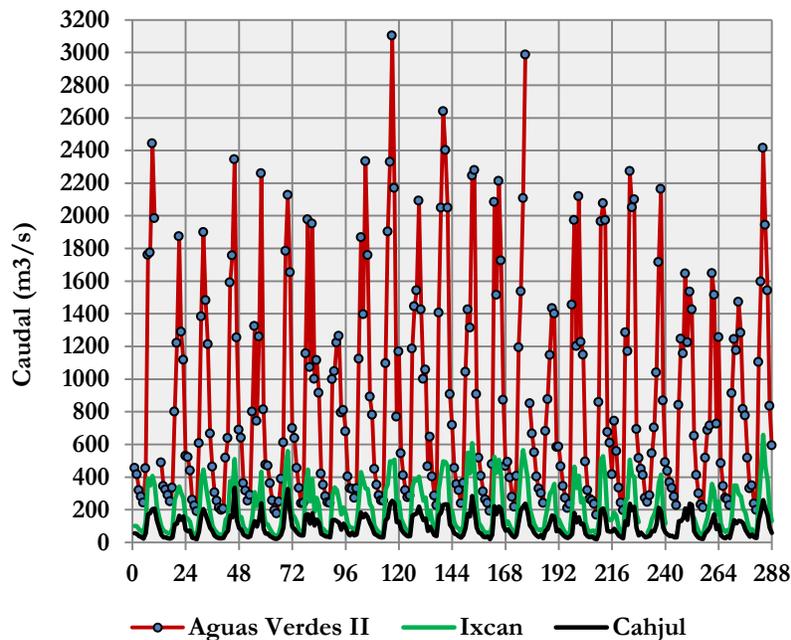
En la Figura 4.5 y la Tabla 4.2, se muestra la variación tanto temporal como espacial de los promedios mensuales de precipitación, observándose que el centro de altas precipitaciones se ubica en la parte media y baja de la cuenca, alcanzando promedios anuales que superan los 3000 mm/año.

Figura 4.2. Series de caudales mensuales de los ríos Usumacinta (Boca de Cerro) y Lacantún (Aguas Verdes II). 1970-1993.



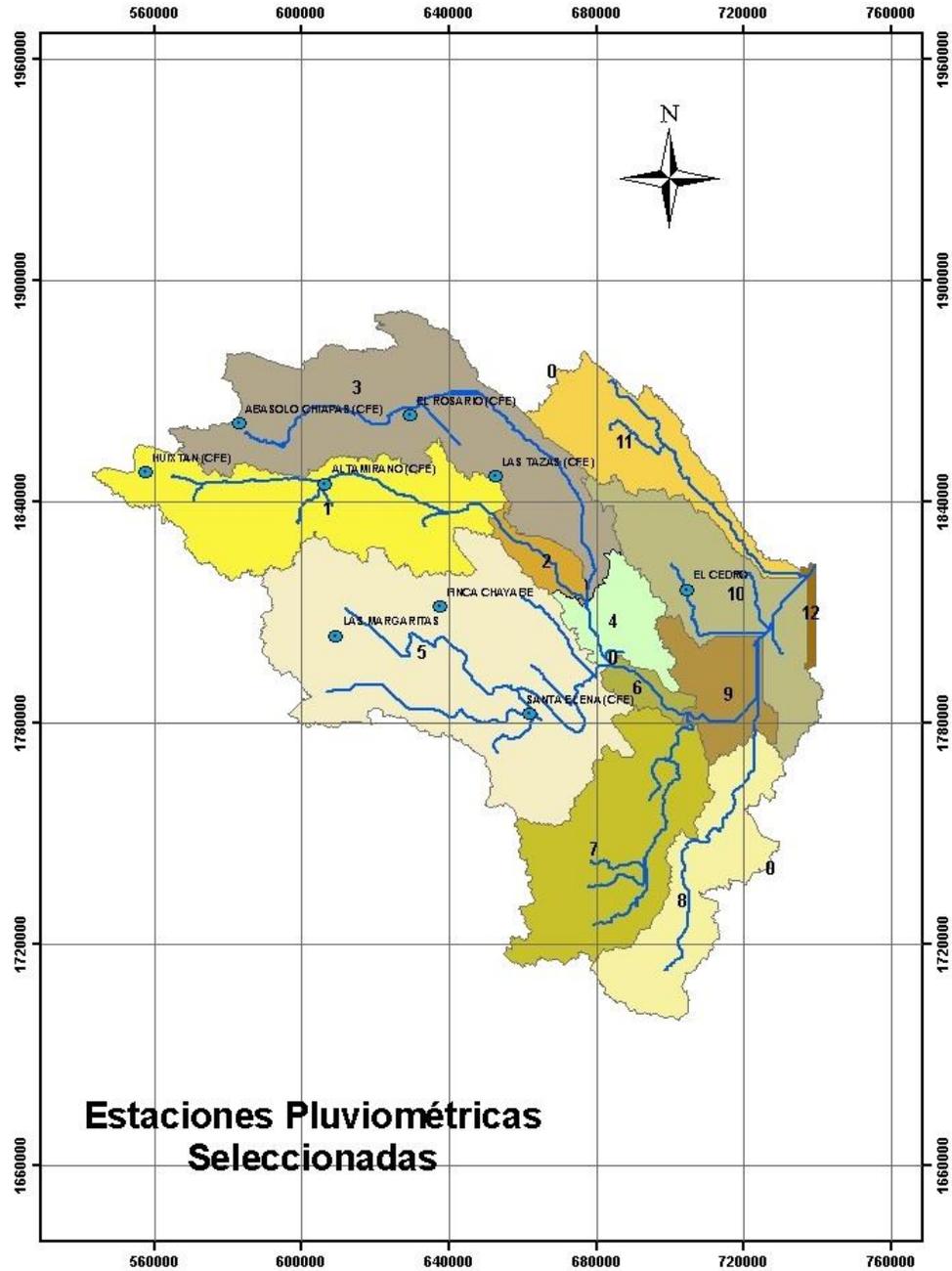
Fuente: Abt Associates

Figura 4.3. Series de caudales mensuales de los ríos Lacantún (Aguas Verdes II), Ixcan y Chajul. 1970-1993.



Fuente: Abt Associates

Figura 4.4. Conjunto de estaciones pluviométricas seleccionadas.



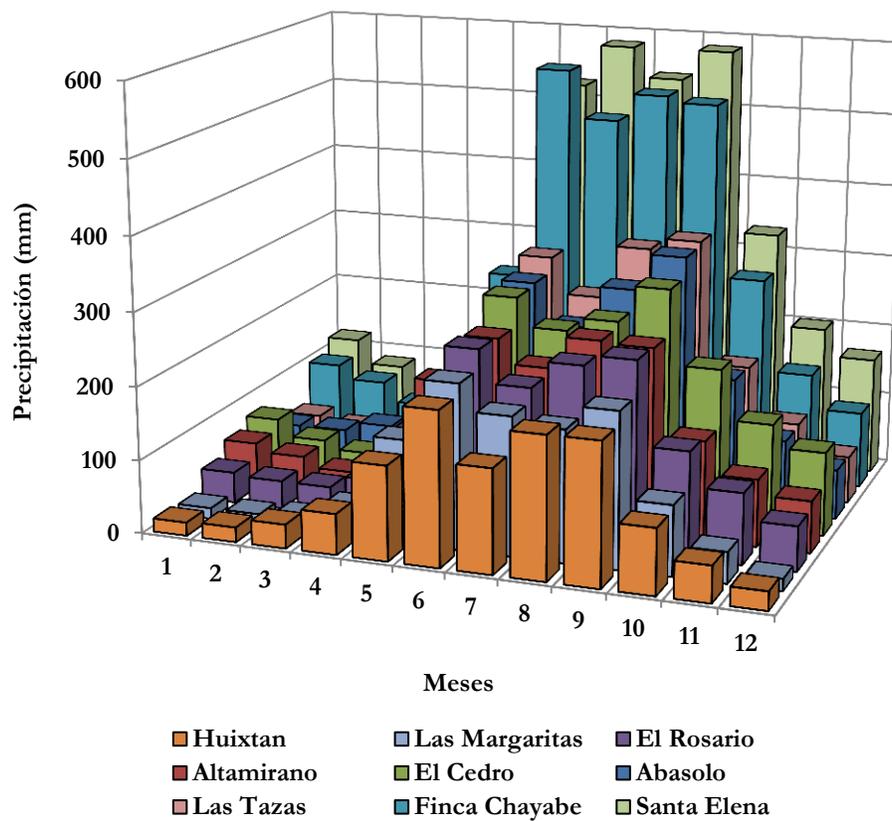
Fuente: Abt Associates

Tabla 4.1. Características de las estaciones pluviométricas seleccionadas.

Serial	Nombre	Longitud	Latitud
7001	Abasolo Chiapas (CFE)	-92.217	16.833
7043	El Cedro	-91.083	16.417
7051	El Rosario (CFE)	-91.783	16.85
7055	Finca Chayabe	-91.711	16.381
7076	Huixtan (CFE)	-92.458	16.714
7104	Las Margaritas	-91.975	16.311
7107	Las Tazas (CFE)	-91.567	16.700
7154	Santa Elena (CFE)	-91.483	16.117
7179	Altamirano (CFE)	-92.000	16.683

Fuente: Abt Associates

Figura 4.5- Promedios de precipitación mensual registrados en las estaciones pluviométricas seleccionadas.



Fuente: Abt Associates

Tabla 4.2. Promedios de precipitación mensual y anual. Estaciones pluviométricas seleccionadas (mm).

Mes	Abasolo	Altamirano	El Cedro	El Rosario	Finca Chayabe	Huixtan	Las Margaritas	Las Tazas	Santa Elena
1	46.1	62.2	76.0	42.2	97.2	18.1	14.7	40.2	117.3
2	47.0	50.9	53.0	38.2	78.0	20.0	14.6	30.9	82.8
3	60.5	36.9	41.8	37.9	50.7	32.5	19.7	33.0	35.7
4	63.2	58.8	70.6	54.7	92.1	55.4	41.7	47.6	64.5
5	170.6	179.8	158.4	131.5	257.9	128.5	140.5	145.5	156.0
6	287.3	245.8	284.3	250.3	556.2	209.5	224.1	306.6	524.3
7	231.4	212.4	245.2	205.4	490.4	141.2	187.9	256.4	582.0
8	290.3	256.6	264.1	242.3	529.0	192.6	178.2	330.3	540.6
9	340.7	253.3	314.3	256.7	520.9	192.8	210.2	346.4	582.8
10	178.4	135.2	212.1	143.5	280.9	88.9	95.1	176.2	329.3
11	100.2	91.3	144.3	96.3	152.7	49.4	42.1	102.9	199.9
12	67.6	70.6	113.7	60.6	105.3	25.4	15.8	64.0	162.3
Total	1883.2	1653.9	1977.5	1559.7	3211.2	1154.4	1184.5	1879.9	3377.4

Fuente: Abt Associates

Estimación de la evapotranspiración potencial

Método de estimación

El método de Penman-Monteith, recomendado por la FAO (1998), es el método estándar para la estimación, usando información meteorológica, de la evapotranspiración potencial de un cultivo de referencia (ET_0), que equivale a un pasto de doce centímetros de altura, con un albedo de 0.23 y una resistencia superficial de 70 m s^{-1} . La ecuación de Penman-Monteith es la siguiente, y representa una modificación de la ecuación original de Penman:

$$(4.1)$$

En esta ecuación el valor de ET_0 viene expresado en mm día^{-1} .

Donde

R_n : Radiación neta ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

G : Flujo de calor hacia el suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

γ : Constante Psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$).

Esta constante, se estima según la ecuación:

$$\gamma = \frac{C_p P}{\epsilon \lambda_v} = 0.000665 P \quad (4.2)$$

P : presión atmosférica [kPa]

λ_v : calor latente de vaporización, $2.45 \text{ [MJ kg}^{-1}\text{]}$

C_p : calor específico del agua, $1.013 \cdot 10^{-3} \text{ [MJ kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}\text{]}$

ε : relación entre el peso molecular del vapor de agua / aire seco
= 0.622.

T : Temperatura media (°C)

e_s : Presión de vapor de saturación a una temperatura T [kPa] (4.3)

Se estima según la ecuación:

$$e_s = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right) \quad (4.4)$$

Debido a la no-linealidad de la ecuación (3.4), el mejor estimador de la presión de vapor de saturación se obtiene promediando los valores obtenidos con la temperatura máxima y temperatura mínima diaria, según la siguiente ecuación:

$$e_s = \frac{e_s(T_{m\acute{a}x}) + e_s(T_{m\acute{i}n})}{2} \quad (4.5)$$

Δ : Pendiente de la curva de la presión de vapor de saturación (kPa °C⁻¹).

$$\Delta = 4098 \left[\frac{0.6108 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right)}{(T + 237.3)^2} \right] \quad (4.6)$$

e_a : Presión de vapor real (kPa).

$$e_a = \frac{\frac{e_s(T_{m\acute{i}n})RH_{m\acute{a}x}}{100} + \frac{e_s(T_{m\acute{a}x})RH_{m\acute{i}n}}{100}}{2} \quad (4.7)$$

$e_s(T_{m\acute{i}n})$: Presión de vapor de saturación a la temperatura mínima diaria [kPa]

$e_s(T_{m\acute{a}x})$: Presión de vapor de saturación a la temperatura máxima diaria [kPa]

$RH_{m\acute{a}x}$: Humedad relativa máxima diaria [%]

$RH_{m\acute{i}n}$: Humedad relativa mínima diaria [%]

Cuando no se dispone de valores de RH_{\max} y RH_{\min} , la ecuación recomendada es aquella basada en la humedad relativa media:

$$e_a = \frac{RH_{media}}{100} \left[\frac{e_s(T_{m\acute{a}x}) + e_s(T_{m\acute{i}n})}{2} \right] \quad (4.8)$$

RH_{med} : Humedad relativa media diaria [%]

u_2 : velocidad del viento a 2 metros de altura [$m\ s^{-1}$]

Aplicación del método de Penman Monteith utilizando la información climática de la estación Comitán

Comitán es una estación climatológica cuya información se encuentra disponible en la base de datos CLIMWAT de la FAO (1998), que permite la aplicación del método de Penman Monteith.

En la Tabla 4.3 se presentan los valores medios mensuales de las variables temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa media, velocidad de viento y brillo solar, observados en dicha estación y que son necesarias para la estimación de la evapotranspiración.

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial, para el cultivo de referencia ETo, se utilizó el programa CROPWAT (desarrollado por la FAO) el cual estima los valores de la radiación solar utilizando la metodología descrita en FAO (1998).

Para la aplicación del programa, además de los datos mostrados en la Tabla 4.3, se requiere de la altitud de la estación (1530 msnm) y de sus coordenadas geográficas (Longitud: -92.13° ; Latitud: 16.25°).

Los resultados obtenidos con la aplicación de este modelo se muestran en la Tabla 4.4, donde se observa que la evapotranspiración potencial (ETo), media anual, para la estación Comitán es del orden de los 1275 mm.

Tabla 4.3.- Promedios mensuales de las variables climáticas observadas en la estación Comitán.

Mes	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Humedad Relativa (%)	Viento (km/día)	Brillo Solar (h/día)
1	8.3	23.5	77	164	6.3
2	8.8	24.7	78	207	6.5
3	10.6	27	74	233	7.1
4	12.2	28	77	225	6
5	12.6	27.4	78	225	5.8
6	13.2	25.8	81	225	5.2
7	12.5	25	81	216	6.1
8	12.5	25.8	80	242	6.2
9	12.5	25	82	268	5.2
10	11.4	24.1	83	207	4.7
11	9.5	23.6	83	173	6
12	8.8	23.3	82	147	6.1
Media	11.1	25.3	80	211	5.9

Fuente: Abt Associates

Tabla 4.4. Estimación de la ET_0 . Estación Comitán

Mes	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Humedad Relativa (%)	Viento (km/día)	Brillo Solar (h/día)	Radiación Solar MJ/m ² / día	ETo	
							mm/día	mm/mes
1	8.3	23.5	77	164	6.3	15.4	2.89	89.6
2	8.8	24.7	78	207	6.5	17.2	3.34	93.5
3	10.6	27	74	233	7.1	19.5	4.17	129.3
4	12.2	28	77	225	6	18.7	4.16	124.8
5	12.6	27.4	78	225	5.8	18.4	4.08	126.5
6	13.2	25.8	81	225	5.2	17.4	3.68	110.4
7	12.5	25	81	216	6.1	18.7	3.76	116.6
8	12.5	25.8	80	242	6.2	18.9	3.90	120.9
9	12.5	25	82	268	5.2	16.8	3.49	104.7
10	11.4	24.1	83	207	4.7	15.0	3.00	93.0
11	9.5	23.6	83	173	6.0	15.2	2.82	84.6
12	8.8	23.3	82	147	6.1	14.6	2.62	81.2
Media	11.1	25.3	80	211	5.9	17.2	3.49	1275.0

Fuente: Abt Associates

Calibración del modelo lluvia-escorrentía SIHIME

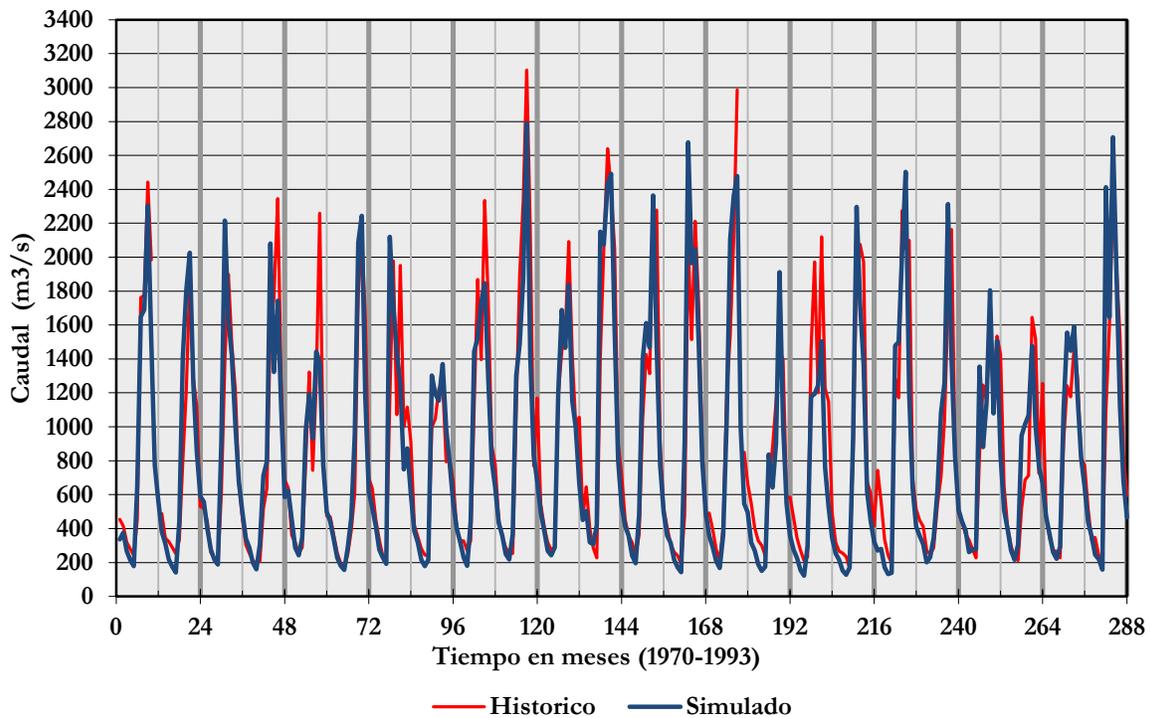
Para lograr la calibración del modelo lluvia-escorrentía hasta la estación Aguas Verdes II, se utilizaron como datos de entrada la precipitación mensual observada en las nueve estaciones descritas en la Tabla 4.1, para el período 1970-1993, concomitante con la información hidrométrica disponible.

Adicionalmente, para la definición de los parámetros del modelo se tomaron en consideración los tipos de suelos y vegetación y uso predominantes, en las doce subcuencas que integran la cuenca total.

Los resultados de la calibración, obtenidos en términos de caudales medios mensuales se incluyen en la Figura 4.6, donde se comparan con los datos observados en la estación hidrométrica Río Lacantún en Aguas Verdes II.

Adicionalmente, en la Tabla 4.5, se presenta una comparación entre los caudales medios de las series, simulados e históricos, así como los valores máximos y mínimos, y el coeficiente de correlación de las series, que alcanza el valor de 0.94.

Figura 4.6. Calibración del modelo lluvia escorrentía hasta la estación hidrométrica Río Lacantún en Aguas Verdes II. Período 1970-1993.



Fuente: Abt Associates

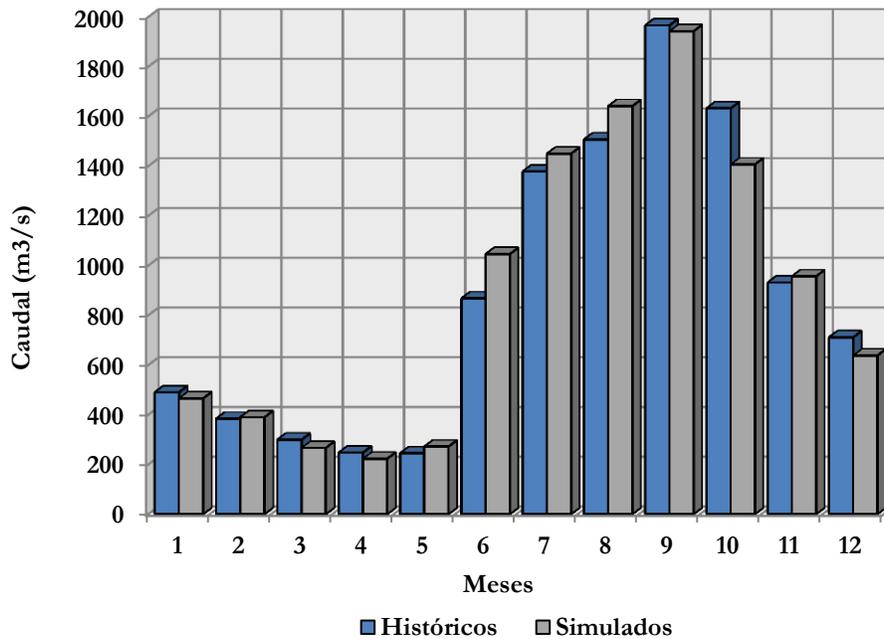
Tabla 4.5. Estadísticos de las series de caudales simulados e históricos. Estación Lacantún en Aguas Verdes II. Período 1970-1993

Estadísticos	Series de caudales (m ³ /s)	
	Simulados	Históricos
Media	891.5	886.4
Valor mínimo	2808.8	3102.8
Valor máximo	139.4	167.9
Coefficiente de Correlación	0.94	

Fuente: Abt Associates

En la Figura 4.7 se presenta una comparación de los caudales medios mensuales de ambas series, históricos y simulados.

Figura 4.7. Comparación de los caudales promedios mensuales del Río Lacantún en Aguas Verdes II.



Fuente: Abt Associates

5. Evaluación del efecto que tendrían los escenarios de cambio climático en la disponibilidad futura del recurso hídrico en la cuenca del río Lacantún.

En este análisis se tomaron en consideración los nuevos escenarios de cambio climático basados en “representative concentration pathways” (RCP, o escenarios de forzamiento radiativo), los cuales asocian las proyecciones probables de emisiones de gas invernadero (tales como el CO₂) con fuerzas de radiación equivalentes (W/m²) que serán descritos en detalle en el reporte de evaluación número 5, IPCC-AR5 (*Assessment Report 5*).

En la Tabla 5.1, se muestran los cuatro nuevos escenarios de cambio climático que estarán contenidos en el reporte AR5 del IPCC.

Tabla 5.1. Escenarios de forzamiento radiativo (RCP)

Escenarios	Fuerza de radiación (W/m ²)	Concentración equivalente de CO ₂ (ppm)
RCP8.5	> 8.5	> 1370
RCP6	~ 6	~ 850
RCP4.5	~ 4.5	~ 650
RCP3	~ 3	~ 490

Fuente: Abt Associates

Los resultados de 15 Modelos de Circulación Global (MCG), se combinaron en un ensamble ponderado mediante el método REA (*Reliability Ensemble Averaging*), calculando la incertidumbre de cada modelo. Esto se llevó a cabo para el periodo histórico (1961-2000) y para las proyecciones usando los escenarios

de forzamiento radiativo bajo (RCP 4.5), medio (RCP 6) y alto (RCP 8.5). Los períodos analizados fueron el Histórico (1961-2000, 40 años), Futuro cercano (2015-2039, 25 años) y Futuro lejano (2075-2099, 25 años). Utilizando los resultados de estos escenarios de cambio climático, se procedió de la siguiente manera:

1. Para cada período de análisis, futuros cercanos y lejanos, se definieron los cambios en la temperatura mínima y máxima, y en la precipitación; asociados a cada escenario RCP.
2. Luego utilizando los cambios en temperatura, se evaluaron, para cada caso, los cambios en la tasa de evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto), utilizando la ecuación de Penman Monteith.
3. Luego para cada período de análisis y escenarios RCP, se definieron los cambios en ETo y precipitación y se ejecutó el modelo SIHIME.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.2, en términos de los caudales medios del río Lacantún en Aguas Verdes, para cada período y escenario RCP analizado.

En la Tabla 5.3, se presentan estos resultados expresados como reducción porcentual del caudal medio del río Lacantún, tomando en consideración que para las condiciones actuales el modelo SIHIME arrojó un valor de caudal medio de 891.5 m³/s (ver tabla 4.5)

Tabla 5.2. Caudales medios del río Lacantún en Aguas Verdes II, para cada período analizado y cada escenarios de forzamiento radiativo (RCP) Según el modelo SIHIME (m³/s)

Período de análisis	Escenarios		
	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5
2015-2039	839.7	866.8	839.7
2075-2099	861.9	833.3	785.0

Fuente: Abt Associates

Tabla 5.3. Reducción porcentual del caudal medio del río Lacantún en Aguas Verdes II, para cada período analizado y cada escenarios de forzamiento radiativo (RCP). Según el modelo SIHIME (%)

Período de análisis	Escenarios		
	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5
2015-2039	5.8	2.8	5.8
2075-2099	3.3	6.5	11.9

Fuente: Abt Associates

En la Tabla 5.4, se presentan los resultados de la afectación de los recursos hídricos de la cuenca del río Lacantún, utilizando una metodología similar a la descrita en la norma identificada como NOM-011-CNA-2000 (CNA, 2000) (utilizada por el IMTA).

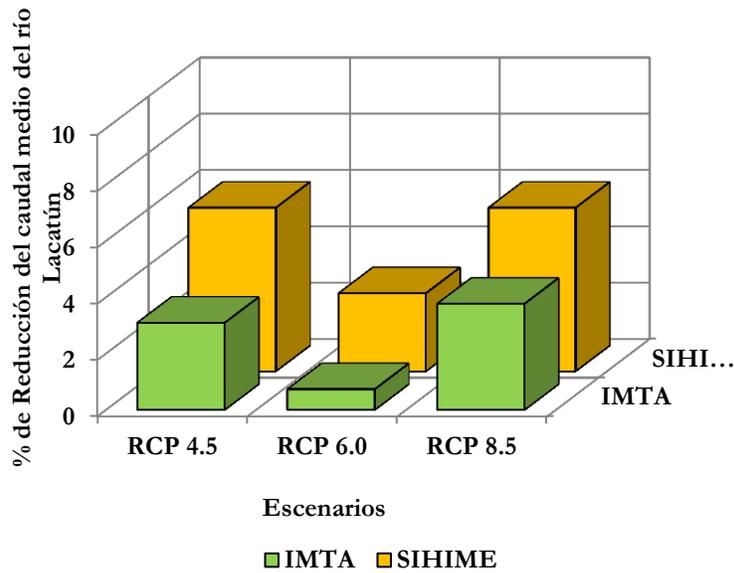
Tabla 5.4. Reducción porcentual del caudal medio del río Lacantún en Aguas Verdes II, para cada período analizado y cada escenarios de forzamiento radiativo (RCP). Según la metodología del IMTA (%)

Período de análisis	Escenarios		
	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5
2015-2039	3.1	0.7	3.8
2075-2099	5.3	4.1	8.5

Fuente: Abt Associates

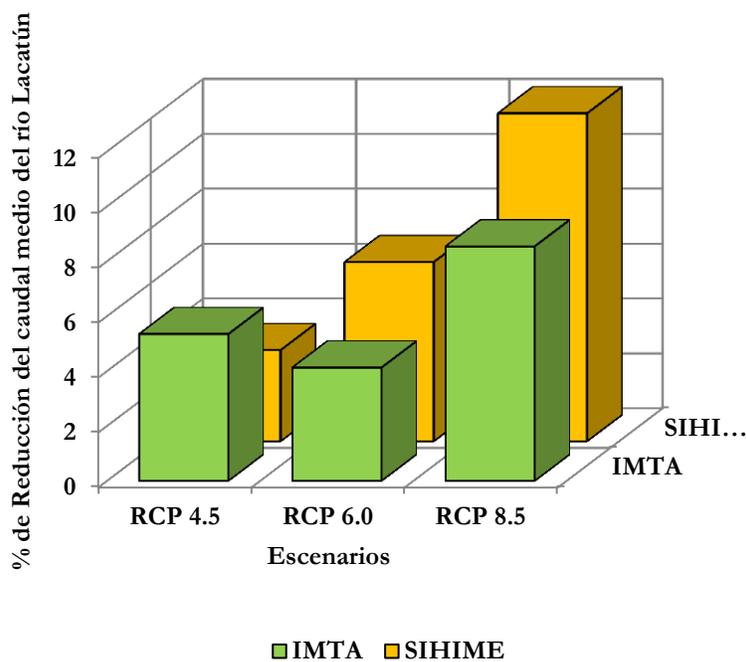
Finalmente, en las Figuras 5.1 y 5.2, se comparan los resultados obtenidos con el modelo SIHIME y con la metodología desarrollada por el IMTA, para los períodos 2015-2039 y 2075-2099, respectivamente.

Figura 5.1. Reducción porcentual del caudal medio río Lacatún en Aguas Verdes II. Período 2015-2039



Fuente: Abt Associates

Figura 5.2. Reducción porcentual del caudal medio río Lacatún en Aguas Verdes II. Período 2075-2099



Fuente: Abt Associates

6. Resumen, conclusiones y recomendaciones

A continuación se realiza un resumen del estudio y se describen las principales conclusiones y recomendaciones, derivadas de los resultados obtenidos.

1. Tomando en cuenta los objetivos del estudio y la disponibilidad de información básica se seleccionó la cuenca tributaria al río Lacantún hasta la estación hidrométrica Aguas Verdes II, ubicada cerca de la confluencia con el río Usumacinta, como cuenca piloto para probar la metodología propuesta, a los fines de evaluar el efecto de los cambios climáticos sobre la disponibilidad de recurso hídrico.
2. Utilizando sistemas de información geográfico se procedió al análisis del modelo digital de terreno que permitió la definición tanto de la cuenca total del río Lacantún, como de las principales subcuencas que la conforman; adicionalmente se analizó la variación espacial de la información de suelos y de la información de cobertura vegetal y uso actual de la tierra.
3. Utilizando la información climática disponible en las estaciones pluviométricas y climatológicas, se realizó la caracterización de la variación tanto temporal como espacial de las variables que definen el clima de la cuenca.
4. Con la información pluviométrica se analizó la variación espacial del proceso de precipitación, obteniéndose que el centro de altas precipitaciones se ubica en la parte media y baja de la cuenca, con valores anuales superiores a los 3000 mm.
6. Utilizando la información disponible en las estaciones climatológicas se procedió a analizar el proceso de evapotranspiración. Para la estimación de la tasa de evapotranspiración potencial se utilizó el método de Penman-Monteith, que es el recomendado para poder realizar la evaluación del efecto del cambio climático sobre esta variable que es uno de los componentes más importantes del ciclo hidrológico. Para llevar a cabo esta estimación se utilizó el programa CROPWAT, desarrollado por la FAO (1998).
7. Se recolectó y procesó toda la información hidrométrica disponible en la estación Río Lacantún en Aguas Verdes II.
8. La aplicación del modelo hidrológico tipo lluvia escorrentía se realizó llevando a cabo las siguientes actividades:
 - a. Analizando la disponibilidad de información climatológica e hidrométrica se tomó la decisión de utilizar como período de análisis el comprendido entre 1970-1993.
 - a. Utilizando el período de calibración se procedió a la selección de las estaciones pluviométricas y climatológicas, representativas de la cuenca, que dispusieran de información concomitante con dicho período.
 - b. Para llevar a cabo el proceso de calibración del modelo, se parametrizaron cada una de las subcuencas tomando en consideración la cobertura vegetal y uso de la tierra, así como las características texturales de los suelos.
 - c. El modelo fue calibrado, tratando de reproducir la serie de caudales mensuales observados en la estación Río Lacantún en Aguas Verdes II. La calibración del modelo se logró

alcanzando un coeficiente de correlación, entre las series de caudales mensuales, históricos y simulados, del orden de 0.94.

9. Finalmente, se procedió a la evaluación del efecto que tendrían los escenarios de cambio climático en la disponibilidad futura del recurso hídrico en la cuenca del río Lacantún.
10. En la aplicación del modelo SIHIME, como primer paso se evaluó la afectación del proceso de evapotranspiración debido a los cambios en temperatura. Posteriormente, se aplicó el modelo hidrológico variando la precipitación. El resultado refleja que, en general, los escenarios de cambio climático reducirán la disponibilidad de los recursos hídrico en la cuenca del río Lacantún, entre 1% y 6%, para el período 2015-2039; y 3% y 12 %, para el período 2075-2099.
11. Es importante destacar que los resultados obtenidos con este modelo son parecidos (del mismo orden de magnitud) a los obtenidos aplicando la metodología utilizada por el IMTA, descrita en la norma identificada como NOM-011-CNA-2000 (CNA, 2000).

7B. Evaluación de la vulnerabilidad del sistema de presas del Río Grijalva ante los impactos del cambio climático

Antecedentes

La empresa Abt Associates, elabora el estudio para el diseño del “Plan de Adaptación, Ordenamiento y Manejo Integral (PAOM) de las cuencas de los Ríos Grijalva y Usumacinta. Programa de adaptación a las consecuencias de cambio climático en la provisión de servicios de la Cuenca del Grijalva”, el cual es financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Como parte de este estudio, la Dra. Mercedes Andrade y el Dr. Martín José Montero Martínez (ambos en el Sistema Meteorológico Nacional (SMN)), han apoyado en el análisis y regionalización de los escenarios de cambio climático RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para los periodos 2015-2039 y 2075-2099, que se generaron como parte del estudio “*Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación*” (INECC, 2013) utilizando los nuevos datos proporcionados por los Modelos de Circulación General del AR5 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

Posteriormente, el Dr. Iván Rivas Acosta, quien es Hidrólogo Principal del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), utilizó los nuevos escenarios de cambio climático para realizar una estimación de impactos sobre los escurrimientos que se generan en la cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta, usando una metodología similar a la descrita en el “Atlas de vulnerabilidad hídrica de México” (Elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA (2010)). Dicha metodología se basa en la norma identificada como NOM-011-CNA-2000 (CNA, 2000), donde se establecen las especificaciones para determinar la disponibilidad media anual de aguas superficiales en una cuenca hidrológica. Según esta norma el volumen medio anual de escurrimiento que se genera en una cuenca, se estima como el producto de la lluvia media anual, el área tributaria de dicha cuenca y el coeficiente de escorrentía que la caracteriza, que es función del tipo de suelos y la cobertura vegetal y uso de la tierra.

El estudio de González Villarreal realizó una evaluación de la vulnerabilidad del sistema de presas del río Grijalva ante los impactos del cambio climáticos,¹ en el cual efectuó un análisis detallado sobre los escenarios de cambios climáticos y su impacto sobre la generación de escurrimientos en la cuencas tributarias a los cuatro embalses que conforman el complejo hidroeléctrico del río Grijalva, y sobre la generación futura de la energía hidroeléctrica. Así, como los efectos de los eventos extremos, precipitaciones máximas diarias y avenidas extremas, sobre el sistema de presas, evaluando medidas de adaptación y estrategias para reducir la vulnerabilidad de las presas ante el cambio climático debido a sus efectos sobre las tormentas severas. En el estudio referido de González Villarreal se tomaron en cuenta dos periodos -2010-2030 y 2030-2050- así como el escenario A1B del AR4.

Por este motivo se consideró de mucha importancia utilizar una metodología similar a la descrita en la referencia de González Villarreal, tomando en consideración los nuevos escenarios de cambios climáticos que fueron obtenidos utilizando los datos proporcionados por los Modelos de Circulación General del AR5,^f y los posibles cambios en los patrones de uso de la tierra, en las cuencas de los ríos Grijalva; a los fines de evaluar el impacto sobre el escurrimiento y la producción energética en el conjunto de presas que integran el complejo hidroeléctrico del río Grijalva.

^f Por sus siglas en inglés: Assessment Report number 5, del Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

Análisis de las nuevas corridas de los modelos de cambio climático RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 del AR5 del IPCC.

El experimento CMIP5[§] incorpora los cambios aplicados a los escenarios de emisiones SRES (B1-bajas emisiones, A2-altas emisiones), etc. La abreviación RCP de los nuevos escenarios significa: Trayectorias de Concentraciones Representativas (RCP, por siglas en inglés). Estos escenarios se dividen en cuatro grupos: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5, que se refieren a la radiación global de energía expresada en W/m^2 ; por ejemplo, RCP8.5 es el escenario más extremo que supone un valor de $8.5 W/m^2$ debido al aumento de gases de efecto de invernadero, tabla 1.²

Tabla 1. Nuevos escenarios RCP.

NOMBRE	FORZAMIENTO RADIATIVO	CONCENTRACIÓN (ppm)	TRAYECTORIA	MODELO QUE PROVEE EL RCP
RCP 8.5	> $8.5 Wm^{-2}$, en año 2100	>1,370 CO_2	Aumentando	MESSAGE (Austria)
RCP 6.0	$6 Wm^{-2}$ estable después de año 2100	850 CO_2 estable después de año 2100	Estable sin pararse	AIM (Japón)
RCP 4.5	$4.5 Wm^{-2}$ estable después de año 2100	650 CO_2 estable después de año 2100	Estable sin pararse	GCAM (EU)
RCP 2.6	Pico en $3Wm^{-2}$ antes del año 2100 y disminuye después	Pico en 490 CO_2 antes del año 2100 y disminuye después	Aumenta y posteriormente disminuye	IMAGE (Países bajos)

Para este estudio los escenarios se caracterizaron con la precipitación en porcentaje de la lluvia anual y las anomalías de las temperaturas promedio, mínima y máxima en $^{\circ}C$ y su elaboración se muestra en otro capítulo de este documento. Conviene subrayar que esos escenarios son proyecciones y no representan pronóstico alguno.

Para el análisis de los resultados de los escenarios RCP se utilizó el mapa base que se indica en la ilustración 1, cuya regionalización tiene diferencias con el que se utilizó para el análisis de escenarios de cambio climático para precipitación y escurrimiento y que se distingue en el mapa como Agrupa. La diferencia se debe a que el plano base que aquí se presenta toma en cuenta las cuencas que aportan escurrimientos a las subcuencas de Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas. En el plano base también se muestra la ubicación de las cuatro presas principales Dr. Belisario Domínguez (Angostura), Ing. Manuel Moreno Torres (Chicoasén), Netzahualcóyotl (Malpaso) y Ángel Albino Corzo (Peñitas).

[§] Proyecto de comparación recíproca de Modelos Acoplados. Fase 5. Las siglas son por la designación en inglés: Coupled Model Intercomparison Project Phase 5.

Ilustración 1. Zona de estudio.



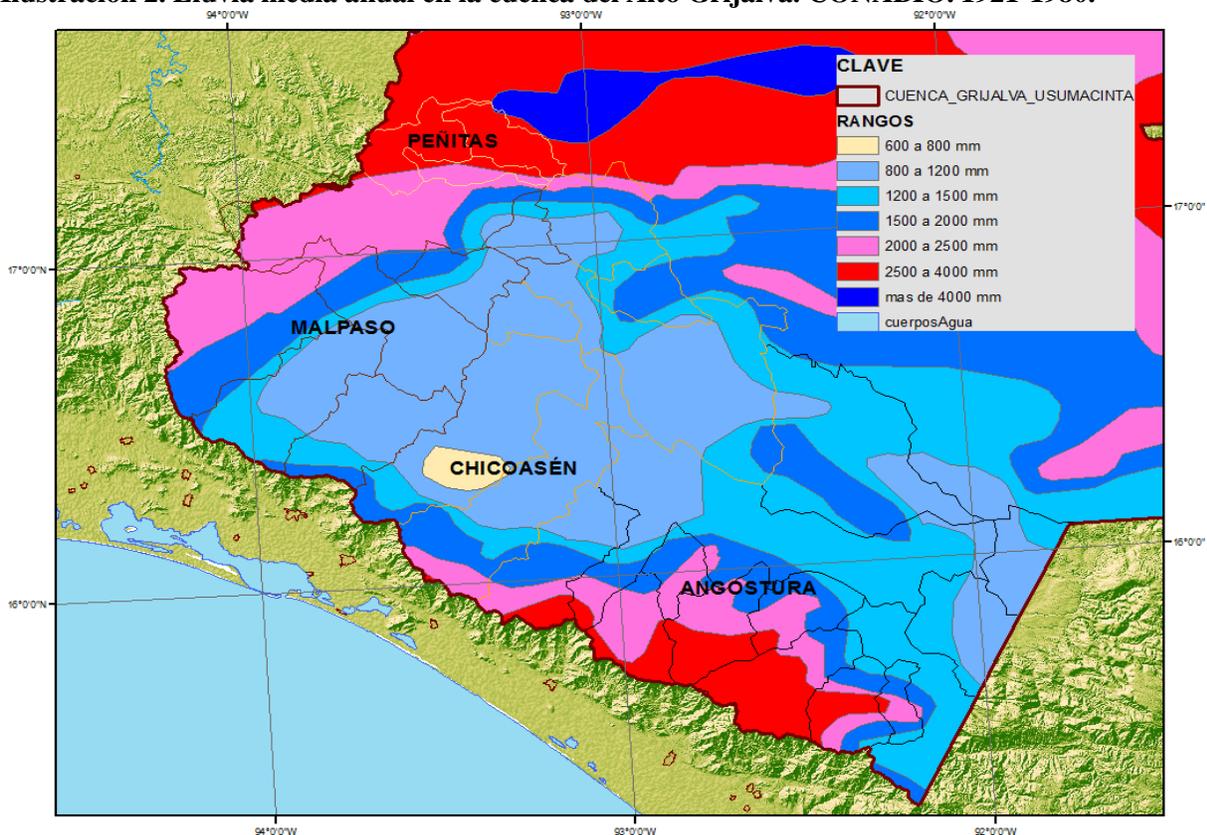
Fuente: Abt Associates

Precipitación

La invasión de masas de aire frío del norte y húmedos tropicales del Atlántico y el Pacífico provocan la mayoría de las precipitaciones anuales en la región. En el verano las lluvias son muy intensas. En el otoño y el invierno soplan los nortes, con lluvias prolongadas y torrenciales. Las isoyetas de la lluvia media anual en la cuenca del río Grijalva se muestran en la ilustración 2.^h La lluvia se concentra en la cuenca de Peñitas y en las partes altas del sur de la región.

Con base en la información proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad para el periodo 1981-2007, la lluvia mensual en las cuencas Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas presentó el comportamiento que se muestra en la gráfica de la ilustración 3.

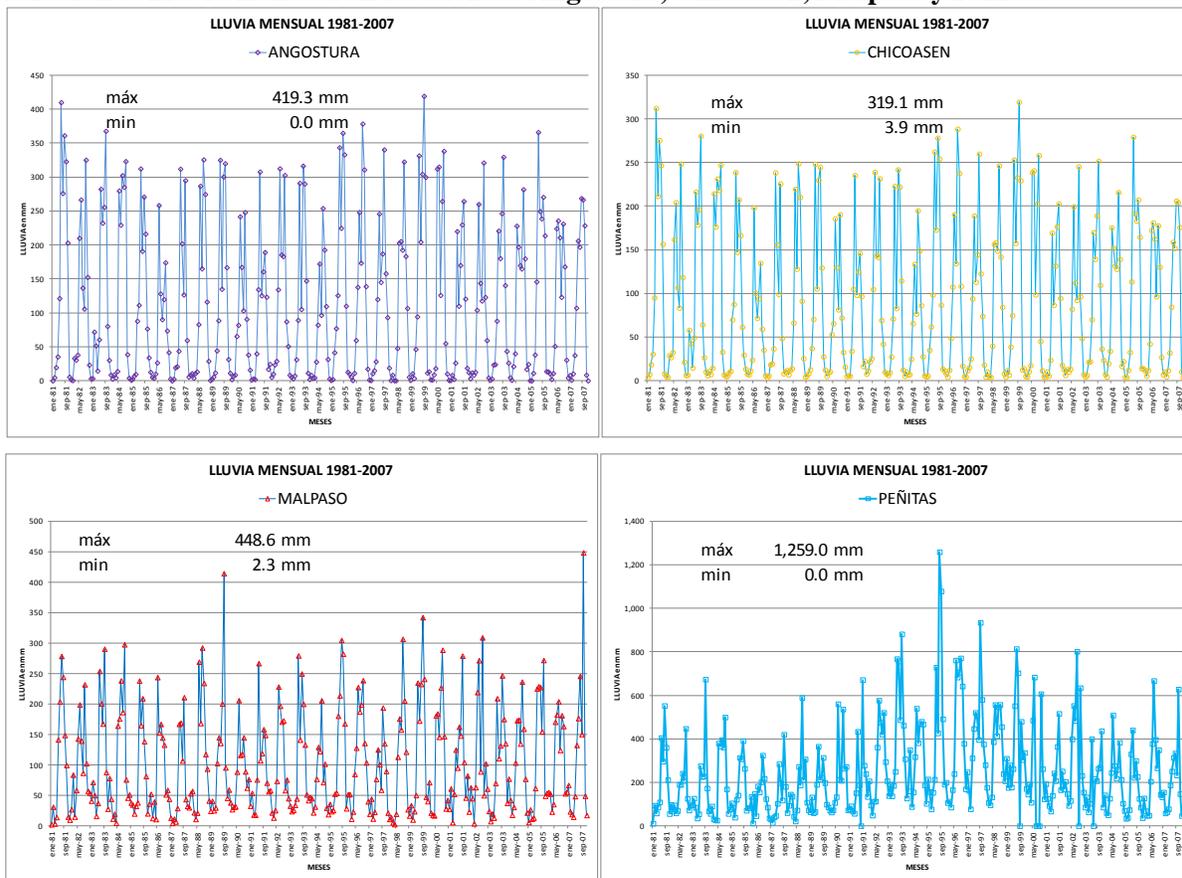
Ilustración 2. Lluvia media anual en la cuenca del Alto Grijalva. CONABIO. 1921-1980.



Fuente: Abt Associates

^h El mapa de isoyetas de la lluvia media anual fue preparado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), con base en la información de 382 estaciones en el período comprendido de 1921 a 1980.

Ilustración 3. Lluvia mensual en las cuencas Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas.



Fuente: Abt Associates

El análisis de frecuencias de la lluvia mensual para cada cuenca se indica en la tabla 2. En el caso de Angostura y Peñitas la frecuencia mayor se tiene en el rango de 0 a 100 mm, en Chicoasén y Malpaso la frecuencia mayor se presenta en el rango de 0 a 50 mm. Ver tabla 2.

Tabla 2. Frecuencias de la lluvia mensual en Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas.

Angostura					
RANGO	FRECUENCIA	% ACUMULADO	RANGO	FRECUENCIA	% ACUMULADO
100	181	55.86%	100	181	55.86%
200	60	74.38%	200	60	74.38%
300	50	89.81%	300	50	89.81%
400	31	99.38%	400	31	99.38%
500	2	100.00%	500	2	100.00%
y mayor...	0	100.00%	y mayor...	0	100.00%

Chicoasén					
RANGO	FRECUENCIA	% ACUMULADO	RANGO	FRECUENCIA	% ACUMULADO
50	162	50.00%	50	162	50.00%
100	42	62.96%	100	42	62.96%
150	35	73.77%	250	38	74.69%
200	34	84.26%	150	35	85.49%
250	38	95.99%	200	34	95.99%
300	11	99.38%	300	11	99.38%
350	2	100.00%	350	2	100.00%
y mayor...	0	100.00%	y mayor...	0	100.00%

Malpaso					
RANGO	FRECUENCIA	% ACUMULADO	RANGO	FRECUENCIA	% ACUMULADO
50	127	39.20%	50	127	39.20%
100	63	58.64%	100	63	58.64%
150	45	72.53%	150	45	72.53%
200	38	84.26%	200	38	84.26%
250	32	94.14%	250	32	94.14%
300	13	98.15%	300	13	98.15%
350	4	99.38%	350	4	99.38%
y mayor...	2	100.00%	y mayor...	2	100.00%

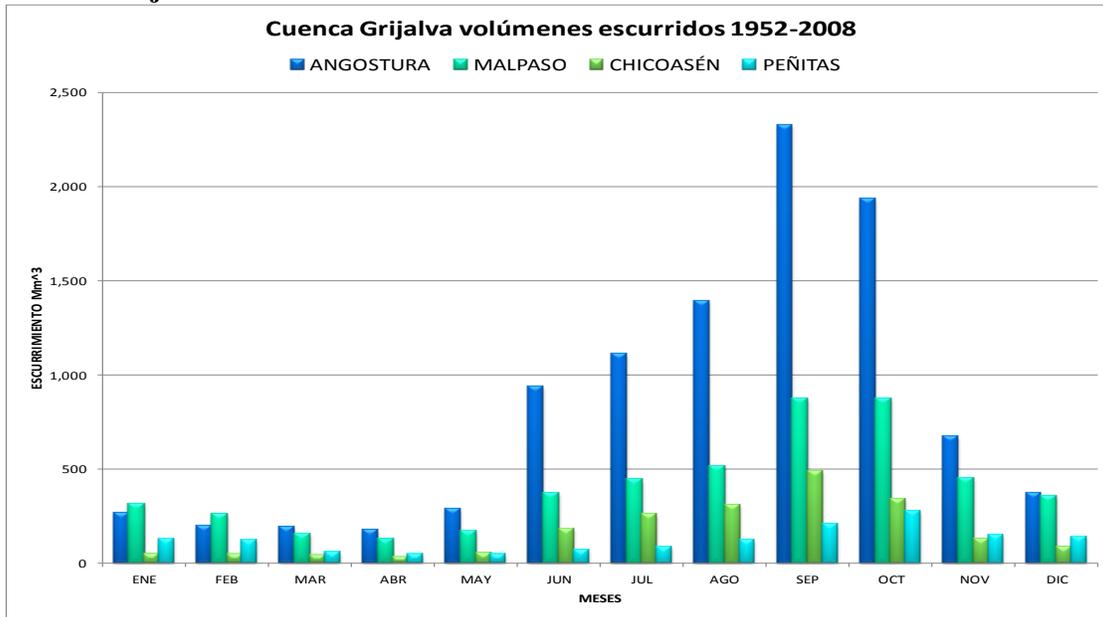
Peñitas					
RANGO	FRECUENCIA	% ACUMULADO	RANGO	FRECUENCIA	% ACUMULADO
100	91	28.09%	100	91	28.09%
200	81	53.09%	200	81	53.09%
300	56	70.37%	300	56	70.37%
400	35	81.17%	400	35	81.17%
500	22	87.96%	500	22	87.96%
600	17	93.21%	600	17	93.21%
700	9	95.99%	700	9	95.99%
800	7	98.15%	800	7	98.15%
900	3	99.07%	900	3	99.07%
1000	1	99.38%	1000	1	99.38%
1100	1	99.69%	1100	1	99.69%
1200	0	99.69%	1300	1	100.00%
1300	1	100.00%	1200	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%	y mayor...	0	100.00%

Fuente: Abt Associates

Escurrimiento

Con base en la información proporcionada por la CFE y en estudios previos del Instituto de Ingeniería, UNAM, se obtuvo un registro mensual de volúmenes escurridos por cuenca propia que comprende el período 1952-2008. Los volúmenes promedio mensual máximos se presentan en septiembre, excepto en la cuenca de Peñitas, en donde ocurren en octubre, ver ilustración 4.

Ilustración 4. Grijalva escurrimientos medios mensuales. 1952-2008.



Fuente: Abt Associates

Para el periodo 1952-2008, el escurrimiento medio anual en la cuenca propia de la presa Angostura es de 10,061 hm³, con un coeficiente de variación de 0.24. La cuenca propia de la presa Chicoasén tiene un escurrimiento medio anual de 2,205 hm³, con un coeficiente de variación de 0.29. En el caso de la cuenca propia de la presa Malpaso el escurrimiento medio anual es de 5,515 hm³, con un coeficiente de variación de 0.38, y la cuenca propia de la presa Peñitas tiene un escurrimiento medio anual de 3,672 hm³, con un coeficiente de variación de 0.31. En consecuencia, el volumen medio anual escurrido hasta la presa Peñitas es de 21,453 hm³.

Conviene aclarar que el escurrimiento por cuenca propia de la presa Angostura considera los volúmenes generados en la parte de la cuenca que se ubica en Guatemala, lo cual difiere del procedimiento que se sigue la norma NOM-011-CNA-2000, donde se establecen las especificaciones para determinar la disponibilidad media anual de aguas superficiales en una cuenca hidrológica con fines de asignación del agua.

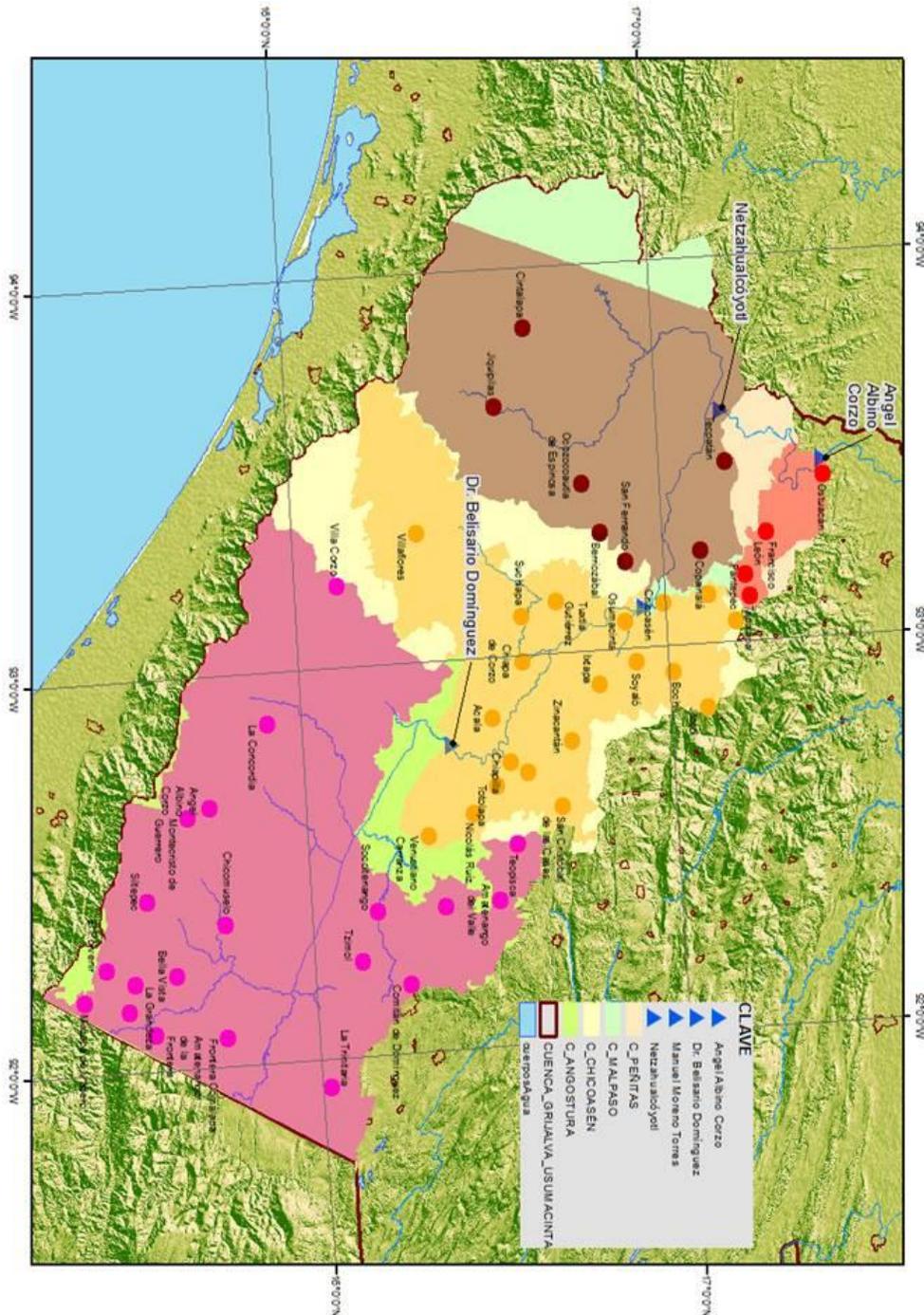
La CONAGUA, con base en la NOM-011-CNA-200, estima el volumen por cuenca propia en la parte mexicana de la cuenca del Grijalva hasta Peñitas igual a 16,229 hm³, y el escurrimiento en la parte guatemalteca del Grijalva hasta la frontera con México en 3,584 hm³. Si se suman esos dos volúmenes se tiene un escurrimiento hasta la presa Peñitas de 19,812 hm³. El análisis de la CONAGUA no indica el período de registro que se utilizó para obtener ese volumen, el cual es 8% menor que el que reporta la CFE y el Instituto de Ingeniería tomando en cuenta el registro histórico de 1952 a 2008.³

Escenarios del Cambio Climático

Los escenarios del futuro cercano -período 2015-2039- y los del futuro lejano -2075-2099- tienen la distribución espacial de las cuatro variables significativas -precipitación en porcentaje de la lluvia anual y

las anomalías de las temperaturas promedio, mínima y máxima en °C- en los municipios que se muestran en la ilustración 5.

Ilustración 5. Representación espacial de las variables representativas de los escenarios del futuro cercano y futuro lejano.



Fuente: Abt Associates

La ubicación municipal se representa con un círculo que es morado en la cuenca de la Angostura, naranja en la cuenca de Chicoasén, café en la cuenca de Malpaso y rojo en la cuenca de Peñitas. Los municipios indicados en cada subcuenca son comunes en todos los escenarios. De igual manera, los municipios tienen las mismas proyecciones de lluvia y temperatura en todos los escenarios.

Cuenca Angostura

Angel Albino Corzo - La Concordia; Bella Vista - Tzitol - Socoltenango - Comitán de Domínguez - Las Rosas - Amatenango del Valle – Teopisca; El Porvenir - Bejucal de Ocampo - La Grandeza – Siltepec; y, Mazapa de Madero - Amatenango de la Frontera. Ver ilustración 6.

Cuenca Chicoasén

Bochil-Jitotol; Chiapa de Corzo-Suchiapa-Tuxtla Gutiérrez-Osumacinta-Chicoasén; Coapilla-Pantepec; Nicolás Ruiz-Acala-Totolapa-Chilapilla; San Lucas-S. Cristóbal de las Casas-Zinacantan-Ixtapa-Soyaló. Ver ilustración 7.

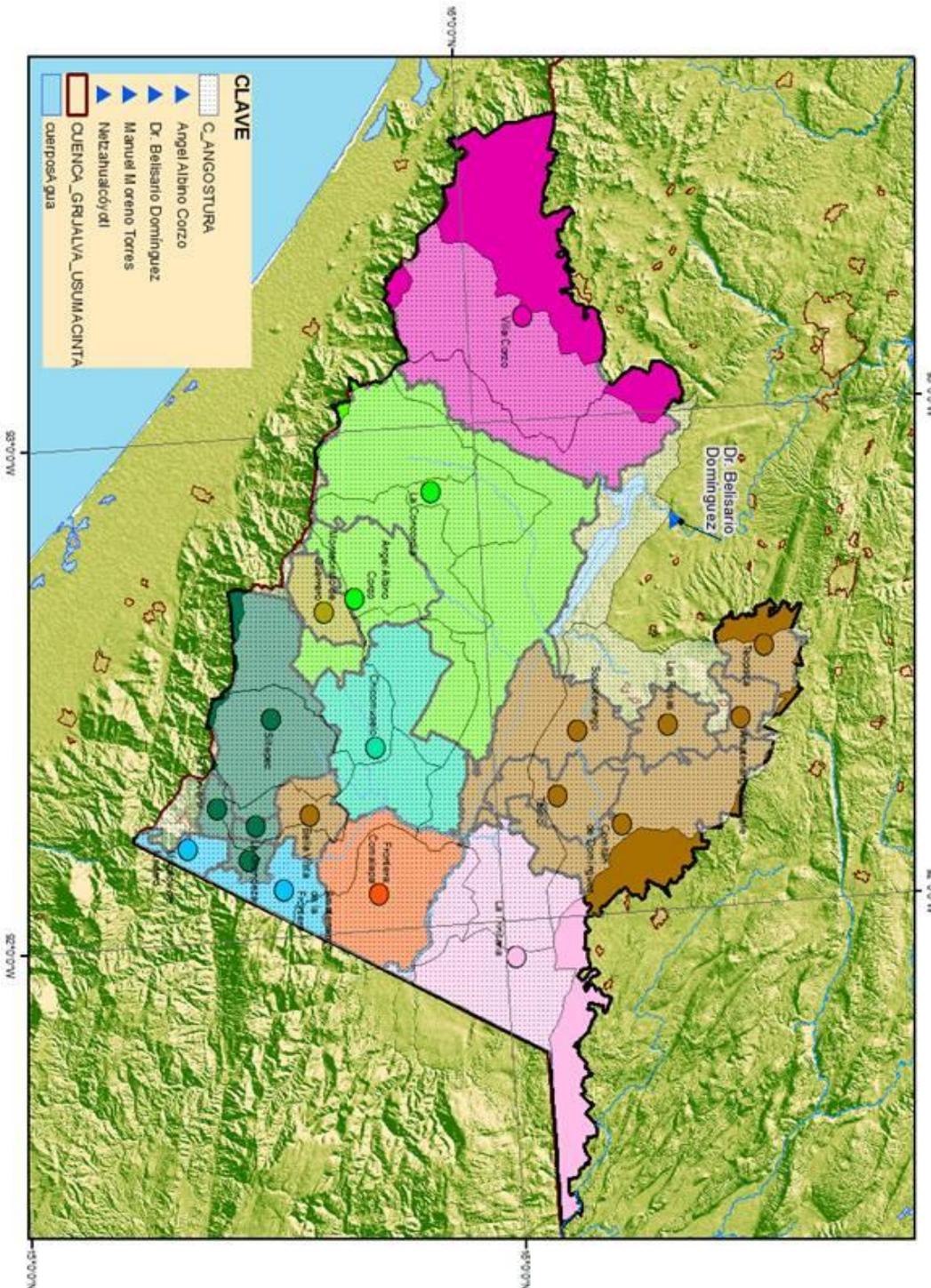
Cuenca Malpaso

Copainalá-Tecpatán, y, Ocozacoautla de Espinosa-Berriozábal-San Fernando. Ver ilustración 8.

Cuenca Peñitas

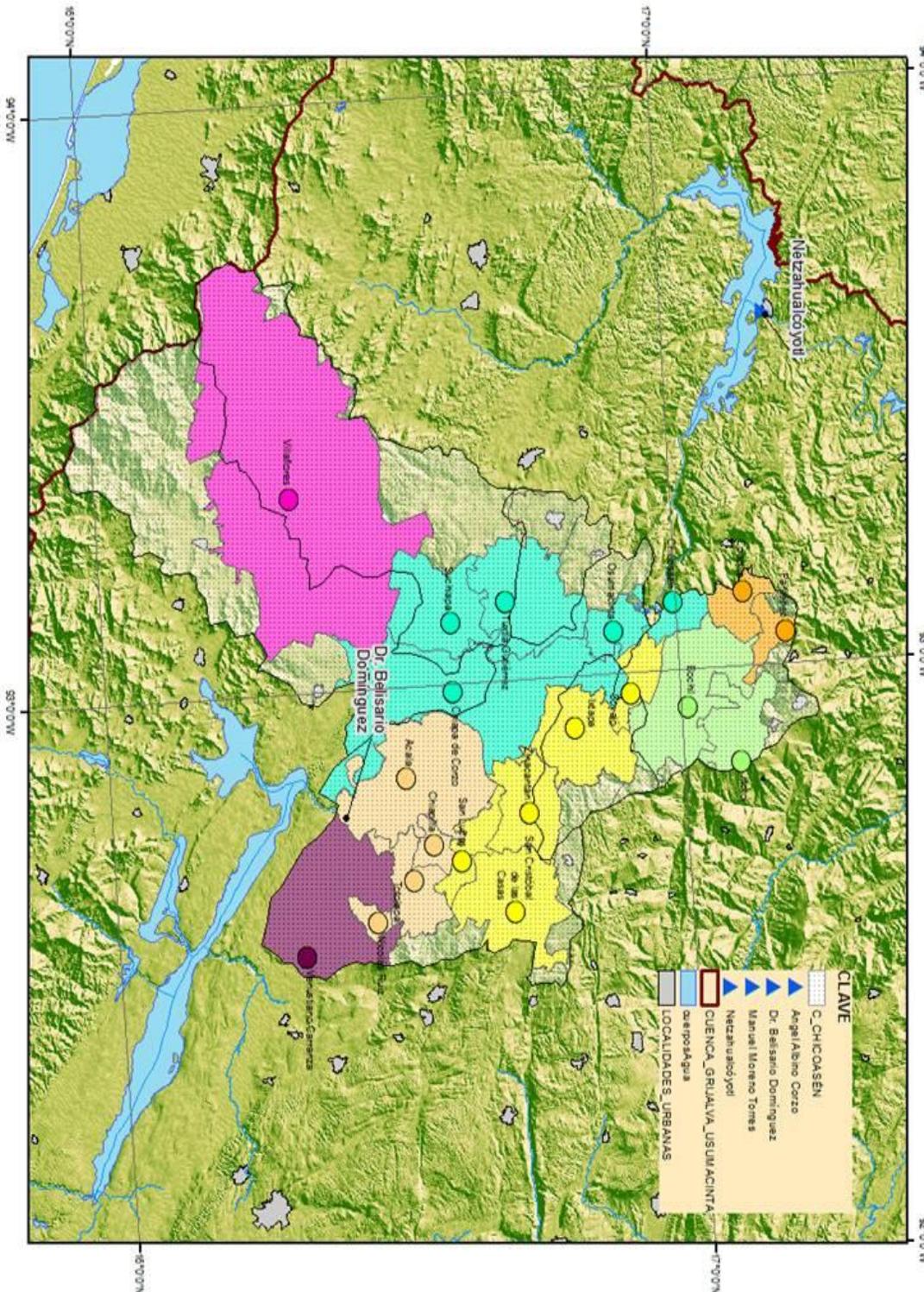
Ocoatepec-Tapalapa-Francisco León-Ostuacán. Ver ilustración 9.

Ilustración 6. Cuenca Angostura. Representación espacial de las variables representativas de los escenarios del futuro cercano y futuro lejano.



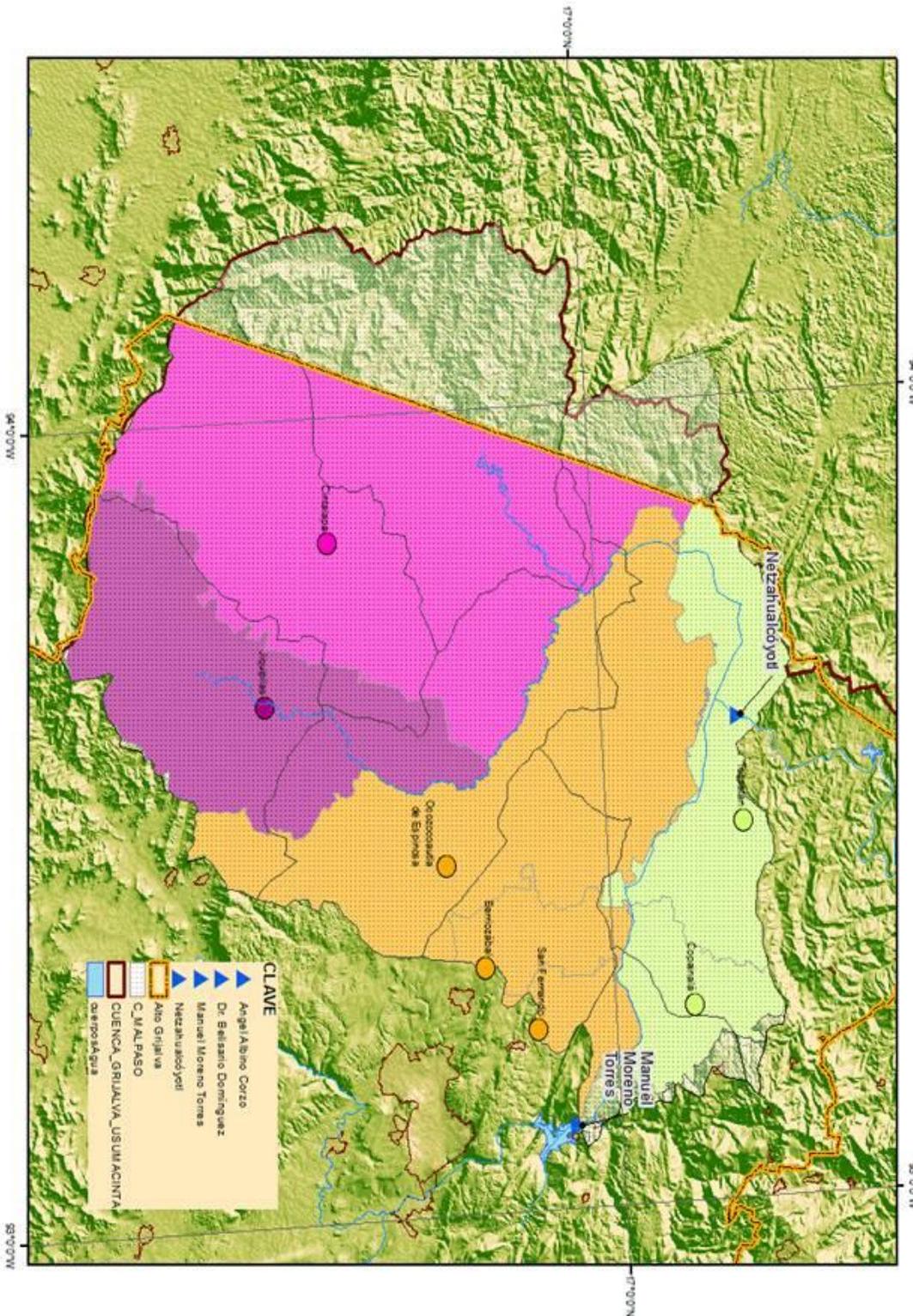
Fuente: Abt Associates

Ilustración 7. Cuenca Chicoasén. Representación espacial de las variables representativas de los escenarios del futuro cercano y futuro lejano.



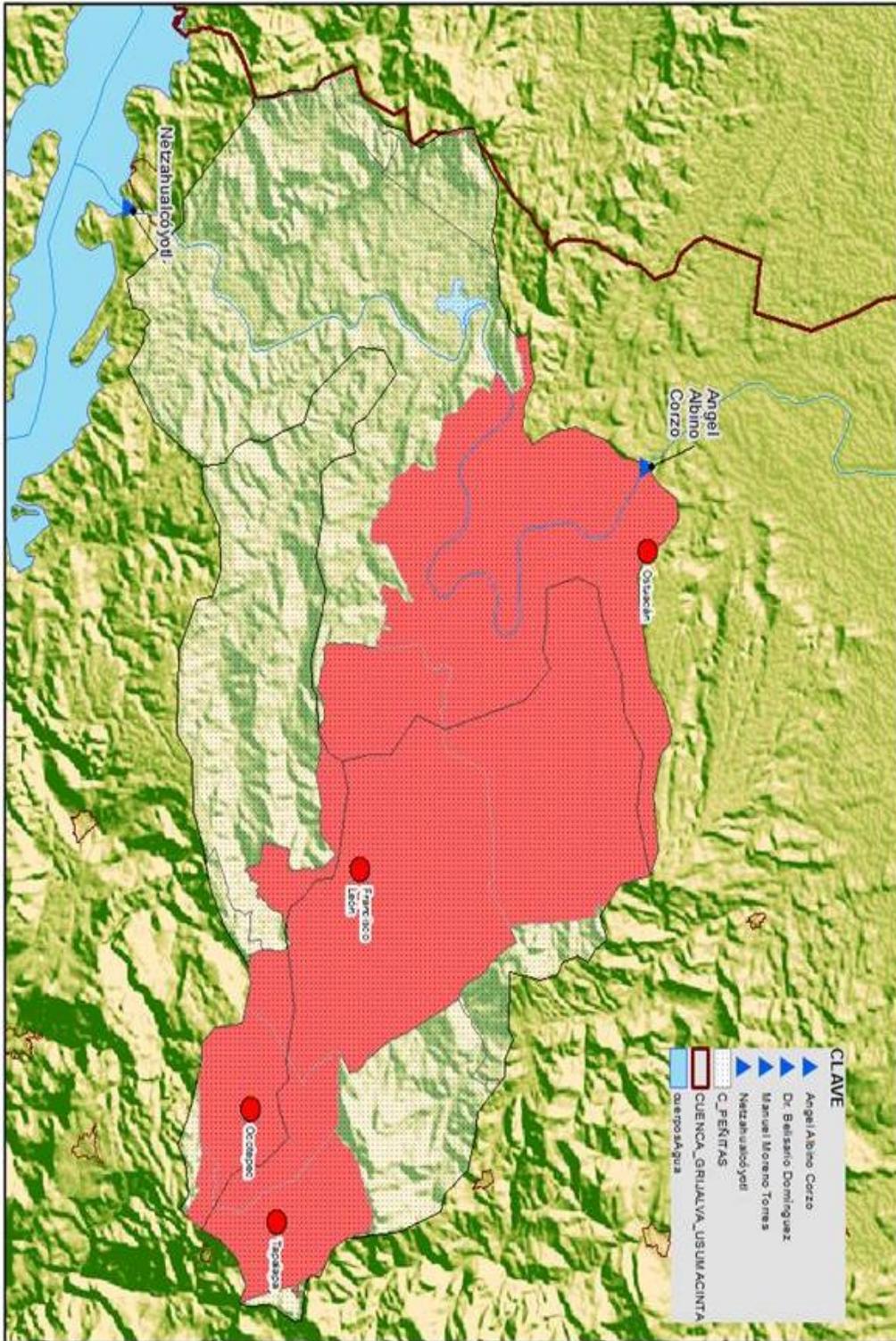
Fuente: Abt Associates

Ilustración 8. Cuenca Malpaso. Representación espacial de las variables representativas de los escenarios del futuro cercano y futuro lejano.



Fuente: Abt Associates

Ilustración 9. Cuenca Peñitas. Representación espacial de las variables representativas de los escenarios del futuro cercano y futuro lejano.



Fuente: Abt Associates

El análisis de los escenarios del cambio climático se realizó con base en los resultados anuales de los escenarios proyectados por el PAOM para los municipios de las cuatro cuencas donde se ubican las centrales hidroeléctricas.

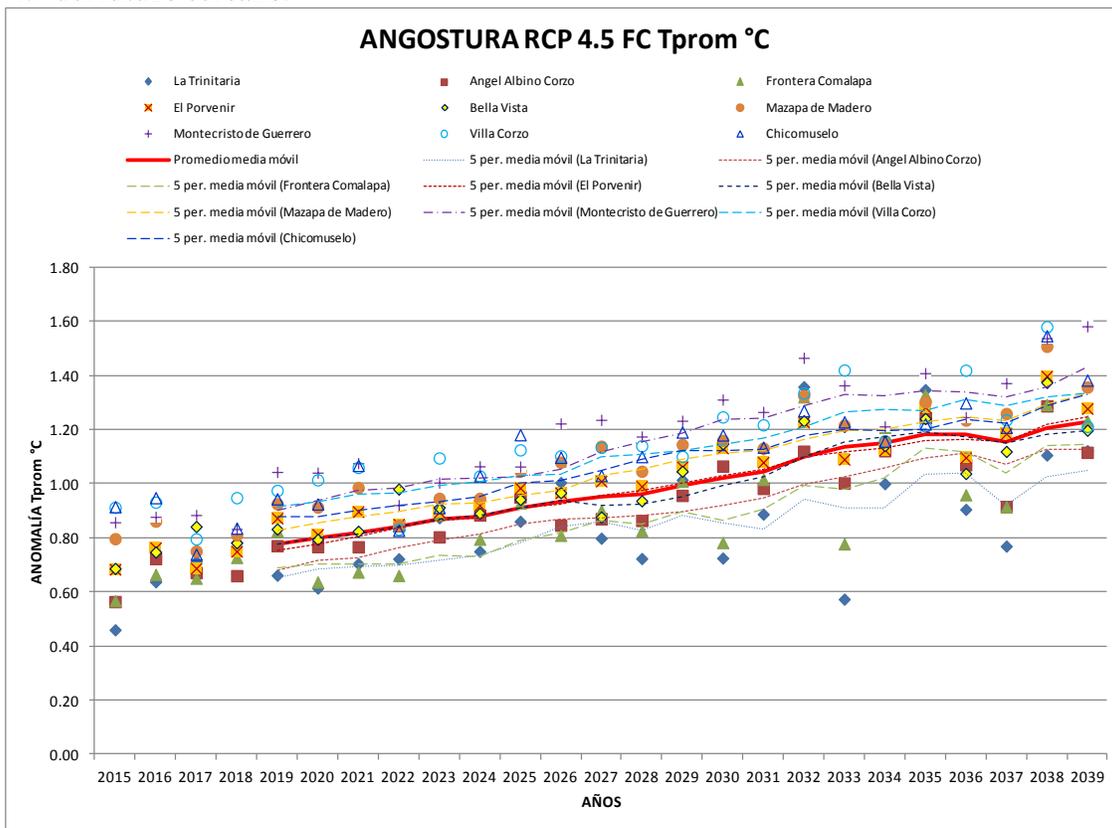
Del estudio ya referido de González Villarreal con los escenarios AR4, se obtuvo en la cuenca alta del Grijalva decrementos en la precipitación y aumentos en la temperatura. En el caso de los escenarios AR5 se espera que la condición más desfavorable, en cada subcuenca, se presente con el decremento máximo de la precipitación y con el mayor aumento de la temperatura.

Un primer análisis consistió en agrupar los resultados de las proyecciones municipales de la lluvia y temperatura por cuenca y para cada escenario del futuro cercano y futuro lejano, para luego calcular la tendencia de las cuatro variables principales. La tendencia se estimó mediante medias móviles con un periodo de 5 años. Para contar con una tendencia representativa de los escenarios se obtuvo el promedio de las tendencias de cada variable en cada cuenca.

En la gráfica de la ilustración 10, se muestra un ejemplo de la tendencia promedio de la temperatura para la cuenca Angostura en el escenario RCP 4.5 del futuro cercano, y en la ilustración 11 un ejemplo de la tendencia promedio de la lluvia para la misma cuenca Angostura pero en el escenario RCP 4.5 del futuro lejano.

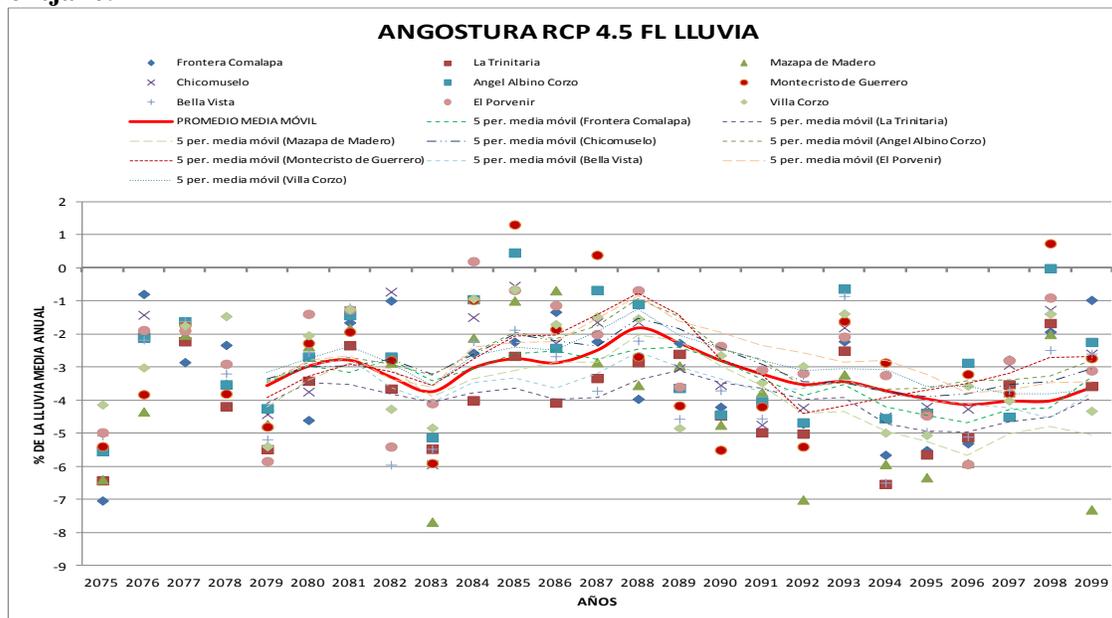
Este procedimiento muestra una gran dispersión de los datos a pesar de que físicamente las cuencas de la Angostura, Chicoasén y Malpaso tienen características semejantes.

Ilustración 10. Tendencia promedio de la temperatura promedio en la cuenca Angostura, escenario RCP 4.5 del futuro cercano.



Fuente: Abt Associates

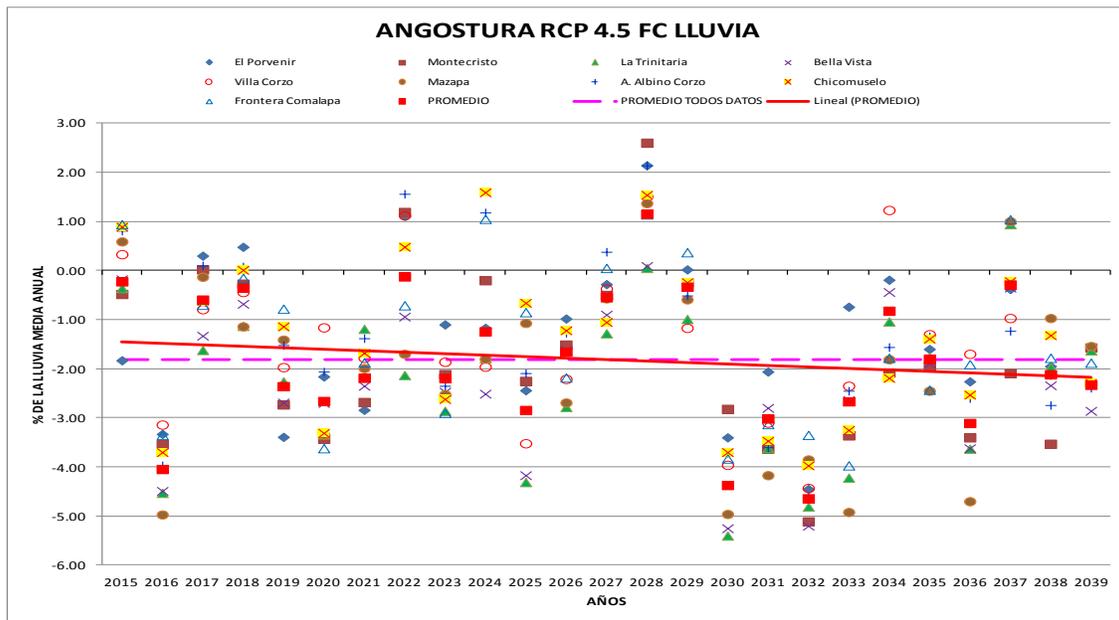
Ilustración 11. Tendencia promedio de la lluvia en la cuenca Angostura, escenario RCP 4.5 del futuro lejano.



Fuente: Abt Associates

En consecuencia, se adoptó otro método que consiste en obtener los valores promedio anuales de cada una de las cuatro variables básicas en cada subregión –Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas- y estimar una tendencia lineal. También se estimó el promedio de todos los datos, sin identificar tendencias, pero no se tomó en cuenta porque presenta una condición menos desfavorable que con la tendencia lineal. En la ilustración 12 se muestra el resultado para la cuenca de la Angostura del escenario RCP 4.5 del futuro cercano para la anomalía de la lluvia donde se muestran las líneas de tendencia lineal y la línea punteada de los promedios de todos los datos.

Ilustración 12. Tendencia lineal de los valores anuales promedio de la lluvia en la cuenca Angostura, escenario RCP 4.5 del futuro cercano.



Fuente: Abt Associates

En la tabla 3 se presenta una comparación de las variables principales de los escenarios AR5 entre el valor de la tendencia lineal en 2039 o en 2099 contra los valores promedio de los periodos 2015-2039 o 2075-2099.



Tabla 3. Comparación de las variables principales de los escenarios del cambio climático. Valores en 2039 o 2099 con tendencia lineal de los promedios anuales contra promedios de 2015-2039 o 2075-2099.

CUENCA	ESCENARIO	PROMEDIO % LLUVIA MEDIA ANUAL		PROMEDIO T MAX °C		PROMEDIO T MIN °C		PROMEDIO T PROM °C	
		TENDENCIA	PROMEDIO	TENDENCIA	PROMEDIO	TENDENCIA	PROMEDIO	TENDENCIA	PROMEDIO
Angostura 2039	FC 4.5	-2.17	-1.81	1.50	1.21	1.35	1.07	1.29	1.00
	FC 6.0	0.60	0.02	1.46	1.16	1.45	1.18	1.39	1.09
	FC 8.5	-2.17	-1.92	1.76	1.33	1.53	1.14	1.47	1.10
Angostura 2099	FL 4.5	-3.44	-3.24	2.57	2.43	2.25	2.16	2.18	2.06
	FL 6.0	-0.82	-1.46	3.18	2.89	2.75	2.79	2.97	2.62
	FL 8.5	-4.91	-4.46	5.08	4.41	4.40	3.78	4.27	3.73
Chicoasén 2039	FC 4.5	-2.21	-1.83	1.58	1.25	1.32	1.05	1.46	1.16
	FC 6.0	0.15	-1.01	1.52	1.14	1.36	1.18	1.44	1.11
	FC 8.5	-1.65	-1.56	1.85	1.40	1.50	1.11	1.70	1.27
Chicoasén 2099	FL 4.5	-3.37	-3.22	2.60	2.51	2.17	2.10	2.40	2.30
	FL 6.0	-1.50	-2.15	3.12	2.82	3.05	2.85	3.09	2.77
	FL 8.5	-4.60	-4.60	5.30	4.55	4.32	3.71	4.82	4.17
Malpaso 2039	FC 4.5	-2.07	-1.80	1.69	1.32	1.38	1.09	1.53	1.22
	FC 6.0	0.32	0.12	1.56	1.16	1.32	1.20	1.44	1.10
	FC 8.5	-1.26	-1.25	1.91	1.46	1.56	1.18	1.77	1.32
Malpaso 2099	FL 4.5	-3.09	-2.89	2.77	2.68	2.33	2.22	2.47	2.38
	FL 6.0	-1.75	-2.26	3.31	3.01	2.98	3.02	3.14	2.82
	FL 8.5	-3.96	-4.24	5.63	4.78	4.54	3.91	4.94	4.28
Peñitas 2039	FC 4.5	-2.20	-1.97	1.69	1.31	1.52	1.20	1.63	1.29
	FC 6.0	-0.66	-0.12	1.57	1.16	1.32	1.22	1.45	1.07
	FC 8.5	-1.97	-2.02	1.88	1.44	1.67	1.28	1.77	1.39
Peñitas 2099	FL 4.5	-3.36	-3.37	2.76	2.67	2.42	2.35	2.60	2.51
	FL 6.0	-2.28	-3.03	3.46	3.19	2.69	3.12	3.08	2.81
	FL 8.5	-5.51	-5.46	5.72	4.82	4.80	4.16	5.33	4.56

FC=futuro cercano; FL=futuro lejano; t=temperatura

Fuente: Abt Associates

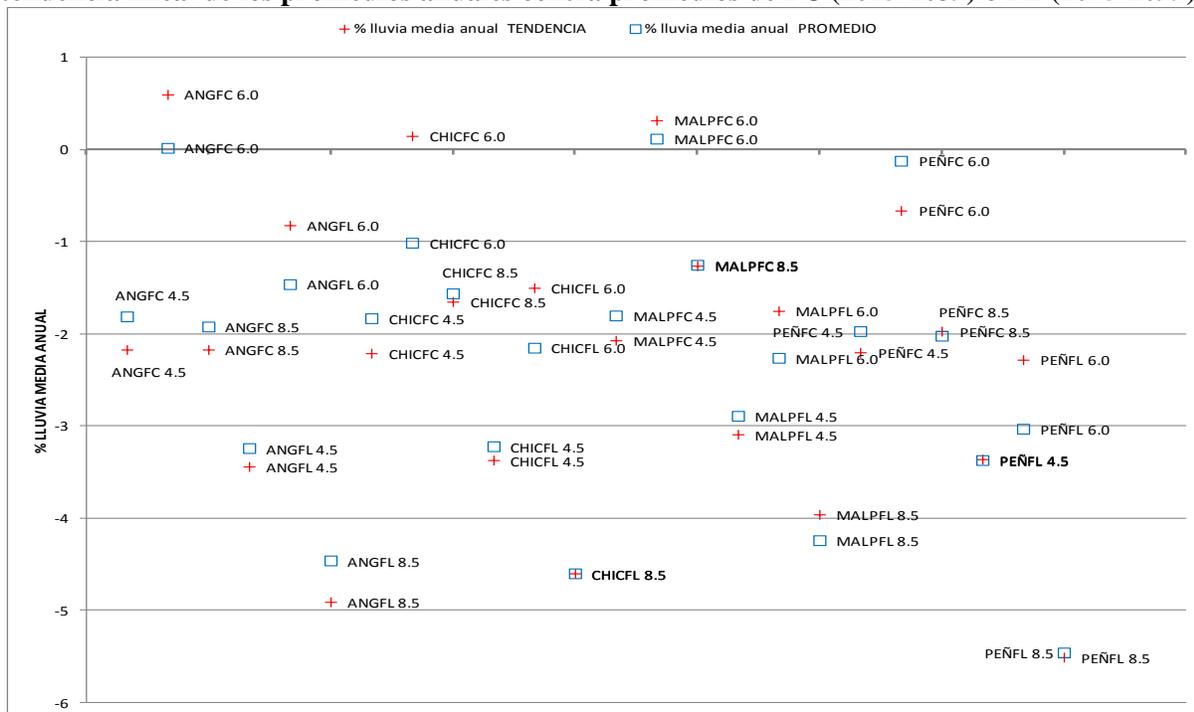
De la tabla 3, con los valores de la tendencia lineal, la mayor disminución de lluvia se obtiene en Chicoasén para el futuro cercano FC4.5 y, en Peñitas para el futuro lejano FL8.5. El incremento máximo de la temperatura promedio se obtiene en Malpaso para el futuro cercano FC8.5, y en Peñitas para el futuro lejano FL8.5.

Para analizar las consecuencias de los nuevos escenarios del cambio climático en la parte alta de la cuenca Grijalva, se tomaron los valores de los porcentajes de la lluvia media anual y la temperatura promedio de acuerdo con el análisis de tendencia lineal, las cuales se indican sombreadas en tabla 3 y corresponden a los valores de esas dos variables en los años 2039 y 2099, respectivamente.

De los escenarios AR5 los correspondientes al forzamiento radiativo 4.5 y 8.5 muestran coherencia en cuanto a decrementos del porcentaje de la lluvia media anual e incrementos de la temperatura. El escenario resultante del forzamiento 6.0 no tiene coherencia en el caso del porcentaje de la lluvia media anual.

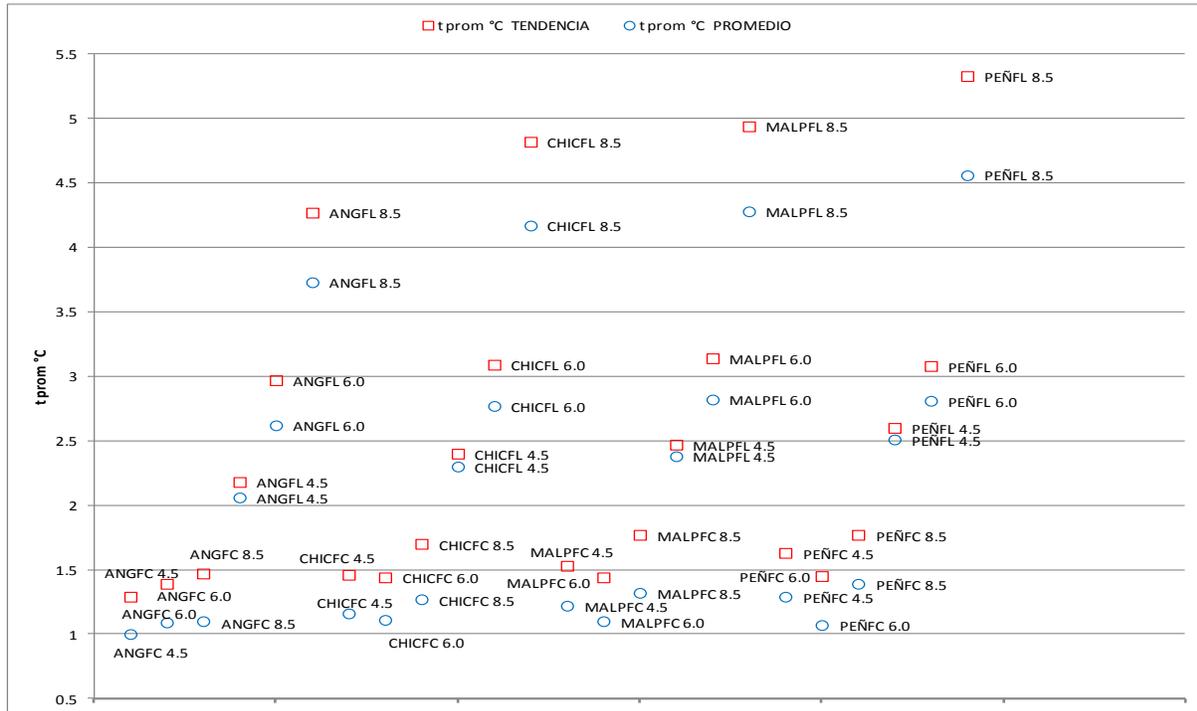
En las ilustraciones 13 y 14 se presentan una comparación gráfica de los porcentajes de la lluvia media anual y la temperatura promedio respectivamente, para los escenarios 4.5, 6.0 y 8.5.

Ilustración 13. Comparación del porcentaje de la lluvia media anual. Valores en 2039 o 2099 con tendencia lineal de los promedios anuales contra promedios de FC (2015-2039) o FL (2075-2099).



Fuente: Abt Associates

Ilustración 14. Comparación del porcentaje de la la temperatura promedio. Valores en 2039 o 2099 con tendencia lineal de los promedios anuales contra promedios de FC (2015-2039) o FL (2075-2099).



Fuente: Abt Associates

Simulaciones con los nuevos escenarios de cambio climático para incrementos de temperatura y anomalías de la lluvia media anual.

Escenario base

Los datos históricos de lluvia y temperatura mensual para calibrar el modelo de simulación comprenden el periodo de 1981 a 2007, en el cual se obtuvieron datos completos de lluvia, escurrimiento y temperatura (ver ilustración 3).

Los resultados de la calibración con los datos referidos se indican en la tabla 4 y en este estudio se consideran esos valores base para establecer las comparaciones con los resultados de las simulaciones de los escenarios del cambio climático. En la misma tabla la cuenca Grijalva se entiende como la suma de la generación hidroeléctrica en las cuatro presas o la suma de los escurrimientos por cuenca propia de cada vaso de almacenamiento.

Tabla 4. Resultados de la calibración con datos 1981-2007. Escenario base.

CUENCA	BASE	
	GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA [GWh]	VOLUMEN ESCURRIDO [hm ³]
P Angostura	2,264.3	9,604.0
P Chicoasén	5,234.4	1,939.2
P Malpaso	3,163.2	4,883.3
P Peñitas	1,773.6	1,445.6
GRIJALVA	12,435.5	17,872.1

Fuente: Abt Associates

La simulación toma en cuenta las características físicas de las presas del sistema del río Grijalva (La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas), ver tabla 5, así como las políticas de operación para generar electricidad y controlar las avenidas.

El modelo de simulación utilizado fue el Water Evaluation And Planning System (WEAP), desarrollado por el Stockholm Environment Institute.⁴

Tabla 5. Principales características de las centrales hidroeléctricas.

DATO		UNIDAD	ANGOSTURA	CHICOASÉN	MALPASO	PEÑITAS
Hidrología	Área de la cuenca	km ²	18,099	7,940	9,952	1,275
	Volumen medio anual (1952-2008)	hm ³	10,061	2,205	5,515	3,672
	Gasto máximo registrado	m ³ /s	3,820	6 214	7,200	5,650
	Precipitación media anual (Chiapas)	mm	1,923			
	Evaporación	hm ³	10	0	1	0
Embalse	Elevación al NAMINO	msnm	500	380	144	85
	Elevación al NAMO	msnm	533	394	183	87
	Elevación al NAME	msnm	540	395	188	94
	Volumen al NAMINO	hm ³	2,380	1,169	3,056	961
	Volumen al NAMO (Capacidad útil)	hm ³	13,170	251	9,317	1,091
	Volumen al NAME	hm ³	17,357	274	11,001	1,485
	Capacidad total	hm ³	19,736	1,443	14,058	1,485
	Elevación al nivel medio de desfogue	msnm	422	203	85	53
Planta HE	No. Turbinas		5	5	6	2
	Carga de diseño	m	94	191	95	34
	Máximo volumen mensual turbinable	hm ³	3,075	2,452	3,784	3,784
	Gasto de diseño (del total de turbinas)	m ³ /s	1,170	933	1,440	1,440
	Cortina					
	Altura máxima	m	147	245	138	45
	Elevación de la corona	msnm	543	405	192	98
	Ancho de la corona	m	10	25	10	8
	Longitud de la corona	m	324	584	478	750
	Bordo libre	m	4	10	4	5
	Volumen total de la cortina	hm ³	4	15	5	2
Vertedor	Longitud total de la cresta	m	50	76		116
	Elevación de la cresta	msnm	520	373		77
	Avenida de diseño	m ³ /s	23,000	17,400	20,000	22,877
	Capacidad máxima de descarga	m ³ /s	6,900	15,000		18,700

Fuente: Abt Associates

En el modelo WEAP la evapotranspiración la estima mediante el método MABIA, el cual es una simulación diaria de la transpiración, la evaporación, las necesidades y la programación del riego, el crecimiento del cultivo y los rendimientos, e incluye módulos para estimar la evapotranspiración de referencia y la capacidad de agua del suelo.⁵

El método MABIA utiliza el método de doble Kc, como se describe en *FAO Irrigation and Drainage paper N° 56*,⁶ por lo que el valor de Kc se divide en un coeficiente basal de cultivos, Kcb, y un componente separado, Ke, que representa la evaporación de la superficie del suelo. El coeficiente basal del cultivo representa las condiciones reales de la evapotranspiración (ET), cuando la superficie del suelo es seca, pero hay humedad suficiente en la zona radicular para apoyar la transpiración plena. De esta manera, MABIA es una mejora sobre CROPWAT, que utilizan un único método Kc, y por lo tanto, no separa la evaporación y la transpiración. Este método se puede utilizar para modelar tanto los cultivos agrícolas como también las tierras no agrícolas, como los bosques y los pastizales. Los métodos de cálculo implementados en MABIA son los de la ecuación FAO Penman-Monteith, la cual está en función de la temperatura promedio, entre otras variables.

Escenarios AR5

En la tabla 6 se muestra un resumen de los resultados que se obtuvieron para cada escenario tomando en cuenta las variaciones del porcentaje de la lluvia anual, de la temperatura promedio y de las dos variables antes señaladas en forma conjunta.

Tabla 6. Resumen de las simulaciones para todos los escenarios.

ESCENARIO	CUENCA	GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA [GWh]	VOLUMEN ESCURRIDO [hm ³]
FC 4.5 Lluvia	P Angostura	2,156	9,257
	P Chicoasén	5,043	1,856
	P Malpaso	2,994	4,728
	P Peñitas	1,714	1,395
	GRIJALVA	11,907	17,236
FC 4.5 Tprom	P Angostura	2,181	9,340
	P Chicoasén	5,080	1,866
	P Malpaso	3,033	4,778
	P Peñitas	1,729	1,427
	GRIJALVA	12,023	17,411
FC 4.5 Tprom + lluvia	P Angostura	2,076	9,000
	P Chicoasén	4,899	1,786
	P Malpaso	2,865	4,625
	P Peñitas	1,670	1,377
	GRIJALVA	11,510	16,788
FC 6.0 Lluvia	P Angostura	2,290	9,701
	P Chicoasén	5,273	1,945
	P Malpaso	3,197	4,908
	P Peñitas	1,782	1,436
	GRIJALVA	12,542	17,989
FC 6.0 Tprom	P Angostura	2,176	9,320
	P Chicoasén	5,072	1,867
	P Malpaso	3,030	4,784
	P Peñitas	1,728	1,429
	GRIJALVA	12,006	17,400
FC 6.0 Tprom + lluvia	P Angostura	2,202	9,415
	P Chicoasén	5,123	1,872
	P Malpaso	3,058	4,808
	P Peñitas	1,742	1,419
	GRIJALVA	12,125	17,514
FC 8.5 Lluvia	P Angostura	2,160	9,257
	P Chicoasén	5,049	1,877
	P Malpaso	3,019	4,788
	P Peñitas	1,722	1,416
	GRIJALVA	11,950	17,339
FC 8.5 Tprom	P Angostura	2,168	9,304
	P Chicoasén	5,060	1,854
	P Malpaso	3,011	4,762
	P Peñitas	1,724	1,426
	GRIJALVA	11,964	17,346
FC 8.5 Tprom + lluvia	P Angostura	2,069	8,965
	P Chicoasén	4,887	1,795
	P Malpaso	2,872	4,669
	P Peñitas	1,673	1,396

ESCENARIO	CUENCA	GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA [GWh]	VOLUMEN ESCURRIDO [hm ³]
	GRIJALVA	11,500	16,824
FL 4.5 Lluvia	P Angostura	2,095	9,056
	P Chicoasén	4,934	1,813
	P Malpaso	2,903	4,651
	P Peñitas	1,681	1,395
	GRIJALVA	11,614	16,916
FL 4.5 Tprom	P Angostura	2,126	9,164
	P Chicoasén	4,981	1,821
	P Malpaso	2,950	4,715
	P Peñitas	1,698	1,416
	GRIJALVA	11,756	17,116
FL 4.5 Tprom + lluvia	P Angostura	1,973	8,634
	P Chicoasén	4,710	1,702
	P Malpaso	2,713	4,490
	P Peñitas	1,620	1,367
	GRIJALVA	11,015	16,193
FL 6.0 Lluvia	P Angostura	2,216	9,472
	P Chicoasén	5,155	1,883
	P Malpaso	3,062	4,752
	P Peñitas	1,742	1,412
	GRIJALVA	12,175	17,518
FL 6.0 Tprom	P Angostura	2,085	9,011.1
	P Chicoasén	4,904	1,789.4
	P Malpaso	2,893	4,671.0
	P Peñitas	1,678	1,410.9
	GRIJALVA	11,560	16,882.4
FL 6.0 Tprom + lluvia	P Angostura	2,041	8,885
	P Chicoasén	4,829	1,737
	P Malpaso	2,805	4,545
	P Peñitas	1,649	1,377
	GRIJALVA	11,324	16,544
FL 8.5 Lluvia	P Angostura	2,025	8,825
	P Chicoasén	4,817	1,768
	P Malpaso	2,800	4,587
	P Peñitas	1,650	1,363
	GRIJALVA	11,291	16,543
FL 8.5 Tprom	P Angostura	2,008	8,767
	P Chicoasén	4,768	1,713
	P Malpaso	2,766	4,557
	P Peñitas	1,639	1,386
	GRIJALVA	11,181	16,423
FL 8.5 Tprom + lluvia	P Angostura	1,812	8,038
	P Chicoasén	4,383	1,560
	P Malpaso	2,483	4,278
	P Peñitas	1,525	1,306
	GRIJALVA	10,203	15,182

Fuente: Abt Associates

Al comparar los resultados de la tabla 4 con los datos de la tabla 6, se obtienen los porcentajes con respecto al escenario base que se indican en la tabla 7, en donde se observa que el escenario con impacto

mayor en la disminución de la generación hidroeléctrica, expresada como % del escenario base, es el FL 8.5 Tprom + lluvia en la cuenca de Malpaso (78.5%), en Angostura (80%) y en Chicoasén (83.7 %).

El impacto mayor en el escurrimiento se obtuvo en el mismo escenario FL 8.5 Tprom + lluvia en la cuenca Chicoasén (80.4%), Angostura (83.7%) y Malpaso (87.3%).

En el escenario FC 6.0 Lluvia hay un ligero incremento del 1% en la generación hidroeléctrica en Angostura y en Malpaso, así como un aumento del 1% del escurrimiento en Angostura.

Tabla 7. Comparación de escenarios AR5 con el escenario base.

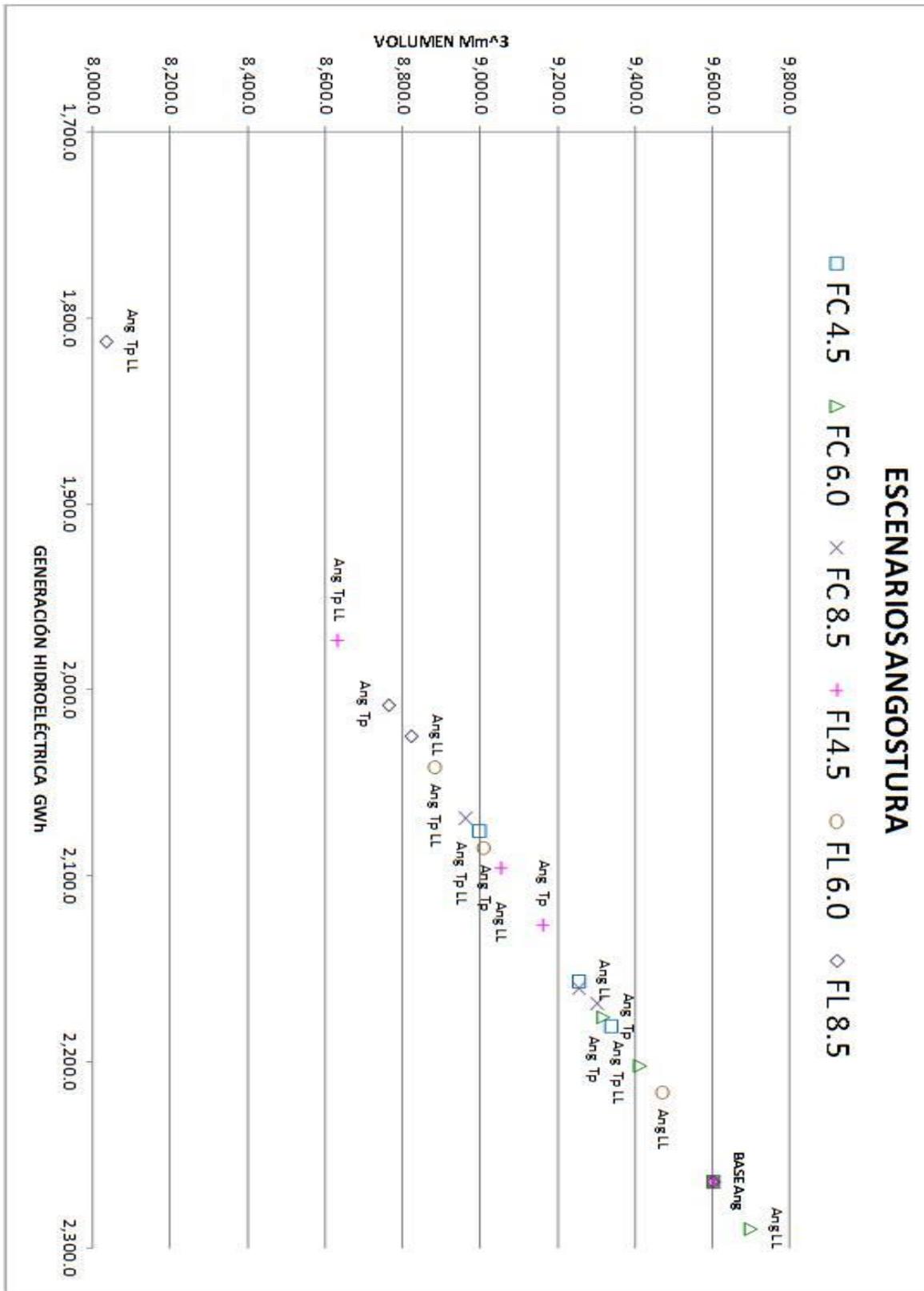
ESCENARIO	CUENCA	% DEL ESCENARIO BASE	
		GENERACIÓN	VOLUMEN
FC 4.5 Lluvia	P Angostura	95.2	96.4
	P Chicoasén	96.3	95.7
	P Malpaso	94.7	96.8
	P Peñitas	96.6	96.5
	GRIJALVA	95.8	96.4
FC 4.5 Tprom	P Angostura	96.3	97.3
	P Chicoasén	97.1	96.2
	P Malpaso	95.9	97.8
	P Peñitas	97.5	98.7
	GRIJALVA	96.7	97.4
FC 4.5 Tprom + lluvia	P Angostura	95.2	96.4
	P Chicoasén	96.3	95.7
	P Malpaso	94.7	96.8
	P Peñitas	96.6	96.5
	GRIJALVA	95.8	96.4
FC 6.0 Lluvia	P Angostura	101.1	101.0
	P Chicoasén	100.7	100.3
	P Malpaso	101.1	100.5
	P Peñitas	100.5	99.3
	GRIJALVA	100.9	100.7
FC 6.0 Tprom	P Angostura	96.1	97.0
	P Chicoasén	96.9	96.3
	P Malpaso	95.8	98.0
	P Peñitas	97.4	98.9
	GRIJALVA	96.5	97.4
FC 6.0 Tprom + lluvia	P Angostura	97.2	98
	P Chicoasén	97.9	96.6
	P Malpaso	96.7	98.4
	P Peñitas	98.2	98.2
	GRIJALVA	97.5	98.0
FC 8.5 Lluvia	P Angostura	95.4	96.4
	P Chicoasén	96.5	96.8
	P Malpaso	95.4	98.1
	P Peñitas	97.1	98.0
	GRIJALVA	96.1	97.0
FC 8.5 Tprom	P Angostura	95.8	96.9
	P Chicoasén	96.7	95.6
	P Malpaso	95.2	97.5
	P Peñitas	97.2	98.6
	GRIJALVA	92.9	88.5
FC 8.5 Tprom + lluvia	P Angostura	91.4	93.3
	P Chicoasén	93.4	92.5
	P Malpaso	90.8	95.6
	P Peñitas	94.3	96.6
	GRIJALVA	92.5	94.1

ESCENARIO	CUENCA	% DEL ESCENARIO BASE	
		GENERACIÓN	VOLUMEN
FL 4.5 Lluvia	P Angostura	92.5	94.3
	P Chicoasén	94.3	93.5
	P Malpaso	91.8	95.3
	P Peñitas	94.8	96.5
	GRIJALVA	93.4	94.7
FL 4.5 Tprom	P Angostura	93.9	95.4
	P Chicoasén	95.2	93.9
	P Malpaso	93.3	96.6
	P Peñitas	95.7	98.0
	GRIJALVA	91.3	87.3
FL 4.5 Tprom + lluvia	P Angostura	87.1	89.9
	P Chicoasén	90.0	87.8
	P Malpaso	85.8	91.9
	P Peñitas	91.3	94.5
	GRIJALVA	88.6	90.6
FL 6.0 Lluvia	P Angostura	97.9	98.6
	P Chicoasén	98.5	97.1
	P Malpaso	96.8	97.3
	P Peñitas	98.2	97.6
	GRIJALVA	97.9	98.0
FL 6.0 Tprom	P Angostura	92.1	93.8
	P Chicoasén	93.7	92.3
	P Malpaso	91.5	95.7
	P Peñitas	94.6	97.6
	GRIJALVA	89.8	86.1
FL 6.0 Tprom + lluvia	P Angostura	90.1	92.5
	P Chicoasén	92.3	89.6
	P Malpaso	88.7	93.1
	P Peñitas	93.0	95.3
	GRIJALVA	91.1	92.6
FL 8.5 Lluvia	P Angostura	89.4	91.9
	P Chicoasén	92.0	91.2
	P Malpaso	88.5	93.9
	P Peñitas	93.0	94.3
	GRIJALVA	90.8	92.6
FL 8.5 Tprom	P Angostura	88.7	91.3
	P Chicoasén	91.1	88.3
	P Malpaso	87.4	93.3
	P Peñitas	92.4	95.9
	GRIJALVA	86.9	83.8
FL 8.5 Tprom + lluvia	P Angostura	80.0	83.7
	P Chicoasén	83.7	80.4
	P Malpaso	78.5	87.6
	P Peñitas	86.0	90.4
	GRIJALVA	82.0	84.9
	MÁXIMO	101.1	101.0
	MÍNIMO	78.5	80.4

Fuente: Abt Associates

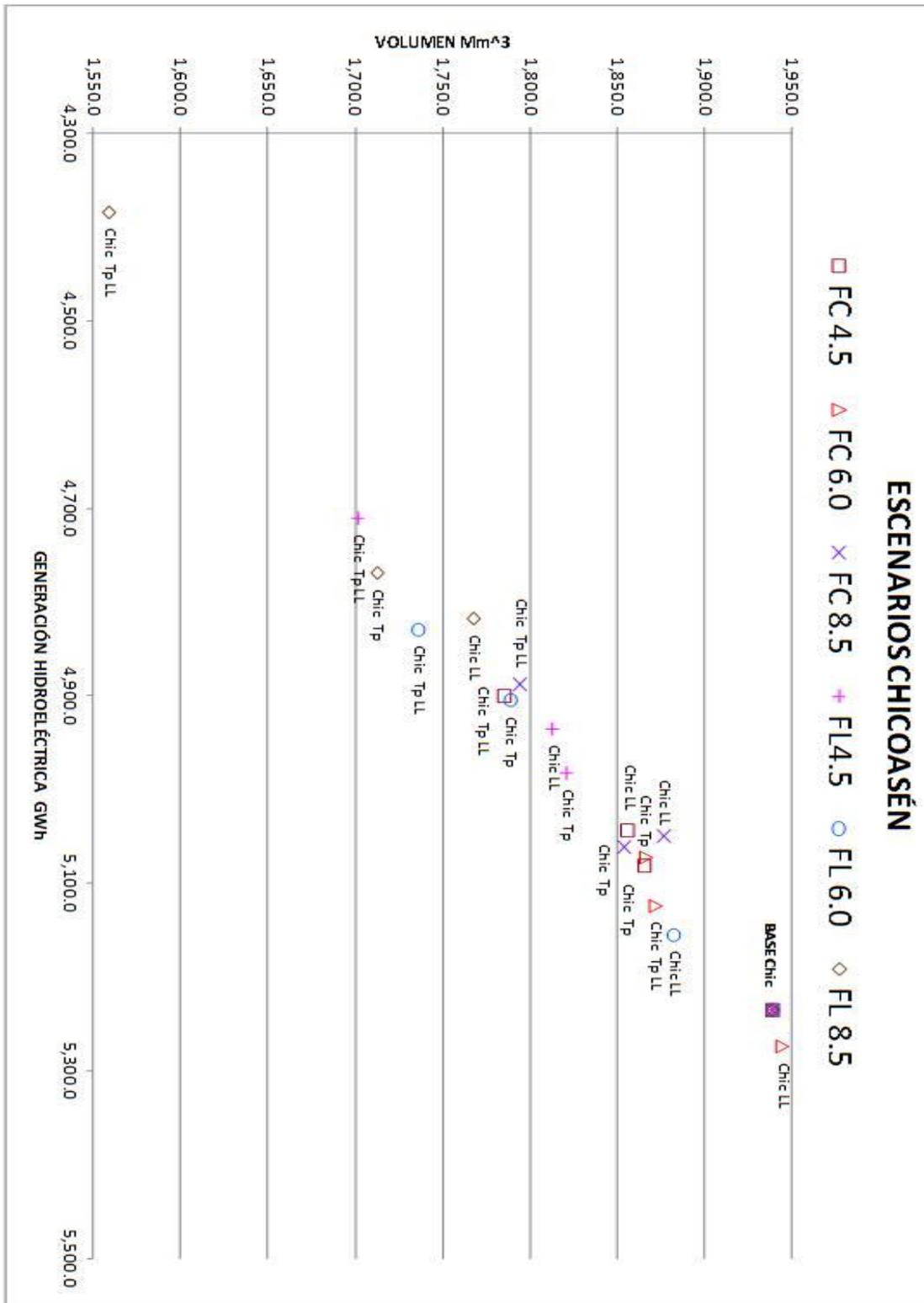
En las ilustraciones 15 a 18 se grafican los resultados de las simulaciones en función de la generación hidroeléctrica y el volumen del escurrimiento para las cuencas Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas. En las gráficas los símbolos o marcas indican el escenario y las leyendas al lado de los símbolos las variables que se tomaron en cuenta en cada simulación, lluvia (LL), temperatura promedio (Tp) o lluvia y temperatura promedio (Tp + LL).

Ilustración 15. Escenarios del cambio climático. Angostura.



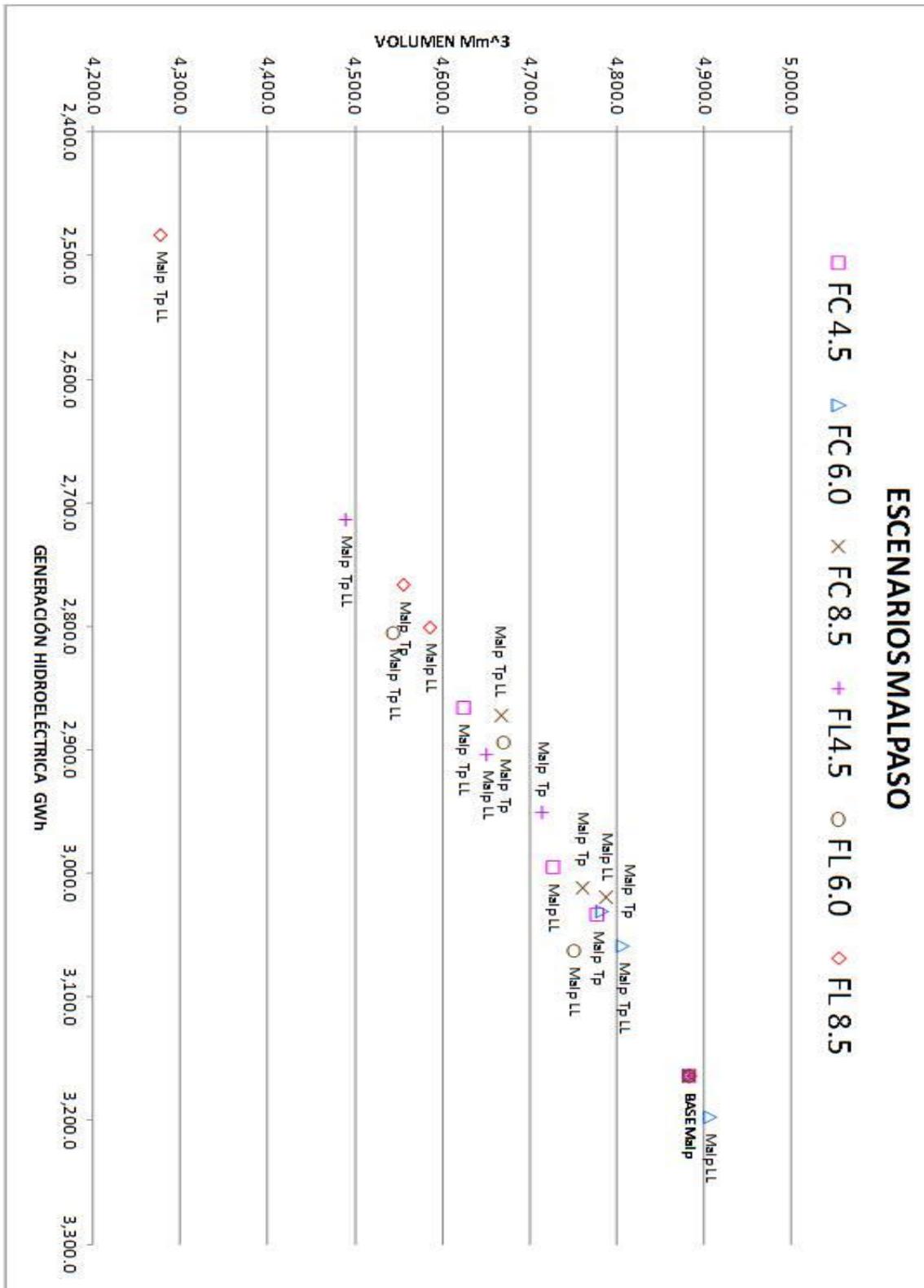
Fuente: Abt Associates

Ilustración 16. Escenarios del cambio climático. Chicoasén.



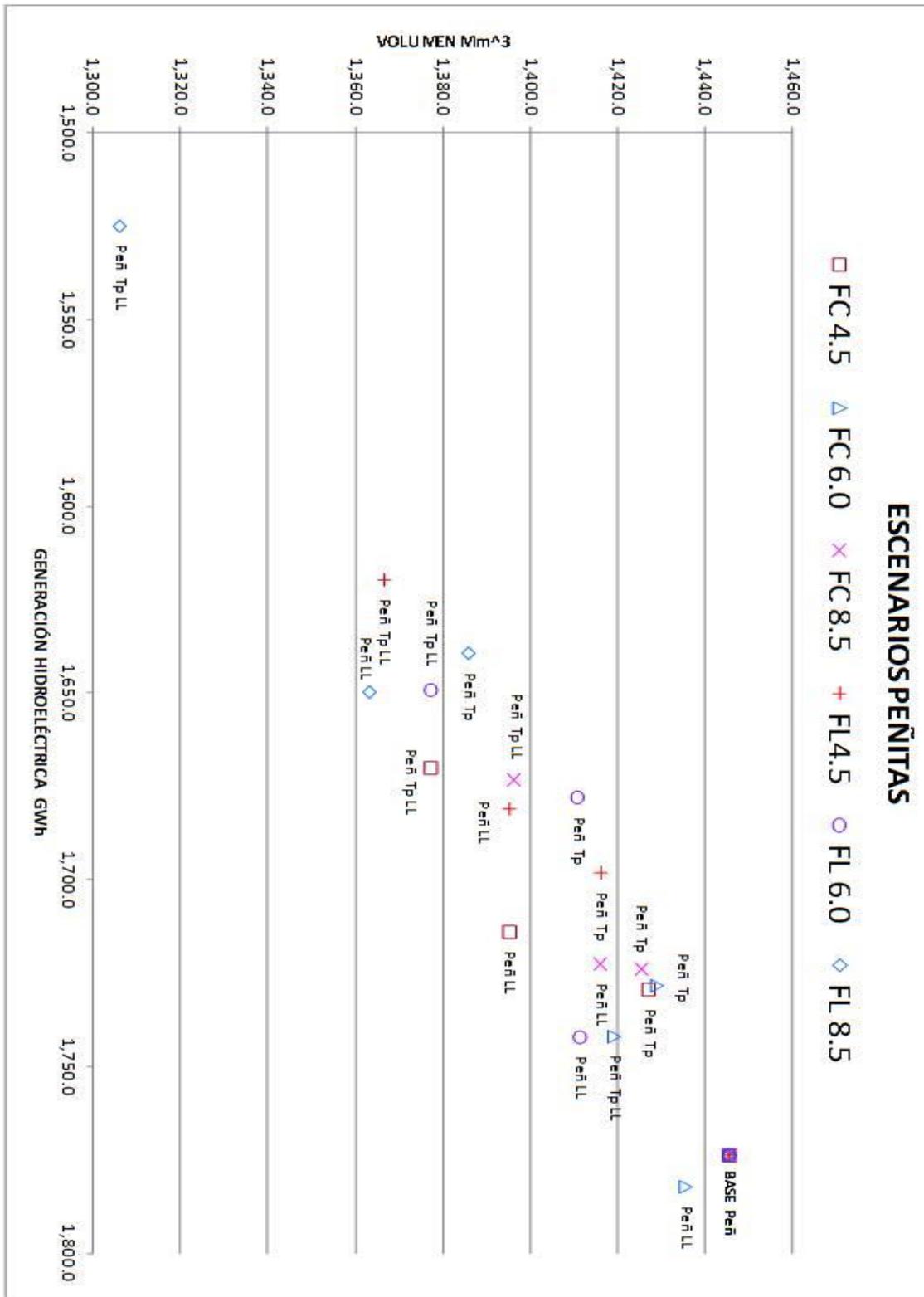
Fuente: Abt Associates

Ilustración 17. Escenarios del cambio climático. Malpaso.



Fuente: Abt Associates

Ilustración 18. Escenarios del cambio climático. Peñitas.



Fuente: Abt Associates

Comparación de resultados para los escenarios AR4 y AR5.

Si bien el estudio de González et al, (2009) y el presente estudio de los escenarios AR5 comprenden distintos periodos, el informe de 2009 se tomó sólo como referencia en cuanto al efecto de los decrementos en la lluvia media anual y los aumentos de la temperatura promedio en la generación de energía hidroeléctrica y los volúmenes escurridos.

El escenario A1B del AR4, proyectó hacia 2030 un incremento de la temperatura de 0.9°C en la cuenca alta del Grijalva hasta la presa Peñitas, así como un aumento de 1.4°C hacia el 2050. También para el escenario A1B, la variación del porcentaje de la lluvia media anual hacia 2030 se proyectó de -3.8% y de -6.7% hacia el 2050.

En el presente estudio, los escenarios AR5 proyectan incrementos de la temperatura superiores a los 4°C para el escenario FL 8.5, así como decrementos mayores a -3.9% de la lluvia media anual, ver tabla 8.

Tabla 8. Comparación de escenarios AR4 (2050) y AR5 (2099).

ESTUDIO	CUENCA	ESCENARIOS	LLUVIA MEDIA ANUAL [%]	TPROM [°C]	% DEL ESCENARIO BASE	
					GENERACIÓN [GWh]	VOLUMEN [hm ³]
2009	Angostura	A1B	- 6.70	+1.4	82.6	86.2
	Chicoasén	A1B	- 6.70	+1.4	86.4	84.1
	Malpaso	A1B	- 6.70	+1.4	80.7	88.0
	Peñitas	A1B	- 6.70	+1.4	87.9	92.0
	Grijalva	A1B			84.5	87.0
2013	Angostura	FL 8.5	- 4.91	+4.27	80.0	83.7
	Chicoasén	FL 8.5	- 4.60	+4.82	83.7	80.4
	Malpaso	FL 8.5	- 3.96	+4.94	78.5	87.6
	Peñitas	FL 8.5	- 5.51	+5.33	86.0	90.4
	Grijalva	FL 8.5			82.0	84.9

Fuente: Abt Associates

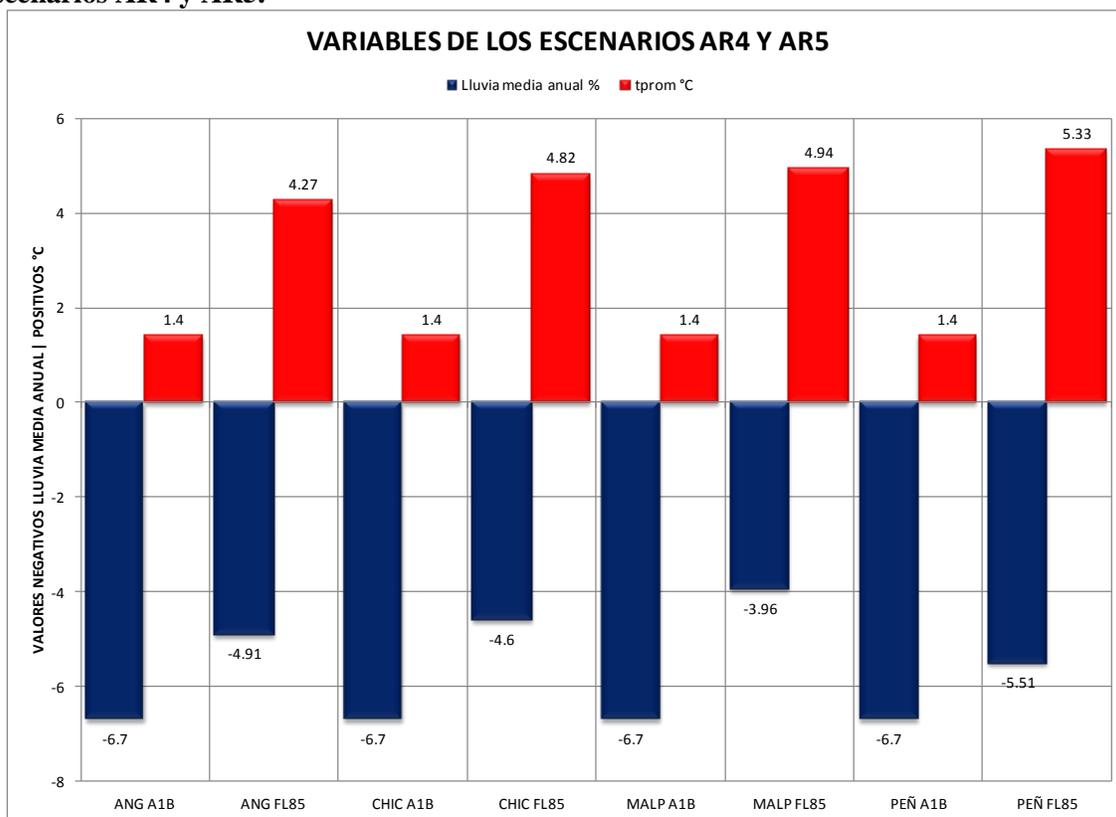
La variación del porcentaje de la lluvia media anual y de la temperatura promedio se compara para los escenarios AR4 (2050) y AR5 (2075-2099) en la ilustración 19. En la ilustración 20 se compara la generación de energía hidroeléctrica en los dos escenarios AR4 (2050) y AR5 (2075-2099) con respecto al escenario base, así como los volúmenes escurridos en la ilustración 21.

En todos los casos las reducciones de generación y volumen son mayores en el escenario FL 8.5. La mayor reducción se obtuvo en la generación de Malpaso (78.5%) y en el volumen de escurrimiento de Chicoasén (80.4%).

El volumen de escurrimiento resulta más sensible a una disminución de la lluvia media anual que a los incrementos de las temperaturas.

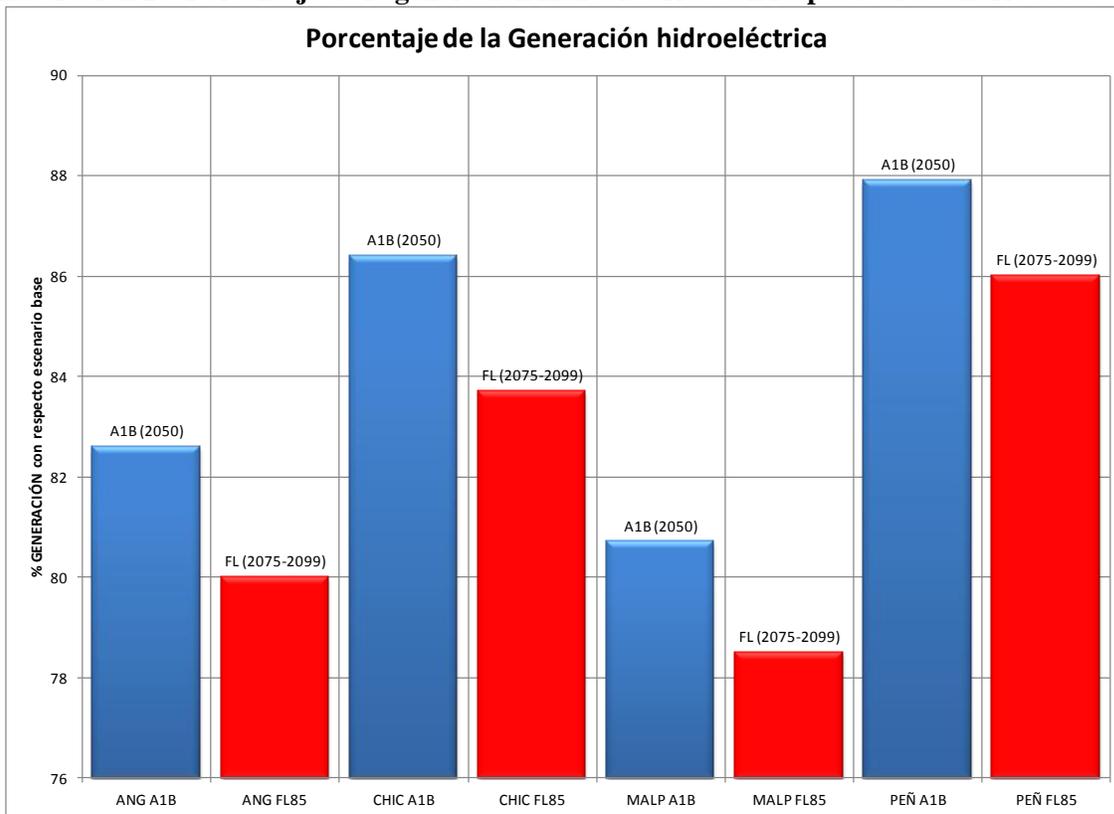
La estimación de los escurrimientos con la NOM-011-CNA-2000, tiene para el futuro cercano (2015-2039) escurrimientos proyectados con respecto al histórico para los escenarios RCP 4.5, 6 y 8.5 de 94.5%, 97.6% y 94.7%. Mientras que para el futuro lejano (2075-2099), los escurrimientos que se esperan son del orden del 92.1%, 94.2% y 89.7% para los mismos escenarios RCP. Los valores de los escenarios FC y FL se muestran en la ilustración 21 como líneas.

Ilustración 19. Porcentaje de la lluvia media anual y temperatura promedio en °C de los escenarios AR4 y AR5.



Fuente: Abt Associates

Ilustración 20. Porcentaje de la generación hidroeléctrica con respecto al escenario base.



Fuente: Abt Associates

Para realizar una comparación que tome en cuenta los valores para cada cuenca –Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas– con los valores promedio en la cuenca del Grijalva y el promedio para el periodo 2075-2009, de la tabla 8 se obtiene para la cuenca del Grijalva hasta Peñitas una generación hidroeléctrica del 82.0% y de 84.9% del volumen escurrido del escenario base. Para tomar en cuenta los promedios de 2075-2099, los valores del promedio del porcentaje de la lluvia media anual y de la temperatura promedio en la cuenca del río Grijalva hasta la presa Peñitas para el periodo 2075-2099, se indican en la tabla 9.

Tabla 9. Comparación de escurrimientos medios 1983-1990 y 2000-2007.

CUENCA	ESCENARIO	PROMEDIO % LLUVIA MEDIA ANUAL	PROMEDIO T PROM °C
Angostura 2075-2099	FL 8.5	-4.46	3.73
Chicoasén 2075-2099	FL 8.5	-4.6	4.17
Malpaso 2075-2099	FL 8.5	-4.24	4.28
Peñitas 2075-2099	FL 8.5	-5.46	4.56
Grijalva 2075-2099	FL 8.5	-4.69	4.185

FL=futuro lejano; t=temperatura

Fuente: Abt Associates

El resultado de las simulaciones para el escenario FL 8.5 con los valores promedios señalados en la tabla 9, para la cuenca del río Grijalva hasta la presa Peñitas se muestran en la tabla 10.

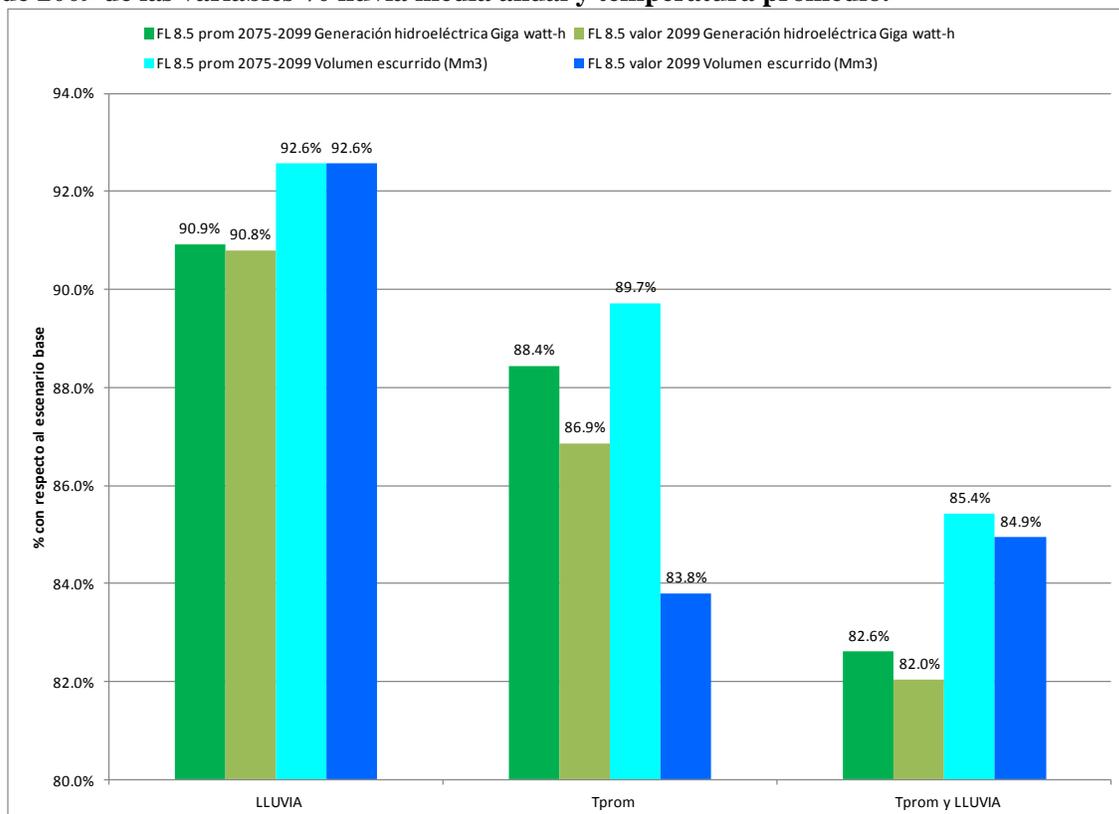
Tabla 10. Resultados de la simulación para el escenario FL 8.5 con los valores promedios para la cuenca del río Grijalva hasta la presa Peñitas.

FL 8.5	% del escenario BASE		
Cuenca	Generación hidroeléctrica Giga watt-h	Volumen escurrido (Mm3)	VARIABLE
GRIJALVA	90.9%	92.6%	LLUVIA
	88.4%	89.7%	Tprom
	82.6%	85.4%	Tprom y LLUVIA

Fuente: Abt Associates

En la ilustración 21 se comparan los resultados de las simulaciones para el escenario FL 8.5 entre los valores promedio del periodo 2075-2099 y los valores en 2099 de las variables porcentaje de la lluvia promedio y temperatura promedio.

Ilustración 21. Porcentaje del volumen de escurrimiento y la generación hidroeléctrica con respecto al escenario base. Escenario FL 8.5 con datos promedio de 2075-2099 y con el valor de 2099 de las variables % lluvia media anual y temperatura promedio.



Fuente: Abt Associates

Efectos de la deforestación en el escurrimiento

Con base en la metodología propuesta por M. T. Coe et al (2011),⁷ la cual sugiere que el efecto de la deforestación incrementa el escurrimiento superficial, se compararon los escurrimientos y láminas de lluvia media en el periodo 1983-1991 con los valores correspondientes en el periodo 2000-2007. Los resultados de las simulaciones se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Comparación de escurrimientos medios 1983-1990 y 2000-2007.

CUENCA	MEDIA 1983-1991		MEDIA 2000-2007		MEDIA 00-07 /MEDIA 83-91	
	VOLUMEN [hm ³]	LÁMINA MEDIA [mm]	VOLUMEN [hm ³]	LÁMINA MEDIA [mm]	VOLUMEN [hm ³]	LÁMINA MEDIA [mm]
	ESCURRIMIENTO	LLUVIA	ESCURRIMIENTO	LLUVIA	[%]	[%]
Angostura	8,609	1,252	9,507	1,100	10.4%	-12.2%
Chicoasén	1,759	909	1,921	1,095	9.2%	20.4%
Malpaso	4,737	1,164	5,587	1,122	17.9%	-3.7%
Peñitas	1,290	1,112	1,926	1,655	49.3%	48.9%

Fuente: Abt Associates

De la tabla anterior se obtiene que aún en los casos en que hay un decremento en la lluvia hay un incremento del escurrimiento en el periodo 2000-2007 con respecto al 1983-1991, con los aumentos mayores en Peñitas y Malpaso. Entre otros factores, el incremento en el escurrimiento se podría explicar por un aumento en la deforestación y la variabilidad climática se relaciona directamente con la lluvia media en ambos periodos. Se sugiere ampliar el análisis para precisar los factores que explican esos incrementos en el escurrimiento superficial.

Conclusiones y recomendaciones

Los escenarios AR5 presentados por municipios tienen una gran dispersión y conviene agruparlos en dos regiones, una que comprenda las cuencas Angostura, Chicoasén y Malpaso y otra, que abarque a la cuenca de Peñitas.

Los escenarios AR5 con forzamiento radiativo 4.5 y 8.5 muestran coherencia en cuanto a decrementos del porcentaje de la lluvia media anual e incrementos de la temperatura. El escenario resultante del forzamiento 6.0 no tiene coherencia en el caso del porcentaje de la lluvia media anual.

Los escenarios AR5 proyectan incrementos de la temperatura superiores a los 4°C para el escenario FL 8.5, así como decrementos mayores a -3.9% de la lluvia media anual.

La comparación de los escenarios del AR4 (A1B) y AR5 (FL8.5) con respecto al escenario base muestra que en todos los casos las reducciones de generación y volumen son mayores en el escenario FL 8.5. La mayor reducción se obtuvo en la generación de Malpaso (78.5%) y en el volumen de escurrimiento de Chicoasén (80.4%).

Los resultados de las simulaciones del AR4 y AR5 indican que el volumen de escurrimiento resulta más sensible a una disminución de la lluvia media anual que a los incrementos de las temperaturas.

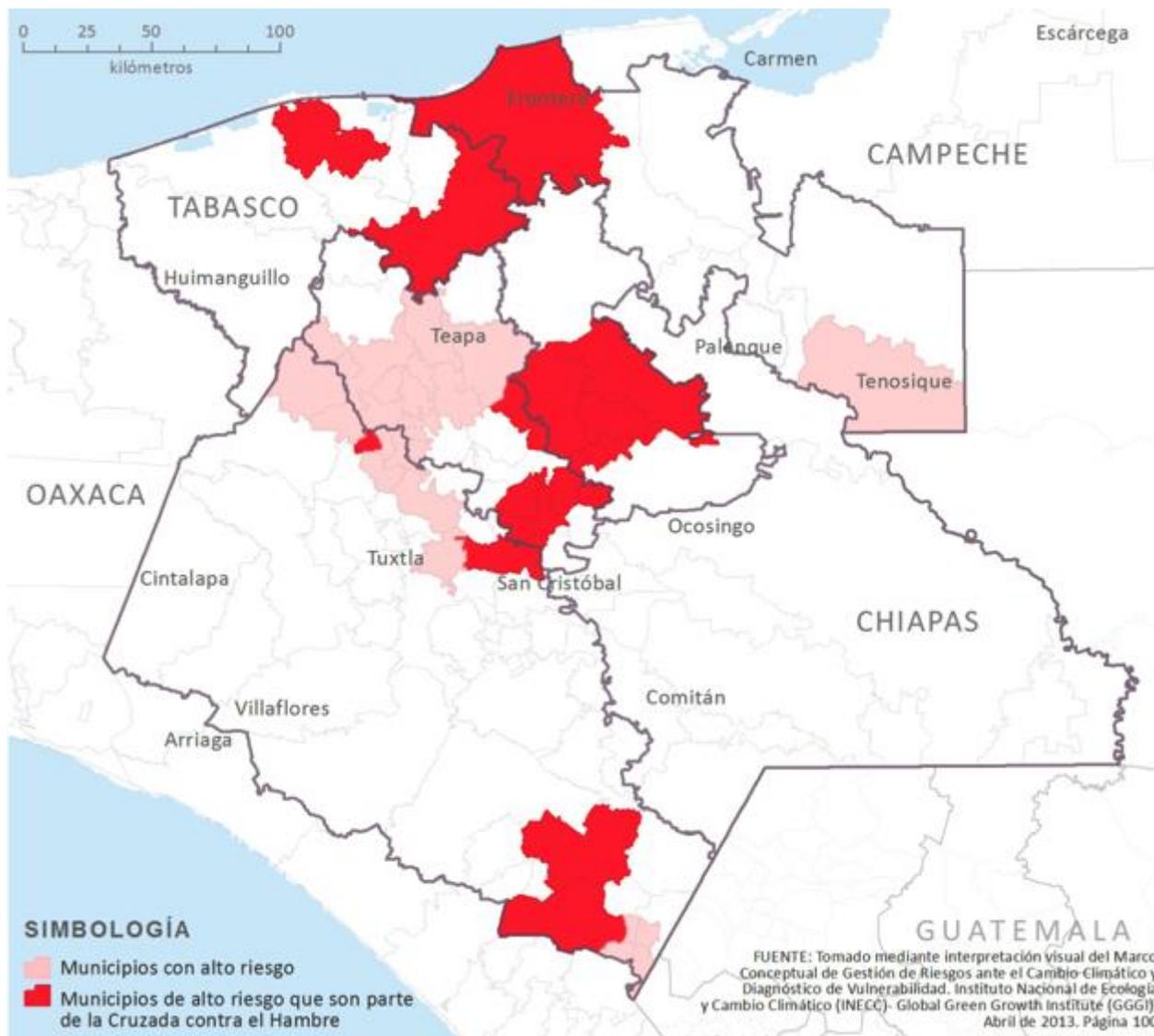
Una primera aproximación del efecto de la deforestación se obtuvo con la simulación de los escurrimientos en los periodos 1983-1990 y 2000-2007, la cual indicó un aumento significativo de los volúmenes escurridos en el periodo más reciente en las cuencas de Malpaso y Peñitas. Se recomienda ampliar el análisis de los componentes del ciclo hidrológico para explicar mejor el efecto de la deforestación.

Se recomienda que en estudios posteriores para la estimación de los escurrimientos que se esperan por el cambio climático se utilice información mensual y modelos distribuidos para simular la relación lluvia escurrimiento.

Anexo Capítulo 8

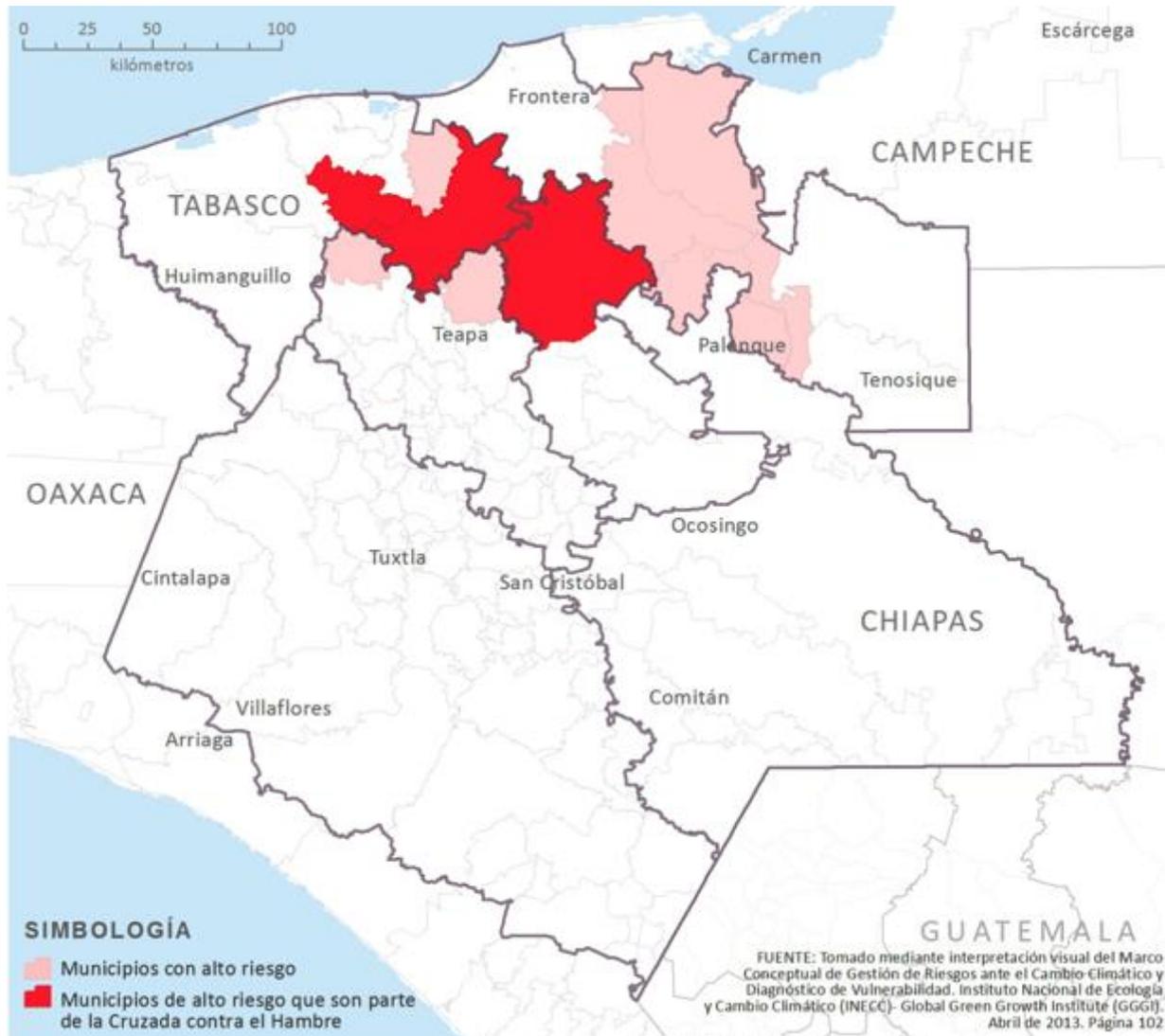
8A. Mapas de vulnerabilidad y riesgo para el Grijalva-Usumacinta de INECC-GGGI 2013

Municipios con alta vulnerabilidad y alto riesgo de ocurrencia de sequías agrícolas



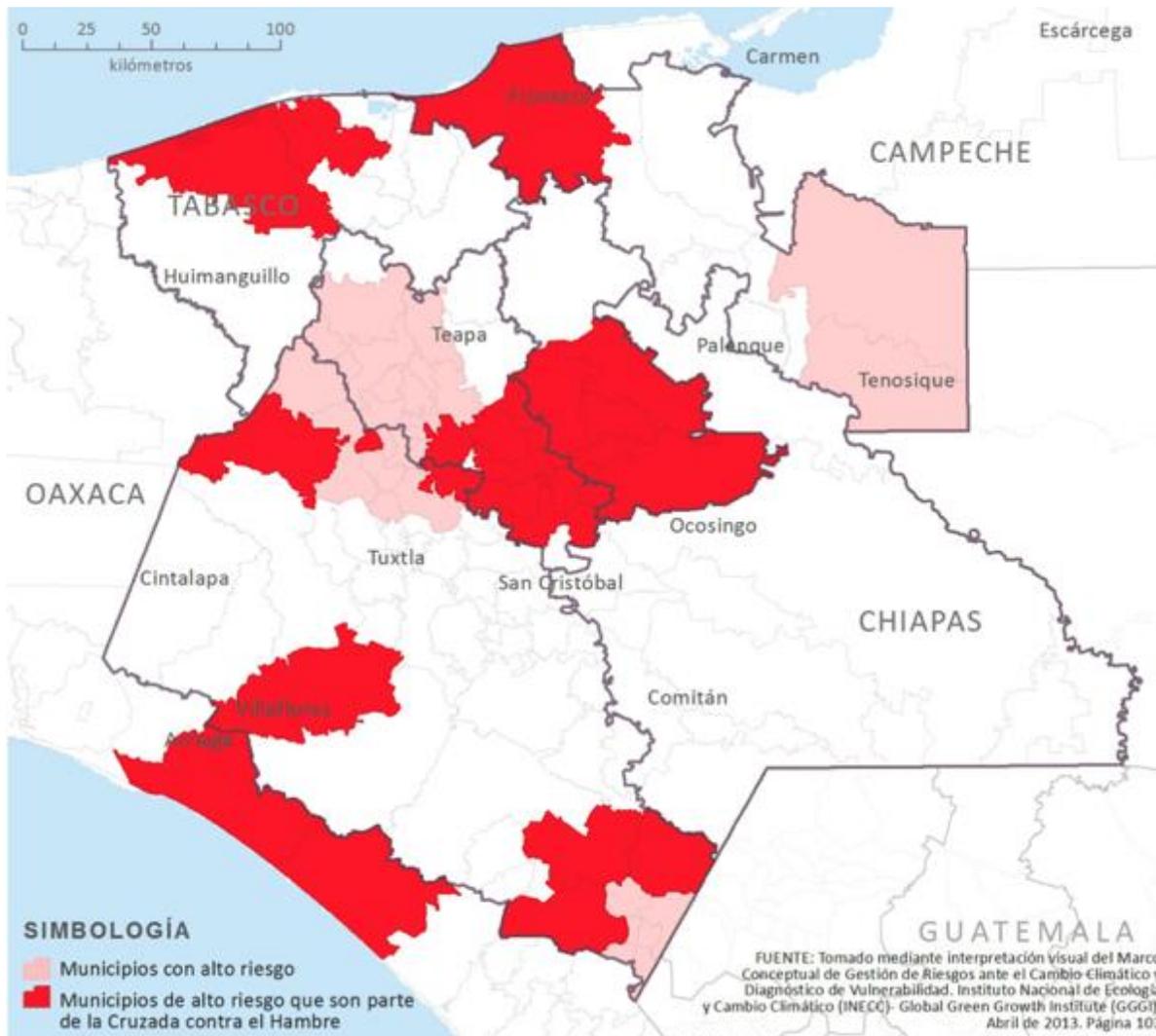
Fuente: Tomado mediante interpretación visual del Marco Conceptual de Gestión de Riesgos ante el Cambio Climático y Diagnóstico de Vulnerabilidad. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)- Global Green Growth Institute (GGGI). Abril de 2013. Página100.

Municipios con alta vulnerabilidad y alto riesgo de ocurrencia de disminución de rendimientos por altas temperaturas



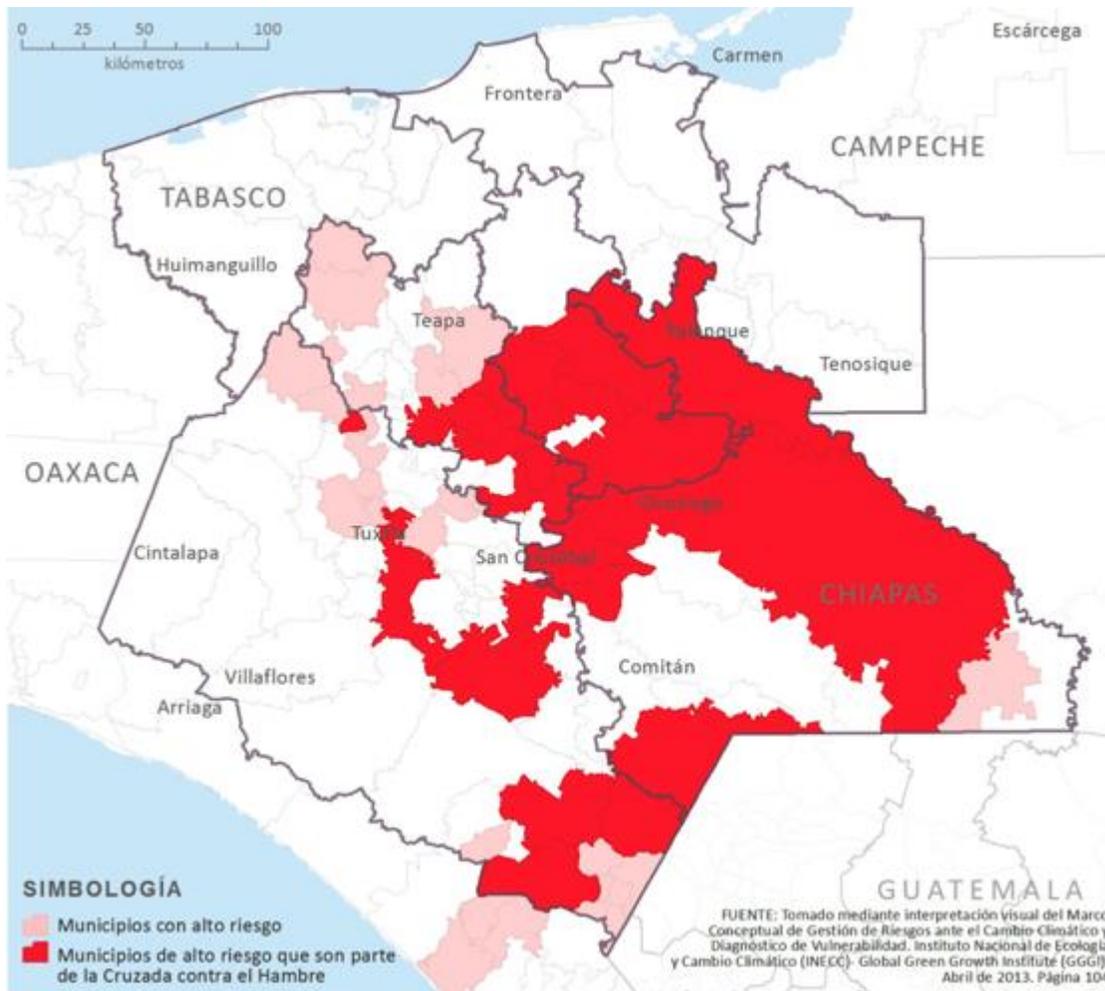
Fuente: Tomado mediante interpretación visual del Marco Conceptual de Gestión de Riesgos ante el Cambio Climático y Diagnóstico de Vulnerabilidad. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)- Global Green Growth Institute (GGGI). Abril de 2013. Página102.

Municipios con alta vulnerabilidad y alto riesgo de ocurrencia de sequías pecuarias



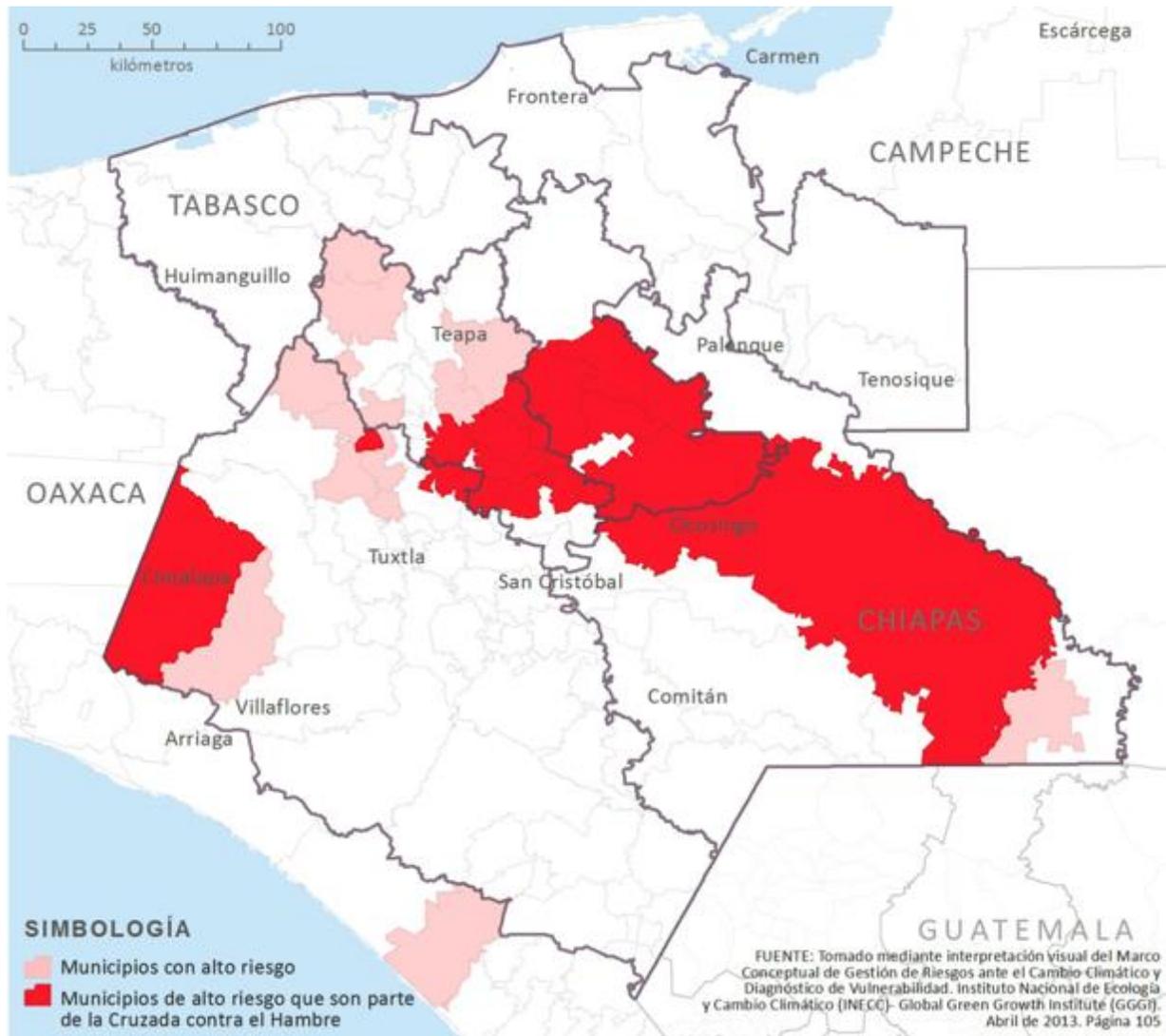
Fuente: Tomado mediante interpretación visual del Marco Conceptual de Gestión de Riesgos ante el Cambio Climático y Diagnóstico de Vulnerabilidad. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)- Global Green Growth Institute (GGGI). Abril de 2013. Página103.

Municipios con alta vulnerabilidad y alto riesgo de ocurrencia de transmisión de enfermedades



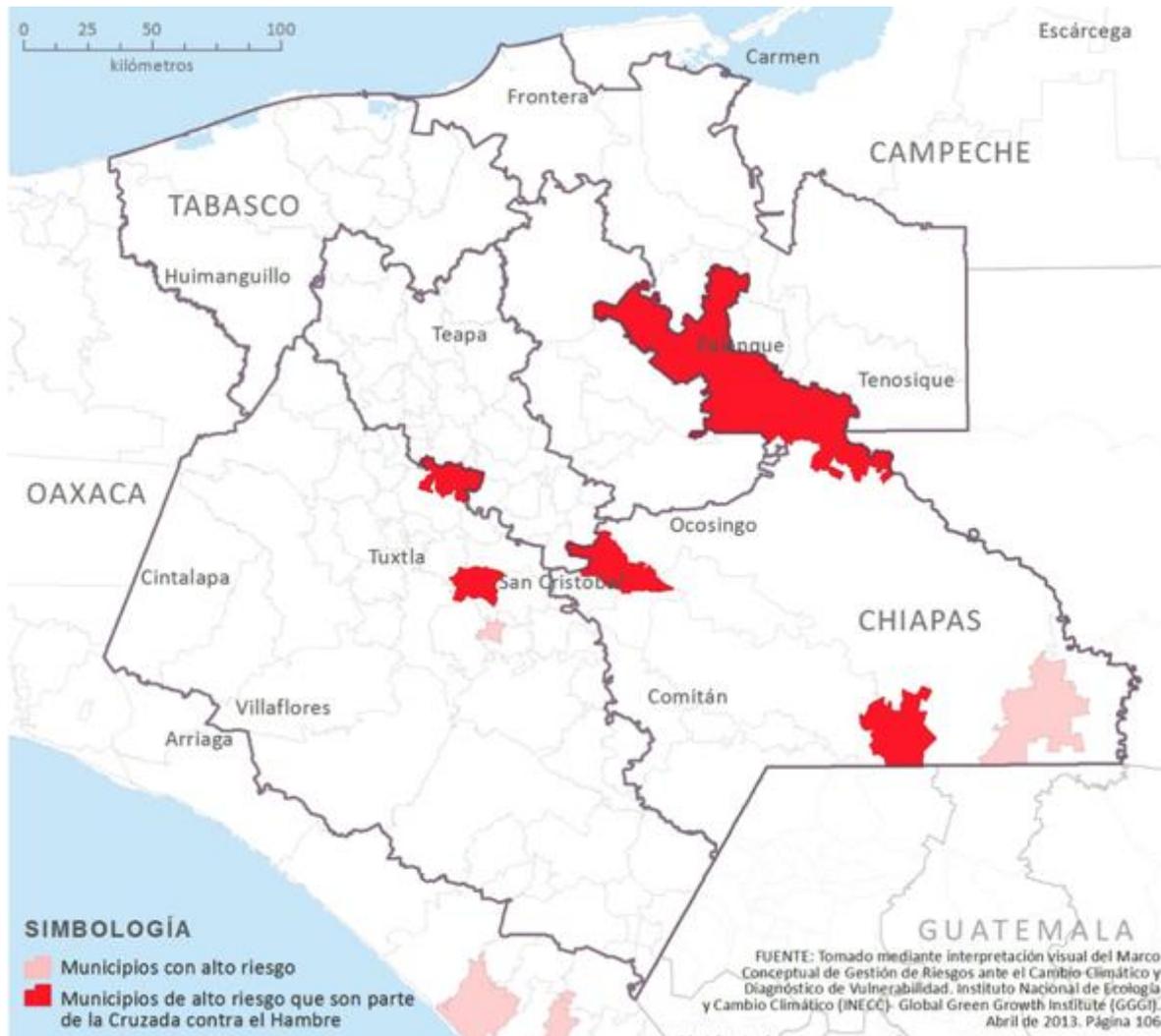
Fuente: Tomado mediante interpretación visual del Marco Conceptual de Gestión de Riesgos ante el Cambio Climático y Diagnóstico de Vulnerabilidad. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)- Global Green Growth Institute (GGGI). Abril de 2013. Página104.

Municipios con alta vulnerabilidad y alto riesgo de ocurrencia de ondas de calor



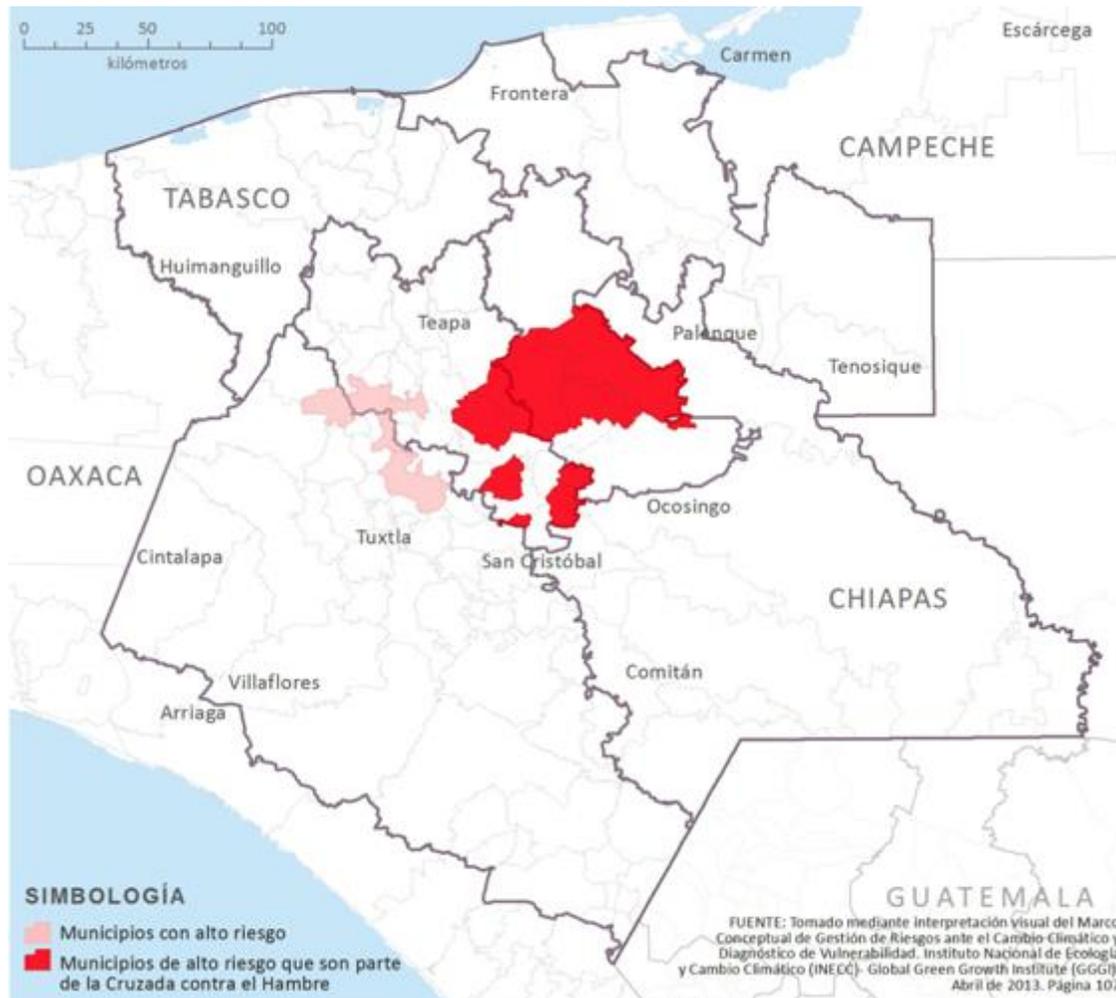
Fuente: Tomado mediante interpretación visual del Marco Conceptual de Gestión de Riesgos ante el Cambio Climático y Diagnóstico de Vulnerabilidad. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)- Global Green Growth Institute (GGGI). Abril de 2013. Página 105.

Municipios con alta vulnerabilidad y alto riesgo de ocurrencia de inundaciones



Fuente: Tomado mediante interpretación visual del Marco Conceptual de Gestión de Riesgos ante el Cambio Climático y Diagnóstico de Vulnerabilidad. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)- Global Green Growth Institute (GGGI). Abril de 2013. Página 106.

Municipios con alta vulnerabilidad y alto riesgo de ocurrencia de deslaves



Fuente: Tomado mediante interpretación visual del Marco Conceptual de Gestión de Riesgos ante el Cambio Climático y Diagnóstico de Vulnerabilidad. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)- Global Green Growth Institute (GGGI). Abril de 2013. Página 107.

NOTA GENERAL: Los datos originales tienen como fuente las proyecciones climáticas de la Red Mexicana de Modelación del Clima (CICESE, IMTA, CCA-UNAM y SMN), índices de vulnerabilidad de CENAPRED y construidos con base en información de INEGI y Secretaría de Salud; valores en riesgo con base en información de INEGI, metodología de qbic, INECC y GGGI.

8B. Resultados del índice de vulnerabilidad

Resultados del índice de vulnerabilidad regional por municipio

Orden	Clave	Nombre	Cuenca	Índice
1	7070	El Porvenir	Alto Grijalva	0.892
2	7036	La Grandeza	Alto Grijalva	0.878
3	7060	Ocoatepec	Alto Grijalva	0.849
4	7119	Santiago el Pinar	Alto Grijalva	0.835
5	7067	Pantepec	Alto Grijalva	0.825
6	7073	Rayón	Ríos de la Sierra	0.822
7	7042	Ixhuatán	Ríos de la Sierra	0.810
8	7090	Tapalapa	Alto Grijalva	0.772
9	7039	Huixtupán	Ríos de la Sierra	0.756
10	7118	San Andrés Duraznal	Ríos de la Sierra	0.756
11	7109	Yajalón	Tulijáh - Chilapa	0.733
12	7078	San Cristóbal de las Casas	Alto Grijalva	0.731
13	7076	Sabanilla	Ríos de la Sierra	0.730
14	7080	Siltepec	Alto Grijalva	0.729
15	7005	Amatán	Ríos de la Sierra	0.726
16	7010	Bejucal de Ocampo	Alto Grijalva	0.717
17	7113	Aldama	Alto Grijalva	0.709
18	7072	Pueblo Nuevo Solistahuacán	Ríos de la Sierra	0.707
19	7101	Tuxtla Gutiérrez	Alto Grijalva	0.700
20	7091	Tapilula	Ríos de la Sierra	0.699
21	7014	El Bosque	Ríos de la Sierra	0.695
22	7047	Jitotol	Alto Grijalva	0.693
23	7025	Chapultenango	Ríos de la Sierra	0.691
24	7058	Nicolás Ruíz	Alto Grijalva	0.689
25	7053	Mazapa de Madero	Alto Grijalva	0.683
26	7022	Chalchihuitán	Ríos de la Sierra	0.673
27	7038	Huixtán	Lacandona - Comitán	0.668
28	7031	Chilón	Tulijáh - Chilapa	0.667
29	7082	Sitalá	Ríos de la Sierra	0.664
30	7081	Simojovel	Ríos de la Sierra	0.663
31	7066	Pantelhó	Ríos de la Sierra	0.660
32	7084	Solosuchiapa	Ríos de la Sierra	0.651
33	7110	San Lucas	Alto Grijalva	0.645
34	7033	Francisco León	Alto Grijalva	0.643
35	7059	Ocosingo	Lacandona - Comitán	0.638
36	7021	Copainalá	Alto Grijalva	0.637
37	7023	Chamula	Alto Grijalva	0.625
38	7115	Maravilla Tenejapa	Lacandona - Comitán	0.623
39	7043	Ixtacomitán	Ríos de la Sierra	0.622
40	7111	Zinacantán	Alto Grijalva	0.621
41	7011	Bella Vista	Alto Grijalva	0.617
42	7096	Tila	Tulijáh - Chilapa	0.616
43	7049	Larrazar	Alto Grijalva	0.615
44	7093	Tenejapa	Ríos de la Sierra	0.604
45	7007	Amatenango del Valle	Alto Grijalva	0.602
46	7094	Teopisca	Alto Grijalva	0.597
47	7116	Marqués de Comillas	Lacandona - Comitán	0.597
48	7012	Berriozábal	Alto Grijalva	0.591
49	7064	Oxchuc	Lacandona - Comitán	0.591
50	7045	Ixtapangajoya	Ríos de la Sierra	0.590
51	7052	Las Margaritas	Lacandona - Comitán	0.589
52	7079	San Fernando	Alto Grijalva	0.588
53	7100	Tumbalá	Tulijáh - Chilapa	0.588
54	7026	Chenalhó	Ríos de la Sierra	0.586
55	7028	Chiapilla	Alto Grijalva	0.584
56	7098	Totolapa	Alto Grijalva	0.581
57	7013	Bochil	Alto Grijalva	0.576
58	7112	San Juan Cancuc	Ríos de la Sierra	0.576

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

Orden	Clave	Nombre	Cuenca	Índice
59	7108	Villaflores	Alto Grijalva	0.575
60	7061	Ocozacoautla de Espinosa	Alto Grijalva	0.574
61	7117	Montecristo de Guerrero	Alto Grijalva	0.573
62	7004	Altamirano	Lacandona - Comitán	0.572
63	7077	Salto de Agua	Tulijáh - Chilapa	0.572
64	7062	Ostuacán	Alto Grijalva	0.565
65	7024	Chanal	Lacandona - Comitán	0.562
66	7065	Palenque	Lacandona - Comitán	0.552
67	7056	Mitontic	Ríos de la Sierra	0.552
68	7006	Amatenango de la Frontera	Alto Grijalva	0.550
69	7114	Benemérito de las Américas	Lacandona - Comitán	0.550
70	7018	Coapilla	Alto Grijalva	0.549
71	7088	Sunuapa	Ríos de la Sierra	0.546
72	27016	Teapa	Ríos de la Sierra	0.544
73	7075	Las Rosas	Alto Grijalva	0.542
74	7008	Ángel Albino Corzo	Alto Grijalva	0.538
75	7107	Villa Corzo	Alto Grijalva	0.538
76	27015	Tacotalpa	Ríos de la Sierra	0.529
77	7046	Jiquipilas	Alto Grijalva	0.526
78	7048	Juárez	Ríos de la Sierra	0.522
79	7086	Suchiapa	Alto Grijalva	0.516
80	7092	Tecpatán	Alto Grijalva	0.515
81	27014	Paraíso	Bajo Grijalva	0.512
82	7099	La Trinitaria	Lacandona - Comitán	0.512
83	7020	La Concordia	Alto Grijalva	0.511
84	27008	Huimanguillo	Bajo Grijalva	0.508
85	7002	Acala	Alto Grijalva	0.499
86	7068	Pichucalco	Ríos de la Sierra	0.498
87	7041	La Independencia	Lacandona - Comitán	0.497

Orden	Clave	Nombre	Cuenca	Índice
88	7083	Socoltenango	Alto Grijalva	0.489
89	7085	Soyaló	Alto Grijalva	0.486
90	7030	Chicomuselo	Alto Grijalva	0.484
91	7104	Tzimol	Alto Grijalva	0.483
92	7019	Comitán de Domínguez	Lacandona - Comitán	0.483
93	27010	Jalpa de Méndez	Bajo Grijalva	0.480
94	27009	Jalapa	Ríos de la Sierra	0.475
95	7074	Reforma	Ríos de la Sierra	0.474
96	27006	Cunduacán	Bajo Grijalva	0.470
97	7106	Venustiano Carranza	Alto Grijalva	0.462
98	7063	Osumacinta	Alto Grijalva	0.462
99	27013	Nacajuca	Bajo Grijalva	0.437
100	7034	Frontera Comalapa	Alto Grijalva	0.434
101	7027	Chiapa de Corzo	Alto Grijalva	0.433
102	27005	Comalcalco	Bajo Grijalva	0.432
103	7029	Chicoasén	Alto Grijalva	0.430
104	7017	Cintalapa	Alto Grijalva	0.420
105	27002	Cárdenas	Bajo Grijalva	0.419
106	27004	Centro	Bajo Grijalva	0.414
107	7044	Ixtapa	Alto Grijalva	0.397
108	27017	Tenosique	Bajo Usumacinta	0.380
109	27011	Jonuta	Bajo Usumacinta	0.378
110	7050	La Libertad	Bajo Usumacinta	0.373
111	4007	Palizada	Bajo Usumacinta	0.360
112	27012	Macuspana	Tulijáh - Chilapa	0.360
113	27007	Emiliano Zapata	Bajo Usumacinta	0.357
114	27001	Balancán	Bajo Usumacinta	0.335
115	7016	Catazajá	Bajo Usumacinta	0.327
116	27003	Centla	Bajo Usumacinta	0.314

Resultados Índice Ambiental por municipio

Clave	nombre	degradación (%)	riesgo (%)	servicios ambientales (%)	cobertura forestal (%)	Índice ambiental
27003	La Grandeza	25.0	0.0	86.0	100.000	1.000
04007	El Porvenir	41.5	31.9	0.0	2.945	0.430
07064	Rayón	19.7	1.4	99.3	0.558	0.332
07007	Ixhuatán	16.7	9.2	75.0	1.094	0.319
07011	Ocoatepec	18.8	8.2	75.0	0.390	0.317
07114	Tuxtla Gutiérrez	34.0	0.0	62.1	2.555	0.316
07013	Pantepec	17.8	6.7	74.2	0.586	0.302
27007	Santiago el Pinar	25.0	0.0	75.0	2.132	0.301
07113	San Cristóbal de las Casas	41.7	0.0	42.4	1.794	0.301
07014	Tapilula	14.7	6.3	76.5	1.236	0.295
07022	Nicolás Ruíz	50.5	4.4	0.0	4.650	0.294
07002	Mazapa de Madero	24.9	21.3	4.7	2.730	0.290
07004	Yajalón	19.8	11.7	49.9	0.494	0.289
07023	Sabanilla	22.6	4.4	64.3	0.794	0.287
07116	Siltepec	30.9	0.0	61.1	0.585	0.286
07028	Tapalapa	18.7	4.0	74.0	0.370	0.286
07005	Bejucal de Ocampo	34.9	11.1	9.2	2.714	0.276
07056	Villaflora	43.5	1.5	22.5	1.949	0.275
07024	Huitiupán	23.2	4.3	56.6	1.195	0.274
07106	Ocosingo	24.4	0.2	68.3	0.248	0.272
07042	Chilón	26.2	2.4	56.7	0.589	0.271
27006	Aldama	25.0	0.0	60.4	1.973	0.267
07044	El Bosque	25.0	2.2	53.7	1.514	0.263
27011	Maravilla Tenejapa	20.1	0.0	71.5	0.515	0.260
07016	San Andrés Duraznal	25.0	5.6	42.9	0.787	0.257
07075	Pueblo Nuevo Solistahuacán	21.4	0.9	62.8	0.724	0.253
07110	San Lucas	51.1	0.0	0.0	2.569	0.252
07079	Jitotol	23.3	0.7	56.4	0.766	0.246
07039	Copainalá	13.2	2.6	68.0	1.418	0.244
07104	Villa Corzo	30.7	0.2	38.7	1.706	0.243
27009	Berriozábal	20.7	0.0	57.4	1.797	0.239
07092	Marqués de Comillas	13.9	0.4	73.1	0.709	0.239
27013	San Fernando	16.0	0.0	65.5	1.796	0.236
07100	Huixtán	47.7	0.2	2.1	1.261	0.234
07080	Chalchihuitán	23.0	0.7	51.9	0.480	0.233
07077	Chiapilla	49.5	0.8	0.0	0.000	0.233
07093	Jiquipilas	41.6	0.3	11.1	2.055	0.232
07030	Tacotalpa	20.0	3.7	45.5	1.540	0.232
07073	Sitalá	43.6	0.9	8.3	0.837	0.231

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

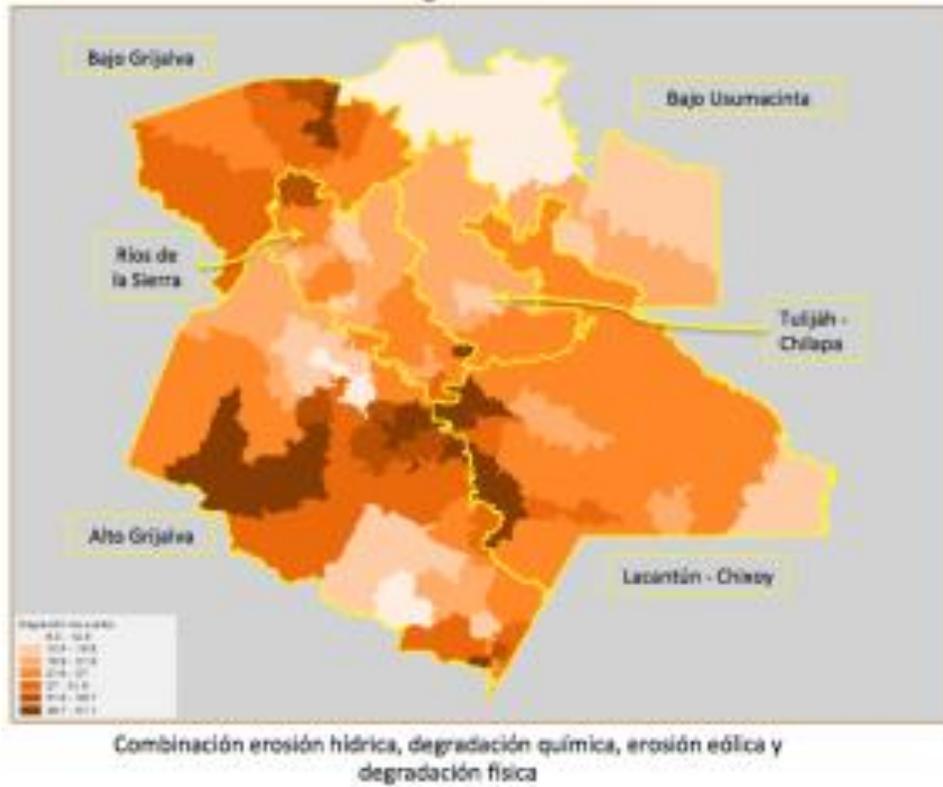
Clave	nombre	degradación (%)	riesgo (%)	servicios ambientales (%)	cobertura forestal (%)	Índice ambiental
07118	La Independencia	27.7	0.0	41.7	0.875	0.229
07112	Comitán de Domínguez	41.9	0.0	11.0	1.502	0.228
07091	Benemérito de las Américas	14.7	0.4	64.9	1.040	0.226
07111	Suchiapa	43.4	0.0	1.3	3.094	0.223
07083	Ocozacoautla de Espinosa	25.3	0.6	41.8	1.009	0.223
07021	Pantelhó	23.1	4.5	35.0	0.859	0.223
07076	Bella Vista	16.9	0.9	49.3	3.175	0.219
07034	Solosuchiapa	23.0	3.4	33.1	2.058	0.219
07006	Nacajuca	29.3	10.9	0.0	1.412	0.219
07029	Simojovel	23.8	3.8	34.7	0.635	0.219
07058	Jalpa de Méndez	40.8	1.5	0.0	2.714	0.216
07084	Amatenango del Valle	42.9	0.5	0.0	1.765	0.212
07031	Amatán	19.8	3.5	41.9	0.000	0.211
07072	Acala	39.2	1.0	0.0	3.203	0.209
07119	La Trinitaria	26.7	0.0	31.7	2.040	0.209
07019	Chapultenango	22.7	4.6	26.4	1.428	0.206
07081	Tumbalá	14.7	0.7	55.6	0.713	0.205
07043	Totolapa	36.0	2.2	0.0	3.350	0.203
07099	Angel Albino Corzo	10.5	0.3	57.4	2.756	0.201
07067	Paraíso	39.7	1.2	0.0	1.514	0.201
27008	Las Margaritas	23.4	0.0	39.4	0.461	0.201
07107	Oxchuc	42.2	0.1	0.0	0.799	0.200
07053	Teopisca	37.8	1.6	0.0	1.984	0.198
07052	Tila	18.3	1.7	40.6	0.784	0.194
07088	Palenque	26.9	0.5	25.2	1.204	0.193
07012	Amatenango de la Frontera	27.9	7.9	4.3	0.000	0.192
07008	Ixtacomitán	24.8	8.9	0.0	2.355	0.191
27017	Montecristo de Guerrero	6.3	0.0	67.8	0.955	0.191
07046	Salto de Agua	19.1	2.2	33.9	1.334	0.190
07045	Larráinzar	24.7	2.2	21.4	1.476	0.188
07101	Chiapa de Corzo	31.8	0.2	7.4	3.234	0.186
07074	Chamula	25.8	0.9	21.6	1.266	0.183
07066	Altamirano	18.7	1.3	36.4	0.531	0.182
07085	Zinacantán	36.2	0.5	0.0	1.616	0.181
07061	Tenosique	21.4	1.5	25.6	1.851	0.180
07090	Cintalapa	27.0	0.4	17.7	1.851	0.180
07082	Chanal	29.0	0.6	15.4	0.553	0.176
07025	Cunduacán	31.8	4.2	0.0	0.000	0.175

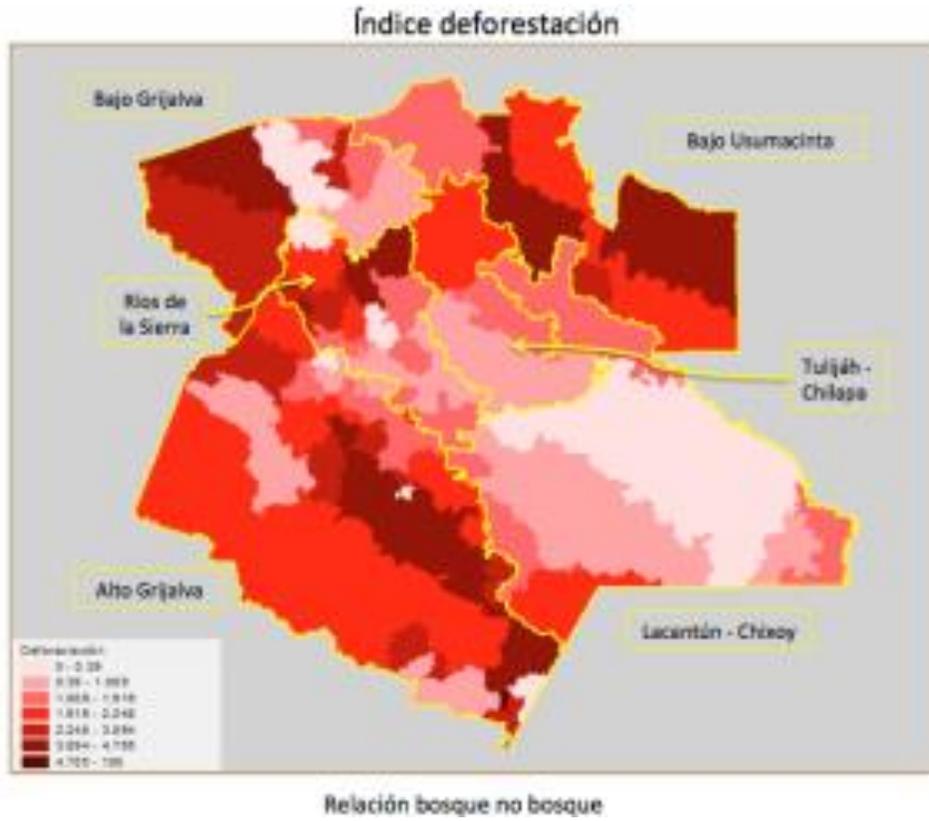
PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

Clave	nombre	degradación (%)	riesgo (%)	servicios ambientales (%)	cobertura forestal (%)	Índice ambiental
07060	Huimanguillo	27.9	1.5	6.2	2.756	0.171
07086	Venustiano Carranza	31.2	0.5	0.0	3.366	0.170
07010	Teapa	15.6	8.5	6.1	3.577	0.169
07063	Tenejapa	30.6	1.4	3.7	1.559	0.169
27010	Tecpatán	20.1	0.0	24.1	2.845	0.167
07094	Reforma	35.8	0.3	0.0	0.000	0.166
07068	Chenalhó	21.6	1.2	20.2	1.226	0.162
27014	La Libertad	15.9	0.0	30.5	2.679	0.161
07115	Las Rosas	31.9	0.0	0.0	1.961	0.160
27002	Socoltenango	25.9	0.0	0.0	4.755	0.152
07062	Palizada	9.5	1.5	37.6	1.765	0.152
07117	Tzimol	28.4	0.0	0.0	2.919	0.150
07078	Emiliano Zapata	18.7	0.8	19.7	1.765	0.149
07047	Juárez	26.4	2.1	0.0	1.735	0.147
07017	Centro	23.0	5.3	0.0	0.531	0.146
07108	La Concordia	15.9	0.1	26.1	1.722	0.145
07020	Jalapa	18.2	4.6	1.2	3.706	0.143
27001	Frontera Comalapa	26.2	0.0	0.0	3.359	0.143
07049	Francisco León	21.0	2.0	8.5	1.811	0.142
07059	Comalcalco	28.2	1.5	0.0	0.000	0.140
07033	San Juan Cancuc	23.1	3.4	0.0	1.444	0.139
07096	Cárdenas	24.7	0.3	0.0	3.203	0.137
07050	Bochil	15.1	1.9	19.1	1.412	0.136
07018	Jonuta	11.5	5.0	11.5	3.175	0.135
27004	Ixtapangajoya	25.0	0.0	2.6	2.141	0.135
07026	Pichucalco	18.9	4.1	0.0	2.381	0.131
07038	Coapilla	13.6	2.8	19.1	0.867	0.131
07036	Macuspana	19.9	3.3	1.5	1.797	0.130
07098	Balancán	15.2	0.3	13.9	3.625	0.129
27015	Osumacinta	14.5	0.0	15.6	3.173	0.124
27005	Mitontic	25.0	0.0	0.0	1.190	0.123
07065	Catazajá	18.6	1.4	0.0	3.577	0.120
07048	Centla	11.4	2.1	18.2	1.473	0.119
07041	Ostuacán	18.0	2.5	0.0	2.000	0.114
07070	Chicomuselo	18.2	1.1	2.2	2.141	0.111
07109	Ixtapa	12.5	0.1	12.9	2.714	0.106
27016	Soyaló	12.5	0.0	14.4	2.248	0.106
27012	Sunuapa	16.1	0.0	0.0	3.880	0.101
07027	Chicoasén	12.5	4.1	0.0	1.895	0.099

Variables del índice ambiental regional

Índice degradación suelos





Resultados Índice Socioeconómico por municipio

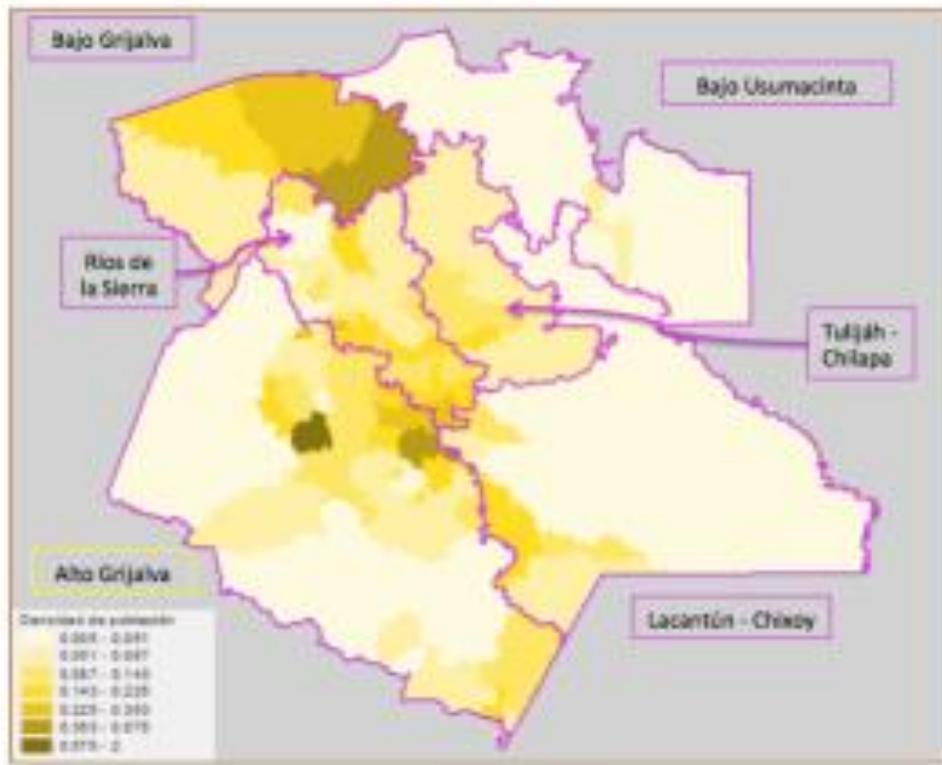
Clave	Nombre	Densidad	P. Indígena	1 - IDH	Margina	Riesgo	Índice
7119	Santiago el Pinar	0.242	2.000	0.350	3.000	3.000	0.781
7060	Ocoatepec	0.233	2.000	0.307	3.000	3.000	0.776
7005	Amat-á	0.084	2.000	0.356	3.000	3.000	0.767
7067	Pantepec	0.123	2.000	0.289	3.000	3.000	0.765
7033	Francisco León	0.041	2.000	0.303	3.000	3.000	0.759
7118	San Andrés Duraznal	0.137	2.000	0.550	3.000	2.400	0.735
7025	Chapultenango	0.051	2.000	0.476	2.400	3.000	0.721
7042	Ixhuitán	0.121	2.000	0.301	2.400	3.000	0.711
7090	Tapalapa	0.080	2.000	0.311	2.400	3.000	0.708
7073	Rayón	0.167	2.000	0.216	2.400	3.000	0.708
7039	Huitiupán	0.080	2.000	0.271	3.000	2.400	0.705
7045	Ixtapangajoya	0.064	1.200	0.292	3.000	3.000	0.687
7062	Ostucán	0.035	1.200	0.299	3.000	3.000	0.685
7088	Sunuapa	0.035	1.200	0.234	3.000	3.000	0.679
7072	Pueblo Nuevo Solistahuacán	0.155	2.000	0.361	2.400	2.400	0.665
7013	Bochil	0.099	2.000	0.406	2.400	2.400	0.664
7023	Chamula	0.278	2.000	0.476	3.000	1.500	0.659
7112	San Juan Cancuc	0.201	2.000	0.537	3.000	1.500	0.658
7111	Zinacantán	0.225	2.000	0.500	3.000	1.500	0.657
7081	Simojovel	0.159	2.000	0.557	3.000	1.500	0.656
7047	Jitotol	0.101	2.000	0.299	2.400	2.400	0.654
7093	Tenejapa	0.258	2.000	0.394	3.000	1.500	0.650
7056	Mitontic	0.342	2.000	0.301	3.000	1.500	0.649
7070	El Porvenir	0.197	1.200	0.322	3.000	2.400	0.647
7022	Chalchihuitán	0.095	2.000	0.515	3.000	1.500	0.646
7113	Aldama	0.220	2.000	0.368	3.000	1.500	0.644
7109	Yajalón	0.199	2.000	0.379	3.000	1.500	0.644
7066	Pantelhó	0.132	2.000	0.445	3.000	1.500	0.643
7080	Siltepec	0.053	1.200	0.410	3.000	2.400	0.642
7010	Bejucal de Ocampo	0.118	1.200	0.336	3.000	2.400	0.641
7076	Sabanilla	0.127	2.000	0.422	3.000	1.500	0.641
7043	Ixtacomitán	0.098	1.200	0.342	2.400	3.000	0.640
7038	Huixtán	0.085	2.000	0.433	3.000	1.500	0.638
7082	Sitalá	0.143	2.000	0.368	3.000	1.500	0.637
7084	Solosuchiapa	0.066	1.200	0.340	2.400	3.000	0.637
7049	Larráinzar	0.178	2.000	0.302	3.000	1.500	0.635
7026	Chenalhó	0.181	2.000	0.286	3.000	1.500	0.633
7018	Coapilla	0.067	1.200	0.271	2.400	3.000	0.631
7014	El Bosque	0.136	2.000	0.283	3.000	1.500	0.629

Clave	Nombre	Densidad	P. Indígena	1 - IDH	Margina	Riesgo	Índice
7096	Tila	0.110	2.000	0.270	3.000	1.500	0.625
7078	San Cristóbal de las Casas	0.575	2.000	0.331	1.500	2.400	0.619
7036	La Grandeza	0.186	1.200	0.306	2.400	2.400	0.590
7094	Teopisca	0.165	2.000	0.405	2.400	1.500	0.588
7011	Bella Vista	0.111	1.200	0.306	2.400	2.400	0.583
7091	Tapilula	0.353	1.200	0.323	1.500	3.000	0.580
7004	Altamirano	0.039	2.000	0.422	3.000	0.900	0.578
7064	Oxchuc	0.131	2.000	0.314	3.000	0.900	0.577
7085	Soyaló	0.126	2.000	0.308	1.500	2.400	0.576
7007	Amatenango del Valle	0.070	2.000	0.331	3.000	0.900	0.573
7021	Copainalá	0.076	1.200	0.523	1.500	3.000	0.573
7024	Chanal	0.033	2.000	0.365	3.000	0.900	0.572
7031	Chilón	0.082	2.000	0.307	3.000	0.900	0.572
7052	Las Margaritas	0.046	2.000	0.326	3.000	0.900	0.570
7110	San Lucas	0.085	1.200	0.475	3.000	1.500	0.569
7075	Las Rosas	0.134	1.200	0.421	3.000	1.500	0.569
7058	Nicolás Ruíz	0.148	1.200	0.375	3.000	1.500	0.566
7077	Salto de Agua	0.059	2.000	0.247	3.000	0.900	0.564
7030	Chicomuselo	0.039	1.200	0.465	3.000	1.500	0.564
7117	Montecristo de Guerrero	0.043	1.200	0.460	3.000	1.500	0.564
7053	Mazapa de Madero	0.087	0.400	0.311	2.400	3.000	0.563
7100	Tumbalá	0.097	2.000	0.184	3.000	0.900	0.562
7048	Jurezám	0.035	1.200	0.436	1.500	3.000	0.561
27016	Teapa	0.157	1.200	0.268	1.500	3.000	0.557
7098	Totolapa	0.051	1.200	0.347	3.000	1.500	0.554
7068	Pichucalco	0.061	1.200	0.308	1.500	3.000	0.552
7020	La Concordia	0.021	1.200	0.301	3.000	1.500	0.547
7101	Tuxtla Gutiérrez	2.000	0.400	0.306	0.300	3.000	0.546
7065	Palenque	0.046	2.000	0.452	2.400	0.900	0.527
7006	Amatenango de la Frontera	0.143	0.400	0.437	2.400	2.400	0.525
7059	Ocosingo	0.026	2.000	0.449	3.000	0.300	0.525
7115	Maravilla Tenejapa	0.022	2.000	0.425	3.000	0.300	0.522
7116	Marqués de Comillas	0.013	2.000	0.379	3.000	0.300	0.517
7092	Tecpatán	0.041	0.400	0.420	2.400	2.400	0.515
7061	Ocozacoautla de Espinosa	0.048	0.400	0.354	2.400	2.400	0.509
7079	San Fernando	0.113	1.200	0.380	1.500	2.400	0.508
7012	Berriozbal	0.150	1.200	0.338	2.400	1.500	0.508
7028	Chiapilla	0.125	1.200	0.350	2.400	1.500	0.507

Clave	Nombre	Densidad	P. Indígena	1 - IDH	Margina	Riesgo	Índice
7063	Osumacinta	0.048	1.200	0.420	1.500	2.400	0.506
7029	Chicoasén	0.053	1.200	0.347	1.500	2.400	0.500
7083	Socoltenango	0.034	1.200	0.356	2.400	1.500	0.499
27008	Huimanguillo	0.059	1.200	0.295	1.500	2.400	0.496
7104	Tzimol	0.048	1.200	0.282	2.400	1.500	0.494
27009	Jalapa	0.076	1.200	0.254	1.500	2.400	0.494
7008	Angel Albino Corzo	0.056	1.200	0.259	2.400	1.500	0.492
7114	Benemérito de las Américas	0.020	2.000	0.430	2.400	0.300	0.468
7074	Reforma	0.115	1.200	0.368	0.900	2.400	0.453
27014	Paraíso	0.262	1.200	0.199	0.900	2.400	0.451
7099	La Trinitaria	0.056	0.400	0.444	2.400	1.500	0.436
7044	Ixtapa	0.114	0.400	0.376	2.400	1.500	0.435
27005	Comalcalco	0.309	1.200	0.246	1.500	1.500	0.432
27006	Cunduacán	0.260	1.200	0.273	1.500	1.500	0.430
7034	Frontera Comalapa	0.108	0.400	0.317	1.500	2.400	0.430
7106	Venustiano Carranza	0.055	0.400	0.323	2.400	1.500	0.425
27015	Tacotalpa	0.078	0.400	0.283	1.500	2.400	0.424
7108	Villaflores	0.064	1.200	0.358	1.500	1.500	0.420
7107	Villa Corzo	0.034	0.400	0.283	2.400	1.500	0.420
7046	Jiquipilas	0.036	1.200	0.368	1.500	1.500	0.419
27002	Cárdenas	0.149	1.200	0.251	1.500	1.500	0.418
7086	Suchiapa	0.096	1.200	0.303	1.500	1.500	0.418
7002	Acala	0.074	1.200	0.307	1.500	1.500	0.416
27004	Centro	0.458	0.400	0.170	0.300	3.000	0.393
7041	La Independencia	0.098	0.400	0.363	2.400	0.900	0.378
27010	Jalpa de Méndez	0.278	1.200	0.250	0.900	1.500	0.375
7019	Comitán de Domínguez	0.180	0.400	0.357	1.500	1.500	0.358
27011	Jonuta	0.022	1.200	0.288	1.500	0.900	0.355
7027	Chiapa de Corzo	0.124	0.400	0.357	1.500	1.500	0.353
7017	Cintalapa	0.039	0.400	0.339	1.500	1.500	0.343
27012	Macuspana	0.078	0.400	0.238	1.500	1.500	0.338
7050	La Libertad	0.013	1.200	0.312	1.500	0.300	0.302
7016	Catazajá	0.034	1.200	0.285	1.500	0.300	0.302
27013	Nacajuca	0.265	0.400	0.252	0.900	1.500	0.302
27001	Balancán	0.020	1.200	0.265	1.500	0.300	0.299
4007	Palizada	0.005	1.200	0.278	1.500	0.300	0.298
27007	Emiliano Zapata	0.061	1.200	0.219	0.900	0.900	0.298
27003	Centla	0.047	0.400	0.275	1.500	0.900	0.284
27017	Tenosique	0.039	0.400	0.258	1.500	0.900	0.281

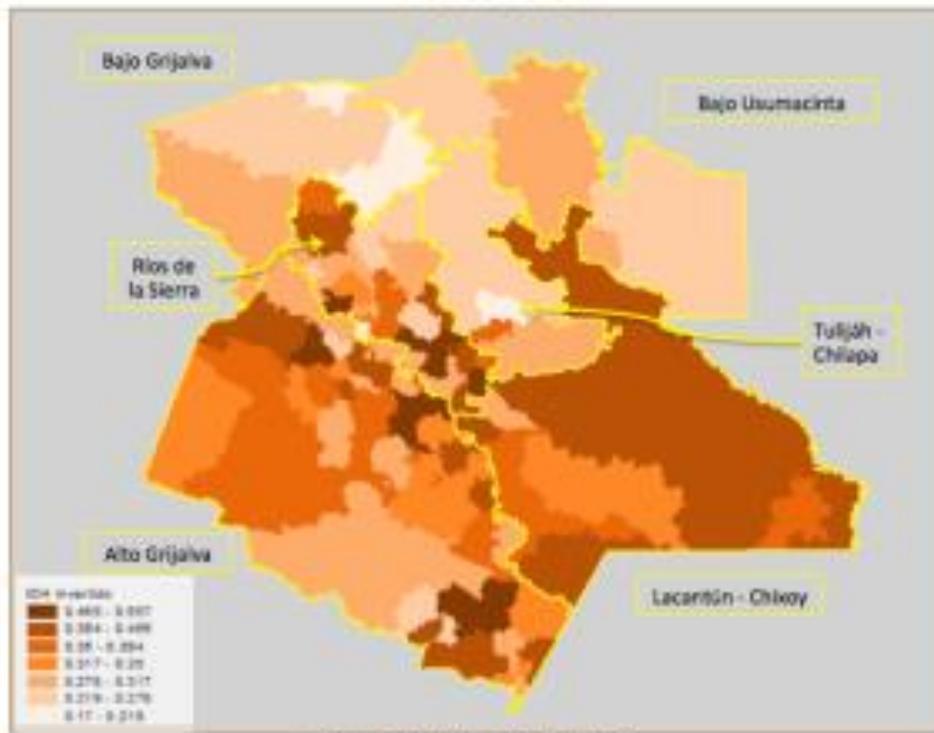
Variables del índice socioeconómico regional

Densidad de población



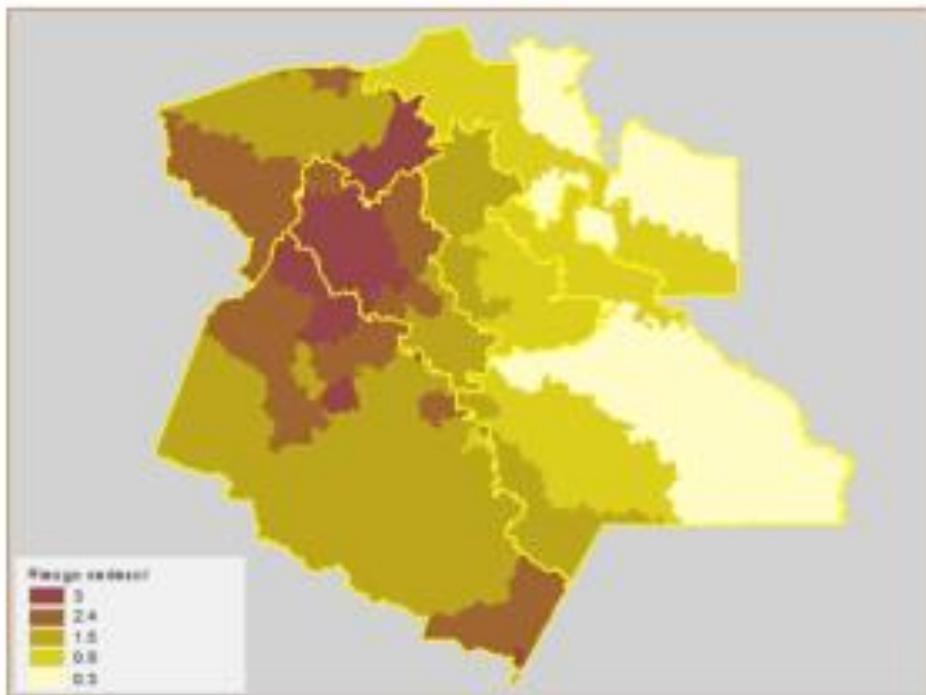
Censo 2010. INEGI

Inverso de IDH



Datos 2005. Metodología PNUD

Riesgos



Metodología y resultados Sedesol. 2012

8C. Variables socioeconómicas por municipio y cuenca relevantes para la vulnerabilidad social

Variables socioeconómicas por municipio y cuenca

Agrupamiento	Municipio	Pertenece al programa SinHambre	Grado de marginación, 2010	Coefficiente de Gini, 2005	Índice de Desarrollo Humano, 2005
<i>Alto Grijalva</i>				0.663	0.645
	Acala		Medio	0.697	0.693
	Amatenango de la Frontera		Alto	0.499	0.563
	Amatenango del Valle	si	Muy alto	0.570	0.669
	Angel Albino Corzo		Alto	0.599	0.741
	Bejucal de Ocampo		Muy alto	0.725	0.664
	Bella Vista		Alto	0.892	0.694
	Berriozábal		Alto	0.557	0.662
	Bochil		Alto	0.685	0.594
	Cintalapa	si	Medio	0.629	0.661
	Coapilla		Alto	0.508	0.729
	La Concordia	si	Muy alto	0.595	0.699
	Copainalá		Medio	0.663	0.477
	Chamula	si	Muy alto	0.691	0.524
	Chiapa de Corzo	si	Medio	0.582	0.643
	Chiapilla		Alto	0.628	n.d
	Chicoasén		Medio	0.621	0.653
	Chicomuselo	si	Muy alto	0.644	0.535
	Francisco León		Muy alto	0.741	0.697
	Frontera Comalapa	si	Medio	0.702	0.683
	La Grandeza		Alto	0.735	0.694
	Ixtapa		Alto	0.727	0.624
	Jiquipilas		Medio	0.621	0.632
	Jitotol	si	Alto	0.707	0.701
	Larráinzar	si	Muy alto	0.623	0.698
	Mazapa de Madero		Alto	0.813	0.689
	Nicolás Ruíz		Muy alto	n.d	0.625
	Ocoatepec	si	Muy alto	0.534	0.693
	Ocozocoautla de Espinosa	si	Alto	0.599	0.646
	Ostuacán		Muy alto	0.636	0.701
	Osumacinta		Medio	0.647	0.580
	Pantepec		Muy alto	0.645	0.711
	El Porvenir		Muy alto	0.811	0.678
	Las Rosas		Muy alto	0.614	0.579
	San Cristóbal de las Casas	si	Medio	0.594	0.669

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

	San Fernando		Medio	0.858	0.620
	Siltepec	si	Muy alto	0.699	0.590
	Socoltenango		Alto	0.723	0.644
	Soyaló		Medio	0.879	0.692
	Suchiapa		Medio	0.583	0.697
	Tapalapa		Alto	0.738	0.689
	Tecpatán	si	Alto	0.743	0.580
	Teopisca	si	Alto	0.698	0.595
	Totolapa		Muy alto	0.662	0.653
	Tuxtla Gutiérrez	si	Muy bajo	0.576	0.694
	Tzimol		Alto	0.583	0.718
	Venustiano Carranza	si	Alto	0.556	0.677
	Villa Corzo	si	Alto	0.655	0.717
	Villaflores	si	Medio	0.647	0.642
	San Lucas	si	Muy alto	0.696	0.525
	Zinacantán	si	Muy alto	0.552	0.500
	Aldama	si	Muy alto	0.800	0.632
	Montecristo de Guerrero		Muy alto	0.618	0.540
	Santiago el Pinar	si	Muy alto	0.651	ND
Bajo Grijalva				0.590	0.758
	Cárdenas	si	Medio	0.635	0.749
	Centro	si	Muy bajo	0.578	0.830
	Comalcalco	si	Medio	0.632	0.754
	Cunduacán	si	Medio	0.580	0.727
	Huimanguillo	si	Medio	0.558	0.705
	Jalpa de Méndez		Bajo	0.578	0.750
	Nacajuca		Bajo	0.560	0.748
	Paraíso		Bajo	0.595	0.801
Bajo Usumacinta				0.699	0.727
	Palizada		Medio	0.711	0.722
	Catazajá		Medio	0.779	0.715
	La Libertad		Medio	0.755	0.688
	Balancán		Medio	0.808	0.735
	Centla	si	Medio	0.651	0.725
	Emiliano Zapata		Bajo	0.569	0.781
	Jonuta		Medio	0.763	0.712
	Tenosique		Medio	0.557	0.742
Lacandona-Comitán				0.746	0.603
	Altamirano	si	Muy alto	0.891	0.578
	Comitán de Domínguez	si	Medio	0.669	0.643
	Chanal	si	Muy alto	0.707	0.635
	Huixtán	si	Muy alto	0.831	0.567
	La Independencia	si	Alto	0.646	0.637

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

	Las Margaritas	si	Muy alto	0.737	0.674
	Ocosingo	si	Muy alto	0.715	0.551
	Oxchuc	si	Muy alto	0.861	0.686
	Palenque	si	Alto	0.683	0.548
	La Trinitaria	si	Alto	0.635	0.556
	Benemérito de las Américas		Alto	0.802	0.570
	Maravilla Tenejapa	si	Muy alto	0.808	0.575
	Marqués de Comillas		Muy alto	0.712	0.621
Tulijáh-Chilapa				0.720	0.729
	Chilón	si	Muy alto	0.776	0.693
	Salto de Agua	si	Muy alto	0.714	0.753
	Tila	si	Muy alto	0.823	0.730
	Tumbalá	si	Muy alto	0.729	0.816
	Yajalón	si	Muy alto	0.613	0.621
	Macuspana	si	Medio	0.669	0.762
Ríos de la Sierra				0.680	0.640
	Amatán		Muy alto	0.658	0.644
	El Bosque	si	Muy alto	0.728	0.717
	Chalchihuitán	si	Muy alto	0.641	0.485
	Chapultenango		Alto	0.734	0.524
	Chenalhó	si	Muy alto	0.854	0.714
	Huitiupán	si	Muy alto	0.787	0.729
	Ixhuitán		Alto	0.641	0.699
	Ixtacomitán		Alto	0.596	0.658
	Ixtapangajoya		Muy alto	0.569	0.708
	Juárez		Medio	0.582	0.564
	Mitontic	si	Muy alto	0.784	0.699
	Pantelhó	si	Muy alto	0.538	0.555
	Pichucalco		Medio	0.793	0.692
	Pueblo Nuevo Solistahuacán	si	Alto	0.686	0.639
	Rayón		Alto	0.630	0.784
	Reforma		Bajo	0.600	0.632
	Sabanilla	si	Muy alto	0.638	0.578
	Simojovel	si	Muy alto	0.726	0.443
	Sitalá	si	Muy alto	0.881	0.632
	Solosuchiapa		Alto	0.614	0.660
	Sunuapa		Muy alto	0.583	0.766
	Tapilula		Medio	0.596	0.677
	Tenejapa	si	Muy alto	0.787	0.606
	San Juan Cancuc	si	Muy alto	0.879	0.463
	San Andrés Duraznal		Muy alto	0.685	0.450
	Jalapa		Medio	0.592	0.746
	Tacotalpa		Medio	0.710	0.717
	Teapa		Medio	0.525	0.732

Anexo Capítulo 10

10A. Institucionalidad para la gestión del agua en la cuenca del Grijalva-Usumacinta

1. La gestión del agua: institucionalidad

La CONAGUA puede promover la coordinación de acciones con los gobiernos estatales y municipales; sin embargo, la coordinación de la planeación, así como la realización y administración de las acciones de gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica o por región hidrológica la realiza a través de los consejos de cuenca⁹, en donde siendo de interés público la gestión de los recursos hídricos a través de la cuenca conjuntamente con los acuíferos, se espera la participación de los tres órdenes de gobierno, de los usuarios del agua, de los particulares, y de las organizaciones de la sociedad. En este punto también es importante señalar la definición de ambos conceptos:

Cuenca hidrológica

“...es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas –aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad- en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente... la cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas”¹⁰

Región hidrológica:

“...área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento...”¹¹

De esta forma, la cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos en México, para lo cual la CONAGUA funciona bajo una organización administrativa a nivel nacional y a nivel regional hidrológico-administrativo a través de organismos de cuenca¹² de índole exclusivamente gubernamental, y con el apoyo de los citados consejos de cuenca con una integración mixta.

Vale la pena precisar el significado de “organismo de cuenca”:

⁹ Según la ley, son órganos colegiados de integración mixta, que funcionan como instancias de coordinación y de concertación, de apoyo, consulta y asesoría entre la CONAGUA e incluyendo, como se verá más adelante, al organismo de cuenca que corresponda como otro más de los actores que participan en el consejo.

¹⁰ LAN, artículo 3.

¹¹ LAN, artículo 3.

¹² En los cuales se debe garantizar la congruencia de la gestión de estos organismos con la política hídrica nacional y con el programa nacional hídrico.

“...unidades técnicas, administrativas y jurídicas especializadas con carácter autónomo...adscritas directamente al titular de la CONAGUA,...tienen el perfil de unidades regionales especializadas para cumplir con sus funciones...deben funcionar armónicamente con los consejos de cuenca en la gestión integrada de los recursos hídricos en las cuencas hidrológicas y en las regiones hidrológicas...”¹³

Debido a lo último que se ha citado, cada organismo de cuenca tiene un *Consejo Consultivo* en el que participan representantes de otras instituciones públicas federales (de hacienda, desarrollo social, energía, economía, medio ambiente y recursos naturales, salud, agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, y de la Comisión Nacional Forestal), representantes de los estados y municipios, y un representante designado de entre los usuarios que pertenezcan al consejo de cuenca de la región hidrológica-administrativa, quienes pueden intervenir con voz, pero sin voto. Sus integrantes en conjunto pueden intervenir respecto a la política hídrica regional, por cuenca hidrológica, en la programación hídrica, así como sobre los asuntos de administración del agua, los programas del organismo y su presupuesto, entre otros.

Según la ley, los organismos de cuenca ejercen más de treinta funciones relacionadas con los siguientes aspectos de la gestión hídrica en la región hidrológica¹⁴:

- Administración y custodia de aguas nacionales
- Política hídrica regional y Programas hídricos por cuenca hidrológica o por acuífero
- Obras hidráulicas federales para el aprovechamiento del agua, su regulación y control; así como para la preservación de su cantidad y calidad
- Obras de infraestructura hídrica y Obras y servicios hidráulicos
- Fomento y apoyo de servicios públicos urbanos y rurales de agua potable, alcantarillado, saneamiento, recirculación y reúso
- Fomento y apoyo de sistemas de agua potable y alcantarillado; saneamiento, tratamiento y reúso de aguas; de riego, control de avenidas, protección contra inundaciones
- Distrito de riego y de temporal tecnificado
- Regular servicios de riego en distritos y unidades de riego; actualizar censos de infraestructura, volúmenes entregados y aprovechados, padrones de usuarios
- Control de la calidad del agua y manejo de las cuencas hidrológicas y regiones hidrológicas
- Acreditar, promover y apoyar la organización de los usuarios
- Expedir títulos de concesión, asignación o permiso de descarga; operar el registro público de derechos de agua
- Conciliar en situaciones de conflicto relacionados con el agua y su gestión
- Promover uso eficiente del agua e impulsar cultura del agua
- Fungir como instancia financiera especializada del sector agua e instrumentar el sistema financiero del agua en la cuenca (s)
- Realizar estudios sobre la valoración económica y financiera del agua por fuente de suministro, localidad y tipo de uso para apoyar diseño de tarifas de cuenca y derechos de agua
- Participar en el Sistema Nacional de Protección Civil para prevenir y atender situaciones de emergencia por eventos hidrometeorológicos
- Inventario de aguas nacionales; aguas de acuerdo a sus usos; balances hídricos
- Integrar el sistema regional de información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua

¹³ LAN, artículo 3.

¹⁴ LAN, artículo 12 Bis 6.

- Regular la transmisión de derechos de agua

Asimismo, cabe ahondar un poco en lo relativo a los consejos de cuenca, dado el papel que juegan en la gestión del agua en la respectiva región hidrológica y en relación con el organismo de cuenca, es decir, con la figura administrativa de la CONAGUA.

Los consejos de cuenca los establece la CONAGUA, previo acuerdo de su Consejo Técnico¹⁵ y, según cada cuenca hidrológica o grupo de cuencas hidrológicas del país, es decir, su delimitación territorial corresponderá a la delimitación que defina la CONAGUA con respecto al organismo de cuenca.

Estos órganos no mantienen una relación de subordinación con ninguna de las instancias anteriores, ni con respecto al organismo de cuenca. Como se ha anotado en una referencia anterior, el consejo de cuenca es un órgano colegiado de integración mixta que realiza funciones de coordinación, concertación, apoyo, consulta y asesoría, orientadas a la formulación y ejecución de programas y acciones tendientes a mejorar la administración de las aguas, la infraestructura hidráulica, y los servicios, así como para la preservación de los recursos de la cuenca.

Cada integrante del consejo de cuenca tiene un peso específico que se ilustra en función de su porcentaje de representación, de tal forma que los actores principales son los tres órdenes de gobierno, usuarios del agua (35%), y organizaciones de la sociedad (50%)¹⁶. Cuentan con al menos cuatro órganos para su funcionamiento: la Asamblea General de Usuarios¹⁷, el Comité Directivo del Consejo de Cuenca, la Comisión de Operación y Vigilancia del Consejo de Cuenca, y la Gerencia Operativa. Asimismo, los consejos de cuenca para el ejercicio de sus funciones se auxiliarán también de otros tres órganos colegiados de integración mixta que son las Comisiones de Cuenca, los comités de cuenca, y los comités técnicos¹⁸, cuyo ámbito territorial de actuación es el siguiente:

1. Comisiones de Cuenca: subcuenca o grupo de subcuencas de una cuenca hidrológica en particular;
2. Comités de Cuenca: microcuenca o grupo de microcuencas de la subcuenca específica;
3. Comités Técnicos: aguas del subsuelo o subterráneas que desarrollan actividades en relación a un acuífero o grupo de acuíferos determinados.

Según la ley, los Consejos de Cuenca ejercen más de veinte funciones relacionadas con los siguientes aspectos de la gestión hídrica en la región hidrológica¹⁹.

- Equilibrio entre la disponibilidad y aprovechamiento del agua
- Concertación en cuanto a la prioridades del agua y participación de la sociedad
- Participar en la formulación del Programa de Gestión del agua de la cuenca
- Promover la coordinación y complementación de inversiones en materia hídrica
- Participación en el análisis de estudios técnicos

¹⁵ Órgano integrado por los titulares de medio ambiente y recursos naturales, hacienda, desarrollo social, energía, economía, salud, agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Comisión Nacional Forestal; dos representantes de los gobiernos de los estados y un representante de una organización ciudadana.

¹⁶ Cada Consejo de Cuenca regula su funcionamiento de acuerdo a determinadas “Reglas Generales de Integración, Organización y Funcionamiento del Consejo de Cuenca”.

¹⁷ Para la incorporación de los usuarios se toma en cuenta la representatividad que tienen los usos del agua en la cuenca o cuencas hidrológicas.

¹⁸ Como en el caso de los consejos de cuenca, tampoco son órganos subordinados a la CONAGUA o al organismo de cuenca.

¹⁹ LAN, artículo 13 bis 3.

- Desarrollo de infraestructura y servicios de agua
- Saneamiento de las cuencas, subcuencas, microcuencas, acuíferos y cuerpos receptores de aguas residuales
- Valoración económica, social y ambiental del agua
- Colaboración en la instrumentación eficiente del sistema financiero
- Conocer la información referente a la disponibilidad en cantidad y calidad, los usos del agua y los derechos registrados
- Uso eficiente y sustentable del agua; cultura del agua

Para comprender la gestión y la institucionalidad, vale la pena repetir lo señalado en una referencia anterior. De acuerdo con los trabajos realizados por la CONAGUA, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y el otrora Instituto Nacional de Ecología (INE), se han identificado 1,471 cuencas hidrográficas en el país, las cuales, para fines de publicación de la disponibilidad de aguas superficiales, se agruparon y/o subdividieron en 728 cuencas hidrológicas. Las cuencas se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas²⁰, y éstas a su vez están agrupadas en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas²¹.

El territorio nacional se ha dividido en dichas regiones hidrológico-administrativas debido a que, como se ha señalado anteriormente, las cuencas son las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, esto con el fin de organizar la administración y preservación de las aguas nacionales. De esta forma las Regiones Hidrológico-Administrativas están formadas por agrupaciones de cuencas, respetando los límites municipales para facilitar la integración de la información socioeconómica²².

2. La gestión del agua en la Cuenca del Grijalva-Usumacinta: institucionalidad

Para el caso de la gestión del agua en la Cuenca del Grijalva Usumacinta, el organismo de cuenca que le corresponde es el llamado Frontera Sur en la Región Hidrológico-Administrativa XI, la cual se desarrolla principalmente en tres regiones hidrológicas:

- Región Hidrológica No. 30 (Grijalva - Usumacinta);
- Región Hidrológica No. 23 (Costa de Chiapas);
- Una fracción de la Región Hidrológica No. 29 (Cuenca tabasqueña del Río Tonalá)

Tiene una extensión territorial de 101,813 km², equivalente al 5.19 % del territorio nacional, y abarca a un total de 138 municipios: el 100% de los municipios del estado de Tabasco y del estado de Chiapas, un municipio del estado de Campeche, y tres municipios del estado de Oaxaca.

Con fines de planeación, la región Frontera Sur está subdividida en las siguientes ocho subregiones hidrológicas:

²⁰ Una Región Hidrológica puede estar integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por ello, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por estados.

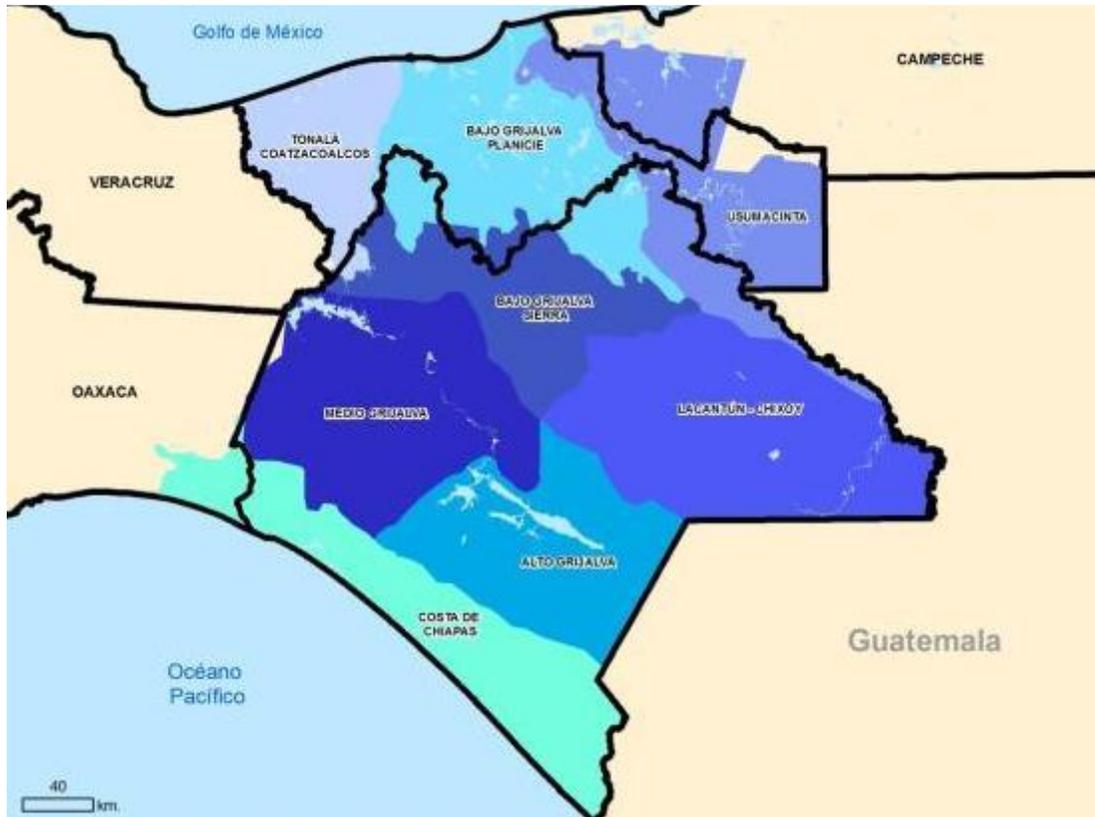
²¹ SEMARNAT-CONAGUA, 2009. Es importante señalar que una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológico-administrativa.

²² Los municipios que conforman cada una de esas Regiones Hidrológico-Administrativas se indican en el Acuerdo de Circunscripción Territorial de los Organismos de Cuenca, publicados el 12 de diciembre de 2007 en el Diario Oficial de la Federación.

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

- Costa de Chiapas
- Alto Grijalva
- Medio Grijalva
- Bajo Grijalva Sierra
- Bajo Grijalva Planicie
- Lacantún-Chixoy
- Usumacinta
- Tonalá-Coatzacoalcos

Regiones hidrológicas de la cuenta Grijalva-Usumacinta



Fuente: CentroGeo, 2010a.

El organismo de cuenca que le corresponde tiene su sede en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, y su área de influencia está distribuida de la siguiente manera:

- 73% correspondiente al estado de Chiapas
- 24% correspondiente al estado de Tabasco
- 2% correspondiente al estado de Oaxaca
- 1% correspondiente al estado de Campeche

3. Región Hidrológico-Administrativa XI: mecanismos de participación social

En la región Frontera Sur se han constituido dos Consejos de Cuenca, mismos que se ilustran en la siguiente figura:

- Consejo de Cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta; y

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

alcanzado niveles de maduración importantes que les permiten contar con el apoyo económico de las comunidades para gestionar la concurrencia de recursos para la ejecución de distintos programas de conservación¹⁵.

En particular, el territorio del Consejo de Cuenca de los Ríos Grijalva y Usumacinta abarca cinco cuencas hidrológicas principales: cuencas de los ríos Grijalva, Tonalá, Lacantún, Chixoy y Usumacinta, y numerosas corrientes de corto desarrollo, las cuales, a su vez, se dividen en siete subregiones:

- Alto Grijalva
- Medio Grijalva
- Bajo Grijalva-Sierra
- Bajo Grijalva-Planicie
- Tonalá-Coatzacoalcos
- Lacantún-Chixoy
- Usumacinta

Consejo de Cuenca Grijalva-Usumacinta. Distribución superficial por subregiones

Subregión	Características
<i>Alto Grijalva</i>	Formada por la cuenca Grijalva–La Concordia. Perteneció íntegramente a Chiapas, con poca población y con menor potencial hidrológico. Su superficie representa casi el 10% del total regional. En esta subregión se ubica la presa de La Angostura.
<i>Medio Grijalva</i>	En la subregión se concentran los principales centros urbanos de Chiapas; es la más grande territorialmente, con mayor número de municipios y habitantes. La población es urbana en su mayoría, y es la segunda en participación en el PIB regional después de la Bajo Grijalva Planicie. En esta subregión se ubican las centrales hidroeléctricas Chicoasén y Malpaso.
<i>Bajo Grijalva-Sierra</i>	Se compone por los municipios de la sierra chiapaneca que separan el Valle del Grijalva de la planicie tabasqueña del Golfo de México. Es la segunda más pequeña en extensión pero la segunda con mayor número de municipios. Su superficie representa el 9% del total regional; contribuye con poco más del 1% de la producción regional de petróleo y gas natural; se ubica aquí la central hidroeléctrica Peñitas.
<i>Bajo Grijalva Planicie</i>	Se caracteriza por un importante desarrollo urbano e industrial, debido a la presencia de pozos petroleros, para contribuir con más del 81% de la producción regional de petróleo y gas natural. Integra municipios de Tabasco y Chiapas situados en la planicie de los ríos Grijalva y Usumacinta. Esta subregión vierte al Golfo de México un volumen de agua que equivale a la tercera parte de los escurrimientos del país.
<i>Tonalá-Coatzacoalcos</i>	Se caracteriza por una gran dinámica económica que se deriva de la explotación petrolera en numerosos pozos e instalaciones de bombeo. En esta subregión se genera más del 17% de la producción asociada a la extracción de petróleo y gas natural de la región Frontera Sur.
<i>Lacantún-Chixoy</i>	Está formada por la cuenca del río Lacantún, y se desarrolla totalmente en nueve municipios del estado de Chiapas. En esta subregión se localizan seis áreas naturales protegidas con una extensión de más de 400 mil hectáreas.
<i>Usumacinta</i>	Integra municipios de Chiapas, Tabasco y Campeche; cuenta con una superficie de 13,764 km ² . El grado de marginación es alto. Su población se concentra en su mayor parte en el medio rural (60%). Junto con la cuenca del río Grijalva, la subregión Usumacinta cuenta con más del 30% del potencial hidroeléctrico del país.

Fuente: CONAGUA, 2011.

10B. Análisis legal e institucional del agua como derecho humano

La escasez de agua en cualquier latitud del mundo se ha convertido en un tema toral que por su naturaleza puede desencadenar una serie de conflictos de diversa índole, por ello diversos países han decidido clasificar el uso y acceso al agua como un derecho humano y garantía individual en el caso de México.

Lo anterior tiene diversos antecedentes preocupantes para la población, de acuerdo al Informe realizado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA 2003), en América Latina más de 70 millones de sus habitantes no tienen acceso a agua potable. En la región centroamericana la disponibilidad del vital líquido per cápita bajó un 62% en los últimos 50 años, dos de cada cinco personas no cuentan con acceso a líquido potable y sólo un tercio posee conexión a sistemas de saneamiento.²⁴

El derecho humano al agua, como cualquier otro derecho no es ilimitado ni irrestricto, factores como su carácter finito, su vulnerabilidad y los costos económicos que requiere su preservación, distribución y tratamiento llevan a desechar una visión del derecho al agua como un reconocimiento a su acceso inmediato, ilimitado y gratuito a todos sus usuarios y para todos sus usos.

En el plano internacional diversos instrumentos jurídicos como convenios y protocolos reconocen el derecho humano al agua; el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales²⁵, creado por el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas reconoce el derecho fundamental al agua en la Observancia General #15. Dicho Consejo considera que la accesibilidad a este tipo de derecho debe verse en dos dimensiones, una física y otra económica. El acceso físico se refiere a que el recurso hídrico para uso personal y doméstico debe estar al alcance de todos los usuarios, por su parte el acceso económico está directamente relacionado con su costo económico, el cual debe tener un precio asequible que no ponga ni comprometa el ejercicio de otros derechos. Otro aspecto a considerar es la calidad y cantidad; en la observancia número 15 del Consejo en cita se dice que el agua, en lo que respecta al primer punto, debe ser salubre y no contenga sustancias químicas que constituyan una amenaza a la salud de las personas, de esta forma el agua para la ingesta humana debe ser potable, en cuanto a la cantidad, la Observancia en comento expone que el abastecimiento de agua debe ser suficiente para los usos personales y domésticos.

El derecho humano al agua y el saneamiento en México

México se encuentra dividido en 13 cuencas hidrológicas de las cuales un tercio tiene un escurrimiento por debajo de los 3km³, otro tercio en rangos de 6.7, como es el caso del Río Bravo, hasta 24.9 para la Cuenca del Río Balsas; solo cuatro cuencas representan más del 85% de los escurrimientos naturales: Lerma de Santiago con 26.2, el Pacífico Sur con 36.8, el Golfo Centro con 98 y toda la Frontera Sur con 156km³.

La disponibilidad natural media total es de 476km³, de ésta 84% escurre superficialmente y el resto se incorpora a los acuíferos. Los recursos hídricos son muy diferentes entre las regiones hidrológicas del país. En la región administrativa Frontera Sur son de 158km³, mientras que en la Región del Río Bravo no llegan a 14km³, y en la Península de Baja California y Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala la disponibilidad es inferior a 5km³. El agua disponible no debe interpretarse como utilizable para consumo humano, ya que una parte del líquido es necesaria para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos como ríos y lagos. Ante este panorama

²⁴ Derecho Humano Al Agua (Primera Parte), Mario Peña Chacón, Revista Derecho Ambiental y Ecología, Centro de Estudios Jurídicos Ambientales, Número 46, Diciembre 2011-Enero 2012. Pg. 7, México, D.F.

²⁵ Página Web de la Organización de Naciones Unidas, <http://www.un.org.es>

México recurre a la sustracción de agua de sus acuíferos, lo que produce efectos de presión sobre los recursos hídricos. Según estimaciones de la FAO, el sector agrícola ocupa el 72% de la extracción total a nivel mundial, en tanto que el sector industrial emplea 20%.²⁶

Evolución Institucional a partir del siglo XX

En 1926 se crea la Comisión Nacional de Irrigación que se avoca al control del agua con una orientación al campo, en 1934 la Secretaría de Recursos Hidráulicos funcionará como una autoridad central federal hasta 1977 cuando se crea la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos con el poder centralizador en continuidad. Es a partir de 1989 cuando nace la Comisión Nacional del Agua que dependía de aquella Secretaría, hasta que en 1994 se incorpora a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, es en este período cuando se inicia el manejo subsectorial de los recursos hídricos a través de los Consejos de Cuenca.

Del año 2004 a la fecha se inicia la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, se reforma la Ley de Aguas Nacionales y se intensifican las políticas de descentralización y participación ciudadana, integrando 13 regiones hidrológico-administrativas y 61 subregiones de planeación; 26 Consejos de Cuenca, 10 Comisiones de Cuenca y 16 Comités de Cuenca.

Análisis Legal y competencial en materia de Aguas.

De acuerdo a lo establecido por el artículo 27 de la Constitución Mexicana la Nación asume la propiedad de tierras y aguas que se encuentren en territorio nacional. Dicho artículo de igual modo establece como derecho de la Nación el imponer modalidades en la propiedad de acuerdo al interés público con el objetivo de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, entendida ésta como la posesión de tierras y aguas, por lo que la distribución equitativa del recurso hídrico se complementa con el derecho que todo ser humano tiene de acceso al agua potable, consignado en el artículo 4^o constitucional, del cual se comentará más adelante.

El citado artículo 27 hace una enumeración detallada de las aguas marinas e internas que son consideradas de la Nación, así mismo se reconocen las aguas de uso privadas que se encuentran dentro de los terrenos de particulares, las cuales en caso de considerarse de utilidad pública la explotación de dichas aguas, se restringe el derecho del particular y pasan a ser del dominio público. El autor Urbano Farías Hernández en el año de 1998, escribió en su obra *“Derecho Mexicano de las Aguas Nacionales”* que las aguas conforme a lo preceptuado por el multicitado artículo 27 se constituyen como un derecho de explotación más que de apropiación, requiriendo bajo este supuesto un título de concesión para poder explotarlas²⁷.

Ahora bien, el 8 de febrero del año 2012 se publica en el Diario Oficial de la Federación una reforma al artículo 4^o constitucional en el cual se adicionó un párrafo para quedar como sigue:

“Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines”.

²⁶ Garmendia Cedillo, Xóchitl, *Aguas Nacionales, Una propuesta de Reforma Constitucional*, localizado en www.tfjfa.gob.mx/investigaciones/pdf/aguas_nacionales.pdf

²⁷ Farías Hernández, Urbano, *Derecho Mexicano de Aguas Nacionales*, Porrúa, México, 1993

La garantía individual en cita se puede interpretar como el derecho al acceso y disposición del agua. De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 13 millones de mexicanos no cuentan con servicio de agua potable.²⁸

Así mismo se habla del saneamiento del agua que es definido por la Ley de Aguas Nacionales como la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.

Como análisis más preciso de este derecho fundamental resulta relevante citar a la Agenda del Agua 2030, cuya autoría correspondió a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y que fue publicado el 22 de marzo de 2011 con motivo del Día Mundial del Agua. En dicha Agenda se resalta lo siguiente: *Iniciativas vinculadas al desafío: Cobertura Universal*, en ella se reconoce que se trata de un sector que afronta una grave crisis de sostenibilidad financieras y operativa, postulando la necesidad de contar con un marco jurídico y financiero que permita el desarrollo de la infraestructura hidráulica, así como la implementación de incentivos y sanciones para encausar conductas, la innovación en los sistemas y tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, entre otras cosas. Igualmente se propone como iniciativa 10: *Dar responsabilidad más relevante a los gobiernos estatales en materia de agua potable y saneamiento* y la Iniciativa 11: *Promover la certificación sistemática del personal directivo y técnico de los Organismos Operadores de Agua y Saneamiento*.²⁹

En lo que respecta al análisis jurídico del artículo 27 y 4 constitucional, considerado en el presente análisis, es importante distinguir que el primer dispositivo abarca el uso del agua como un bien económico cuando se refiere que podrá ser usada por particulares a través de concesiones, es decir cuando se utiliza para cuestiones relacionadas con la agricultura o la industria, mientras que el artículo 4 se refiere en específico al derecho de acceso al agua potable para consumo personal y doméstico. Es importante hacer esta distinción, ya que ambos usos tienen lugar en nuestro país y más aún en nuestra cuenca, cuyo estudio hoy nos ocupa.

Concurrencia de Facultades

Derivado de lo anterior resulta de vital importancia señalar la competencia de facultades que existe en materia de aguas, ya que como se dijo, las aguas son patrimonio del Estado y de competencia federal, pero también se contemplan las aguas que nacen y corren por el territorio de las entidades federativas, así como el suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales que son competencia de los municipios.

Las legislaciones de las entidades federativas señalan diversas clasificaciones de agua en virtud de la competencia que tienen las jurisdicciones locales sobre aguas residuales y pluviales. Existen ordenamientos que definen a las aguas de jurisdicción estatal como aquellas que se localizan en dos o más predios y que no sean consideradas propiedad de la Nación y las que son parte integrante de los terrenos de propiedad de los gobiernos de las entidades, por los que corren o en los que se encuentran sus depósitos y las que sean asignadas por la Federación.

En lo que respecta a los Municipios, el 23 de diciembre de 1999 se publica en el Diario Oficial de la Federación, una reforma al artículo 115 constitucional en la fracción III, donde se establece que éstos tendrán a su cargo los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales.

²⁸Boletín *Iniciativa para el Desarrollo Ambiental y Sustentable* localizado en http://www.iniciativasustentable.com.mx/boletin_x/30_boletin_ideas_esp.pdf

²⁹ Agenda del Agua 2030. Comisión Nacional del Agua, localizado en www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Temas/AgendadelAgua2030.pdf

Desde el punto de vista estrictamente legal el artículo 73 constitucional regula la facultad del Congreso de la Unión para establecer bases de coordinación en diferentes materias como son el caso de asentamientos humanos, medio ambiente, salud y educación, entre otras, lo cual ha permitido la promulgación de leyes generales que han brindado una alternativa de auténtica descentralización, ya que se confieren a las entidades federativas una transferencia de atribuciones que les ha permitido atender los temas inherentes a concurrencia de competencias. En el caso del agua no ha sucedido así ya que por disposición de la Ley de Aguas Nacionales la CONAGUA mantiene el control centralizado del agua, aunque el servicio lo suministre el Municipio.

La Autoridad en materia de Aguas

La autoridad y administración de aguas nacionales corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). El Coordinador de acciones por región hidrológica serán los Consejos de Cuenca donde convergen los tres niveles de gobierno.

De acuerdo a la Ley de Aguas Nacionales, le corresponde a la CONAGUA formular el Programa Nacional Hidráulico, cuyo documento integra los planes hídricos de las cuencas a nivel nacional, así mismo de acuerdo a la ley habrá un Programa Hídrico de la Cuenca, cuyo documento define las estrategias, prioridades y políticas que logren el equilibrio del desarrollo regional sustentable en la cuenca.

Los Consejos de Cuenca regulados por la Ley de Aguas Nacionales fueron creados con el objetivo de propiciar la participación de los usuarios y las autoridades locales en la planeación y manejo del agua, no obstante lo anterior, la dependencia presupuestal que tienen los Organismos de cuenca de la CONAGUA favorece la centralización, se trate pues de una desconcentración de funciones más que una descentralización en la que la CONAGUA, tal como lo señala la propia ley es el Órgano Superior con carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación.³⁰

Ahora bien, la autoridad en materia de agua, ya sea la CONAGUA o el Organismo de Cuenca correspondiente podrán expedir permisos en favor de los particulares para llevar a cabo la extracción de agua y descarga de aguas residuales. Otra forma de explotar las aguas nacionales es a través de Concesiones y Asignaciones como ya hemos comentado. Los títulos de concesión, asignación y permisos deberán quedar inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua el cual se crea a partir de su publicación el 1^o de diciembre de 1992 en el Diario Oficial de la Federación.

Programas relacionados con el Acceso al Agua y el Saneamiento.

Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU)

De acuerdo al Manual de Operación y Procedimientos correspondiente al año 2013 se establece que el derecho al agua asume como premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable, es decir que los mexicanos tengan una vida digna sin comprometer a las generaciones futuras. Dicho Programa dirige sus acciones a rehabilitar, complementar e incrementar la infraestructura de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento. El Programa implementará una estrategia de Contraloría Social para que la población beneficiada por conducto de los Comités que se constituyan para tal efecto, verifiquen el cumplimiento de las

³⁰ Garmendia, Xóchitl, Op. cit., p. 96



PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

metas y la correcta aplicación de los recursos públicos, contando dicha Contraloría con una asignación hasta del 0.2% de la inversión destinada a la realización de obras sujetas a este esquema.

Las solicitudes de las acciones que integran el programa operativo anual serán calificadas por el órgano de planeación estatal en el que participen las Direcciones de la CONAGUA. La priorización se hará conforme a lo siguiente: primeramente se programarán las acciones en localidades consideradas por el Sistema Nacional para la Cruzada contra el Hambre (programa social de la actual Administración Federal), las prioridades o metas del subsector propuestas y determinadas por la CONAGUA, las obras iniciadas en años anteriores para su continuidad; en seguida acciones de macro medición, padrón de usuarios, facturación y cobranza, y así sucesivamente.³¹

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

Este Programa apoya la creación de infraestructura para abatir el rezago en la dotación y cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento en zonas rurales mediante la construcción, mejoramiento y ampliación de infraestructura en localidades rurales igual o menores a 2,500 habitantes de México, con la participación comunitaria organizada.

La CONAGUA ha publicado con un corte al 31 de mayo de 2013 la relación de convenios de subsidio suscritos entre la Federación y las entidades federativas en relación a estos dos programas; en el caso de Chiapas ambos convenios ya han sido suscritos, en el caso de Tabasco ninguno de los dos programas mencionados se ha firmado.

Otros programas que se tienen por parte de la CONAGUA son: Programa para el Tratamiento de Aguas Residuales, Programa de Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego y Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego.

³¹ Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas, localizado en www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Manual_Operacion_APAZU2013.pdf

10C. Programa Nacional Forestal 2013 (PRONAFOR, antes "ProÁrbol")³²

El siguiente apartado constituye en gran parte extractos del dicho Proyecto de modificaciones a las Reglas de Operación de CONAFOR del programa ProÁrbol, que cambiaría su nombre a "PRONAFOR".

Programa de reforestación y restauración integral de microcuencas

Si bien el Proyecto de Reglas de Operación del PRONAFOR (aún sin publicar al momento de la entrega de este informe) no especifica criterios y otros aspectos explícitamente referentes al "Programa de reforestación y restauración integral de microcuencas", anunciado con la presentación del PRONAFOR a finales de enero del presente³³, existen indicios de un enfoque de cuenca en un componente reestructurado llamado "Conservación y restauración". Se destacan a continuación:

- Su objetivo es: "Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de la cobertura forestal, y la conservación y restauración de suelos ubicados en cuencas con terrenos forestales y preferentemente forestales con procesos de deterioro, con el fin de contribuir a disminuir estas condiciones, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales, o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales." La justificación de esta propuesta de modificación detalla lo siguiente:

"Se hace una reestructura a la operación de este programa y se propone intervenir en microcuencas prioritarias con acciones conjuntas de reforestación y obras de conservación y restauración de suelos, las cuales se realizarán de manera obligatoria en el mismo predio para propiciar un mayor efecto en el control de la erosión y captación de agua de lluvia para incrementar la sobrevivencia de las especies plantadas".

- Dentro de los criterios de ejecución del componente ya mencionado, se establece que "las obras y prácticas se realizarán en terrenos forestales, preferentemente forestales con presencia de degradación y en terrenos ubicados en zonas de reactivación de la producción forestal donde se apliquen tratamientos intensivos. Para su ejecución se seguirá el criterio de cuenca, enfocándose inicialmente a contrarrestar la pérdida del suelo en las zonas de ladera con acciones de conservación y restauración de suelos y reforestación y posteriormente a controlar la erosión hídrica en las cárcavas con acciones de conservación y restauración de suelos".
- Es un criterio de prelación privilegiado para PSA que el polígono propuesto se encuentre en la misma microcuenca donde actualmente existen otros polígonos con pago de servicios ambientales, de conformidad a la clasificación de las microcuencas efectuada por FIRCO³⁴. Y para PSAH lo será el promedio de disponibilidad de agua superficial en una cuenca donde esté el polígono propuesto, de acuerdo a la clasificación de CNA, asignada a las áreas funcionales de la cuenca por el INE.

³² CONAFOR, 2013. "Proyecto de reglas de operación del Programa Nacional Forestal 2013".

³³ <http://saladeprensa.semarnat.gob.mx/index.php/noticias/502-la-meta-de-PRONAFOR-plantar-180-millones-de-arboles>

³⁴ El Fideicomiso de Riesgo Compartido FIRCO, es una entidad paraestatal, creada por Decreto Presidencial y sectorizado en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), para fomentar los agronegocios, el desarrollo rural por microcuencas y realizar funciones de agente técnico en programas del sector agropecuario y pesquero.

Restauración de suelos

En su tercer Componente (Conservación y Restauración), el Programa tiene como objetivo final la contribución a la disminución de las condiciones actuales desfavorables de los suelos en cuencas con terrenos forestales, y el restablecer la estructura y las funciones que permitan de estos territorios para la recuperación de la capacidad de provisión de los servicios ambientales, o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.

Criterios de prelación aplicables a todas las modalidades de apoyos (de importancia para la conservación de la biodiversidad en ANP):

- a. Superficie
- b. Tipo de aprovechamiento: maderable, luego no maderable o de vida silvestre en ANP, luego vida silvestre en ANP
- c. Tipo de productor
- d. Conservación de la biodiversidad

Es importante destacar que en el rubro de Ecosistema (Certificación), las selvas implican el mejor puntaje posible.

En lo general, las reformas propuestas implican aumentar el requerimiento en superficie de las extensiones boscosas para plantaciones agroforestales y no maderables del trópico. Y enfatizan la importancia de las zonas de alta biodiversidad en México.

Criterios de ejecución de Restauración Forestal

A partir de las reformas propuestas, se incluyen los criterios generales y la nueva nomenclatura del concepto de apoyo, modalidades, y categorías donde se integran los apoyos de reforestación y suelos. Entre otras especificidades técnicas destacan, por su importancia para los ecosistemas del trópico húmedo:

- a. Las obras y prácticas se realizarán en terrenos forestales, preferentemente forestales con presencia de degradación y en terrenos ubicados en zonas de reactivación de la producción forestal donde se apliquen tratamientos intensivos. Para su ejecución se seguirá el criterio de cuenca, enfocándose inicialmente a contrarrestar la pérdida del suelo en las zonas de ladera con acciones de conservación y restauración de suelos y reforestación y, posteriormente, a controlar la erosión hídrica en las cárcavas con acciones de conservación y restauración de suelos.
- b. Se apoyarán acciones de restauración forestal en aquellos terrenos forestales y preferentemente forestales con cobertura de copa menor al 20%.
- c. De dos a cinco solicitantes se podrán agrupar para reunir la superficie mínima de apoyo. Los terrenos agrupados deben formar un área compacta, pudiendo estar divididos solamente por caminos, cercados, ríos, arroyos.

Además, en las propuestas de modificaciones, destaca la inclusión como criterio de prelación para restauración, la inclusión de "terrenos preferentemente forestales afectados por cambio de uso del suelo, tala ilegal, sobre pastoreo, incendios, plagas y enfermedades, y desastres naturales.

Acuerdos comunitarios firmes como requisito para los apoyos en tierras de uso común

Tratándose de las tierras de uso común pertenecientes a ejidos o comunidades, únicamente podrán ser sujetos de apoyo los núcleos ejidales o comunales, o bien, los grupos de trabajo que se conformen dentro de dichas tierras siempre y cuando la asamblea de ejidatarios o comuneros así lo autorice.

PSA

Los criterios que a continuación se mencionan dan fe de la pertinencia de establecer que el programa de PSA constituye una herramienta sinérgica con los objetivos posibles de un PAOMI:

La cobertura forestal arbórea mínima requerida en la región Centro Sur para zonas de elegibilidad aumentó del 50% al 70%. En ANP, los criterios de prelación privilegian en puntaje para evaluación de solicitudes a los terrenos en zona núcleo de Reserva de la Biosfera, luego ANP federal, luego municipal o estatal o privada y, al final, fuera de ANP. También si se encuentra en la misma microcuenca donde ya existan apoyos de PSA; si el polígono propuesto está ubicado en el área de influencia de una iniciativa de desarrollo de un mecanismo local de pago por servicios ambientales, de conformidad a la delimitación que publique la CONAFOR; si el predio forestal cuenta con ordenamiento territorial aprobado por el o los dueños del terreno y está registrado en el listado que la CONAFOR dé a conocer en su página de internet; si el polígono propuesto se encuentra dentro de las zonas consideradas como de riesgo de deforestación de acuerdo al Índice de Presión Económica a la Deforestación, de la clasificación del INE; o si el polígono propuesto se encuentra dentro de las zonas con riesgo de desastre natural, clasificadas por la CONAFOR, en base a la información proporcionada por el CENAPRED.

Y para el caso de PSA Hidrológicos, los criterios de prelación aplicables permiten privilegiar acuíferos sobreexplotados. Además, si la densidad de biomasa es alta, según los datos del INF que dan lugar a los polígonos propuestos por Ecosur.

Por último en la Componente II, se proponen en las modificaciones la inclusión de plantas dendroenergéticas muchas de las cuales son especies presentes en los ecosistemas de la región Grijalva-Usumacinta.

10D. Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas (ECCAP) y proyectos específicos de la región de interés³⁵

En 2011, la CONANP presentó la Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas (ECCAP) que constituye un ejemplo del vínculo entre el desarrollo de instrumentos sectoriales y la adaptación. Esta estrategia contiene de manera explícita un objetivo vinculado con la adaptación al cambio climático. La ECCAP orienta sus políticas y acciones en un contexto en donde el cambio climático representa no solo un reto, sino una oportunidad para orientar sus esfuerzos y recursos de forma estratégica. Los objetivos últimos de la ECCAP son:

- a. Aumentar la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la población que habita en ellos frente al cambio climático.
- b. Contribuir a la mitigación de emisiones de gases efecto invernadero

La estrategia representa el planteamiento en materia de cambio climático para la CONANP. Sin embargo, resulta fundamental expresar dicho planteamiento en el territorio a fin de lograr su instrumentación adecuada, en

³⁵ CONANP, 2011.

particular, en lo que se refiere a acciones que promuevan la conectividad ecológica. Por ello, se definen tres niveles en los que la planeación territorial deberá ser implementada: nacional, regional y local. La ECCAP se diseñó reconociendo que las acciones de manejo en las áreas protegidas que la CONANP lleva a cabo, cuyo objetivo principal es el de conservar el capital natural de México, constituyen per se acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. De esta forma, la ECCAP busca construir sobre la labor que la CONANP ha realizado durante más de una década. Establecimiento y administración efectiva de las áreas naturales protegidas (ANP), son acciones que se encuentran entre las estrategias más costo-efectivas para mitigar y adaptarse a los impactos del cambio climático, ya que permite mantener los bienes y servicios que los ecosistemas proveen para el bienestar humano.

La visión de la ECCAP es conservar el patrimonio natural de México para hacer frente los efectos del cambio climático al convertir a las ANP en un instrumento efectivo para la adaptación y mitigación del país, con la participación de diversos actores de la sociedad. Su objetivo es convertirse en un instrumento dinámico orientador de acciones y toma de decisiones de la CONANP a todos niveles, posibilitando la concurrencia de recursos y apoyos de otros sectores. Su estrategia se sostiene en dos componentes sustantivos evidentes: mitigación (del CC) y adaptación (a sus efectos negativos); para dar servicio a estos dos componentes, se cuenta con tres de apoyo: conocimiento; comunicación y cultura; y desarrollo de capacidades y asistencia técnica. Estos componentes de apoyo a los sustantivos cuentan con un sexto componente de transversalidad con énfasis en la articulación de políticas públicas de CC. Por último, esta estrategia cobra importancia vinculante al ser la herramienta a través de la cual se le dará seguimiento a las metas del PECC.

Proyectos específicos de la región de interés

En el marco de la ECCAP, junto con la agencia GIZ, la CONANP ha implementado el proyecto "Cambio Climático y Gestión de Áreas Naturales Protegidas", donde se trata de "alcanzar el desarrollo conceptual y la implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en áreas protegidas y zonas prioritarias para la conservación en la zona central de la Sierra Madre Oriental, que posteriormente sirvan para retroalimentar a la ECCAP a nivel nacional". Éste, y otros avances concordantes focalizados en la Cuenca Grijalva-Usumacinta (en la Reserva de la Biosfera del Triunfo, Reserva de la Biosfera Selva el Ocote – específico de REDD-, programas piloto para el Sureste de México y Reforestación de mangle rojo en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla) significan esfuerzos de cohesión interinstitucional y multinivel encabezados por la CONANP.

10E. Programa Hídrico por Organismo de Cuenca. Región XI: Frontera Sur. Visión 2030 CONAGUA³⁶

Este apartado presenta extractos textuales de la fuente consultada a manera de síntesis con un enfoque de perspectiva a futuro; en el subapartado de orientaciones se hace un énfasis en propuestas concretas alineadas con una posible construcción del PAOMI (se indican en **negritas**).

Contexto general

La programación hídrica regional se ubica entre dos extremos. Por un lado, para mantener las tendencias actuales en los esfuerzos para proveer los servicios básicos de agua potable, alcantarillado, y saneamiento, así como los patrones de crecimiento de las demandas asociada a las actividades productivas. Por otro lado, para alcanzar la visión de un futuro más equitativo respecto del acceso a los servicios y de impulso al desarrollo socioeconómico regional, en un marco de sustentabilidad en el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos.

La Región Frontera Sur enfrenta fenómenos hidrológicos extremos que se clasifican como huracanes, los cuales tienen una probabilidad de incidencia del 4% en esta zona y que amenazan prácticamente a toda la región. Igualmente y de manera más recurrente, la región padece los efectos de las depresiones tropicales que, con un periodo de retorno relativamente pequeño, generan inundaciones importantes que afectan a la población y sus bienes económicos. El periodo de retorno que provoca daños importantes en la región Frontera Sur tiende a disminuir a dos años y, en un futuro cercano, a un año, debido al incremento de la población, pero sobre todo a su ubicación en zonas de alto riesgo y de las actividades productivas, así como a la modificación y presión sobre las planicies de inundación y otras áreas que anteriormente no eran inundables.

Así, en la Costa de Chiapas son más violentos los fenómenos hidrometeorológicos extremos, pero en las regiones interiores del Estado de Chiapas, particularmente en las ciudades de Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de las Casas, Villaflores y otras, se han presentado problemas serios de inundaciones porque en algunas zonas los drenajes naturales han disminuido o han sido eliminados. Consecuentemente, los montos de reparaciones en cada temporada de lluvias, lejos de una tendencia decreciente deseable, aumentan año con año.

La formulación del Programa Hídrico del Organismo de Cuenca Frontera Sur, se inscribe dentro de lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales, LAN, reformada en abril de 2004. Lo establecido en la ley, junto con las disposiciones reglamentarias correspondientes, constituye el marco jurídico referencial para la formulación del Programa Hídrico. En este marco legal se inserta también la evolución de los procesos de planeación que ha desarrollado progresivamente la CONAGUA y cuyo referente más cercano se asocia a la formulación del Programa Nacional Hidráulico 2001-2006 y los Programas Hidráulicos Regionales 2002-2006.

La problemática que enfrenta la Región Frontera Sur se resume, por una parte, en términos de los retos que se enfrentan para aprovechar mejor su enorme capital hídrico, así como para enfrentar los problemas que amenazan la sustentabilidad ambiental, especialmente por lo que se refiere a la contaminación del agua, en beneficio de los distintos sectores productivos, así como para elevar la calidad de vida de sus habitantes, especialmente si se consideran los niveles de bienestar que presenta la región respecto de los valores promedio que se registran en el ámbito nacional. En materia de desarrollo agrícola se plantea la expansión de áreas de riego con aguas subterráneas, así como la modernización de la infraestructura existente, tanto la de riego como la de temporal tecnificado.

³⁶ CONAGUA, 2008.

Igualmente, uno de los mayores retos y preocupación fundamental de la región Frontera Sur se asocia a los impactos que derivan de la vulnerabilidad de numerosas poblaciones y zonas productivas frente los riesgos que resultan de la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, mismos que tienden a incrementarse por los efectos del cambio climático. Destaca también que, fuera de los planteamientos eminentemente hídricos, es necesario vincular la visión hídrica con los problemas de deforestación y el manejo adecuado de las partes altas de las cuencas que son más vulnerables ante la ocurrencia de eventos extremos. La atención a los problemas asociados a la contaminación, producida tanto por la descarga de aguas residuales como por la disposición inadecuada de desechos sólidos, es otro problema que forma parte de la agenda regional.

Orientaciones para el desarrollo hídrico nacional

Capital hídrico

La planeación para la gestión integrada de los recursos hídricos del país y específicamente de la región Frontera Sur, debe atender los vínculos institucionales y los vínculos con las organizaciones interesadas de la sociedad, a efecto de materializar lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales, en términos de un proceso que promueva la **gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos (primordialmente los bosques) y el ambiente**, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable.

Crecimiento económico

Dado el potencial hidroeléctrico de la región Frontera Sur, la política hídrica debiera fomentar los vínculos institucionales y una mayor coordinación que permita considerar el desarrollo de **proyectos hidroeléctricos social y ambientalmente viables**, así como anticipar y fortalecer los esfuerzos de comunicación y concertación que faciliten su inclusión dentro de los planes de expansión del sector eléctrico. La coordinación con el sector eléctrico se extiende a la definición conjunta de políticas de operación que, en el marco de los derechos de uso legalmente constituidos, permitan potenciar el aprovechamiento múltiple de las aguas nacionales en beneficio del mayor número de usuarios.

Por su efecto en la productividad de la agricultura regional, que podría tener un impacto directo en el acceso a los mercados internacionales abiertos a través de los distintos tratados comerciales que ha firmado México, así como por los beneficios que genera en términos de generación de empleo y de ingreso de los productores, es conveniente que la estrategia hídrica regional promueva la expansión de la agricultura de riego y de temporal tecnificado, fortalecida esta última con riego suplementario, bajo un enfoque que considere integralmente los aspectos sociales, técnicos, tecnológicos, agrícolas y de comercialización.

La expansión de la frontera agrícola de riego y de temporal tecnificado, frente a la apertura de los mercados, requiere del acompañamiento con la reconversión productiva de las tierras beneficiadas, por lo que es necesario reconocer la importancia de lograr, como condición previa necesaria, el consenso y participación efectiva de los beneficiarios.

La región Frontera Sur cuenta con un potencial importante para la expansión de su frontera agrícola de riego y temporal (tecnificado), por lo que es importante reforzar las acciones que permitan generar la aceptación social de los proyectos, antes de continuar con la fase de preparación o ejecución, debido a que implican un cambio

radical en el uso de suelo. El desarrollo de los proyectos de temporal tecnificado constituye una prioridad alta para la región, dada la demanda social y el compromiso institucional que existe en torno a ellos. En apoyo a las zonas de temporal, es conveniente favorecer la aplicación de los programas de riego suplementario, conservación y rehabilitación de la infraestructura básica.

Las lecciones aprendidas durante los pasados cinco años indican la necesidad de reorientar las estrategias de apoyo al sector agropecuario de la región Frontera Sur, para dar respuesta a los problemas específicos de la misma. Entre otras cosas se plantea:

1. Coyunturalmente, es necesario revisar los programas hidro-agrícolas a la luz de los impactos ocasionados por el huracán Stan. Estos daños tienen serias consecuencias socioeconómicas para Chiapas, ya que gran parte de la población basa su economía en el sector primario. De ahí que es prioritario ajustar los programas vigentes, a efecto de devolver a las áreas afectadas su capacidad productiva.
2. Aún en los distritos de riego productivos del norte y noroeste del país, la modernización del riego difícilmente se justifica desde el punto de vista económico sin un cambio en el patrón de cultivos por otros de mayor rendimiento económico, lo cual parece ser una limitante mayor en la región Frontera Sur, con menor desarrollo técnico y económico del campo. Es conveniente difundir las experiencias registradas en la Costa de Chiapas, donde se registran los mayores avances en materia de modernización, con cultivos de alto valor como el plátano o el mango. En este sentido, conviene promover la reconversión hacia cultivos apropiados a las condiciones de cada subregión y conforme los lineamientos del mercado nacional e internacional.
3. Las orientaciones de política que habría que analizar y actualizar a la luz de su impacto real, se refieren a la prioridad asignada a los programas destinados a incrementar la eficiencia de uso del agua en la agricultura y lograr el aprovechamiento pleno de la infraestructura existente. Además de las acciones estructurales que derivan de estos programas, cuya ejecución requiere la participación financiera de los beneficiados, es conveniente no perder de vista que estos programas están condicionados fuertemente por la problemática más general que enfrenta el sector agropecuario de México, por lo que a las acciones estructurales debe corresponder un conjunto de acciones no estructurales y de políticas productivas, que permitan no sólo incrementar eficiencias, sino también mejorar las condiciones sociales y económicas de productores en los distritos y unidades de riego.
4. Los lineamientos estratégicos significan también reforzar los programas de modernización que incluyen la promoción de nuevas formas de organización de los productores, a efecto de garantizar su mayor participación y corresponsabilidad. En este sentido, los apoyos debieran incluir en forma anticipada la capacitación técnica a las asociaciones de los módulos de los Distritos de Riego para implementar efectivamente nuevas técnicas y prácticas, incluidos el riego por goteo, micro-aspersión y compuertas. Como lineamiento general, el desarrollo de nuevas zonas agrícolas o la modernización de las existentes debiera estar acompañada de proyectos de gestión para la creación de asociaciones de usuarios capaces de recibir, operar y administrar la infraestructura.
5. Es necesario apoyar la aplicación de estímulos económicos a la producción agrícola que permita **revertir la tendencia a incrementar el cultivo de pastizales y la actividad pecuaria**, principalmente en la modalidad de engorda, a efecto de detener la deforestación y el deterioro general de las condiciones

ambientales. Sin embargo, es necesario reconocer la preponderancia de la actividad pecuaria en Chiapas y Tabasco que dificulta los cambios de uso hacia la actividad agrícola. Por ello, es conveniente generar programas de comunicación social que permitan generar conciencia en los productores sobre la necesidad de **recuperar suelos** y de llevar a cabo prácticas de producción sustentables, mediante la capacitación y estímulos a la producción.

El impulso al desarrollo y fortalecimiento de los distritos de temporal tecnificado, cuya contribución a mejorar las condiciones productivas y socioeconómicas de los beneficiarios es manifiesta, debe encuadrarse en una serie de lineamientos estratégicos:

- Es necesario establecer criterios técnicos y socioeconómicos para determinar adecuadamente la dimensión y características de la infraestructura de temporal tecnificado, con objeto de evitar la construcción de obras muy caras que difícilmente se justifican en las evaluaciones económicas. En este sentido y con criterios de equidad, es importante dar énfasis a aquellas obras que impactan en los productores de menor capacidad económica.
- Las mismas condiciones climatológicas han impedido la actualización de los estudios básicos para identificar con precisión las necesidades de cada distrito de temporal tecnificado y la efectividad de las acciones que se implementen. Por lo anterior, es recomendable establecer estrategias de monitoreo, a través de proyectos piloto, en cada uno de los distritos para probar las acciones de infraestructura que se propongan, al mismo tiempo que se establecen acciones de apoyo a los productores como capacitación, apoyo organizativo y a la producción, con el fin de orientar la producción hacia cultivos rentables.
- Las estrategias y líneas de acción en materia de producción en distritos de temporal tecnificado deben estar ligadas a las de control de inundaciones.

Los lineamientos de estrategia asociados a la actividad industrial y a otras actividades productivas como la acuicultura y la piscicultura en aguas interiores y zonas costeras, así como el turismo, pero especialmente el ecoturismo, se asocian a la conservación de la calidad del agua y la gestión integrada de este recurso con el resto de los recursos naturales.

- Es prioritario fortalecer las estrategias actuales orientadas al control de las descargas de aguas residuales, mediante la mejor combinación de instrumentos de comando y control, instrumentos económicos y especialmente, aquellos mecanismos de participación que permitan despertar una mayor conciencia social y corresponsabilidad en la implementación de soluciones.
- Al considerar el potencial económico del ecoturismo en la región Frontera Sur, es necesario establecer la coordinación necesaria entre las instancias de los tres niveles de Gobierno que permita identificar, diseñar e implementar proyectos específicos, mismos que pueden enriquecerse con las experiencias de otros países que como Costa Rica, han alcanzado resultados significativos.

Equidad social

En la medida en que la falta de acceso al agua potable y al saneamiento básico afecta a las poblaciones y estratos sociales más vulnerables, las orientaciones estratégicas apuntan a la necesidad de revisar la priorización de las inversiones destinadas a ampliar las coberturas de agua potable y drenaje, de tal manera que las coberturas que se alcancen hacia el 2015 sean congruentes con las Metas del Milenio. Las políticas para asignar la inversión social deben privilegiar a las poblaciones que hoy día presentan coberturas por debajo de la media regional y de

las medias a nivel estatal.

De acuerdo con la experiencia registrada por organismos internacionales en torno a la problemática que enfrentan las comunidades rurales de países en desarrollo, se desprenden algunas conclusiones:

- I. En general, resulta muy costoso abastecer de agua a poblaciones pequeñas. Se estima que la atención sistemática a localidades rurales, debiera tener una población concentrada de por arriba de las 100 personas.
- II. Probablemente, las localidades con alta marginación e ingresos reducidos no podrán pagar los costos de los sistemas de abastecimiento de agua. Es por ello que algunos países han definido a los sistemas rurales como aquéllos que abastecen de agua a comunidades con 10,000 personas o menos, pues se considera que generalmente estas localidades no cuentan con los recursos necesarios para contar con un servicio que caracteriza a las zonas urbanas.
- III. Como la razón del desarrollo rural se refleja en las actividades agrícolas y pecuarias, una comunidad donde los cultivos tradicionales o de subsistencia constituyen la fuente principal de empleo podría clasificarse como rural, casi independientemente de su tamaño, para efectos de clasificar los mecanismos de inversión en abastecimiento de agua potable y saneamiento.
- IV. Finalmente, el éxodo de la población hacia los principales centros urbanos es un problema vigente en la mayoría de los países en desarrollo, por lo que los poblados o zonas donde el éxodo es acelerado, aunado a una necesidad estratégica de retención, debieran otorgar prioridad al abastecimiento de agua.

Los estados de Chiapas y Tabasco pueden calificarse como entidades eminentemente rurales, tanto por sus condiciones geográficas, como por sus características sociales y económicas, por lo que las estrategias en materia de agua potable y saneamiento debieran ser consistentes con esta condición, no sólo desde el punto de vista de apoyo financiero, sino también para propiciar que el acceso al agua potable y al saneamiento básico se inserte dentro de una estrategia global de desarrollo social.

Como orientación general se sugiere:

1. Reforzar el apoyo que se ha dado en los últimos años para abatir los rezagos de servicios en las comunidades rurales, así como para mantenerlos y ampliarlos en las zonas urbanas de la Región, especialmente en las ciudades medias. Con ello se coadyuvará en el mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes y la restauración del medio ambiente afectado por las descargas de aguas residuales sin tratamiento de las principales ciudades. En este sentido, es primordial continuar con el apoyo técnico y la participación financiera al programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, que CEAS de Chiapas y SAPAET de Tabasco llevan a cabo en las comunidades rurales. Es recomendable también adoptar una política semejante respecto a los servicios de alcantarillado y saneamiento rural.
2. Sostener el incremento de las coberturas y mejorar la calidad de los servicios en zonas urbanas. Las aspiraciones en este sentido debieran considerar, como mínimo, alcanzar las condiciones de cobertura y calidad registradas como promedio nacional para las concentraciones urbanas semejantes.
3. Continuar el impulso al tratamiento de las aguas residuales municipales. Es conveniente reconocer que el tratamiento de las aguas residuales es un elemento dentro de una estrategia integral para abatir la contaminación de las aguas y conservar los ecosistemas vitales dentro de una cuenca. Es bajo un

enfoque integrado por cuenca que debieran priorizarse los proyectos de saneamiento. Del mismo modo, es necesario prever los mecanismos que garanticen que las plantas de tratamiento construidas funcionen adecuadamente.

Zonas urbanas

4. Fortalecer la capacidad de autosuficiencia de los organismos operadores de las seis ciudades mayores a 50,000 habitantes (Tuxtla Gutiérrez, Villahermosa, Tapachula, San Cristóbal de las Casas, Cárdenas, y Comitán de Domínguez), que representan el 20.4% de la población regional. Estas ciudades requieren apoyo financiero para mejorar la calidad del servicio (ampliación de coberturas, rehabilitación de la infraestructura) y acciones para mejorar la eficiencia operativa de los sistemas (reposición de infraestructura, sectorización, macro y micro medición, detección de fugas), para contribuir a la sustentabilidad de las fuentes e instaurar tarifas acordes al costo de los servicios.
5. Revisar, en las 97 localidades con población de entre 5,000 y 50,000 habitantes, el rezago en las coberturas de servicios, para reconocer su ubicación estratégica como impulsoras del desarrollo social y económico en diferentes regiones de Chiapas y Tabasco (Cintalapa, Tonalá, Villaflores, Palenque, Chiapa de Corzo, Ocozocoautla, Huixtla, Ocosingo y Yajalón, entre otras). La mayor parte de estas localidades, principalmente las de menor tamaño, difícilmente pueden lograr la autosuficiencia técnica y financiera, por lo que en el corto plazo es importante diseñar programas de atención continua por parte de los organismos estatales de agua, tanto para proporcionar asistencia técnica, como para suministrar insumos básicos para la conservación de los sistemas (equipos de bombeo, tuberías, herramientas) que pueden ser adquiridos aprovechando economías de escala.

Zonas rurales

6. En las comunidades rurales es posible definir tres niveles de acción, de acuerdo con el tamaño de las localidades. Si no se considera la diferencia de costos relativos a la obtención de agua desde distintas fuentes, y sólo se consideran los sistemas más complejos de abastecimiento por una red de tuberías a núcleos de población en zonas rurales, el promedio de costo per cápita del sistema tiende a ser menor para los poblados más grandes.
7. Es importante evaluar la definición de comunidades rurales para esta región, ya que localidades de hasta 5,000 habitantes deberían ser consideradas como rurales para fines de elegibilidad en el acceso a los apoyos financieros disponibles para las localidades rurales.
8. En las localidades eminentemente rurales, destacan por su número aquéllas menores a 2,500 habitantes y dentro de estas, las menores de 100 habitantes. En este sentido, y tomando en cuenta la experiencia nacional e internacional, se tiene que el universo de la población involucrada en los problemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento en el medio rural, dependiendo a los criterios de rendimiento económico de la inversión y de la definición sobre el tamaño de una localidad rural o atendible en un programa semejante, sería como se muestra en el siguiente cuadro:

Criterio de priorización	Localidades		Población	
	No.	%	Habitantes	%
Demográfico (INEGI): de 1 a 2,500 hab.	22,207	100	1,020,709	100
Atendible mínimo: de 100 a 2,500 hab.	6,096	27.5	1,728,720	90.3
Atendible con limitación financiera: de 500 a 2,500 hab.	1,734	7.8	1,672,709	55.4
Atendible rural según características socioeconómicas: de 500 a 5,000 hab.	1,871	8.4	2,132,308	70.6

9. La atención a las comunidades de menos de 100 habitantes implica, de manera conservadora, casi el 18% de la inversión requerida para mejorar las coberturas en la región, con lo cual solamente se atiende al 5% de la población regional. Esta parece una batalla perdida de antemano si se toma en cuenta, además, que este pequeño porcentaje se ubica en 16,112 comunidades, localizadas a lo largo y ancho de la región y normalmente, en las condiciones más difíciles de acceso y oportunidades de abastecimiento de agua potable en forma de sistema. Lo anterior no implica que se debería desatender a estas comunidades, sino que se tendrían que implementar soluciones alejadas de las tendencias actuales de abastecimiento de agua consistentes en la captación, desde grandes distancias, conducción y distribución en redes y tomas domiciliarias. Las alternativas tecnológicas incluyen bombas manuales y fotovoltaicas, u otras como la captación de agua de lluvia que ya se ha implementado en Chiapas; lo anterior para aprovechar los abundantes recursos de agua superficial y subterránea disponibles en la región, con un menor costo de operación y mantenimiento. En el caso del saneamiento, ya se aplican las soluciones a base de letrinas secas o húmedas, que aunque no son de muy bajo costo, constituyen la mejor solución para estas comunidades y favorece la preservación de los recursos hídricos.
10. Las comunidades de 100 a 500 habitantes concentran al 18% de la población regional, y sus alternativas de solución se ubican entre lo señalado en el inciso anterior y los sistemas convencionales, aunque su atención debería considerar la priorización con base en atender a la mayor población posible, y sus posibilidades de desarrollo y atracción de localidades menores.
11. En las poblaciones de más de 500 y hasta 5,000 habitantes, es importante fortalecer los procesos sociales que emprende la CNA, como es la formación de los comités de agua potable y saneamiento, para garantizar que se logre la mayor participación de las comunidades en la construcción de las obras y en la captación de recursos suficientes para garantizar el mantenimiento mínimo de la infraestructura.
12. En la región Frontera Sur, al igual que en el resto del país, el mayor reto para alcanzar las metas de cobertura y calidad que lleguen a plantearse, se refiere al financiamiento. Es por ello que la definición de metas para este subsector debiera ir acompañada de una definición concreta de las fuentes de financiamiento que hagan posible su cumplimiento. Particularmente, es conveniente plantear estrategias para romper el círculo vicioso que caracteriza a la mayoría de los organismos operadores, donde la falta de recursos conduce al deterioro de los sistemas y a la dificultad para ampliar los servicios, lo cual conduce a la falta de disposición de pago por parte de los usuarios ante un servicio deficiente, lo cual conduce a su vez a la falta de recursos financieros por parte de los organismos operadores.
13. El fortalecimiento de los organismos operadores depende, entre otras cosas, de dos factores

fundamentales. El primero se refiere a la necesidad de profesionalizar y modernizar a los organismos prestadores de los servicios; esta profesionalización debe conducir a incrementos reales en las eficiencias físicas y comerciales de los sistemas. El segundo factor se refiere al problema de flujo de caja que normalmente enfrentan los organismos operadores, y que les impide acceder a recursos crediticios y al mercado de capitales para llevar a cabo las acciones de modernización y profesionalización. De acuerdo con lo anterior, es conveniente establecer esquemas de financiamiento que permitan resolver este problema de corto-mediano plazo. Entre los esquemas alternativos, conviene revisar, y en su caso, fortalecer los mecanismos de apoyo FINFRA 2 y Cuenta Nueva y Borrón, orientados a fomentar el desarrollo de los Organismos Operadores. El tema de las tarifas para el pago de los servicios constituye un tema central indiscutible de las estrategias del subsector.

Las limitaciones presupuestarias que resultan de las políticas de gasto e inversión pública del Gobierno Federal, así como de las correspondientes a nivel estatal, obliga a la reorientación estratégica de las inversiones en materia de agua potable y saneamiento, entre otras cosas:

- I. Conviene revisar los criterios y procedimientos para priorizar las inversiones, a efecto de que los mismos respondan claramente a la prioridad de canalizar la inversión pública hacia las localidades y estratos de la población más desprotegidos.
- II. La inversión pública debiera supeditarse, en mayor medida, a un esfuerzo real de los organismos operadores por incrementar sus eficiencias físicas y comerciales (gestión de la demanda), a efecto de que las inversiones en nuevas fuentes sea resultado de una necesidad real y no de ineficiencias.
- III. Los subsidios federales y estatales debieran canalizarse prioritariamente a la ampliación de coberturas, para lo que los programas de mejora de sistemas y para incrementar las eficiencias comerciales debieran resultar mayoritariamente de financiamientos recuperables a través de los incrementos en ingresos que resulten de dichos programas.
- IV. Es recomendable utilizar los mecanismos de consenso y participación que se han establecido con base en la Ley de Aguas Nacionales, para despertar mayor consenso y aceptación sobre la necesidad de establecer esquemas tarifarios adecuados.
- V. Conviene impulsar el establecimiento de derechos de conexión que reflejen fielmente los costos reales de expansión de las fuentes de abasto.
- VI. El desarrollo del subsector de agua potable y saneamiento puede constituirse en una nueva fuente de oportunidades para el sector privado regional y local. Con esto no se sugiere la adopción de esquemas de participación privada tradicionales, que en todo caso aplican en ciudades con circunstancias distintas a las de las ciudades importantes de la Región. Algunos esquemas de participación del sector privado local y regional han resultado exitosos en distintos países de América Latina, notoriamente en Colombia y Brasil, donde se ha promovido la creación de empresas especializadas de carácter local o regional, con el apoyo tecnológico de las instituciones del Estado.

Sustentabilidad ambiental

En la Región Frontera Sur es vital unificar la visión y misión que tienen las dependencias con competencia en el sector ambiental, para que los esfuerzos se encaminen hacia el mismo objetivo y eviten duplicidades de acciones

y proyectos. La deforestación es, posiblemente, el problema con mayor impacto en el medio ambiente, ya que en las últimas décadas ha modificado casi todos los ecosistemas, repercute directamente en el comportamiento del régimen hidrológico, y por ende, participa en algunos de los problemas hidráulicos que afectan a la población y a sus actividades económicas, a efecto de:

- i. Resolver la problemática del agua sin considerar deterioro de otros recursos generaría una visión sesgada de las soluciones. En este sentido, la CONAGUA puede promover que el análisis integral de los problemas y soluciones relacionados con los recursos naturales, se dé en consenso con la participación de dependencias como la CONAFOR, CONABIO y SEMARNAT como cabeza de sector, para definir cuencas y subcuencas prioritarias que busquen la preservación del medio ambiente. En esta tarea, los Consejos de Cuenca juegan un papel determinante. El potencial que ofrece la riqueza natural de la región hace necesario reforzar estrategias y líneas de acción que hagan operativas las disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales en materia de sustentabilidad ambiental.
- ii. Promover e integrar a la planeación hídrica estudios de requerimientos de caudales ecológicos específicos en áreas de desarrollo acuícola y de preservación de especies de interés, en coordinación con las instancias ambientales y de acuicultura.
- iii. Contribuir al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales mediante la capacitación y apoyo a los productores, como un elemento importante para el desarrollo socioeconómico de la población en condiciones de alta marginación. Es el caso de la explotación maderera de Chiapas, que actualmente tiene un potencial explotable de casi un millón de m³, y solamente se tiene en producción un volumen de 300,000 m³ o el caso de la explotación eco turística de las amplias zonas de reserva existentes.
- iv. Implementar de manera prioritaria aquellas acciones que contribuyan a la conservación de suelos, a disminuir la erosión hídrica y, en general, al manejo integrado de cuencas.
- v. Fomentar la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales y sistemas de saneamiento rural para mejorar las condiciones ambientales de la región.
- vi. Despertar en los productores agropecuarios e industriales, así como en la población en general, una mayor conciencia sobre la necesidad de conservar los recursos naturales en beneficio del medio ambiente y de la sociedad.
- vii. Favorecer la participación de los tres niveles de gobierno, de instituciones educativas, ONG, usuarios, y sociedad organizada mediante el reforzamiento de programas vinculados para la conservación de recursos naturales como la Cruzada por los Bosques y el Agua.

Manejo de riesgos

Más allá de las acciones coyunturales, y conforme a una visión de mediano y largo plazo, los efectos ocasionados por Stan obligan a revisar y adecuar las políticas públicas en materia de prevención y mitigación de daños asociados a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, que algunos expertos consideran habrán de ser más frecuentes, y es posible que más poderosos, a consecuencia de los cambios climáticos

globales. A este respecto, es necesario considerar a detalle, entre otras cosas:

- I. Establecer explícitamente la alta prioridad que habrán de tener los planes y programas en materia de prevención y mitigación de riesgos frente a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Esta prioridad debiera manifestarse a través de objetivos específicos, con metas cuantificables y priorizadas en función de su importancia e impacto en la protección de las personas y sus bienes, así como en la protección de la planta productiva, especialmente en el sector primario. Lo anterior incluye mecanismos de monitoreo y evaluación sistemática de programas en esta materia.
- II. Fortalecer y perfeccionar los sistemas de pronóstico y alerta temprana, lo que incluye el reforzamiento de las redes meteorológicas, climáticas, e hidrológicas, así como la adaptación de tecnología que ponga a la CONAGUA, pero especialmente a la región Frontera Sur, en una posición de liderazgo en esta materia. Es conveniente que los recursos necesarios para este propósito queden debidamente etiquetados y protegidos dentro de los procesos de presupuestación.
- III. Reconocer la necesidad de ligar la gestión del recurso hídrico a la gestión y protección del resto de los recursos naturales y de sus ecosistemas vitales, especialmente la relación causa-efecto asociada a la deforestación. El Programa Hídrico del Organismo de Cuenca Frontera Sur otorgará una importancia real a la gestión conjunta o integrada del agua y los recursos naturales asociados.
- IV. Desarrollar un planteamiento integral que recoja las lecciones aprendidas en relación con la naturaleza y alcances de los planes de prevención y mitigación, que incluyan acciones estructurales y no estructurales en las distintas cuencas, dentro de un programa que las jerarquice adecuadamente en función de su vulnerabilidad. Es recomendable promover el establecimiento de mecanismos legales y presupuestales que garanticen la correcta ejecución de los planes y programas que de ellos deriven.
- V. Incluir, en los planes de prevención y mitigación a los que se refiere el punto anterior, los mecanismos necesarios para fortalecer la participación de las instituciones y de la sociedad en general, a través de sus distintas organizaciones, desde la identificación de acciones hasta su implementación, especialmente por lo que se refiere a las acciones no estructurales que incluyen los sistemas de alerta temprana y soluciones no estructurales como la zonificación de las distintas cuencas en función de su vulnerabilidad (mapeo de riesgos), la instrumentación de una política de seguros, la introducción de diseños apropiados para la construcción de viviendas y otras.
- VI. Plantear la revisión de criterios de diseño de la infraestructura existente para el control de inundaciones o de la que en el futuro llegue a construirse, así como de criterios para el diseño de obras hidráulicas asociadas a la infraestructura de comunicaciones y la que en general afecte las condiciones hidráulicas de los cauces y sus riberas.
- VII. Recoger y ampliar las líneas de acción que ha adoptado el Gobierno de Chiapas como respuesta a los daños causados por el huracán Stan, mismos que incluyen acciones de protección para las viviendas en cuatro líneas de trabajo: (i) Definición de las áreas de alto riesgo de inundación en las principales áreas urbanas afectadas, a partir de un trabajo cartográfico profesional, (ii) Obras de protección para otorgar seguridad y salvaguardar las vidas de las zonas afectadas por la mancha de inundación de los ríos, (iii) Ordenamiento ambiental de las cuencas altas, incluido un plan de reforestación y ordenamiento para mitigar los riesgos, (iv) Reubicación de vivienda a partir de identificar el suelo apto para otorgar la vivienda a las familias reubicadas .
- VIII. Eleva los niveles de seguridad para la población civil en la región. En el caso de Tabasco, destaca la

problemática en la planicie conformada por los ríos Grijalva (Mezcalapa), La Sierra y Usumacinta, así como sus afluentes en la parte central del estado de Tabasco, que sufren de inundaciones frecuentes y provocan severos daños a la población, a sus bienes y a la infraestructura en general. Ligado a esto, impulsar los proyectos integrales que se han planteado para los sistemas de hidrológicos de Mezcalapa-Samaria, Ríos de la Sierra y Carrizal-Medellín.

Consideraciones sociopolíticas

El establecimiento de prioridades, la identificación de acciones y programas y el establecimiento de compromisos concretos para su implementación, adquirirá mayor viabilidad en la medida en que se generen los consensos necesarios a través de los mecanismos de participación establecidos en la Ley de Aguas Nacionales.

Metas regionales

En Metas Regionales planteadas en este documento se plantean importantes mejoras de inversión e infraestructura en escenarios tendencial y sustentable en diversas materias hacia 2030: beneficiarios de agua potable, alcantarillado, saneamiento, riego, control de inundaciones, entre otras:

Concepto	Inversiones [millones de pesos]					
	2007-2012	2007-2015	2013-2018	2019-2024	2025-2030	2007-2030
<i>Agua Potable</i>	2,468	2,373	1,567	514	421	4,971
<i>Alcantarillado</i>	822	1,249	543	202	167	1,734
<i>Tratamiento</i>	3,116	3,717	829	431	401	4,776
<i>Distritos de Riego</i>						
<i>Unidades de Riego</i>	528	787	583	708	805	2,623
<i>Temporal Tecnificado</i>	400	247	504	628	778	2,310
<i>Protección de Centros de Población</i>	1,440	2,280	1,680	1,680	560	5,360
<i>Protección de Áreas Productivas</i>	360	510	420	420	140	1,340
<i>Total</i>	9,968	12,377	6,545	4,609	3,271	24,393
	40.9%	50.7%	26.8%	18.9%	13.4%	100.0%
<i>Anual</i>	1,661.3	1,375.2	1,090.8	768.2	545.2	1,016.4

Sus Proyectos de Gestión (son las acciones que, junto con los proyectos de inversión se requiere implementar para alcanzar los objetivos planteados dentro de cada uno de los ejes rectores de la política hídrica en la región Frontera Sur), producto de consultas en los Consejos de Cuenca se enlistan enseguida:

- I. Fomentar el uso eficiente del agua en la producción agrícola.
- II. Fomentar la ampliación de la cobertura y la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- III. Lograr el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.
- IV. Promover el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico.
- V. Consolidar la participación de los usuarios y la Sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.

VI. Prevenir los riesgos y atender los efectos de inundaciones y sequías

Y concluye: "La implantación del Programa Hídrico Regional demandará, en cualquier escenario, un ritmo de inversiones mayor al actual. Pero asimismo, requerirá un esfuerzo institucional todavía mayor para concertar, impulsar, apoyar, normar, administrar y ejecutar acciones. La participación informada de los usuarios del agua y de la sociedad en general es fundamental para hacer del agua un problema de todos."

10F. Programa Hídrico Integral de Tabasco³⁷

En años recientes, las intensas y continuas lluvias han provocado inundaciones en buena parte del estado de Tabasco y de su capital Villahermosa. Ante la magnitud del problema, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Gobierno del Estado de Tabasco elaboraron y participan en el Plan Hídrico Integral para Tabasco (PHIT).

Su objetivo es disminuir al máximo las condiciones de riesgo y vulnerabilidad a las que está sujeta la población, sus actividades económicas, y los ecosistemas frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos que afectan la planicie costera del estado de Tabasco, principalmente la ciudad de Villahermosa. En el Anexo relativo al PHIT se detallan aquellos aspectos de relevancia para los objetivos del PAOM.

Tiene un presupuesto de inversión de casi 10,000 millones de pesos y fue diseñado en tres etapas: plan de acciones urgentes, plan de acción inmediata y estudios, y acciones a largo y mediano plazo.

Desde la visión de CONAGUA, como parte de su agenda a largo plazo (Agenda 2030) se consideran tres ejes de acción: integración de los comités y comisiones de cuenca Grijalva – Usumacinta, planes de manejo de cuencas altas, y coordinación con CONAFOR para reforestación.

Existen nuevas propuestas estructurales en este Plan para el control de inundaciones en Villahermosa (éstas son complementarias a las establecidas en el Programa Integral de Control de Inundaciones):

- a) Escotaduras en el río de la Sierra
- b) Salidas por los puentes Zapotes I y II
- c) Canales de descarga de la laguna los Zapotes
- d) Ampliación del área hidráulica del río Grijalva aguas abajo de Zapotes I
- e) Escotaduras en el río Grijalva

"Para desalojar los grandes volúmenes de agua que llegan a Villahermosa debido a las altas precipitaciones que periódicamente ocurren en el estado de Tabasco, es necesario disponer de un sistema de drenaje con alta capacidad de salida del agua."

En el estudio del PHIT, se consideró al ordenamiento territorial como un tema de gran relevancia debido a que la presencia de los fenómenos hidrometeorológicos de octubre-noviembre de 2007 afectaron el desarrollo y el progreso de la entidad. Por ello, el ordenamiento territorial se consideró en el proceso de análisis, comprensión y propuestas para mitigar los riesgos, principalmente, aquellos que atañen a la población de bajos ingresos.

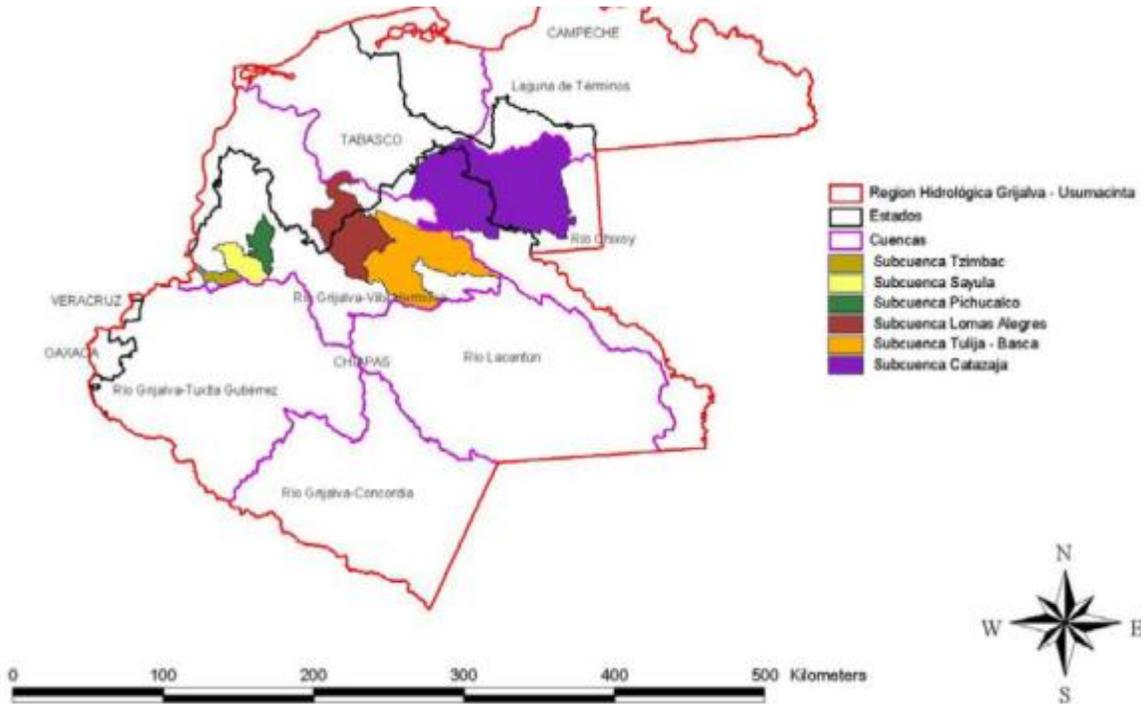
El objetivo principal del reordenamiento territorial dentro del PHIT, es elaborar una propuesta para disminuir las condiciones de riesgo y vulnerabilidad a que está sujeta la población en Tabasco, sus actividades económicas y los ecosistemas ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos y

³⁷ SEMARNAT-CONAGUA, 2011b.

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

los posibles efectos del cambio climático. En particular, este reordenamiento aborda la pertinencia de establecer límites para el crecimiento de Villahermosa y la existencia de corredores urbanos. Contempla, además, la creación de nuevos asentamientos humanos periféricos que absorban el crecimiento de esta ciudad.

El PHIT aborda, desde un enfoque de manejo integral de cuencas, un estudio sobre seis subcuencas en la Región: Pichucalco, Sayula, Tzimbac, Lomas Alegre, Catazajá y Tulijá Basca.



Fuente: SEMARNAT-CONAGUA, 2011.

10G. Cruzada contra el Hambre de la Secretaría de Desarrollo Social

a. La Cruzada contra el Hambre es una estrategia de inclusión y bienestar social, que se implementará a partir de un proceso participativo de amplio alcance cuyo propósito es **conjuntar esfuerzos y recursos** de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como de los sectores público, social y privado y de organismos e instituciones internacionales.

b. Objetivos

- I. Cero hambre a partir de una alimentación y nutrición adecuada de las personas en pobreza multidimensional extrema y carencia de acceso a la alimentación;
- II. Eliminar la desnutrición infantil aguda y mejorar los indicadores de peso y talla de la niñez;
- III. Aumentar la producción de alimentos y el ingreso de los campesinos y pequeños productores agrícolas;
- IV. Minimizar las pérdidas post-cosecha y de alimentos durante su almacenamiento, transporte, distribución y comercialización, y
- V. Promover la participación comunitaria para la erradicación del hambre.

- c. De los programas del Gobierno Federal que podrán apoyar en la instrumentación de la Cruzada contra el Hambre enseguida se enlistan por ramo administrativo federal (destacados en negritas los que son de mayor pertinencia para este estudio):

Hacienda y Crédito Público

Programa de Subsidio a la Prima del Seguro Agropecuario
Programa de Apoyo a los Fondos de Aseguramiento Agropecuario
Programas Albergues Escolares Indígenas (PAEI)
Programa de Infraestructura Básica para la Atención de los Pueblos Indígenas (PIBAI)
Programa Fondos Regionales Indígenas (PFRI)
Programa Organización Productiva para Mujeres Indígenas (POPMI)
Programa Turismo Alternativo en Zonas Indígenas (PTAZI)
Programa de Coordinación para el Apoyo a la Producción Indígena (PROCAPI)
Programa de Seguro para Contingencias Climatológicas
Manejo y Conservación de Recursos Naturales en Zonas Indígenas
Programa de Garantías Liquidadas
Programa integral de formación, capacitación y consultoría para Productores e Intermediarios Financieros Rurales
Constitución y Operación de Unidades de Promoción de Crédito
Reducción de Costos de Acceso al Crédito
Programa que canaliza apoyos para el fomento a los sectores agropecuario, forestal, pesquero y rural
Fortalecimiento de la Infraestructura Bancaria
Apoyos para la Inclusión Financiera y la Bancarización

Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

PROCAMPO Productivo
Programa de Prevención y Manejo de Riesgos
Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural
Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales
Programa de apoyo a la inversión en equipamiento e infraestructura

Comunicaciones y Transportes

Programa de Empleo Temporal (PET)

Economía

Fondo de Microfinanciamiento a Mujeres Rurales (FOMMUR)
Programa de fomento a la economía social
Programa Nacional de Financiamiento al Microempresario

Educación Pública

Programa de Desarrollo Humano Oportunidades
Programa Becas de apoyo a la Educación Básica de Madres Jóvenes y Jóvenes Embarazadas
Programa Escuelas de Tiempo Completo
Programa de becas

Salud

Programa de Desarrollo Humano Oportunidades
Programa de Atención a Familias y Población Vulnerable
Caravanas de la Salud
Seguro Médico Siglo XXI
Seguro Popular
Prevención contra la obesidad

Trabajo y Previsión Social

Programa de Apoyo al Empleo (PAE)
Programa de Atención a Situaciones de Contingencia Laboral
Programa de Apoyo para la Productividad

Reforma Agraria

Programa de la Mujer en el Sector Agrario (PROMUSAG)
Fondo para el Apoyo a Proyectos Productivos en Núcleos Agrarios (FAPPA)
Joven Emprendedor Rural y Fondo de Tierras

Medio Ambiente y Recursos Naturales³⁸

ProÁrbol.- Desarrollo Forestal
Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES)
Programa de Empleo Temporal (PET)
Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas
Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales
Programa de Rehabilitación, Modernización y Equipamiento de Distritos de Riego
ProÁrbol.- Pago por Servicios Ambientales
ProÁrbol. - Protección Forestal
Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego
Programa de Tratamiento de Aguas Residuales
Programa para incentivar el desarrollo organizacional de los Consejos de Cuenca
Mejora de Eficiencia Hídrica en Áreas Agrícolas
Fomento para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre

Desarrollo Social

Programa de Abasto Social de Leche a cargo de Liconsa, S.A. de C.V.
Programa de Abasto Rural a cargo de Diconsa, S.A. de C.V. (DICONSA)
Programa de Opciones Productivas
Programas del Fondo Nacional de Fomento a las Artesanías (FONART)
Programa de Vivienda Digna
Programa 3 x 1 para Migrantes
Programa de Empleo Temporal (PET)

³⁸ Cabe señalar que los programas de ProÁrbol cambiarán de nombre cuando se aprueban las modificaciones propuestas para su conversión en PRONAFOR; además, surgiría una nueva modalidad del aún ProÁrbol sobre Conservación y reforestación.

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

Programa de Desarrollo Humano Oportunidades
Programa de Vivienda Rural
Programa de Apoyo Alimentario
Programa de estancias infantiles para apoyar a madres trabajadoras
Pensión para Adultos Mayores
Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias
Programa de adquisición de leche nacional a cargo de LICONSA, S. A. de C. V.

Seguridad Pública

Pago de cuota alimenticia por internos del fuero federal en custodia de los Gobiernos Estatales

d. El Sistema Nacional para la Cruzada contra el Hambre tiene los siguientes componentes:

- Comisión Intersecretarial para la instrumentación de la Cruzada contra el Hambre
- Acuerdos integrales para el desarrollo incluyente con las entidades federativas y los municipios
- Consejo Nacional de la Cruzada contra el Hambre
- Comités Comunitarios integrados por beneficiarios de programas sociales

e. La Comisión Intersecretarial se integra por los titulares de la CDI, del Instituto Nacional de las Mujeres, del DIF y de las siguientes secretarías: SEDESOL (preside), SEGOB, SER, SEDENA, SEMAR, SHCP, SEMARNAT, SENER, SE, SAGARPA, SCT, SEP, SS, STPS, SEDATU y SECTUR.

f. La Comisión propondrá las acciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos de la Cruzada contra el Hambre, las cuales podrán consistir, entre otras, en:

- Ajustes en el diseño de los programas
- Ajustes en la focalización o cobertura de los programas
- Implementación de acciones eficaces de coordinación

En los casos en que sea procedente, se modificarán las reglas de operación de los programas para orientarlos a apoyar el cumplimiento de los objetivos de este Decreto, con apego a los principios, procedimientos y plazos que establece la normatividad aplicable.

g. Con la finalidad de articular la participación social en la Cruzada contra el Hambre y los programas que convergen en ésta, se promoverá la integración de comités comunitarios integrados por beneficiarios de programas sociales, los cuales participarán en su proceso de instrumentación y supervisarán el cumplimiento real de los objetivos y la transparencia de las acciones implementadas. La SEDESOL expedirá los lineamientos para la organización y funcionamiento del Consejo Nacional de la Cruzada contra el Hambre y de los comités comunitarios.

Funciones del Consejo Nacional de la Cruzada contra el hambre

- Emitir opiniones y formular propuestas sobre la aplicación y orientación de la Cruzada contra el Hambre. El Consejo deberá tomar en consideración la información oficial disponible que genere el

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Consejo Nacional de Población el Instituto Nacional de Salud Pública, así como aquella publicada por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social en materia de medición de pobreza, para llevar a cabo los análisis que se considere convenientes;

- Impulsar la participación de la ciudadana y de las organizaciones en la operación, seguimiento, y evaluación de la Cruzada contra el Hambre. El Consejo, podrá proponer formas y mecanismos para que la Secretaría considere y, en su caso, realice las acciones que permitan lograr un mayor impulso de la participación ciudadana;
- Proponer y propiciar la colaboración de organismos públicos y privados, nacionales y extranjeros, en la Cruzada contra el Hambre;
- Proponer la realización de estudios e investigaciones en el marco de la Cruzada contra el Hambre;
- Solicitar a las dependencias, entidades y organismos participantes en la Cruzada contra el Hambre información sobre los programas y acciones que éstas realizan con el propósito de conocer los avances en el cumplimiento de los objetivos establecidos. El Consejo, realizará dicha petición a la Secretaría Ejecutiva, para que por su conducto se solicite la información;
- Promover la celebración de convenios con dependencias del Ejecutivo Federal, entidades federativas, municipios, organizaciones de la sociedad civil y sector privado, para la instrumentación de los programas y acciones relacionadas con la Cruzada contra el Hambre;
- Integrar las Comisiones Temáticas que se consideren convenientes para el ejercicio de sus funciones.
- Promover formas de trabajo entre los sectores público, social y privado para el logro de los objetivos de la Cruzada contra el Hambre;
- Promover la integración de Consejos Estatales, con los mismos objetivos que el Consejo Nacional, denominados “Capítulos Representativos en las Entidades Federativas”, definiendo para cada caso en particular su integración, garantizando la participación equitativa, incluyente y plural de los sectores social y privado, así como la representación de instituciones de educación superior, conforme a los temas y proyectos adoptados en cada entidad y formalizados en el respectivo Acuerdo para el Desarrollo Social Incluyente.
- Realizar visitas de campo, con el objeto de conocer la operación de los programas y acciones que realizan las dependencias, entidades y organismos participantes en la Cruzada;
- Promover que las publicaciones, libros y demás documentos que elabore o solicite el Consejo en el ejercicio de sus funciones, se hagan a través de medios electrónicos;
- Las demás que sean necesarias para el cumplimiento de su objeto.

10H. Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)³⁹

El Fideicomiso de Riesgo Compartido FIRCO, es una entidad paraestatal, creada por Decreto Presidencial y sectorizado en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), para fomentar los agronegocios, el desarrollo rural por microcuencas y realizar funciones de agente técnico en programas del sector agropecuario y pesquero. Los apoyos de los programas operados por FIRCO se han sustentado en el concepto de Riesgo Compartido, instrumento de política gubernamental, con el cual se coadyuva en el desarrollo integral del sector rural, mediante la canalización de recursos económicos complementarios, que minimicen el riesgo que implica el emprender inversiones para el fortalecimiento de

³⁹ FIRCO-SAGARPA.

cadena y la diversificación productiva. Estos recursos serán recuperables sin costo financiero ni participación en utilidades, para facilitar una inversión sujeta a su recuperación al éxito de la misma. En el caso de recursos clasificados como subsidios, la recuperación de los mismos se hará en beneficio de los propios productores. El "Riesgo Compartido" es un instrumento de fomento que permite canalizar recursos públicos, privados o mixtos, para resolver la insuficiencia financiera de los inversionistas y sus limitantes iniciales para acceder al capital de riesgo ó al crédito requerido para emprendimiento y el éxito de sus proyectos. Sus objetivos son:

- Otorgar apoyos temporales de riesgo compartido
- Participar en la inserción de productores agropecuarios a las cadenas productivas
- Fomento a los agronegocios
- Fomentar el desarrollo rural por microcuencas
- Impulso de la energía renovable
- Apoyar a la SAGARPA para la competitividad de la producción del campo mexicano

Su misión es la de promover e impulsar en el espacio rural agronegocios competitivos y sustentables, a través de los programas de fomento, facilitando el acceso de la población a los recursos públicos y privados con la conjugación de servicios especializados de excelencia.

Programas del FIRCO

PROMAF: Busca contribuir al logro de la seguridad nacional a través de fortalecer la competitividad de los productores de maíz y frijol por medio del otorgamiento de apoyos en servicios de asistencia técnica, capacitación, innovación tecnológica sustentables, desarrollo organizativo y mecanización de las unidades productivas.

BIOENERGÍAS Y FUENTES ALTERNATIVAS: Su objetivo principal es el uso y manejo sustentable de los recursos naturales utilizados en la producción primaria mediante el otorgamiento de apoyos que permitan inducir una nueva estructura productiva a través de la producción de biocombustible, biofertilizantes, abonos orgánicos y el uso de energías renovables.

AGRICULTURA PROTEGIDA: Busca fomentar la producción de alimentos sanos y de calidad, con enfoque de red de valor y de manera sustentable, a través de la producción bajo agricultura protegida, de igual forma, contribuir a lograr una economía competitiva y generadora de empleos, garantizar la igualdad de oportunidades y la sustentabilidad ambiental.

CENTROS DE ACONDICIONAMIENTO: Apoyar la estandarización de los hatos para facilitar su comercialización y la realización de subastas, así como mejorar las condiciones y tiempos de traslado de ganado, particularmente en zonas con diferentes estatus sanitario, mediante apoyos para infraestructura y equipamiento.

DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA SUSTENTABLE: Contribuir a la diversificación y complementación de las actividades agrícolas, pecuarias y pesqueras para la generación de proyectos productivos en zonas rurales aprovechando el potencial turístico rural, la belleza escénica y los recursos naturales con los que cuentan.

FIMAGO: Incrementar los niveles de capitalización de las organizaciones de productores de granos y oleaginosas, mediante apoyos para infraestructura estratégica de acopio y movilización, que contribuya a su inserción y articulación en el mercado, favoreciendo las economías de escala a través de la implementación de proyectos de inversión para almacenamiento y movilización de granos y oleaginosas.

PAOM: Anexos del Diagnóstico Integrado con Identificación de Áreas Prioritarias

PROVAR: Elevar la eficiencia de la cadena de suministros de los productos agrícolas, pecuarios y pesqueros y la diversificación de alternativas económicas, incremento en la capacidad de postproducción disminuyendo las mermas y proporcionando valor agregado a los productos frescos, en los mercados nacional e internacional.

RASTROS TIF: Elevar la eficiencia de la cadena de suministros de cárnicos mediante el incremento de la capacidad y modernización en el equipamiento e infraestructura de los establecimientos tipo inspección federal promoviendo el uso de las energías alternativas para la sustentabilidad de los proyectos y el cuidado del medio ambiente además de un manejo sanitario adecuado de los productos cárnicos.

TRÓPICO HÚMEDO: Proyecto que apoya a la inversión y equipamiento e infraestructura el cual tiene como objetivo incrementar la superficie, producción e impulsar el financiamiento de los cultivos y actividades emblemáticas de las zonas tropicales húmedas y subhúmedas del país.

TECNIFICACIÓN DEL RIEGO: El agua como recurso estratégico e indispensable en la producción de alimentos, bienes y servicios por lo que el desarrollo de estas actividades debe basarse en el aprovechamiento sustentable del vital recurso, fomentando la producción y realizando un uso sustentable del agua disponible mediante la instrumentación de acciones que permitan un uso más eficiente y productivo.

10I. Análisis de las condiciones legales e institucionales en ambos estados para la adopción del PAOM⁴⁰

1. Capacidades institucionales			
Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
En Chiapas, la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural es la cabeza del sector ambiental. Esta Secretaría opera a partir de dos Subsecretarías: "de Medio Ambiente" y "de Cambio Climático". Acorde a la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Chiapas, corresponde a la SEMAHN el despacho de los siguientes asuntos): Fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas, recursos naturales, bienes y servicios ambientales de la Entidad, en	La Ley Orgánica Municipal del Estado de Chiapas tiene por objeto el de establecer las bases generales de la organización y régimen interior de los municipios del Estado de Chiapas. En su artículo 36, sobre atribuciones de los ayuntamientos, específicamente se señala la promoción de acciones que permitan evitar la emisión de GEI (se enuncian los factores causales de los mismos) y la formulación e instrumentación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la reducción de	La Secretaría de Energía, Medio Ambiente y Recursos Naturales de Tabasco, llamada así a partir de las reformas a la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del estado de Tabasco, con fundamento en las reformas del 26 de diciembre del año 2012, es la cabeza del sector ambiental en Tabasco. De acuerdo al Reglamento Interno de la Secretaría; dentro de las atribuciones asignadas, la Secretaría debe evaluar las políticas, programas, acciones y estrategias sectoriales, considerando los	Los municipios tienen atribuciones claras conforme al marco legal para llevar a cabo planes, programas y obras que se traducen en acciones de adaptación. Asimismo, en la Ley Orgánica de los municipios del Estado de Tabasco, señala las facultades y obligaciones de los ayuntamientos para expedir los reglamentos y desarrollar las acciones de competencia municipal en materia de equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Sin mencionar el concepto cambio climático, aborda aspectos relacionados con conservación ambiental. Así mismo el artículo 46

⁴⁰ En este cuadro se presenta un primer acercamiento para describir las condiciones legales e institucionales en la Cuenca para la adopción del PAOM. Los comentarios aquí presentados se basan en el análisis del marco legal y en entrevistas a funcionarios públicos de ambos estados. Para la elaboración de este análisis y entrevistas, se consideraron las preguntas contenidas en el apartado 3.1.3 de los términos de referencia.

1. Capacidades institucionales			
Chiapas		Tabasco	
<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>	<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>
<p>coordinación con las instancias competentes; programar y coordinarse con las instancias federales, estatales y municipales, en la realización de acciones orientadas a prevenir, restaurar el daño y evitar la destrucción de los recursos naturales y el medio ambiente del Estado; evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental, de competencia estatal y de los proyectos de desarrollo que presente al sector público, social y privado, además de resolver sobre los estudios de riesgo ambiental no reservados a la federación y a los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica o que afecten al medio ambiente; llevar un registro general de los Programas de Vivienda y Medio Ambiente, , para su difusión, consulta pública y control; y Promover la participación de los sectores social y privado, en la formulación, ejecución, evaluación, actualización, modificación y vigilancia de los programas relativos a vivienda, ordenamiento ecológico y territorial, y medio ambiente.</p> <p>La Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en el Estado de Chiapas tiene por objeto establecer la concurrencia del Estado y de los Municipios en la formulación e instrumentación de las políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos adversos, para proteger a la población y coadyuvar al desarrollo</p>	<p>sus efectos adversos.</p>	<p>tres ámbitos de acción: federal, estatal y municipal. Debe prevenir y controlar la contaminación atmosférica del suelo, de las aguas estatales, así como promover la participación de la sociedad en la aplicación y vigilancia de política ambiental. De acuerdo al Reglamento Interno y al PEACC Tabasco (Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático) tiene atribuciones claras para llevar y liderar acciones en materia de adaptación al cambio climático como pueden ser aquellas acciones relativas al PAOM.</p>	<p>establece la existencia de COMISIONES, insertando a partir de las reformas del 24 de diciembre del año 2008 la Comisión de Ambiente y Protección Civil. Por su parte el artículo 94 Ter establece de igual modo a partir de las reformas en cita la creación de la Dirección de Protección Ambiental y Desarrollo Sustentable.</p>

1. Capacidades institucionales			
Chiapas		Tabasco	
<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>	<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>
<p>sustentable.</p> <p>El Programa de Acción Ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas (PACCCH) establece objetivos específicos hacia el establecimiento de un marco institucional sólido y permanente para desarrollar las políticas y programas transversales en estrategias de mitigación y adaptación ante el Cambio Climático; apoyo al fortalecimiento de capacidades locales para la generación de las bases científicas y el entendimiento de las implicaciones del cambio climático en el estado de Chiapas, así como el fomento de las acciones de la sociedad para la adaptación y mitigación; y el fomento a la generación de espacios de participación social en la construcción y consolidación y operación del PACCCH.</p>			

2. Toma de decisiones, gobernanza y descentralización⁴¹

Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
<p>Con fundamento en el artículo 13 de la Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en el Estado de Chiapas, se crea la Comisión de Coordinación Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Chiapas con carácter permanente y con las facultades necesarias para desarrollar la política de Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en Chiapas. Este organismo fungirá como órgano colegiado responsable de la coordinación gubernamental en materia de Cambio Climático para el Estado de Chiapas y sus resoluciones y opiniones son de carácter obligatorio para las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Estatal. Esta Comisión se integra por diversos actores multisectoriales a partir de su conformación acorde a la ley, aunque no consideran la</p>	<p>Existen los Planes de Desarrollo Rural Sustentable y los Consejos Municipales de Desarrollo Rural Sustentable. Todos los que se han documentado contemplan los ejes: físico o físico ambiental, económico y social. En los consejos, se cuenta con participación social y de organizaciones de la sociedad civil.</p>	<p>Es interesante como ejemplos de mecanismos de toma de decisión en el caso de Tabasco, el Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas. En la administración del Presidente de México Felipe Calderón Hinojosa se creó el primer Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas a nivel regional (CTOOHR), conformado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), los Gobiernos de Chiapas y Tabasco, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y la CONAGUA que preside este órgano en el cual participan especialistas de los Organismos de Cuenca y otros más.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Federal: SEMARNAT, CONAFOR, CFE, PEMEX Exploración y Producción, y Gas y Petroquímica básica. •Estatal: Secretaría de 	<p>Como tal la Ley Orgánica de los Municipios del estado de Tabasco no regula a la Consulta Pública, la menciona para efectos de que tenga lugar en cuanto al Plan Municipal de Desarrollo, sin embargo, como ejemplo podemos citar el Reglamento del Comité de Obras Públicas del municipio de Centro, Tabasco, que abarca la ciudad de Villahermosa, en dicho Reglamento se establece como una de sus atribuciones, en la fracción V, el sugerir los procedimientos de coordinación y consulta entre los sectores público, social y privado para la realización de la obra pública.</p> <p>Mediante los Comités de Planeación del desarrollo Municipal (COPLADEMUN) surgen los programas de Desarrollo donde se fijan prioridades pero no hay</p>

⁴¹ Respecto a las dependencias federales, hay experiencias en la implementación de programas federales satisfactorias que permitirían decir que si hay esquemas de descentralización efectiva. Sin embargo, hay serias críticas a los Consejos de Cuenca de Conagua y a la poca participación de la sociedad civil. La Ley de Aguas Nacionales establece la regulación de los Consejos de Cuenca en el artículo 13 BIS 1: En febrero de 2010 se firma en Tabasco el Acuerdo de Coordinación entre la SEMARNAT, representada por el Organismo de Cuenca Frontera Sur y el Ejecutivo estatal, representado por la SERNAPAM, para la creación de la Gerencia Operativa Estatal del Consejo de Cuenca de los Ríos Grijalva y Usumacinta. Por otra parte la Gerencia Operativa Estatal del Consejo de Cuenca de los Ríos Grijalva y Usumacinta con representación en Tabasco al ser un Organismo bipartita integrado por representantes del Gobierno del estado y de la CONAGUA han realizado diversas actividades y proyectos con el fin de fortalecer la integridad social, muestra de ello es la creación de la Asamblea Estatal de Usuarios cuya participación ha sido muy activo, como ejemplo se tiene la realización de seminarios, talleres y diplomados en la materia, como ejemplo se tiene la impartición del diplomado “Hacia la construcción de capacidades para la gestión integral de nuestra cuenca” con sede en el poblado de Oxolotán, municipio de Tacotalpa, Tabasco. El diplomado surge como propuesta de capacitación integral para funcionarios y líderes comunitarios en la cuenca del río Grijalva y forma parte de las acciones que se realizan en la zona a través de diversos proyectos como el FORDECYT denominado “Gestión y Estrategias de manejo sustentable para el desarrollo regional en la cuenca hidrográfica transfronteriza Grijalva. Es importante destacar la participación de Universidades y Centros de Investigación en la realización de estos talleres y diplomados. De igual modo tienen lugar las sesiones del Grupo de Seguimiento y Evaluación del Consejo de Cuenca de los Ríos Grijalva y Usumacinta, el cual fue constituido desde el 11 de agosto del año 2000, en el intervienen el Representante del Presidente del Consejo de Cuenca, Vocales Gubernamentales de los Estados de Chiapas y Tabasco, Vocales Regionales Representantes de Usuarios, entre otros más. No obstante los esfuerzos que se tienen en la materia como se ha mencionado, han existido ciertas vulnerabilidades de índole personal en la contra parte federal, en específico en la Delegación Estatal de la CONAGUA Tabasco, que impiden que la continuidad de la Gerencia Estatal del Consejo de Cuenca sea en forma institucional. Es de esperarse que la situación actual mejore en aras de un mayor beneficio de los usuarios que forman parte de la Asamblea Estatal, quienes han desarrollado sus capacidades de forma exitosa desde su creación.

2. Toma de decisiones, gobernanza y descentralización⁴¹

Chiapas		Tabasco	
<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>	<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>
<p>participación social:</p> <p>I. Secretaría de Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural.</p> <p>II. Secretaría del Campo.</p> <p>III. Secretaría de Pesca y Acuicultura.</p> <p>IV. Secretaría de Transportes.</p> <p>V. Secretaría de Desarrollo y Participación Social.</p> <p>VI. Secretaría de Educación.</p> <p>VII. Secretaría de Infraestructura.</p> <p>VIII. Secretaría de Salud.</p> <p>IX. Secretaría de Pueblos Indios.</p> <p>X. Secretaría para el Desarrollo de la Frontera Sur y Enlace para la Cooperación Internacional.</p> <p>XI. Secretaría de Turismo.</p> <p>XII. Secretaría de Economía.</p> <p>XIII. Instituto de Población y Ciudades Rurales.</p> <p>XIV. Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres del Estado de Chiapas.</p> <p>XV. Comisión de Energías y Biocombustibles del Estado de Chiapas.</p> <p>La ley estatal de Cambio Climático delega la responsabilidad al titular de SEMAHN y él dirige todo lo de relativo a la CICC.</p>		<p>Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP), la Secretaría de Asentamientos y Obra Pública (SAOP) que ahora se llama Secretaría de Ordenamiento Territorial y Obras Públicas (SOTOP), Secretaría de Educación, Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Tabasco (CCYTET) Y Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM), la Secretaría de Planeación y Desarrollo Social (SEPLADES) desaparece pasando sus actividades a la Secretaría de Planeación y Finanzas.</p> <p>•Municipal: Cárdenas, Centla y Paraíso.</p> <p>SECTORACADÉMICO:</p> <p>•División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.</p> <p>•Colegio de Postgraduados, COLPOS.</p> <p>•Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR.</p> <p>•Centro Regional para la Producción más Limpia, IPN.</p> <p>SECTOR SOCIAL:</p> <p>•Profesionales Especialistas del Medio Ambiente, PROEMAC, A.C.</p> <p>•Proyecto Génesis Agricultura Integral, S. P. R. de R. L.</p> <p>•Colegio de Ingenieros Civiles.</p> <p>•Unión Regional Agrícola de Productores de Plátano de la Sierra.</p>	<p>participación social.</p>

2. Toma de decisiones, gobernanza y descentralización⁴¹

Chiapas		Tabasco	
<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>	<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>
<p>También faculta a municipios y a instituciones.</p> <p>Los PDU y ordenamientos territoriales y ecológicos también pueden servir para el PAOM.</p> <p>Deberá tomarse en cuenta aspectos de adaptación o será difícil cumplir objetivos amplios.</p> <p>El instrumento vinculante de mayor peso para cumplimiento será el reglamento de esta Ley (se encuentra en proceso de elaboración).</p> <p>La Subsecretaría de Cambio Climático probablemente podría asumir un rol de cabeza del PAOM a nivel de atribuciones. Sin embargo, para tener alcances más transversales podría ser la Secretaría de Planeación, pues ésta es la responsable del Plan de Desarrollo.</p> <p>Cabe distinguir que a nivel de ejecución podría ser la SEMAHN, y a nivel de acciones la Secretaría de Infraestructura y el Inesa (Instituto Estatal de Agua).</p>		<p>SECTOR EMPRESARIAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Cementos Holcim-APASCO. •CANACINTRA. H. <p>CONGRESO DEL ESTADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Comisión de Ecología, Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable <p>Así mismo integra la Comisión Intersecretarial del Cambio Climático en el estado de Tabasco, cuya finalidad es que el Gobierno del Estado cuente con atribuciones para planear, diseñar e instrumentar políticas públicas para la prevención, mitigación y adaptación ante el cambio climático. La Presidencia recae en la ahora Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM), la Secretaría Técnica estaba en manos de la extinta Secretaría de Planeación y Desarrollo Social (SEPLADES), y los vocales son: Secretaría de Gobierno, la extinta Secretaría de Administración y Finanzas, Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP), la extinta Secretaría de Desarrollo Económico, Secretaría de Educación, Secretaría de Salud, la extinta Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas (SAOP), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la Secretaría de Seguridad Pública, la Comisión Estatal de Agua y</p>	

2. Toma de decisiones, gobernanza y descentralización⁴¹

Chiapas		Tabasco	
<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>	<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>
		<p>Saneamiento y el Comité de Planeación para el Desarrollo del estado de Tabasco.</p> <p>Es muy importante esperar a que se den las sesiones correspondientes tanto de la Comisión Interinstitucional como de la Comisión Intersecretarial a efecto de que de conformidad con las reformas a la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del estado de Tabasco del mes de diciembre del año 2012, se proceda al cambio formal en la denominación de las Dependencias en cita.</p>	

3. Participación de actores en temas prioritarios y contradicciones con otros sectores

Chiapas		Tabasco	
<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>	<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>
<p>El Gobierno de Chiapas emite en 2007 el Reglamento del Comité de Planeación para el Desarrollo, en este instrumento se establece la participación concurrente de todos los sectores y es de intervención regional y municipal. El Coplade se integra por el gobernador del Estado, el Secretario de Planeación y Desarrollo Sustentable, los coordinadores de los gabinetes, los coordinadores y secretarios técnicos de los subcomités sectoriales, los delegados y subdelegados de las dependencias y entidades de la administración pública federal, los titulares de los organismos públicos, presidentes y secretarios de fideicomisos públicos del Estado, representantes del</p>	<p>Los Comités de Planeación para el Desarrollo Municipal (COPLADEM) son la estructura participativa de planeación a nivel municipal. Deben servir como el medio en donde se recaben todas las peticiones, necesidades, propuestas y sobre todo soluciones, siempre orientadas a conseguir el bienestar de los habitantes del municipio. Es el órgano colegiado de planeación municipal, el responsable de llevar a cabo la consulta, concertación y coordinación de acciones entre los tres órdenes de gobierno. Es el órgano que considerará la participación de los sectores social y privado en los trabajos relacionados con el proceso de planeación para el desarrollo sustentable del municipio.</p>	<p>La coordinación al interior de Tabasco se da, en primera instancia, mediante el Consejo Estatal de Planeación para el Desarrollo (COPLADET) donde concurren todos los sectores.</p> <p>Efectivamente el COPLADET (Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tabasco) tiene como propósito ser el eje rector entre el sector público, social y privado para integrar y dar seguimiento, al Plan Estatal de Desarrollo de acuerdo a la Ley de Planeación del estado.</p> <p>Conforme a lo dispuesto por los artículos 25 y 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 76 Constitución Política Local, 14 y 16 de la Ley de Planeación en el Estado, se establece la Rectoría del</p>	<p>Mediante los Comités de Planeación del desarrollo Municipal (COPLADEMUN) surgen los programas de Desarrollo donde se fijan prioridades pero no hay participación social.</p>

3. Participación de actores en temas prioritarios y contradicciones con otros sectores

Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
<p>sector social y privado, Coordinadores de los Comités de Planeación para el Desarrollo Regional y de Desarrollo Municipal y legisladores, entre otros.</p> <p>Este es un tema incierto, se están generando los programas de desarrollo de Chiapas. Aún no se sabe y no hay prioridades claramente definidas.</p> <p>Dadas las características de Chiapas y el interés de la administración actual sí se considerarán aspectos ambientales como prioritarios, a través de la conservación y el aprovechamiento de recursos naturales vía "economías verdes".</p> <p>Ya existe, sin embargo, un programa de gobierno llamado "Chiapas Sustentable". Uno de sus ejes transversales es el tema de Cambio Climático.</p>	<p>Su objeto es otorgar legitimidad, equilibrio y racionalidad a los programas que se vayan a ejecutar, ya sea total o parcialmente con la inversión municipal, mediante la instrumentación de normas, principios y estrategias orientadas a dar soluciones a las necesidades de la sociedad.</p> <p>Se integran de la siguiente manera:</p> <p>El Consejo Municipal para el Desarrollo Urbano.- Integrado por un coordinador designado por el Presidente Municipal, Un Secretario Técnico designado por la Comisión Técnica para el Desarrollo Sustentable, un representante del Gobierno Federal y Estatal y representantes de colegios , cámaras y asociaciones.</p> <p>El Consejo Municipal para el Desarrollo Rural Sustentable.- Integrado por un coordinador designado por el Presidente Municipal, representantes de las dependencias y entidades que formen parte de la Comisión Intersecretarial, establecida en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y representantes de las organizaciones sociales y privadas del sector rural.</p> <p>Las Asambleas de Barrios y los Comités de Validación de Obras o las Formas de Organización Ciudadana que el Ayuntamiento determine.</p>	<p>Estado para organizar un Sistema de Planeación Democrática del Desarrollo Estatal, que imprima solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía y de la democratización política, social y cultural del Estado.</p> <p>El Sistema Estatal de Planeación Democrática, funciona a través de dos componentes básicos: el administrativo, que es el Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tabasco, y el jurídico, que es la suma de ordenamientos legales que van desde la Constitución Política del Estado, hasta los convenios de desarrollo social suscritos con la Federación y los Ayuntamientos.</p> <p>El Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tabasco, es el organismo público descentralizado, encargado de promover y coadyuvar en la formulación, actualización, instrumentación y evaluación del Plan Estatal de Desarrollo, buscando compatibilizar, a nivel local los esfuerzos que realicen los gobiernos en todos los niveles, tanto en el proceso de planeación programación, evaluación e información, como en la ejecución de obras y la prestación de servicios públicos, propiciando la colaboración de los diversos sectores de la sociedad.</p> <p>La Secretaría de Planeación y Finanzas, es la encargada de conducir, coordinar y orientar las actividades propias del Sistema Estatal de Planeación Democrática de conformidad con lo</p>	

3. Participación de actores en temas prioritarios y contradicciones con otros sectores			
Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
		<p>establecido en la Ley de Planeación en el Estado.</p> <p>En el marco del Sistema Estatal de Planeación Democrática se deberá coordinar al interior del Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tabasco, la elaboración de los Planes y Programas de desarrollo social de carácter regional o especial.</p> <p>Asimismo, se propone la organización social como eje fundamental para la determinación, ejecución y vigilancia de las acciones, obras y recursos destinados a elevar los niveles de bienestar social de la población, coadyuvando a la aplicación de los espacios democráticos para la toma de decisiones y la transparencia en el ejercicio de los recursos.</p> <p>Las acciones y políticas de cada Secretaría forman parte del Subcomité Sectorial correspondiente, en el mismo contexto cómo funciona el COPLADET.</p> <p>Respecto a las acciones relacionadas con la adaptación al cambio climático las prioridades se encuentran ya plasmadas en las líneas prioritarias en el PEACC de Tabasco. Sin embargo el Comité Interinstitucional de Cambio Climático de Tabasco se hace planeación operativa y financiera.</p> <p>Para fijar prioridades y mecanismos, participan los tres niveles de gobierno, con ellos se establecen los mecanismos de colaboración que permitan destinar recursos a proyectos de carácter ambiental y</p>	

3. Participación de actores en temas prioritarios y contradicciones con otros sectores

Chiapas		Tabasco	
<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>	<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>
		<p>sustentable. El Congreso de la Unión, a través de la Cámara de Diputados y la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se reúnen periódicamente con los actores interesados a efecto de que pueda darse la gestión de recursos financieros en beneficio del sector. En la mayoría de las acciones la Secretaría brinda el apoyo necesario a los Ayuntamientos para que cuenten con proyectos que reúnan los requisitos suficientes que permitan a su vez la aprobación de sus proyectos, en caso de darse la aprobación, el recurso baja al Estado para que el Ayuntamiento lo ejerza con la comprobación correspondiente a su contraparte estatal.</p> <p>Respecto a prioridades ambientales que contravengan otros sectores, en lo general no se dan este tipo de contravenciones, por tal motivo se cuenta además del Comité Interinstitucional con la Comisión Intersecretarial, precisamente para que en el seno de esta instancia colegiada se analicen todos los proyectos que tengan como referente la protección ambiental en armonía con el desarrollo de proyectos productivos y económicos.</p> <p>Ejemplo de proyectos productivos que toman en consideración el cuidado y protección del medio ambiente, es la producción de miel en zona de manglar y la economía de traspatio, donde los pobladores cuentan con el apoyo de especies de traspatio en beneficio de la economía familiar,</p>	

3. Participación de actores en temas prioritarios y contradicciones con otros sectores

Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
		<p>produciendo su alimento con insumos que sean amigables con el medio ambiente, como la composta y otros mecanismos más.</p> <p>Como ya se mencionó, está el Comité Interinstitucional de Cambio Climático de Tabasco donde se procura hacer planeación multisectorial para no contravenir prioridades de otros sectores o para lograr consensos.</p>	

4. Asignación y organización de recursos alineados con prioridades institucionales para cumplimiento de mandatos

¿Tiene la organización los recursos (humanos, presupuestales, tecnológicos) necesarios para cumplir con su mandato?
 ¿La asignación de estos recursos está alineada con las prioridades institucionales?

Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
<p>El PACCCH es una de las prioridades del Gobierno Chiapaneco dado que apoya la planeación y el desarrollo estatal. El Programa se creó a través de la coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (Semahn), Conservación Internacional (CI) y la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), así como la participación de diversos actores de la sociedad civil, instituciones académicas y dependencias gubernamentales. La elaboración de este Plan es un ejemplo, encabezado por Semahn, de coordinación y articulación de esfuerzos de diversos actores en distintos sectores.</p>	<p>En Chiapas, algunos municipios han generado los Planes de Desarrollo Rural Sustentable. Esto puede verse como un signo de fortaleza de recursos en el ámbito municipal. También los COPLADEM ejemplifican esta fortaleza.</p>	<p>De acuerdo a los trabajos realizados para formular el PACCTabasco, el documento señala que hay escasez de recursos humanos especializados en cambio climático, escasez de información local sistematizada y confiable sobre Recursos Naturales, producción, emisiones, clima, entre otros, y hay recursos financieros y económicos restringidos. Sin embargo, puede decirse que el proceso de creación del Plan estatal permitió fortalecer las capacidades institucionales con captación y equipamiento.</p> <p>Así mismo en el marco de la elaboración del PACC Tabasco, Ecosur ayudó para la profesionalización en materia</p>	

4. Asignación y organización de recursos alineados con prioridades institucionales para cumplimiento de mandatos

¿Tiene la organización los recursos (humanos, presupuestales, tecnológicos) necesarios para cumplir con su mandato?
 ¿La asignación de estos recursos está alineada con las prioridades institucionales?

Chiapas		Tabasco	
<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>	<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>
<p>En esta materia no se cuenta con la infraestructura necesaria ni las capacidades para cumplir aspectos específicos de cambio climático, incluido el de Adaptación.</p> <p>Faltan muchas capacidades en cuanto a formación de cuadros técnicos de capacidades humanas, técnicas, de infraestructura y un buen monitoreo de desempeño.</p> <p>No hay recursos económicos asignados para cambio climático (no están "etiquetados". Pero ya se desarrolla la política pertinente. Se espera que se logren asignar los recursos para dar seguimiento a los objetivos propuestos por el PAOM.</p> <p>Ante la problemática del cambio climático y el reconocimiento de su importancia, es necesario asignar recursos acorde a nuevos criterios. El paradigma cambia totalmente pues muchas acciones que se están desarrollando no se hicieron con base en el análisis del cambio climático.</p>		<p>de cambio climático para funcionarios estatales y presidencias municipales.</p> <p>Sin embargo la formación de recursos humanos sigue siendo una tarea pendiente sobre todo a nivel municipal.</p>	

5. Mecanismos de rendición de cuentas y su efectividad

¿Existen evaluaciones independientes de las acciones que lleva a cabo la organización? ¿Qué otros mecanismos de rendición de cuentas existen y qué tan efectivos son?

Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
<p>Hay una evaluación constante por parte de la Federación, sobre todo para la asignación de recursos y apoyos federales, ej. INECC. Además están los organismos especializados en la materia, los organismos de auditoría como son a nivel federal la Secretaría de la Función Pública, la Auditoría Superior de la Federación que forma parte del H. Congreso de la Unión y en el nivel estatal la Secretaría de la Contraloría y el Órgano Superior de Fiscalización en el estado (OSFE).</p> <p>Así mismo, la Ley de Transparencia se ha convertido en un importante mecanismo de rendición ya que las dependencias estatales cuentan con una oficina para atender peticiones de transparencia.</p> <p>En materia de cambio climático la CCICCCH también es una instancia de evaluación.</p> <p>Cada secretaria debe tener una unidad de planeación; supuestamente ésta se encarga de hacer la planeación de su dependencia y el monitoreo de la misma y de sus acciones. Esto se traduce en informes de avances y de desempeño. Esta planeación se hace con metodologías tipo marco lógico, diagnostico, árbol de problemas, entre otros.</p>	-	<p>Existen evaluaciones independientes de las acciones que lleva a cabo la Secretaría de Medio Ambiente por parte del sector académico. Por ejemplo, el Colegio de la Frontera Sur participa en evaluaciones del sector agropecuario.</p> <p>También hay una evaluación constante por parte de la Federación, sobre todo para la asignación de recursos y apoyos federales como por ejemplo el INECC. Además están los organismos especializados en la materia, y los organismos de auditoría., como son a nivel federal la Secretaría de la Función Pública, la Auditoría Superior de la Federación que forma parte del H. Congreso de la Unión y en el nivel estatal la Secretaría de la Contraloría y el Órgano Superior de Fiscalización en el estado (OSFE).</p> <p>Así mismo, la Ley de Transparencia se ha convertido en un importante mecanismo de rendición ya que las dependencias estatales cuentan con una oficina para atender peticiones de transparencia.</p> <p>En materia de cambio climático el Comité Interinstitucional de Cambio Climático de Tabasco es también una instancia de evaluación.</p>	-

5. Mecanismos de rendición de cuentas y su efectividad

¿Existen evaluaciones independientes de las acciones que lleva a cabo la organización? ¿Qué otros mecanismos de rendición de cuentas existen y qué tan efectivos son?

Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
<p>Faltan herramientas para monitoreo del desempeño, se hace monitoreo a nivel de estrategias y acciones, pero no al desempeño; no a los impactos reales en el territorio.</p> <p>Los mecanismos implementados actualmente están "casados" con indicadores genéricos alineados por sector.</p>			

6. Organismos de coordinación entre diferentes sectores y niveles de gobierno

¿Existen organismos de coordinación entre diferentes sectores y niveles de gobierno?

Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
<p>Existen los Comités y Consejos de Cuenca de la CONAGUA y los COPLADEM. Estos espacios de interacción entre sectores y niveles de gobierno atienden temas relacionados con el recurso agua y su uso y calidad y el desarrollo rural, principalmente.</p> <p>Además, el CCICCH es otro espacio de coordinación intersectorial y de niveles de gobierno e instancias (participación del INE –ahora INECC, por ejemplo).</p> <p>La CICC de Chiapas es uno de ellos. Anida horizontalmente a secretarías y otras dependencias.</p> <p>Dentro de la nueva ley, se considerará el establecimiento</p>	-	<p>Está el Comité Interinstitucional de Cambio Climático de Tabasco formado por el gobierno federal, estatal, el Congreso del estado, y con la participación de municipios, el sector académico, el sector social y empresarial.</p> <p>Están los Consejos y Comités de Cuenca de CONAGUA, los Consejos Consultivos para el Desarrollo Sustentable, y los Consejos Municipales de Desarrollo Sustentable para temas más relacionados con la actividad agrícola y ganadera.</p> <p>En materia específica de cambio climático, la coordinación se dio a través del proceso de creación de Programa de Acción para el Cambio Climático y los</p>	-

6. Organismos de coordinación entre diferentes sectores y niveles de gobierno
¿Existen organismos de coordinación entre diferentes sectores y niveles de gobierno?

Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
de un Consejo de Cambio Climático, éste tendría una articulación vertical. Se reglamentará acorde a esta ley. Otro espacio importante es el CTC-REDD+ de Chiapas.		municipales PACMUN serán un excelente medio para la coordinación.	

7. Incentivos de organismos y funcionarios
¿Cuáles son los principales incentivos de los organismos y de los funcionarios que trabajan ellos para cumplir su mandato satisfactoriamente?

Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
-	-	Se han implementado una serie de procesos de evaluación institucional con indicadores, y criterios sobre metas. De acuerdo a estos criterios, existen posibilidades de compensaciones a los servidores públicos.	-

8. Mecanismos alternativos ante el incumplimiento de los mandatos
¿Cuáles son los principales mecanismos a los que pueden recurrir otros actores si la organización no cumple su mandato de manera satisfactoria?

Chiapas		Tabasco	
Ámbito estatal	Ámbito municipal	Ámbito estatal	Ámbito municipal
Según el PACCCH, buscando incrementar las capacidades sociales para los procesos de adaptación y mitigación del cambio climático, se ha impulsado la revisión, ajuste y actualización del "Plan de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en el Estado de Chiapas" bajo condiciones de cambio climático (PEASECH), involucrando a las organizaciones enfocadas a la educación ambiental en	-	Existen mecanismos mediante la ley de transparencia.	-

8. Mecanismos alternativos ante el incumplimiento de los mandatos

¿Cuáles son los principales mecanismos a los que pueden recurrir otros actores si la organización no cumple su mandato de manera satisfactoria?

Chiapas		Tabasco	
<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>	<i>Ámbito estatal</i>	<i>Ámbito municipal</i>
<p>acciones concretas ante el cambio climático. Este Plan, de instrumentarse adecuadamente, permitiría a la sociedad en su conjunta mejorar sus capacidades de demanda ante un posible incumplimiento.</p> <p>Existen los informes de los municipios, son informes financieros y técnicos de sus programas de gobierno.</p> <p>Además, existe la Secretaría de la Función Pública y la de Hacienda, quien fiscaliza los recursos.</p> <p>La Secretaria de Planeación va a hacer el monitoreo de proyectos y acciones.</p> <p>Específicamente, ante un incumplimiento de algún compromiso específico del PAOM no se tiene visualizado cual sería el esquema de monitoreo y/o sanción.</p> <p>En cuanto a mecanismos de supervisión periódica a poder legislativo y ejecutivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La Ley de Transparencia - La Secretaría de la Función Pública - La Secretaría de Hacienda - La Secretaría de Planeación 			

10J. Las ANP en la región Grijalva-Usumacinta

En lo referente a sus condiciones ambientales, la cuenca Grijalva Usumacinta posee un gran capital natural sobre todo la parte del Usumacinta. Está conformado por la selva lacandona (tropical húmeda), el bosque mesófilo de montaña, sistemas lagunares y humedales, entre otros. Esta gran diversidad de ecosistemas brinda importantes servicios ambientales al país. Afortunadamente, la región cuenta con un gran número de ANP tanto federales como estatales y municipales. Sin embargo, estas áreas se encuentran condicionadas a una gran variedad de amenazas y presiones por lo que constituyen un nicho en la conformación de un PAOM.

ANP Federales

En la región Hidrológica XI, Frontera Sur, de CONAGUA, hay 19 áreas protegidas federales decretadas. Esto es contando la Cuenca Grijalva Usumacinta y la de la Costa de Chiapas. Si se considera que la superficie total de las dos entidades federativas donde se encuentra la mayor parte de la Cuenca (Chiapas y Tabasco) representa menos del 5% del territorio nacional, resulta relevante que estas 19 áreas representan más del 10% del total de cobertura de áreas protegidas a nivel nacional. Esto da una idea de la importancia de estos instrumentos de planeación en la región que constituyen en sí una regionalización.

Las ANP federales son:

- Seis Áreas de protección de flora y fauna: Cañón del Usumacinta, Tabasco; Laguna de Términos, Campeche; y Cascadas de Agua Azul, Chan Kin, Metzabok y Nahá, Chiapas⁴²
- Dos Monumentos naturales: Bonampak y Yaxchilán, Chiapas⁴³
- Tres Parques Nacionales: Cañón del Sumidero, Lagunas de Montebello y Palenque, Chiapas⁴⁴
- Ocho Reservas de la Biosfera: Pantanos de Centla, Tabasco; El Triunfo, La Encrucijada, La Sepultura, Volcán Tacaná, Selva El Ocote, Lacantún y Montes Azules, Chiapas.

Sin duda, todas son importantes, sin embargo, tanto en extensión con respecto al total de áreas protegidas en la región (e, incluso, con respecto a la superficie territorial total de Chiapas y Tabasco), como en importancia por su menor grado de alteración por la acción humana, las Reservas de la Biosfera resultan las áreas más importantes y que requieren de la mayor atención, tanto en su análisis como en su gestión. Desde luego, las dos últimas mencionadas (Lacantún y Montes Azules) se consideran en una propuesta de manejo regional de ANP de la zona de la Selva Lacandona. Y cabe señalar que solamente Lacantún es la única Reserva de la Biosfera que no cuenta con Programa de Conservación y Manejo publicado.

El siguiente mapa concentra todas las Áreas Naturales Protegidas Federales en la región. El último mapa de este apartado, concentra las ANP federales, estatales y municipales y se aprecia el límite de la Cuenca Grijalva Usumacinta lo que permite diferenciar aquellas áreas de la región Hidrológica XI que no están comprendidas en nuestra región de estudio: la Cuenca Grijalva Usumacinta.

⁴² Las APFF Laguna de Términos, Nahá y Metzabok cuentan con Programa de Conservación y Manejo publicado. Estas dos últimas áreas cobrarán una importancia mayor en el siguiente subapartado, por estar consideradas como parte de una propuesta de manejo regional de siete ANP de la Selva Lacandona.

⁴³ Ambos Monumentos cuentan con Programa de Conservación y Manejo publicado y están considerados en la Propuesta de manejo regional antes mencionada.

⁴⁴ De estos Parques Nacionales, solamente Lagunas de Montebello cuenta con Programa de Conservación y Manejo publicado.

ANP federales en la región Grijalva-Usumacinta.



Fuente: Abt Associates.

Cuadro descriptivo⁴⁵

	Categoría	Nombre	Extensión [ha]	Estado	Municipios	Año de Decreto	Ecosistemas	Subregión hidrológica ⁴⁶	
1	APFF	Chan Kin	12,185	Chiapas	Ocosingo	1992	Selva media y alta subperennifolia	Lacantún - Chixoy	
2		Nahá	3,847				1998		Selva alta perennifolia, selva alta subperennifolia y bosque mesófilo de montaña
3		Metzabok	3,368		Palenque y Ocosingo	1998			
4		Cascadas de Agua Azul	2,580		Tumbalá	1980 ⁴⁷	Selva alta perennifolia	Bajo Grijalva Sierra	
5		Cañón del Usumacinta	46,128	Tabasco	Tenosique	2008		Usumacinta	
6		Laguna de Términos	705,017	Campeche	Carmen, Palizada y Champotón	1997	Praderas de pastos sumergidos, bosques de manglar, tular, vegetación riparia		
7	MN	Bonampak	4,357	Chiapas	Ocosingo	1992	Selva alta perennifolia	Lacantún - Chixoy	
8		Yaxchilán	2,621						
9	PN	Cañón del Sumidero	21,789	Chiapas	Tuxtla Gutiérrez, Soyalo, Osumacinta, San Fernando y Chiapa de Corzo	1980	Selva mediana subcaducifolia y baja caducifolia, encinar y pastizal	Medio Grijalva	
10		Lagunas de Montebello	6,022		La Trinitaria e Independencia	1959	Bosque de pino, encino y mesófilo de montaña	Alto Grijalva	
11		Palenque	1,771		Palenque	1981	Selva alta perennifolia y pastizal inducido	Usumacinta	
12	RB	El Triunfo	119,177	Chiapas	Acacoyagua, Ángel Albino Corzo, La Concordia, Mapastepec, Villacorzo, Pijijiapan y Siltepec	1990	Bosque mesófilo de montaña, bosque de coníferas y selva alta perennifolia	Alto Grijalva	

⁴⁵ Elaborado con información básica de CONANP.

⁴⁶ La Región XI Frontera Sur de CONAGUA ocupa el primer lugar a nivel nacional por cuanto a biodiversidad, ya que alberga al 64% de las especies conocidas vivientes en México. Desde la perspectiva de la gestión del agua, puede resultar de interés conocer en qué subregión hidrológica de las definidas por la CONAGUA en su Programa Hídrico por Organismo de Cuenca, Visión 2030, Frontera Sur, Región XI se encuentran las ANP de la región de interés.

⁴⁷ Hasta el año 2000, Cascadas de Agua Azul estaba categorizada como Reserva Especial de la Biosfera.



Diagnóstico de PAOM

13		La Sepultura	167,309		Tonalá, Arriaga, Cintalapa, Jiquipilas, Villaflores y Villacorzo	1995	Bosque lluvioso de montaña y de niebla, selva caducifolia, selva baja caducifolia y chaparral de niebla	Costa de Chiapas / Medio Grijalva
14		Lacantún	61,874		Ocosingo	1992	Selva alta perennifolia	Lacantún – Chixoy
15		Montes Azules	331,220		Ocosingo, Margaritas y Maravilla Tenejapa	1978	Selva alta perennifolia y mediana subcaducifolia, bosque de pino y encino, bosque ripario de galería, jimbales y sabana	
16		Selva El Ocote	48,140		Ocozocoautla de Espinosa, Cintalapa de Figueroa, Tecpatán de Mezcalapa y Jiquipilas	2000	Selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y bosque de pino y encino	Medio Grijalva
17		Pantanos de Centla	302,706	Tabasco	Centla, Jonuta y Macuspana	1992	Pantanos y marismas, selva mediana y baja subperennifolia y manglar	Bajo Grijalva Planicie / Usumacinta
18	APRN	Zona de Protección Forestal "La Frailesca"	116,732	Chiapas	La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas	2007	n.d.	n.d.
19	Santuario	Playa de puerto Arista	63	Chiapas	Tonalá	2002	n.d.	n.d.

ANP Estatales

En la Región hay 41 ANP de jurisdicción estatal: dos en Campeche, 15 en Tabasco y 24 en Chiapas. Casi la mitad de estas ANP se encuentran en la categoría: Zona Sujeta a Conservación Ecológica.

Cuadro II. Cuadro descriptivo de ANP Estatales

	Nombre	Estado	Año de decreto	Categoría	Extensión [ha]
1	Balam-Kin	Campeche	1999	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	99,136
2	Balam-Ku		2003		406,994
3	Chanal	Chiapas	1972	Aéreas Naturales Típicas	4,261
4	La Concordia Zaragoza		1972		16,525
5	El Zapotal		1990	Centro Ecológico Recreativo y Zona de Amortiguamiento	191
6	Santa Felicitas		1974	Parque de Reserva Natural	4,292
7	Gertrude DUBY		1994	Reserva Biótica	65
8	La Lluvia		2000	Reserva Estatal	108
9	Cerro Mactumatza		1997		611
10	Tzama Cum Pumy		2006	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	102
11	Sistema Lagunar Catazajá		2006		41,033
12	La Pera		2006		7,530
13	Humedales La Libertad		2006		5,431
14	Cerro Meyapac		2006		1,748
15	La Sepultura		1995		178,685
16	La Encrucijada		1995		155,052
17	Volcán Tacaná		2000		10,756
18	El Gancho Murillo		1999		6,722
19	El Cabildo Amatal		1999		4,017
20	Pico El Loro-Paxtal		2000		61,827
21	Fracción del Predio Santa Ana		1996		512
22	Rancho Nuevo		1990		1,698
23	El Canelar		1995		110
24	Huitepec - Los Alcanfores		2007		103
25	El Recreo		1996	45	
26	Laguna Bélgica		Tabasco	1996	
27	Gruta del Cerro Coconá		1988	Monumento Natural	285
28	Cañón de Usumacinta		2005	Parque Estatal	45,567
29	Agua Blanca		1987		1,879
30	Cascadas de Reforma		2002	Reserva Ecológica	5,583
31	Laguna de las Ilusiones		1995		176
32	Laguna de las Ilusiones		1995		12
33	Laguna de las Ilusiones		1995		12

	Nombre	Estado	Año de decreto	Categoría	Extensión [ha]	
34	Laguna de las Ilusiones		1995		21	
35	Parque Ecológico de la Chontalpa		1995		305	
36	Parque Ecológico Laguna La Lima		1995		22	
37	Río Playa		2004		709	
38	Sierra de Tabasco		1988		16,746	
39	Centro de interpretación de la Naturaleza (Yumka)		1993		Zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica	1,516
40	Yu - Balcah		2000		Zona Sujeta a Conservación Ecológica	576
41	Laguna del Camarón		1993			51

ANP Municipales

También encontramos 69 ANP municipales. De estas 69 ANP, dos se encuentran en Campeche, una en Tabasco, y el resto en Chiapas. Salvo una de las ANP de Campeche y la de Tabasco, todas las demás son Parques Urbanos.

Cuadro descriptivo de ANP municipales

	Nombre	Estado	Año	Categoría	Extensión [ha]
1	Laguna Ik	Campeche	n.d.	Jardín de Regeneración y Recuperación de Especies	28,820
2	Salto Grande			Parque Urbano	1,570
3	Emiliano Zapata: Las Varillas	Chiapas	1996	Parque Urbano	1
4	Carmen Yaxchuch		1995		1
5	Zona de Los Ríos		1996		1
6	Parque de La Primavera		1996		23
7	Adolfo Ruiz Cortínez		1996		1
8	Ángel Albino Corzo		1996		1
9	Francisco Romo Serrano		1995		1
10	Congregación El Roblan		1995		1
11	Aztlán		1995		1
12	Nacatili		1996		1
13	Unión y Progreso (Chiapa de Corzo)		1996		>1
14	San Lucas (cabecera municipal)		1996		1
15	Anexo Villa de Guadalupe		1995		1
16	Ponciano Arriaga		1996		2
17	El Bosque		1996		3
18	San Marcos		1995		1
19	Los Amates		1995		1
20	Heriberto Jara		1996		1
21	Úrsulo Galván		1996		1

Diagnóstico de PAOM

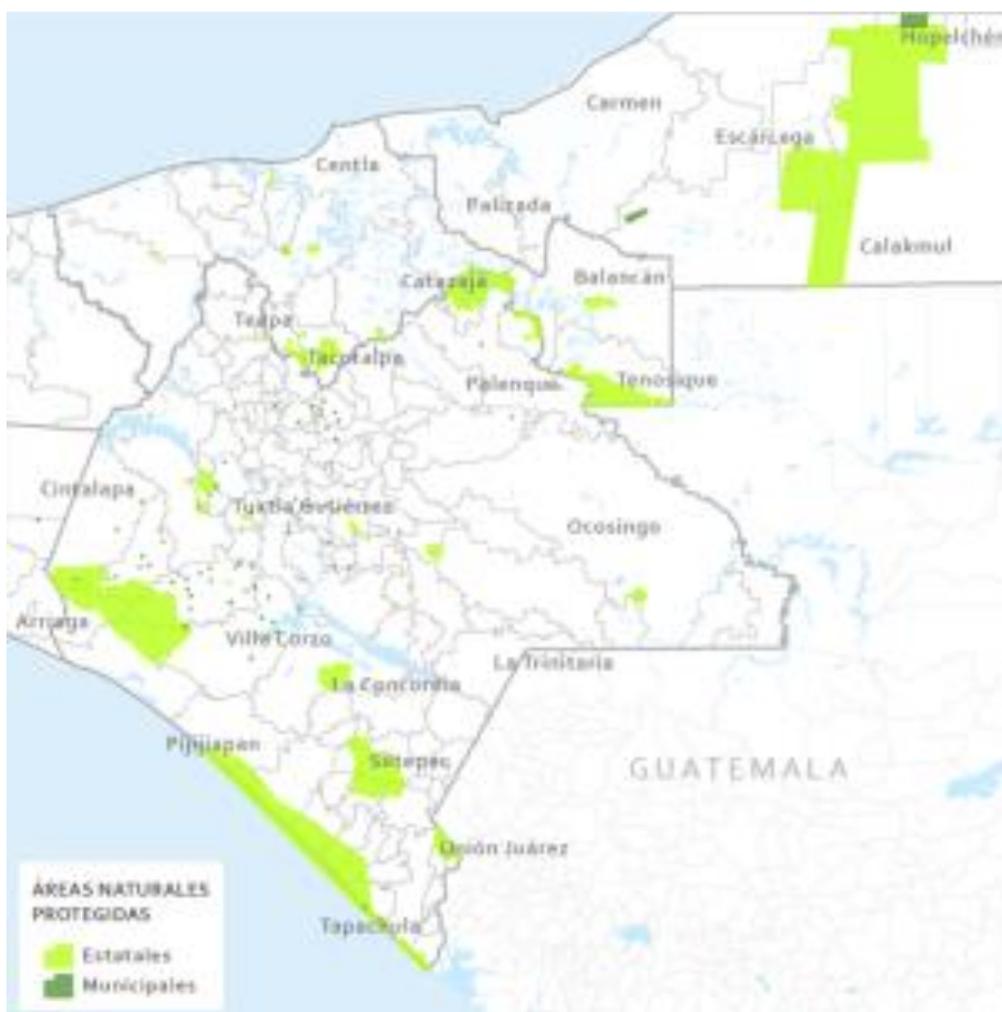
22	Loma Bonita	1995	1
23	Mirador	1996	1
24	El Potrero	1996	1
25	El Bajío	1996	1
26	Cuauhtémoc	1996	1
27	Ignacio Zaragoza	1996	1
28	El Aguajito	1996	1
29	Palenque Los Pinos	1996	2
30	Los ángeles	1996	1
31	Roblada Grande	1996	1
32	Benito Juárez	1996	1
33	Paraíso	1995	4
34	California	1995	>1
35	Progreso Agrario	1996	1
36	Manuel Ávila Camacho	1996	1
37	Cristóbal Obregón	1996	1
38	Tenochtitlán	1996	1
39	Unión y Progreso (Villaflora)	1996	1
40	Corazón del Valle	1995	1
41	Liberación	1996	1
42	Baja California	1996	1
43	Unión Agrarista	1996	1
44	Nueva Palestina	1995	1
45	Andrés Quintana Roo	1996	1
46	Venustiano Carranza	1996	1
47	San Carlos	1996	1
48	José Castillo Tielmans	1995	1
49	Vicente Guerrero	1996	1
50	Colonia Barrio Nuevo	1995	1
51	Tierra y Libertad	1996	1
52	Efraín A. Gutiérrez	1996	1
53	La Pimienta	1995	1
54	San Jerónimo Tulijá	1996	1
55	Lázaro Cárdenas	1995	1
56	Chacamax	1995	1
57	Luis Espinosa	1996	1
58	Solo Dios	1996	1
59	La Ventana	1995	1
60	San Francisco (antes La Frontera)	1995	1
61	La Competencia	1995	1
62	Sacajtic	1995	1
63	La Sombra Carrizal	1995	1

Diagnóstico de PAOM

64	Zacatonal de Juárez		1995		1
65	Arroyo Grande		1995		2
66	Ribera Saquimínguez		1996		1
67	Marte R. Gómez		1996		1
68	MVZ Benigno Hernández Hidalgo		1996		1
69	Tabasco 2000	Tabasco	1995	Parque urbano sujeto a protección ecológica	>1

El siguiente mapa muestra la distribución de las ANP estatales y municipales.

ANP estatales y municipales

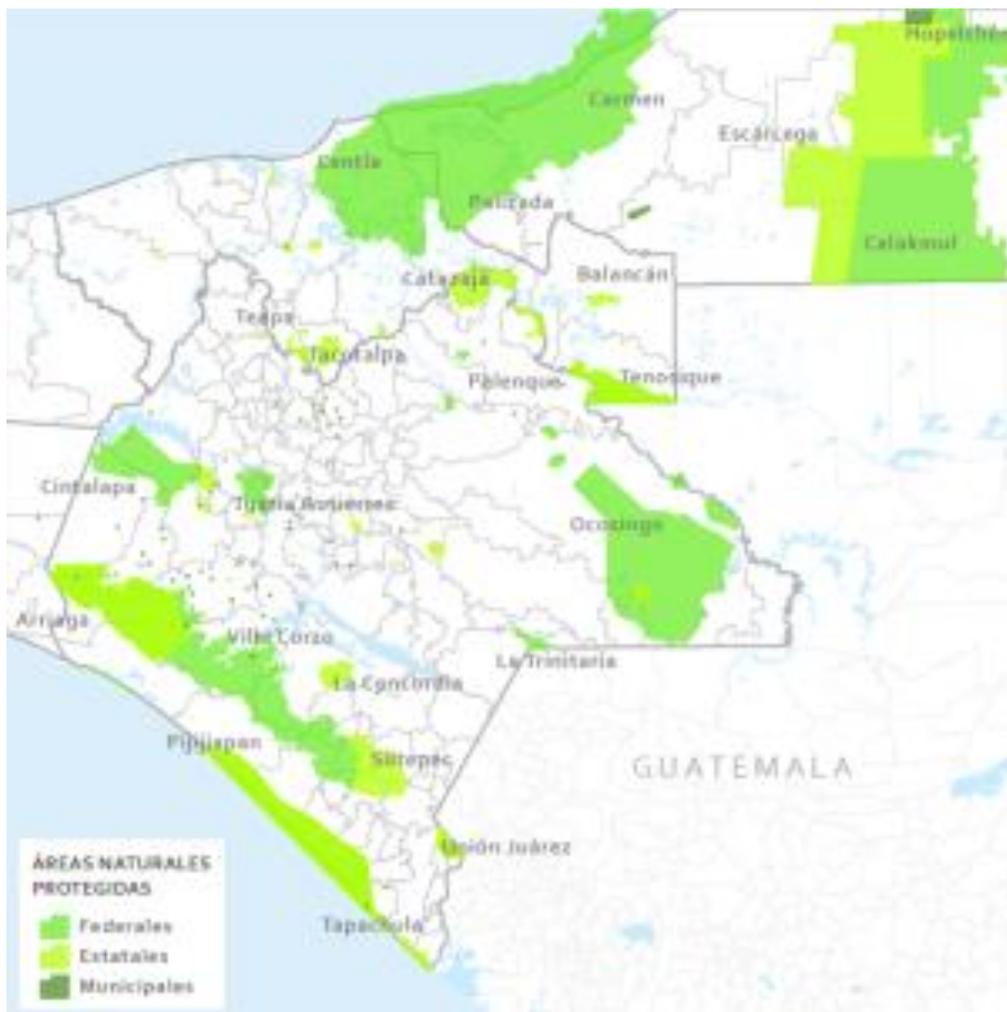


Fuente: Abt Associates.

Los siguientes dos mapas permiten apreciar la distribución y riqueza de ANP en la región y por lo tanto el potencial de este instrumento de planeación y regionalización para conformar el PAOMI del Grijalva

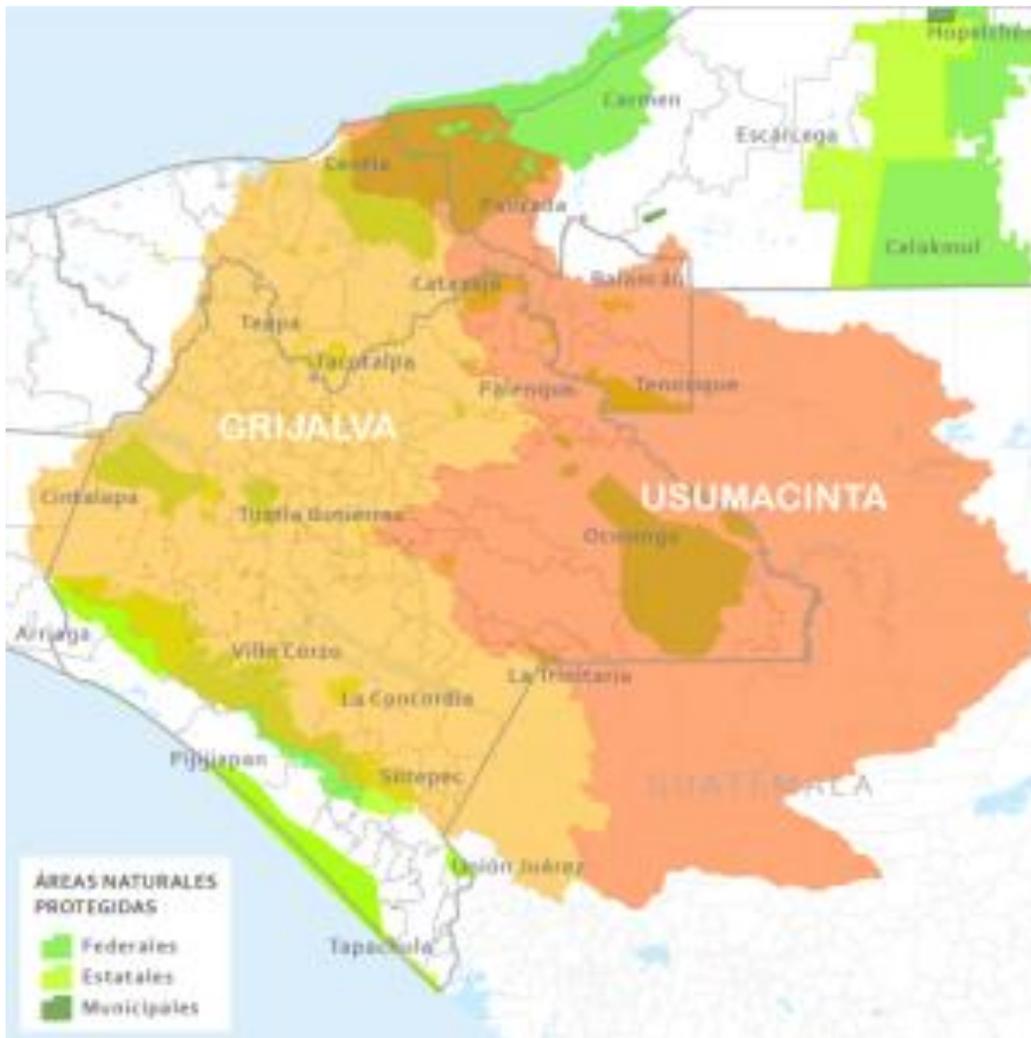
Usumacinta. En el segundo puede observarse la delimitación de la Cuenca Grijalva Usumacinta lo que permite diferenciar aquellas que no están insertas en esta cuenca. Como se observa, los mapas contienen ANP situadas un poco más allá de los límites de la Cuenca, sin embargo son relevantes por la distribución espacial, por su cercanía y funcionamiento del ciclo hídrico.

ANP Federales, Estatales y Municipales en la región Grijalva Usumacinta.



Fuente: Abt Associates

ANP Federales, Estatales y Municipales y límites de la Cuenca Grijalva Usumacinta



Fuente: Abt Associates

-
- ¹ González Villarreal, Fernando Jorge, et al, Evaluación de la vulnerabilidad del sistema de presas del río Grijalva ante los impactos del cambio climático. Informe final. INE/A1-027/2009. Instituto de Ingeniería. Estudio patrocinado por el Instituto Nacional de Ecología. 2009.
- ² Moss, R. H., J. A. Edmons, K. A. Hibbard, M. R. Manning, S. K. Rose, D. P. van Vuuren, T. R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G. A. Meehl, J. F. B. Mitchell, N. Nakicenovic, K. Riahi, S. J. Smith, R. J. Stouffer, A. M. Thomson, J. P. Weyant and T. J. Wilbanks, The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, Vol. 463. Pp. 747-755. 2010.
- ³ Comisión Nacional del Agua, Región Hidrológico-Administrativa V Pacífico Sur, Programa Hídrico Regional Visión 2030. Marzo de 2012. www.conagua.gob.mx.
- ⁴ Sitio del portal de WEAP: <http://www.weap21.org/>
- ⁵ Sahli, Ali and Mohamed Jabloun, MABIA method, Institut National Agronomique de Tunisie.
- ⁶ Allen, Richard G. et al, Crop Evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56. Rome, Italy. 1998.
- ⁷ Coe, M. T., et al, The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia River, Brazil. Springer Science + Business Media B. V. February 11, 2011.