



Environment
Canada

Environnement
Canada

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO



Al servicio
de la persona
y las naciones

Base de datos climática y de variables ambientales para un estudio en la cuenca del Río Mezquital

Informe Final

2015

Documento generado a
partir de los resultados de la
consultoría realizada por:

María Eugenia Haro
González

Serie

2

Evaluación y mapeo de la vulnerabilidad
y los riesgos climáticos

Derechos Reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Colonia Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CP.11000, Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CP. 14210, Ciudad de México.

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas, almacenadas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin el permiso previo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

El análisis y las conclusiones aquí expresadas no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva, de sus Estados Miembros, o del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Documento generado a partir de los resultados de la consultoría realizada por: María Eugenia Haro González.

Citar como:

PNUD México-INECC. 2015. *Base de datos climática y de variables ambientales para un estudio en la cuenca del Río Mezquital*. Proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”. 51 pp. María Eugenia Haro González. México.

Esta publicación fue desarrollada en el marco del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México” del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Agradecimiento:

Al gobierno de Canadá a través de Environment Canada por el apoyo financiero recibido para el desarrollo del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”, durante 2014-2018. Al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático por el apoyo prestado para el buen desarrollo de la Plataforma.

Contenido

1. Introducción.....	5
2. Objetivo.....	6
2.1 Objetivos específicos.....	6
3. Descripción del sitio de San Pedro Mezquital.....	7
4. Base de datos.....	11
5. Análisis de los resultados.....	15
5.1 Temperatura.....	15
5.2 Precipitación.....	16
5.3 Escenarios de cambio climático.....	17
5.3.1 Estación 18032.....	17
5.3.2 Estación 18028.....	20
5.3.3 Estación 18026.....	23
5.3.4 Estación 18085.....	26
6. Información complementaria.....	29
6.1 Evapotranspiración.....	29
6.2 Acuíferos.....	29
6.2.1 Acuífero San Pedro-Tuxpan.....	30
6.2.2 Acuífero Valle del Mezquital.....	33
6.2.3 Acuífero Valle de Santiaguillo.....	34
6.2.4 Acuífero Valle de Canatlán.....	35
6.2.5 Acuífero Vicente Guerrero-Poanas.....	35
6.2.6 Acuífero Madero-Victoria.....	36
6.2.7 Acuífero Valle del Guadiana.....	37
6.3 Presas.....	38
6.3.1 Presa Bayacora.....	38
6.3.2 Presa Guadalupe Victoria.....	41
6.3.3 Peña del Águila.....	42
6.3.4 Presa Francisco Villa.....	43
6.3.5 Presa J. Jerónimo Hernández (Santa Elena).....	44
6.3.6 Presa Caboraca (Canoas).....	45
6.3.7 Estaciones hidrométricas.....	47
7. Conclusiones.....	48
8. Referencias.....	49

Lista de figuras

Figura 1 Cuenca del Río San Pedro Mezquital	7
Figura 2. Entidades federativas y municipios que participan territorialmente en la cuenca de los Ríos Presidio al San Pedro.....	8
Figura 3. Cuenca baja del Río San Pedro	9
Figura 4. Ejemplo de la base de datos.....	12
Figura 5. Ejemplo de las gráficas generadas para las estaciones	12
Figura 6. Ejemplo de los datos obtenidos para los escenarios de cambio climático	13
Figura 7. Ejemplo de las gráficas generadas en la base de datos	13
Figura 8: Variación mensual de la temperatura media [°C]	15
Figura 9: Variación mensual de la precipitación mensual acumulada [mm/mes]	16
Figura 10. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático	18
Figura 11. Precipitación acumulada mensual	19
Figura 12. Precipitación agosto CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5	19
Figura 13. Temperatura para el mes de julio CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte 2075-2099	20
Figura 14. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático	21
Figura 15. Precipitación acumulada mensual.....	22
Figura 16. Precipitación agosto CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5	22
Figura 17. Temperatura para el mes de julio CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte 2075-2099	23
Figura 18. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático	24
Figura 19. Precipitación acumulada mensual.....	25
Figura 20. Precipitación agosto CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5	25
Figura 21. Temperatura para el mes de julio CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte 2075-2099	26
Figura 22. Precipitación agosto CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5	27
Figura 23. Temperatura para el mes de julio CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte 2075-2099	28
Figura 24. Localización de Acuífero San Pedro-Tuxpan (DOF, 2015).....	31

Lista de Cuadros

Cuadro 1: Temperaturas medias mensuales [°C].....	15
Cuadro 2: Precipitación acumulada mensuales [mm/mes].....	16
Cuadro 3. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático	17
Cuadro 4. Precipitación línea base y escenarios futuros.....	18
Cuadro 5. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático	20
Cuadro 6. Precipitación línea base y escenarios futuros.....	21
Cuadro 7. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático	23
Cuadro 8. Precipitación línea base y escenarios futuros.....	24
Cuadro 9. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático	26
Cuadro 10. Precipitación línea base y escenarios futuros.....	27
Cuadro 11. Acuíferos de la subregión hidrológica del Río San Pedro.	30
Cuadro 12. Actualización de disponibilidad media anual de agua subterránea para el acuífero San Pedro- Tuxpan (DOF, 2015).....	32
Cuadro 13. Disponibilidad media anual del acuífero Valle del Mezquital (DOF, 2015c).....	33
Cuadro 14. Disponibilidad media anual del acuífero Valle de Santiaguillo (DOF, 2015b).....	34
Cuadro 15. Disponibilidad media anual del acuífero Valle de Canatlán (DOF, 2015b).....	35
Cuadro 16. Disponibilidad media anual del acuífero Vicente Guerrero-Poanas (DOF, 2015b).....	35
Cuadro 17. Presas en el Acuífero Vicente Guerrero-Poanas (CONAGUA, 2013).....	36
Cuadro 19. Disponibilidad media anual del acuífero Vicente Guerrero-Poanas (DOF, 2015b).....	36
Cuadro 19. Disponibilidad media anual del acuífero Valle del Guadiana (DOF, 2015b)	37
Cuadro 20. Características de la presa Santiago Bayacora.	39
Cuadro 21. Características de la presa derivadora Santiago Bayacora.	40
Cuadro 22. Características de la presa Guadalupe Victoria.....	41
Cuadro 23. Características de la presa Peña del Águila.....	43
Cuadro 24. Características de la presa Francisco Villa.....	44
Cuadro 25. Características de la presa J. Jerónimo Hernández (Santa Elena).....	45
Cuadro 26. Características de la presa Caboraca (Canoas).....	46

1. Introducción

La información climática adquiere un alto valor socioeconómico en aquellas partes del mundo donde se considera como un elemento para la toma de decisiones. En países con proyectos de desarrollo sustentable, sectores como la administración del agua, la agricultura o la energía, han trabajado con información del clima desde hace más de una década. Para iniciar los trabajos de diagnóstico de la vulnerabilidad ante el cambio climático es necesario contar con una base de datos observados robusta, que permita realizar estudios sobre las condiciones medias, las variaciones y las tendencias del clima en una región determinada.

Un elemento de gran importancia en el análisis del clima de una región, es contar con bases de datos completas y confiables. La situación actual en meteorología es que existen fuentes y bases de datos dispersas. La información climática proviene de diversas fuentes, entre las que se incluye información obtenida en redes de estaciones meteorológicas.

En diversas regiones del mundo se han utilizado datos históricos de variables meteorológicas para el monitoreo y detección del cambio climático, identificación de patrones recurrentes asociados a eventos extremos y la identificación de estrategias para reducir el grado de vulnerabilidad a las variaciones y cambios del clima, que requieren el uso de información climática confiable (Brunet-India & López-Bonillo, 2001). En el caso de México, son varias las fuentes de información de datos que se encuentran disponibles, aunque en la mayoría de ellas no se ha aplicado un proceso de control de calidad, homogeneidad y análisis espacio-temporal para generar un conjunto de datos estándar utilizable para la generación de productos operativos y de investigación. Por lo que construir una base de datos climáticos de calidad permitirá no sólo mejorar el entendimiento de la variabilidad climática regional, sino también avanzar en su modelación y valoración ante los posibles impactos del cambio climático (Zintácuaro *et al.*, 2011).

Para evaluar eficazmente las disponibilidades o limitantes climatológicas regionales es necesario definir cuantitativamente el comportamiento de los elementos del clima, como la temperatura, la precipitación, la evaporación, entre otros, lo cual requiere de la información climática representativa y confiable, mediante una base de datos climáticos con la máxima calidad en sus registros, actualizada y lo más completa posible, para apoyar áreas de investigación, planeación, desarrollo agrícola, pecuario, forestal, así como para cubrir algunas otras expectativas de aplicación y construirla como una herramienta de apoyo en cualquier campo de conocimiento.

La cuenca objeto del presente proyecto es la cuenca del río San Pedro Mezquital, este es el séptimo río más caudaloso de México y es el único que atraviesa la Sierra Madre Occidental sin ser cruzado por represas, un aspecto de interés además de sus características físicas, está proyectada en esta cuenca la construcción de una presa con fines de generación eléctrica, lo que puede impactar negativamente a la región de Marismas Nacionales. En la zona de estudio, los principales usos del agua son para la agricultura, industria, comercio y doméstico (PDM, 2014), además de que la disponibilidad del agua según CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) para la región hidrológica a la que pertenece la zona de estudio se encuentra entre 1000-1700 m³/hab/año y que dicha disponibilidad se verá disminuida para el año 2030 en un 10% (CONAGUA, 2013). Para la descripción de las variables climatológicas de precipitación y temperatura, se seleccionaron cuatro estaciones meteorológicas (18028, 18085, 18026 y 18032)

en la cuenca del río, ubicadas en los municipios de Rosamorada y Ruíz, dichas estaciones fueron elegidas debido a que se ubican en la cuenca baja que es donde se pretende la construcción de la hidroeléctrica.

En este proyecto, se elaboró una base de datos depurada, la cual permite observar el comportamiento de las variables climáticas a través del tiempo, además dichas variables se proyectaron bajo escenarios de cambio climático, se trabajó con las anomalías proyectadas para un horizonte lejano (2075-2099) y con los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. Este proyecto, contribuye en la conformación de una base de datos que permitirá modelar la dinámica hídrica actual y bajo escenarios de cambio climático en el río San Pedro Mezquital, su importancia radica en que el agua es un recurso natural indispensable para la vida y para el hombre, ya que es de vital importancia para su consumo y progreso. Además, dicho recurso es considerado como un factor de producción que es necesario para llevar a cabo diferentes actividades económicas en la población, por lo que realizar estimaciones de disponibilidad de agua actual y futura es de suma importancia.

2. Objetivo

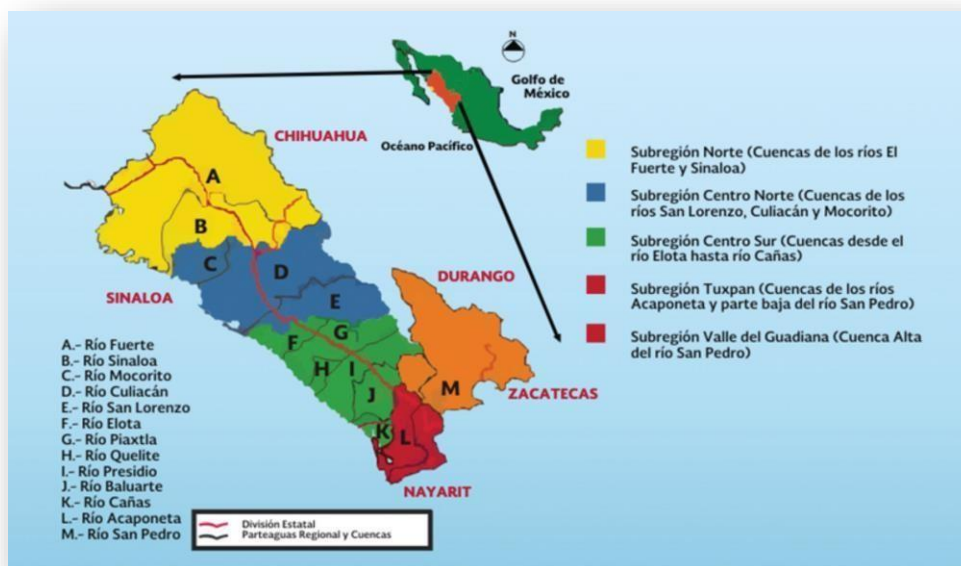
Conformar una base de datos que alimente un estudio de modelación hídrica actual y bajo escenarios de cambio climático en el río San Pedro Mezquital, para contar con información de todas las variables climáticas y ambientales que se requieren para la realización de dicha modelación actual y futura.

2.1 Objetivos específicos

- Contar con una base de datos depurada y con un análisis de control de calidad de las variables de temperatura y precipitación.
- Desarrollar la base de datos de tal forma que permita el manejo de la información para la estimación de la disponibilidad de agua en la zona de estudio.
- Aplicar las proyecciones de temperatura y precipitación para la generación de los cambios en el horizonte lejano y bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5

3. Descripción del sitio de San Pedro Mezquital

La cuenca de los Ríos Presidio al San Pedro se sitúa en el Noroeste del país, comprendiendo el occidente y centro de Durango, una pequeña parte de Zacatecas, el extremo norte de Nayarit y parte del estado de Sinaloa en la cuenca baja. El territorio de la cuenca correspondiente a estas entidades federativas es: el 60 % al estado de Durango, el 17 % a Nayarit, así como el 15 % a Sinaloa y solo un siete % a Zacatecas. El territorio comprende una superficie cercana a los 52 000 kilómetros cuadrados (CONAGUA, 2012), e integra las cuencas de los Ríos Presidio, Baluarte, Cañas, Acaponeta y San Pedro y los importantes Arroyos de Rosamorada y Bejuco en el estado de Nayarit. En la cuenca se ubican zonas agrícolas productivas, complejos industriales, explotación pesquera y turismo; además, de las afectaciones en la disponibilidad de agua a consecuencia de la variabilidad climática. Asimismo, se identifican zonas con uso intensivo del agua para riego y un bajo aprovechamiento del recurso; mientras que los ríos descargan al mar un promedio superior a los 10 mil millones de metros cúbicos anualmente. En la figura 1 se puede observar los ríos de la cuenca del Río San Pedro Mezquital.



.Figura 1 Cuenca del Río San Pedro Mezquital

FUENTE: CONSEJO DE CUENCA RÍOS PRESIDIOS AL RÍO SAN PEDRO, 2013

La cuenca del río San Pedro Mezquital se forma por la unión de tres corrientes o afluentes principales: La Sauceda, desde el norte, el Tunal y el Santiago Bayacora, procedentes de la vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental; desciende hacia el sureste, se le une el afluente Nombre de Dios y recorre el Cañón del Mezquital, en la Altiplanicie Mexicana; cruza las montañas de la Sierra Madre hacia el suroeste e irriga los valles tropicales de Ruiz, en Nayarit, para desembocar en Marismas Nacionales, donde existe el manglar más extenso del Pacífico Norte, refugio de multitud de especies. Cerca de la desembocadura del río se encuentra la

En lo que respecta al clima de la región varía de acuerdo a su orografía y los factores físicos, como la altitud, la cual varía desde el nivel del mar hasta 3,300 metros sobre el nivel del mar y su ubicación a ambos lados del Trópico de Cáncer (latitud) el cual además de ser una línea significativa desde el punto de vista térmico, marca también en forma aproximada la franja de transición entre el clima semiárido y semihúmedo, que son determinantes importantes para la distribución climática y la disponibilidad de los recursos hídricos. En los meses de julio a octubre cuando se registran los valores de precipitación máximos que representan el 80 % de la precipitación media anual (SMN, 2013).

En este proyecto se va a enfocar en la parte de la cuenca baja del Río San Pedro Mezquital, por lo que la descripción se enfocará en la zona de estudio que corresponde a la cuenca baja del Río San Pedro-Mezquital, en la región hidrológica RH-11 (Presidio-San Pedro), con un área de aproximadamente 3000 km² localizada en el estado de Nayarit, cubriendo cerca del 16% de su superficie.

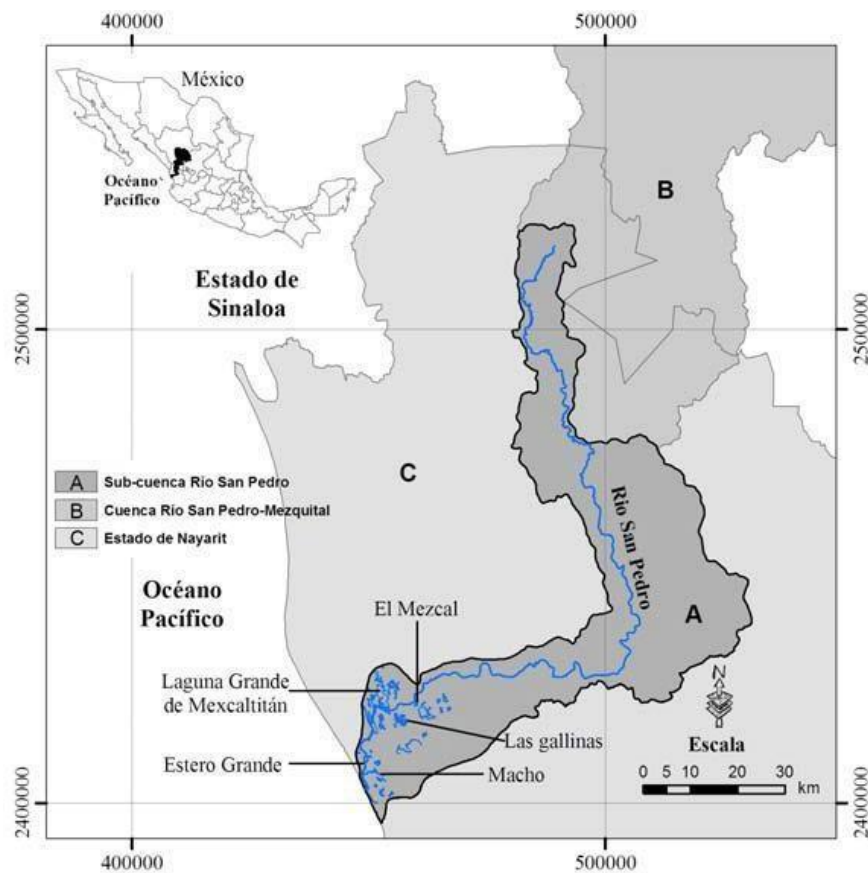


Figura 3. Cuenca baja del Río San Pedro

El río San Pedro Mezquital es una cuenca aproximada de 26,000 km², drena al Océano Pacífico un volumen medio anual superior a los 2,800 Mm³ (89 m³/s) y es una de las corrientes más importantes de la región. Presenta en su parte alta una gran meseta de aproximadamente 15,670 km², siendo un 60% de la superficie total de la misma. En esta zona se ubica la ciudad de Durango y es donde se han construido varias presas (San Bartolo, Peña del Águila, Guadalupe Victoria, Sta. Elena y presa Francisco Villa o El Bosque) que aprovechan prácticamente toda el agua de esa región para el riego de terrenos agrícolas y que controlan las avenidas generadas en la misma. El 90% del escurrimiento que drena el río San Pedro al Océano Pacífico se genera en el último 40% de la cuenca; porción que atraviesa la Sierra Madre

Occidental y donde el promedio anual de lluvias es de aproximadamente 700 mm. En la planicie costera de Nayarit se presentan periódicamente avenidas hasta de 9,032 m³/s por efecto de tormentas tropicales y ciclones, provocando grandes daños al desarrollo económico de la región y a sus habitantes, que constantemente han solicitado a los gobiernos federal y estatal una obra que permita el pleno control de las crecientes del río San Pedro (Rojas, 2011).

Los principales ecosistemas en la cuenca baja del Río San Pedro son: En sus bosques y selvas se encuentran especies como: el encino prieto, encino, tepehuaje, papelillo, guapinol, nanche, guamaras, huisache y capomo y su fauna está compuesta por animales silvestres como el venado, jabalí, tejón, armadillo, conejo, palomas rondacheras y reptiles. También se cuenta con diversos recursos naturales, entre los que destacan los forestales y minerales. Los primeros no se aprovechan adecuadamente por el difícil acceso a la sierra, en tanto que los segundos son explotados de dos minas que existen en la zona serrana; de las cuales el oro y la plata son los metales más extraídos.

Entre las características y usos del suelo, encontramos que la zona está constituida por terrenos de la Era Terciaria con roca o suelo ígneo extrusivo y sedimentario. Las zonas bajas fueron constituidas en la Era Cuaternaria, caracterizándose por suelo aluvial y residual. Cuenta con extensiones de uso agrícola y ganadero, así como bosque, selvas y otros usos suelos. Cuenta con extensiones de uso agrícola en el 11.6% del territorio; para bosque el 14%, para pastizal el 10.1% del territorio y para la selva el 62.2%. El 74.6% del territorio no es apto para la agricultura y solo el 1.9% no es apto para uso pecuario. La zona urbana es 1.7% del territorio.

Con lo que respecta a la fauna, se han registrado aproximadamente 460 especies de vertebrados (mamíferos, aves, reptiles y anfibios). De éstas, por lo menos 60 se encuentran en peligro de extinción, especialmente por sobreexplotación y destrucción del hábitat, y 51 son endémicas. Dentro de las especies relevantes se encuentra el jaguar (*Panthera onca*), cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), cotorra guayabera (*Amazona finchi*), guacamaya verde (*Ara militaris*) y cuatro especies de tortugas marinas (Rojas, 2011).

Las principales amenazas en el río son:

- **Cuenca alta-** La ciudad de Durango es el gran usuario de agua subterránea del acuífero Valle de Guadiana, con déficit anual de 21 Hm³. Esta agua supone riesgos para la salud por la presencia de flúor y arsénico. El proyecto “Agua Futura” prevé la construcción de grandes obras de infraestructura para el abastecimiento y potabilización de agua superficial desde las presas existentes. Existen otros proyectos de desarrollo económico como la nueva ciudad industrial o la ciudad pecuaria ubicados en el humedal de Málaga, el más importante de esta región.
- **Cuenca media-** Es la zona indígena, más inaccesible y poco conocida. En estos momentos es una región insegura para realizar cualquier proyecto.
- **Cuenca baja-** Existe un proyecto hidroeléctrico de gran envergadura. Las Cruces (480 MW) es la mayor de las cinco presas proyectadas por CFE, entre las comunidades indígenas de San Pedro Ixcatán (municipio Ruíz) y San Juan Corapan (municipio Rosamorada).

4. Base de datos

Para la construcción de la base de datos, lo primero que se llevó a cabo fue un análisis de las estaciones meteorológicas existentes en la cuenca del Río San Pedro Mezquital, y se seleccionarán aquellas que tuvieron la mayor cantidad de información disponible. Las estaciones que se seleccionaron con base en la calidad y cantidad de los datos son:

- 18028, ubicada en el municipio de Rosamorada, a una latitud de 22.1222, a una longitud de -105.2039 y a una altitud de 30 msnm.
- 18032, ubicada en el municipio Ruiz, a una latitud de 21.9583, a una longitud de -105.1425 y a una altitud de 29 msnm.
- 18026, ubicada en el municipio Ruiz, a una latitud de 22.9183, a una longitud de -104.9847 y a una altitud de 123 msnm.
- 18085, ubicada en el municipio Ruiz, a una latitud de 22.0342, a una longitud de -104.8619 y a una altitud de 239 msnm.

De las cuatro estaciones que han sido elegidas, dos de ellas tienen información con más del 75 % de los datos, sin embargo las otras dos carecen de registros, lo que hace que no sean tan útiles, aunque también se llevó a cabo el análisis en ellas.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto “Las Cruces” es una amenaza para el río San Pedro Mezquital, dicho proyecto es considerado de los más grandes que CFE tiene proyectados, entre las comunidades indígenas de San Pedro Ixcatán (municipio Ruíz) y San Juan Corapan (municipio Rosamorada) (Gómez, 2010). Es importante mencionar que las estaciones que se seleccionaron para este proyecto se encuentran dentro de los municipios que serán afectados por la construcción de la presa.

En lo que respecta a la base de datos que se entrega en formato Excel, contiene variables climatológicas que ayudarán a observar el comportamiento del clima a través de tiempo. Dichas variables son la temperatura máxima, mínima, promedio y precipitación, con registros de 1960-2009. También contiene las proyecciones de los escenarios futuros de cambio climático para el ensamble REA para los escenarios RCP 4.5, RCP 8.5, además se presenta la climatología de referencia CRU. En la figura 4 se puede ver el contenido de la base de datos. Por otra parte, se generaron mapas y shapefiles a partir de los datos climáticos obtenidos de los escenarios de cambio climático, así como del CRU, considerando las variables de temperatura y precipitación. Se integraron los datos de todos los meses (enero-diciembre) para cada variable.

A continuación se explica brevemente la metodología que se llevó a cabo para la construcción de la base de datos.

Se construyó la línea base para cada una de las estaciones meteorológicas con las variables mencionadas anteriormente, posteriormente, se bajó la información de los escenarios de cambio climático de la liga del INECC, en donde se observa cual será el cambio de la temperatura y la precipitación. Se eligió trabajar con el horizonte lejano 2075-2099, esto se debe a que la base de datos será un insumo para estimar la disponibilidad de agua en la zona de estudio, y esta estimación apoyará la identificación de los posibles impactos de la construcción de la hidroeléctrica, es decir, saber si existirá agua suficiente para su funcionamiento, el abasto a la población y para todas las actividades que se realizan en la cuenca. Debido a lo anterior, se decidió el horizonte lejano, ya que este tipo de hidroeléctricas

tienen un periodo de vida largo. Por otro lado, se bajaron los datos del ensamble REA (Reliability Ensemble Averaging), el cual considera los modelos de circulación general que tuvieron mejor desempeño comparativo con las variables observadas en un punto de malla dado (Cavazos et al., 2013).

		Mes										Promedio mensual		Promedio de los meses		Promedio meses		Temperatura promedio		Precipitación
		Precipitación	Temperatura	Temperatura	Temperatura							Precipitación	temperatura	precipitación		temperatura	precipitación	Temperatura	Precipitación	
2	Mes	Día	(mm)	máxima [°C]	mínima [°C]	promedio [°C]	Año	Mes	temperatura [°C]	precipitación [mm/mes]	Mes	temperatura	precipitación	Año	por año [°C]	por año [°C]	por año [mm/año]	promedio	acumulada anual	
3	1	1	0	28	17	22.5	1960	1	21.63064516	6.4	Enero	21.6866507	24.2808511	1960	25.4558965	1272.6				
4	1	2	0	27.2	16.5	21.85	1960	2	19.52758621	0	Febrero	22.0574494	9.66956522	1961	25.3157911	1289.4				
5	1	3	0	27.8	15.8	21.8	1960	3	22.75967742	0	Marzo	23.0014961	4.22553191	1962	25.4703223	1646.9				
6	1	4	0	27.5	18	22.75	1960	4	24.48166667	0	Abril	24.8780496	1.23404255	1963	25.7158586	1931.1				
7	1	5	0	26.5	18.3	22.4	1960	5	26.59516129	0	Mayo	27.2659746	2.90212766	1964	25.266842	1699.1				
8	1	6	0	23.8	16	19.9	1960	6	29.56	26.4	Junio	29.299768	129.848889	1965	25.8565755	1287.7				
9	1	7	0	24.8	16.8	20.8	1960	7	28.81451613	431.1	Julio	28.2354839	377.211628	1966	25.762524	1420				
10	1	8	0	29.5	17.2	23.35	1960	8	28.35645161	291.2	Agosto	27.9041577	467.471111	1967	25.6443916	1675.8				
11	1	9	0	32	17.5	24.75	1960	9	28.14	281.5	Septiembre	27.8114508	354.402222	1968	25.5558159	1453.7				
12	1	10	0	33.8	16.8	25.3	1960	10	27.07903226	125.6	Octubre	27.3713262	84.5844444	1969	25.6682716	2003.8				
13	1	11	0	29	18.2	23.6	1960	11	26.0566667	6.6	Noviembre	25.2899464	20.1045455	1970	25.4316036	1745.8				
14	1	12	0.3	28	20	24	1960	12	22.46935484	103.8	Diciembre	22.8242174	23.78	1971	25.4318676	1680.9				
15	1	13	6.1	22	20	21	1961	1	21.75322581	32.3				1972	26.0012004	1841.5				
16	1	14	0	27	16.5	21.75	1961	2	21.42142857	0				1973	25.3942961	1828.5				
17	1	15	0	24.2	18.5	21.35	1961	3	22.40967742	0				1974	25.3521969	1417.6				
18	1	16	0	22	18.5	20.25	1961	4	24.475	5.8				1975	25.3393353	1596.9				
19	1	17	0	24.5	13.8	19.15	1961	5	27.94516129	0				1976	25.9581177	1762.2				
20	1	18	0	25.2	10	17.6	1961	6	28.895	178.8				1977	25.6766449	1196.2				
21	1	19	0	25.5	10.8	18.15	1961	7	27.77903226	328.8				1978	25.9722798	1389.9				
22	1	20	0	25.8	15.8	20.8	1961	8	28.12903226	402.8				1979	24.1808399	40.6				
23	1	21	0	30.3	15.8	23.05	1961	9	27.56833333	282.3				1980	25.7049862	1064.4				
24	1	22	0	31.8	14	22.9	1961	10	27.61129032	55.6				1981	25.7049862	1064.4				
25	1	23	0	30	13.3	21.65	1961	11	23.97166667	0				1982	26.0886425	1080.6				
26	1	24	0	28	11.8	19.9	1961	12	21.83064516	3				1983	25.522571	1764.3				
27	1	25	0	27.5	11	19.25	1962	1	21.24677419	46.4				1984	25.2962728	1366.4				

Figura 4. Ejemplo de la base de datos

La base de datos contiene las variables de temperatura y precipitación con datos diarios para las cuatro estaciones meteorológicas mencionadas anteriormente para el periodo de 1960-2009. Una vez que se obtuvieron las variables para el periodo de tiempo señalado se procesaron los datos para obtener el promedio mensual y anual de ambas variables, para el caso de la temperatura se utilizaron promedios mensuales y anuales, para la precipitación se utiliza el acumulado mensual y anual. Finalmente se obtuvo la línea base para ambas variables, la cual es un promedio de todos los meses de los datos.

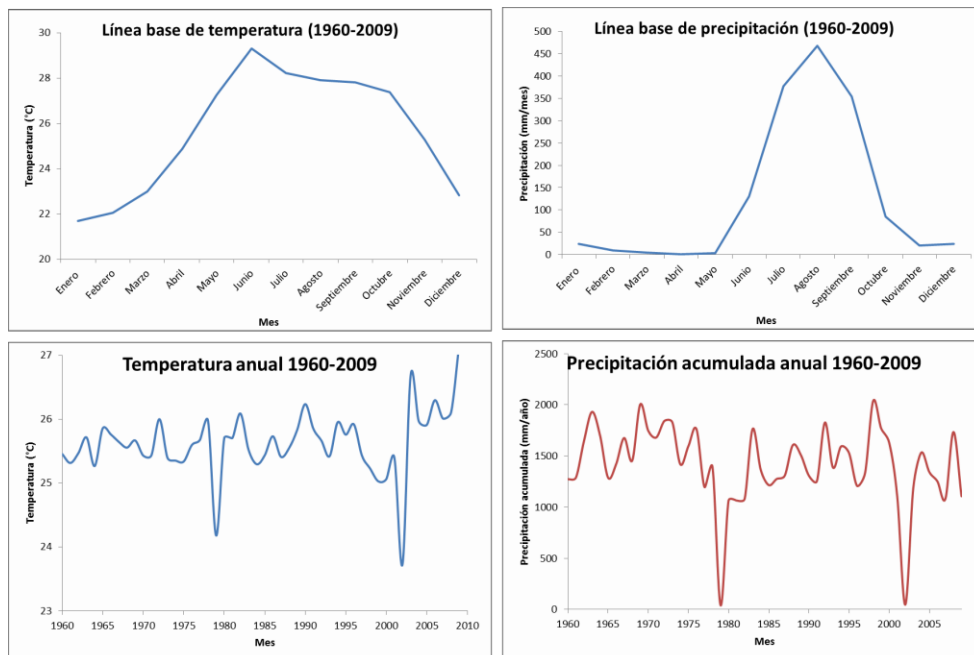


Figura 5. Ejemplo de las gráficas generadas para las estaciones

Como se puede observar en la figura 5, se obtuvo la línea base de precipitación y de temperatura, además de un promedio de la temperatura y precipitación acumulada anual, en donde se puede apreciar el cambio de dichas variables a través del tiempo.

También, se obtuvieron los escenarios de cambio climático como lo muestra la figura 6.

Mes	Promedio de los meses temperatura	Promedio meses precipitación	RCP 4.5			Promedi o RCP 4.5			RCP 4.5			RCP 4.5			RCP 4.5			RCP 4.5			RCP 4.5		
			Horizonte lejano 2075	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2075	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2075	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2075	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2075	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2075	Horizonte lejano 2099	Horizonte lejano 2099	Promedi o	Promedi o	Promedi o
Enero	21.68665065	24.28085106	28.2	30.1	29.3	29.2	12.2	16	12.8	13.66667	19.9	22.9	20.9	21.23333	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	22.0574494	9.66956217	29.6	30.9	30.8	30.43333	12.8	16.1	13.5	14.13333	21	23.3	22	22.1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	23.00149606	4.225531915	31.2	31.5	32.4	31.7	13.9	16.6	14.1	14.86667	22.4	23.9	23.1	23.13333	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	24.87804965	1.234042553	33.4	32.9	34.3	33.53333	15.9	17.9	16.2	16.66667	24.5	25.3	25.1	24.96667	1	0	0	0	0	0	0.333333	0	
Mayo	27.26597461	2.90212766	31.5	34.2	35.7	33.8	18.6	20.8	19.2	19.53333	27	27.5	27.3	27.26667	2	0	0	0	0	0	0.666667	0	
Junio	29.23976903	123.6488989	34.4	34.4	34.6	34.46667	21.5	23.9	22	22.46667	28.3	29.2	28.4	28.63333	136	119	155	155	136	155	136	155	
Julio	28.23548387	377.216279	33.3	34	33.6	33.63333	21.7	24.5	22.2	22.8	27.8	29.2	28	28.33333	281	306	299	299	281	299	299	299	
Agosto	27.9045771	467.471111	32.6	34.2	33.1	33.3	21.3	24.6	21.8	22.56667	27.1	29.3	27	27.8	289	398	408	408	289	398	408	365	
Septiembre	27.81145083	354.4022222	32.3	33.8	32.8	32.96667	21.4	24.3	21.8	22.5	27	29.1	27.2	27.66667	237	361	266	266	237	361	266	288	
Octubre	27.37132616	84.5844444	32.6	34.2	33	32.66667	19.5	23	20.2	20.9	26.1	28.6	26.6	27.1	80	100	89	89	80	100	89	89.66667	
Noviembre	25.28994645	20.10454545	31.4	32.9	31.9	32.06667	15.9	19.9	16.7	17.5	23.1	26.2	24.1	24.46667	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	22.82421744	23.78	28.6	30.8	29.7	29.7	13.4	17.6	14.3	15.1	20.7	24	21.8	22.66667	5	3	0	0	5	3	0	0	2.666667

Figura 6. Ejemplo de los datos obtenidos para los escenarios de cambio climático

Se obtuvieron los cambios de temperatura y precipitación proyectados para el horizonte lejano 2075-2099, para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. Una vez obtenidos los datos de los escenarios se realizaron gráficos para observar el comportamiento del clima a futuro, esto se llevó a cabo a través de la comparación con la línea base de cada una de las estaciones meteorológicas que se estudian.

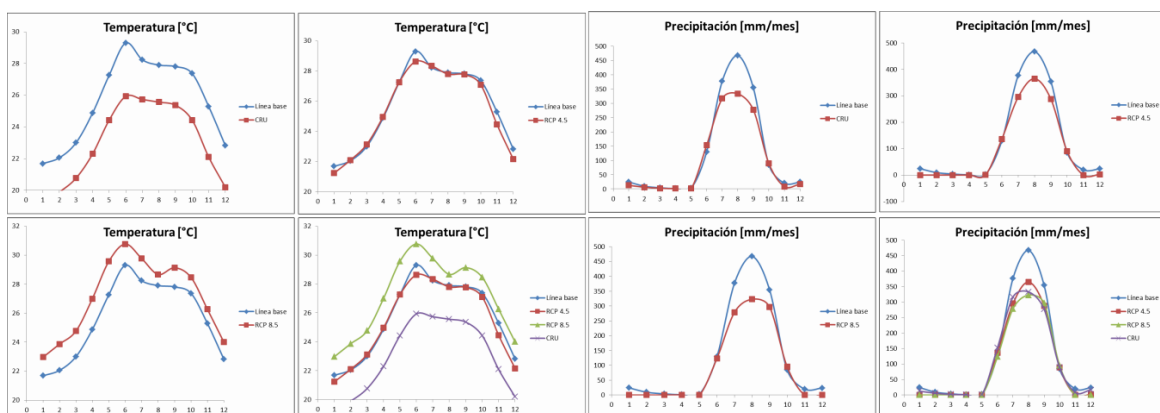


Figura 7. Ejemplo de las gráficas generadas en la base de datos

Es importante mencionar que los escenarios de cambio climático son proyecciones climáticas bajo los diferentes escenarios de forzamiento radiativo (expresados en W/m^2), denominados Trayectorias Representativas de Concentraciones (RCP, por sus siglas en inglés), y que pueden tomar valores de 4.5, 6.0 y 8.5 (RCP 4.5, RCP 6 y RCP 8.5) (Fernández et al., 2013).

Para este proyecto se seleccionó en ensamble REA con dos forzamientos radiativos: RCP 4.5 y RCP 8.5, el horizonte considerado fue 2075-2099.

Finalmente, con los datos obtenidos, se llevaron a cabo unos mapas, donde se tomaron las variables de precipitación promedio y temperatura media para el horizonte lejano 2075 - 2099 de enero a diciembre, tomando como variable base la climatología del CRU 1961-2000. En el mapa se muestra el cambio de temperatura y precipitación para los RCP 4.5 y 8.5 del ensamble REA para el horizonte lejano 2075 - 2099.

A continuación se presenta un análisis de los resultados que se obtuvieron a partir de la construcción de la línea base.

5. Análisis de los resultados

A continuación se presentan un análisis de las variables climáticas históricas y de los escenarios futuros de cambio climático:

5.1 Temperatura

La temperatura fue registrada tomando en cuenta las cuatro estaciones antes mencionadas que están a cargo del Servicio Nacional Meteorológico, localizadas en dos municipios de Nayarit (Rosamorada y Ruíz). Como se observa en la tabla 1, se encontró el valor de la temperatura media anual de las estaciones analizadas es de 25.5 °C. Se observa que las mayores temperaturas se encuentran entre 27 y 30°C y los meses que presentan temperaturas más elevadas se encuentran entre junio y octubre. En cuanto a las temperaturas menores se encontró que oscilan entre 21 y 22 °C, estas temperaturas se presentan de diciembre a febrero.

Cuadro 1: Temperaturas medias mensuales [°C]

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
18032	21.7	22	23	24.9	27.2	29.3	28.2	28	27.8	27.3	25.2	22.8	25.6
18028	21.4	21.7	22.7	24.6	26.8	29.2	29	28.7	28.3	27.7	22.2	22.7	25.7
18026	21.8	22.3	23.1	24.7	26.1	27.6	28	27.7	27	26.5	25	22.6	25.2
18085	21.1	24.1	23.3	24.1	25.8	27.1	29.4	30.4	29.1	28.8	29	28.5	27.1

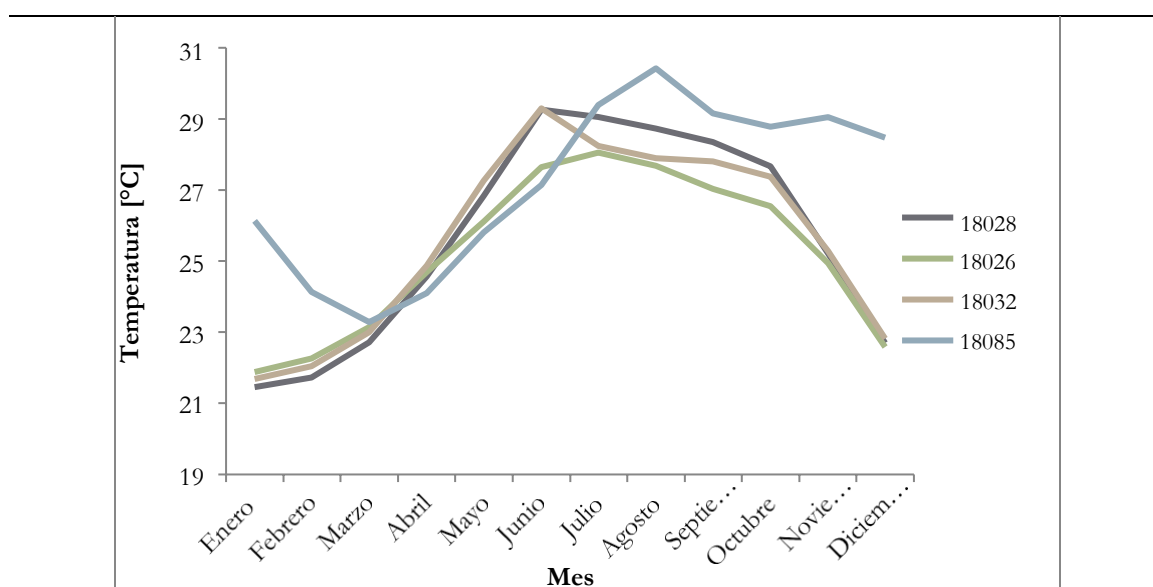


Figura 8: Variación mensual de la temperatura media [°C]

5.2 Precipitación

La distribución de la precipitación a lo largo del año es marcadamente estacional, puesto que las lluvias se dan principalmente en el verano. Los meses lluviosos (junio a septiembre) concentran aproximadamente el 50 % del total anual de precipitación.

La precipitación acumulada mensual de la zona de estudio se obtuvo a partir del acumulado mensual y anual de las cuatro estaciones meteorológicas, tal como se presenta en la tabla 2.

Cuadro 2: Precipitación acumulada mensuales [mm/mes]

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Acumulado anual
18032	24.3	9.7	4.2	1.2	2.9	129.8	377.2	467.5	354.4	84.6	20.1	23.8	1499.7
18028	24.4	11.1	4.5	1.5	5.5	116.8	360	390.1	305.8	76.8	19.5	18.6	1334.8
18026	14.2	9.9	3.1	0.18	12.3	214.4	631.6	661.6	490.0	142.3	20.23	15.15	2215.2
18085	27.3	20.4	40.8	8.3	3.1	2.5	9.5	171	404	336	265.9	83.9	1374.1

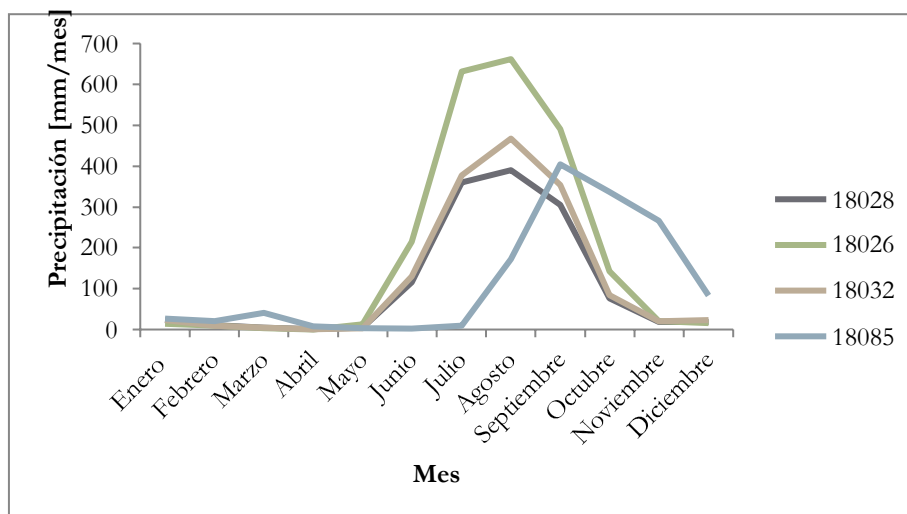


Figura 9: Variación mensual de la precipitación mensual acumulada [mm/mes]

Como se puede observar en la figura 9, las estaciones meteorológicas 18028, 18085 y 18032 tienen un comportamiento similar, sin embargo, la estación 18026 es muy diferente, esto puede deberse a errores en las lecturas de los datos o a falta de información. Asimismo, se puede ver que la zona de estudio presenta una precipitación acumulada anual de alrededor de 1400 (mm/año).

5.3 Escenarios de cambio climático

Como ya se mencionó anteriormente, se bajaron las anomalías de la temperatura y precipitación para el horizonte lejano 2075-2099 y para los escenarios RCP 4.5 y 8.5, para obtener dichos datos, se ingresó a la liga (<http://atlasclimatico.unam.mx/AECC/servmapas>) de los escenarios de cambio climático. Una vez estando en la página, se elige con que datos se va a trabajar, para este caso se eligió escenarios de cambio climático 30 x 30, debido a que tiene una mayor resolución, también se escogió trabajar con el ensamble REA que es el recomendado por los expertos y se procedió a bajar la información mensual de las variables climáticas, esto se realizó para los dos municipios en donde están localizadas las estaciones meteorológicas.

A continuación se presentan los resultados de las anomalías de temperatura, asimismo, se muestra la línea base que se obtuvo mediante el procesamiento de los datos diarios de las estaciones meteorológicas con las que se trabajó.

5.3.1 Estación 18032

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la temperatura, donde se puede observar los datos de la línea base así como de los escenarios con cambio climático.

Cuadro 3. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático

Mes	Línea base de Temperatura [°C]	Temperatura [°C] RCP 4.5	Temperatura [°C] RCP 8.5	CRU [°C]
Enero	21.68	21.23	22.97	19.27
Febrero	22.06	22.1	23.87	19.9
Marzo	23.00	23.13	24.77	20.77
Abril	24.88	24.97	27	22.3
Mayo	27.26	27.27	29.57	24.43
Junio	29.30	28.63	30.77	25.93
Julio	28.237	28.33	29.77	25.73
Agosto	27.90	27.8	28.67	25.57
Septiembre	27.81	27.77	29.13	25.37
Octubre	27.37	27.1	28.47	24.43
Noviembre	25.29	24.47	26.27	22.1
Diciembre	22.82	22.17	24	20.2

Como se puede observar para el escenario RCP 4.5 no existe mucha diferencia con la línea base, los resultados muestran que la temperatura se comportará de manera similar que en los últimos 40 años. Sin embargo, para el escenario RCP 8.5, se puede apreciar un aumento en la temperatura, lo que podría ocasionar consecuencias en el recurso hídrico. Por otro lado, en la tabla se muestran las temperaturas obtenidas del CRU, en donde se observa un comportamiento similar al de la línea base, es decir, los meses más cálidos son de junio a septiembre y los más fríos de diciembre a febrero.

En la siguiente gráfica se puede observar con mayor facilidad el cambio en la temperatura, el comportamiento de dicha variable es muy similar para la línea base y bajo el escenario RCP 4.5, donde se puede apreciar una diferencia de hasta 2°C para el escenario RCP 8.5, dicho incremento en la temperatura podría ocasionar que la disponibilidad de agua en la zona de estudio disminuyera considerablemente.

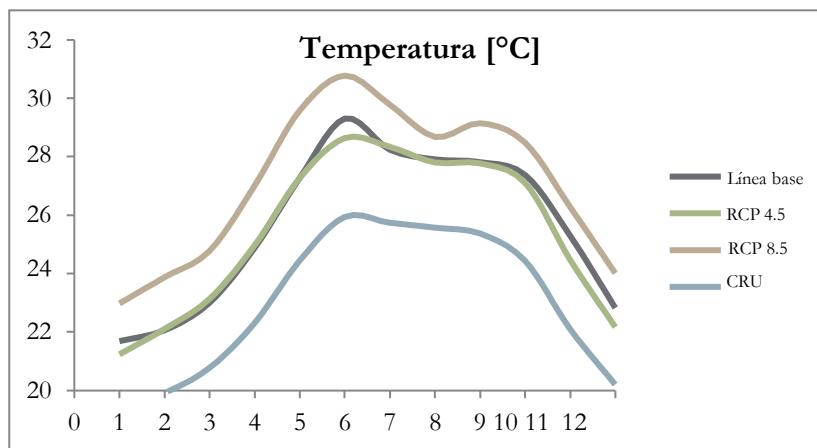


Figura 10. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático

Con respecto a la precipitación, se presenta a continuación la tabla con los incrementos o decrementos en dicha variable, la línea base y el CRU:

Cuadro 4. Precipitación línea base y escenarios futuros

Mes	Línea base de precipitación [mm/mes]	Precipitación [mm/mes] RCP 4.5	Precipitación [mm/mes] RCP 8.5	CRU [mm/mes]
Enero	24.28	0.00	0.00	12.67
Febrero	9.67	0.00	0.00	6.00
Marzo	4.23	0.00	0.33	2.33
Abril	1.23	0.33	0.33	1.33
Mayo	2.90	0.67	0.00	1.67
Junio	129.85	136.67	123.67	153.00
Julio	377.21	295.33	279.00	316.67
Agosto	467.47	365.00	323.00	333.33
Septiembre	354.40	288.00	296.67	277.33
Octubre	84.58	89.67	95.33	89.33
Noviembre	20.10	0.00	0.00	8.67
Diciembre	23.78	2.67	0.67	17.00

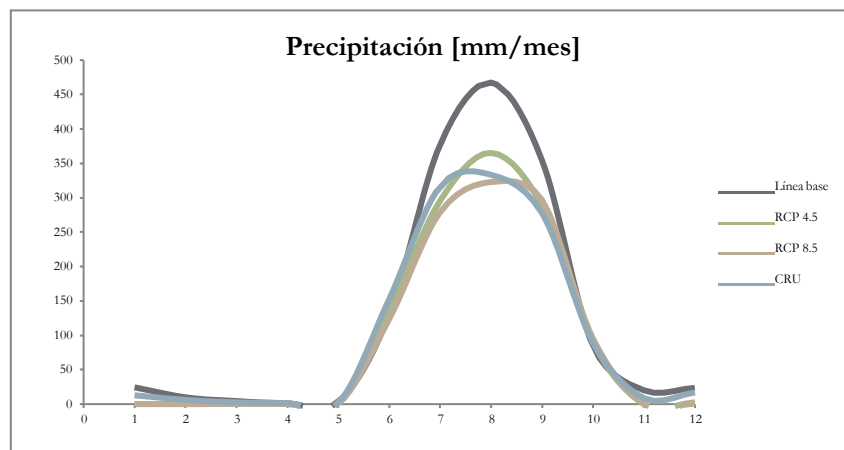


Figura 11. Precipitación acumulada mensual

Se puede observar el cambio en la precipitación acumulada mensual, en donde, para el escenario RCP 4.5 se podría reducir un 22% y para el 8.5 un 26%.

Por otra parte, en la figura 12, se puede observar la precipitación con datos del CRU y las proyecciones para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para el mes de agosto, a pesar de que en las imágenes no se nota mucho el cambio en los escenarios futuros, si existe y es importante.

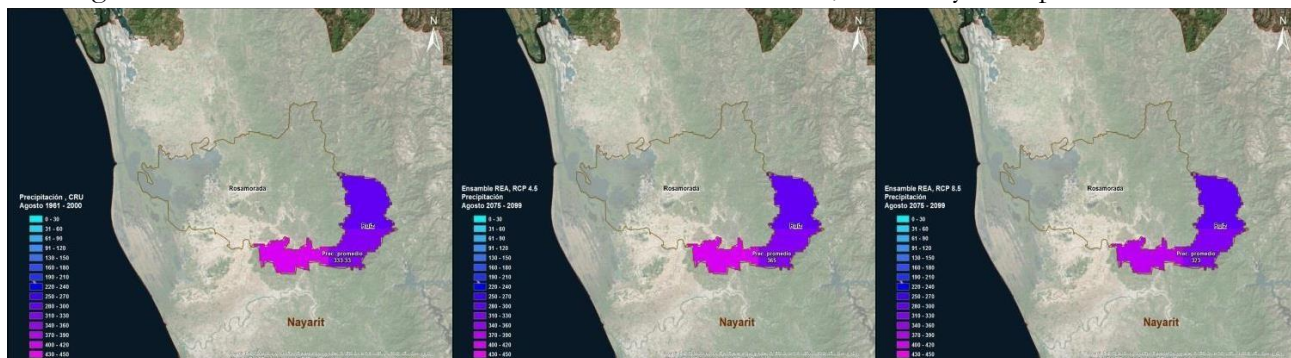


Figura 12. Precipitación agosto CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5

En la figura 13 se puede observar la temperatura para el CRU y para los escenarios futuros, donde se aprecia un aumento para el escenario futuro RCP 4.5 y un incremento mayor para el RCP 8.5.

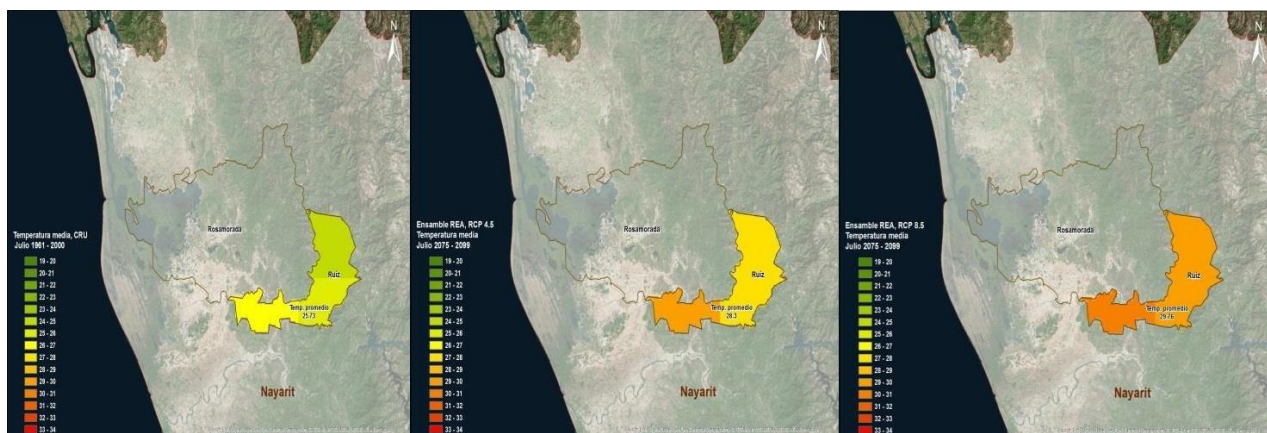


Figura 13. Temperatura para el mes de julio CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte 2075-2099

5.3.2 Estación 18028

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la temperatura, donde se puede observar los datos de la línea base así como de los escenarios con cambio climático.

Cuadro 5. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático

Mes	Línea base de Temperatura [°C]	Temperatura [°C] RCP 4.5	Temperatura [°C] RCP 8.5	CRU [°C]
Enero	21.46	22.60	24.20	20.60
Febrero	21.73	23.10	24.80	21.00
Marzo	22.72	23.70	25.30	21.40
Abril	24.57	25.40	26.90	22.70
Mayo	26.83	27.70	29.80	24.90
Junio	29.26	30.00	31.60	27.00
Julio	29.05	29.70	31.50	27.30
Agosto	28.72	29.70	31.40	27.30
Septiembre	28.34	29.30	30.90	27.10
Octubre	27.66	28.80	30.40	26.40
Noviembre	25.21	26.10	27.80	23.80
Diciembre	22.69	23.70	25.40	21.70

Como se puede observar para el escenario RCP 4.5 existe diferencia con la línea base, y habrá un aumento anual de hasta 1°C y para el escenario RCP 8.5 de hasta 2.5°C. Por otro lado, en la tabla se muestran las temperaturas obtenidas del CRU, en donde se observa un comportamiento similar al de la línea base, es decir, los meses más cálidos son de junio a septiembre y los más fríos de diciembre a febrero.

En la siguiente gráfica se puede observar con mayor facilidad el cambio en la temperatura, en donde se nota una diferencia entre los escenarios la línea base, observándose un incremento significativo.

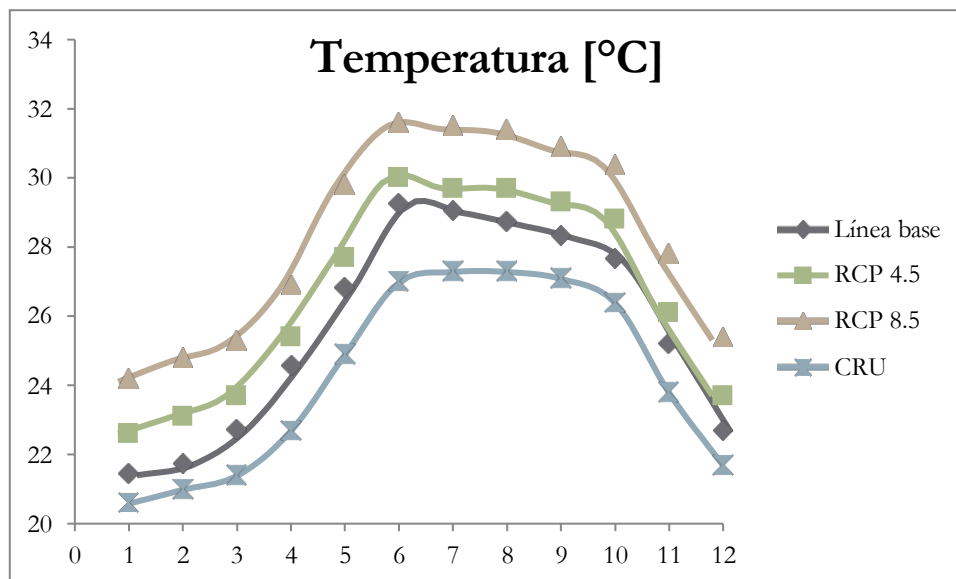


Figura 14. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático

En cuanto a la precipitación, se presenta a continuación la tabla con la variación en dicha variable, para la línea base y el CRU.

Cuadro 6. Precipitación línea base y escenarios futuros

Mes	Línea base de precipitación [mm/mes]	Precipitación [mm/mes] RCP 4.5	Precipitación [mm/mes] RCP 8.5	CRU [mm/mes]
Enero	24.38	0.00	0.00	13.00
Febrero	11.14	0.00	0.00	5.00
Marzo	4.54	0.00	0.00	1.00
Abril	1.53	0.00	0.00	0.00
Mayo	5.53	0.00	0.00	1.00
Junio	116.79	134.00	121.00	147.00
Julio	360.04	332.00	317.00	355.00
Agosto	390.18	383.00	374.00	382.00
Septiembre	305.75	338.00	349.00	327.00
Octubre	76.85	89.00	95.00	91.00
Noviembre	19.47	0.00	0.00	11.00
Diciembre	18.60	5.00	2.00	19.00

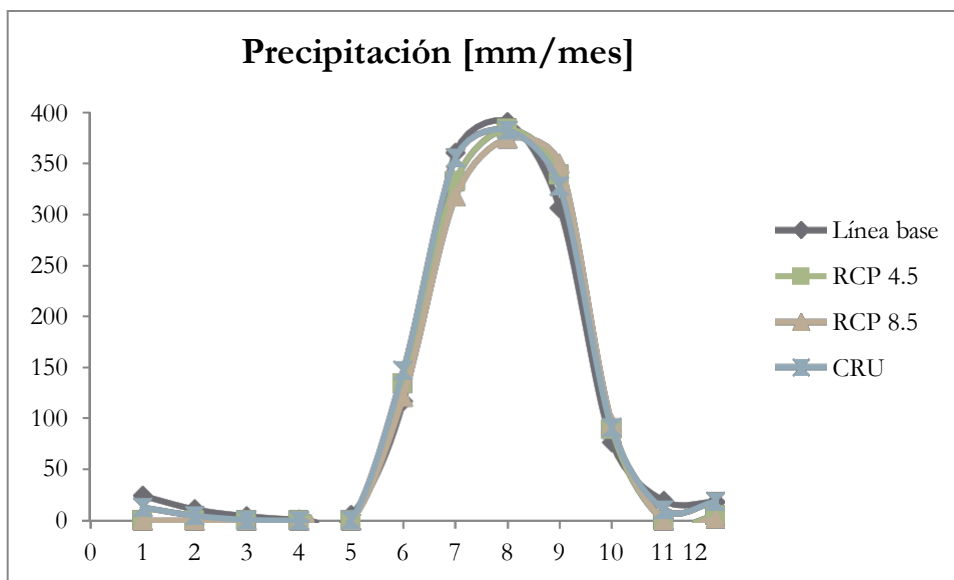


Figura 15. Precipitación acumulada mensual

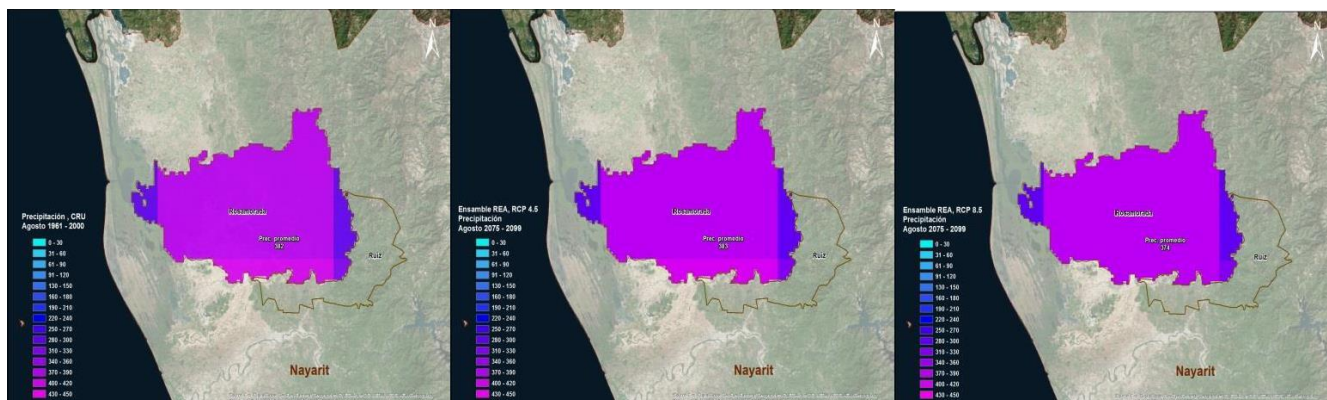


Figura 16. Precipitación agosto CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5

Asimismo, en la figura 16, se puede observar la precipitación con datos del CRU y las proyecciones para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para el mes de agosto, a pesar de que en las imágenes no se nota mucho el cambio en los escenarios futuros, si existe y es importante.

En la figura 17 se puede observar la temperatura para el CRU y para los escenarios futuros, donde se aprecia un aumento significativo para los escenarios futuros.

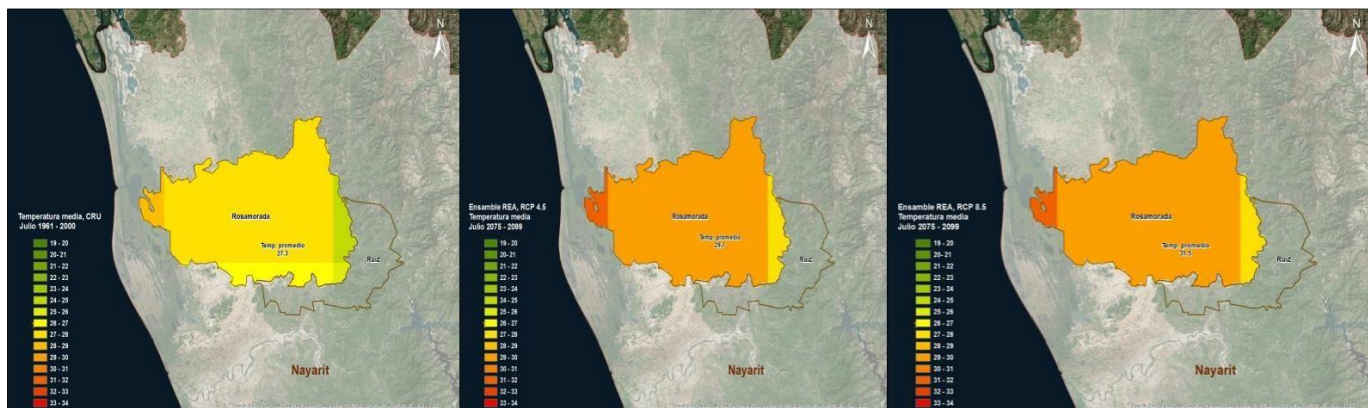


Figura 17. Temperatura para el mes de julio CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte 2075-2099

Para la estación meteorológica 18028, se observa un cambio muy pequeño en la precipitación acumulada mensual, y en la acumulada anual se presenta un decremento para el RCP 4.5 del 5% y para el RCP 8.5 del 6 %.

5.3.3 Estación 18026

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la temperatura.

Cuadro 7. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático

Mes	Línea base de Temperatura [°C]	Temperatura [°C] RCP 4.5	Temperatura [°C] RCP 8.5	CRU [°C]
Enero	21.88	21.23	22.97	19.27
Febrero	22.26	22.10	23.87	19.90
Marzo	23.14	23.13	24.77	20.77
Abril	24.69	24.97	27.00	22.30
Mayo	26.12	27.27	29.57	24.43
Junio	27.65	28.63	30.77	25.93
Julio	28.06	28.33	29.77	25.73
Agosto	27.68	27.80	28.67	25.57
Septiembre	27.04	27.77	29.13	25.37
Octubre	26.55	27.10	28.47	24.43
Noviembre	24.94	24.47	26.27	22.10
Diciembre	22.59	22.17	24.00	20.20

Se puede observar para el escenario RCP 4.5, existe diferencia con la línea base, y se podría esperar un aumento en la temperatura anual de hasta 2.4°C y para el escenario RCP 8.5 de hasta 4°C.

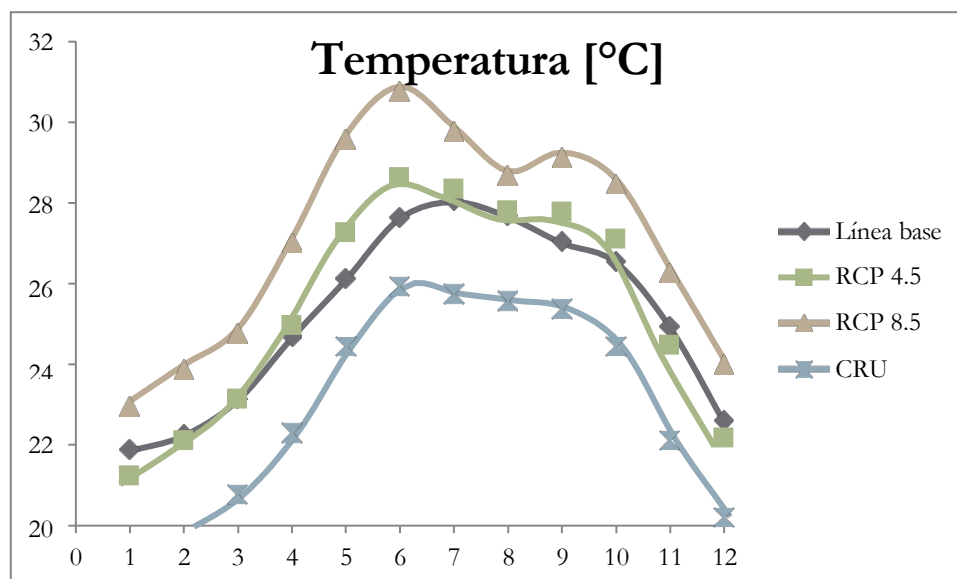


Figura 18. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático

En la figura 18 se puede observar con mayor facilidad el cambio en la temperatura, en donde sí se nota una diferencia entre los escenarios la línea base, observándose un incremento significativo lo cual podría ocasionar que la disponibilidad de agua en la zona de estudio disminuyera considerablemente.

En cuanto a la precipitación, se presenta a continuación la tabla con los decrementos en dicha variable, la línea base y el CRU:

Cuadro 8. Precipitación línea base y escenarios futuros

Mes	Línea base de precipitación [mm/mes]	Precipitación [mm/mes] RCP 4.5	Precipitación [mm/mes] RCP 8.5	CRU [mm/mes]
Enero	14.29	0.00	0.00	12.67
Febrero	9.88	0.00	0.00	6.00
Marzo	3.13	0.00	0.33	2.33
Abril	0.18	0.33	0.33	1.33
Mayo	12.33	0.67	0.00	1.67
Junio	214.40	136.67	123.67	153.00
Julio	631.65	295.33	279.00	316.67
Agosto	661.65	365.00	323.00	333.33
Septiembre	490.07	288.00	296.67	277.33
Octubre	142.33	89.67	95.33	89.33
Noviembre	20.23	0.00	0.00	8.67
Diciembre	15.16	2.67	0.67	17.00

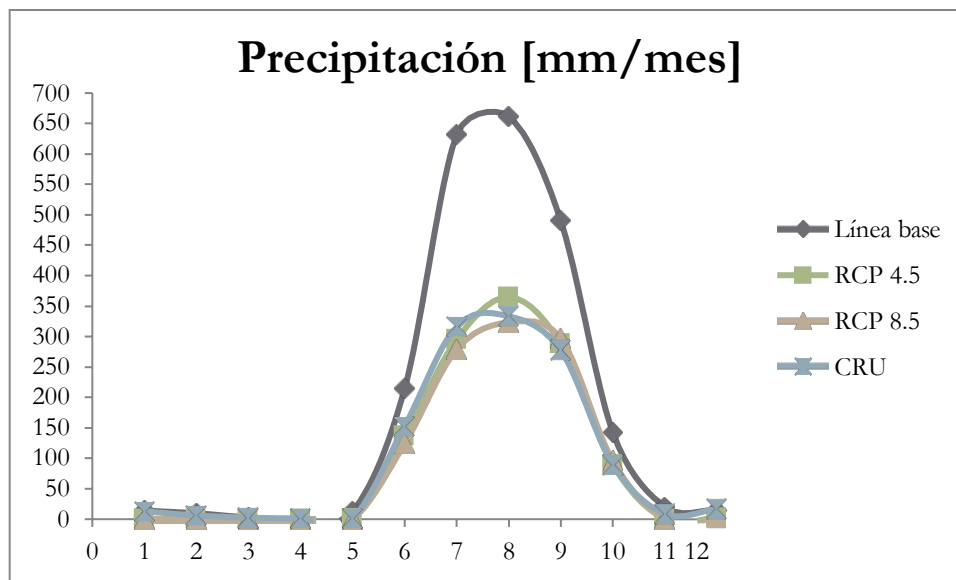


Figura 19. Precipitación acumulada mensual

Se observa un cambio un decremento importante en la precipitación para los meses de junio a septiembre con respecto a la línea base, sin embargo para la precipitación acumulada anual el decremento es menor, ya que para el RCP 4.5 se podría esperar de 3 % y para el RCP 8.5 del 8 %.

Asimismo, en la figura 20, se puede observar la precipitación con datos del CRU y las proyecciones para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5, si bien en la figura no se observa un cambio si existe y puede llegar a tener consecuencias.

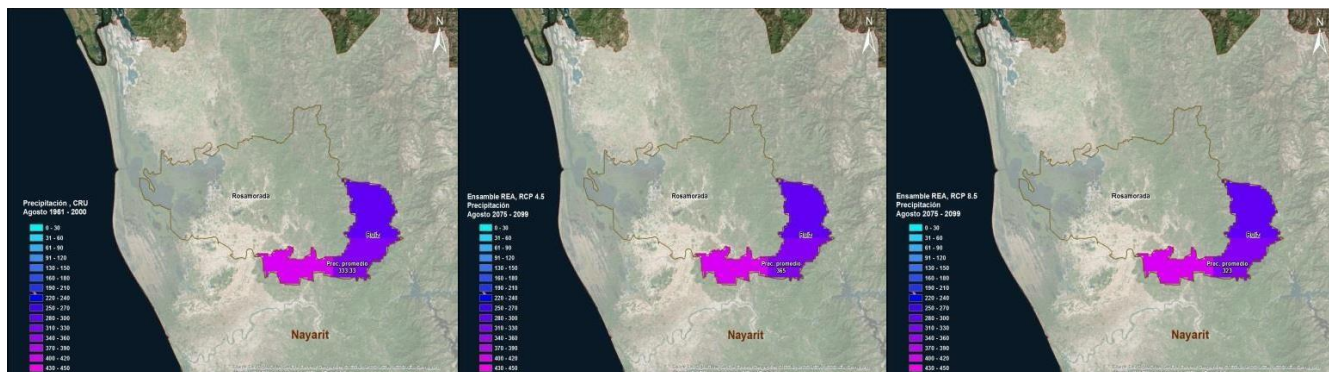


Figura 20. Precipitación agosto CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5

En la figura 21 se puede observar la temperatura para el CRU y para los escenarios futuros, donde se aprecia un aumento significativo para los escenarios de cambio climático.

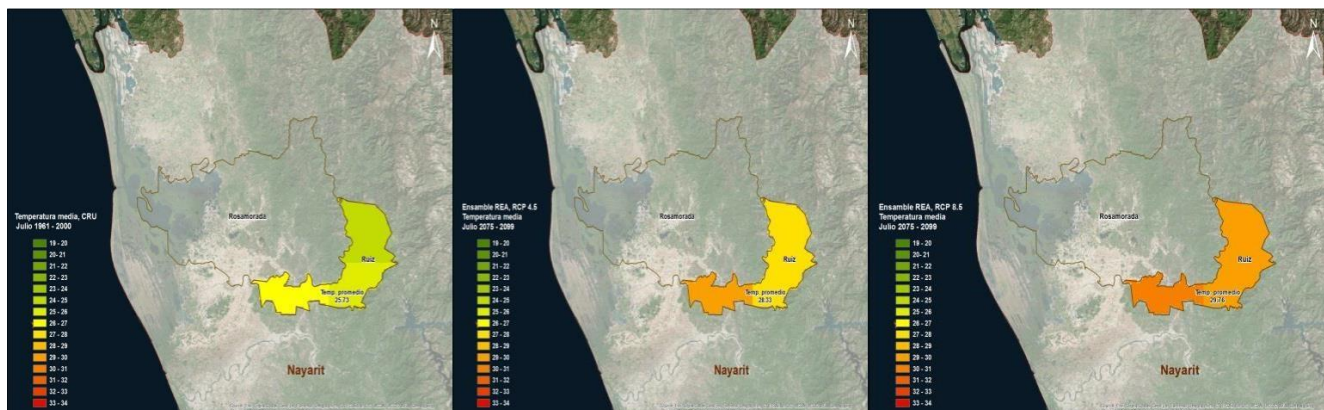


Figura 21. Temperatura para el mes de julio CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte 2075-2099

5.3.4 Estación 18085

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la temperatura, donde se puede observar los datos de la línea base así como de los escenarios con cambio climático.

Cuadro 9. Temperatura línea base y escenarios de cambio climático

Mes	Línea base de Temperatura [°C]	Temperatura [°C] RCP 4.5	Temperatura [°C] RCP 8.5	CRU [°C]
Enero	26.13	21.23	22.97	19.27
Febrero	24.14	22.10	23.87	19.90
Marzo	23.29	23.13	24.77	20.77
Abril	24.10	24.97	27.00	22.30
Mayo	25.82	27.27	29.57	24.43
Junio	27.14	28.63	30.77	25.93
Julio	29.40	28.33	29.77	25.73
Agosto	30.42	27.80	28.67	25.57
Septiembre	29.16	27.77	29.13	25.37
Octubre	28.77	27.10	28.47	24.43
Noviembre	29.04	24.47	26.27	22.10
Diciembre	28.48	22.17	24.00	20.20

Como se puede observar para el escenario RCP 4.5, no existe diferencia significativa respecto a la línea base, los resultados muestran que la temperatura se podrá comportar de manera similar que en los últimos 40 años. Sin embargo, para el escenario RCP 8.5, se puede apreciar un aumento en la temperatura, lo que podría ocasionar consecuencias en el recurso hídrico. Con respecto a la precipitación, se presenta a continuación la tabla con los incrementos o decrementos en dicha variable, la línea base y el CRU:

Cuadro 10. Precipitación línea base y escenarios futuros

Mes	Línea base de precipitación [mm/mes]	Precipitación [mm/mes] RCP 4.5	Precipitación [mm/mes] RCP 8.5	CRU [mm/mes]
Enero	27.31	0.00	0.00	12.67
Febrero	20.42	0.00	0.00	6.00
Marzo	40.76	0.00	0.33	2.33
Abril	8.31	0.33	0.33	1.33
Mayo	3.19	0.67	0.00	1.67
Junio	2.50	136.67	123.67	153.00
Julio	9.46	295.33	279.00	316.67
Agosto	171.81	365.00	323.00	333.33
Septiembre	404.29	288.00	296.67	277.33
Octubre	336.34	89.67	95.33	89.33
Noviembre	265.84	0.00	0.00	8.67
Diciembre	83.91	2.67	0.67	17.00

Se puede observar el cambio en la precipitación acumulada mensual, en donde existe un decremento de precipitación a futuro, para el escenario RCP 4.5, se podría reducir en 14% y para el RCP 8.5 un 19%.

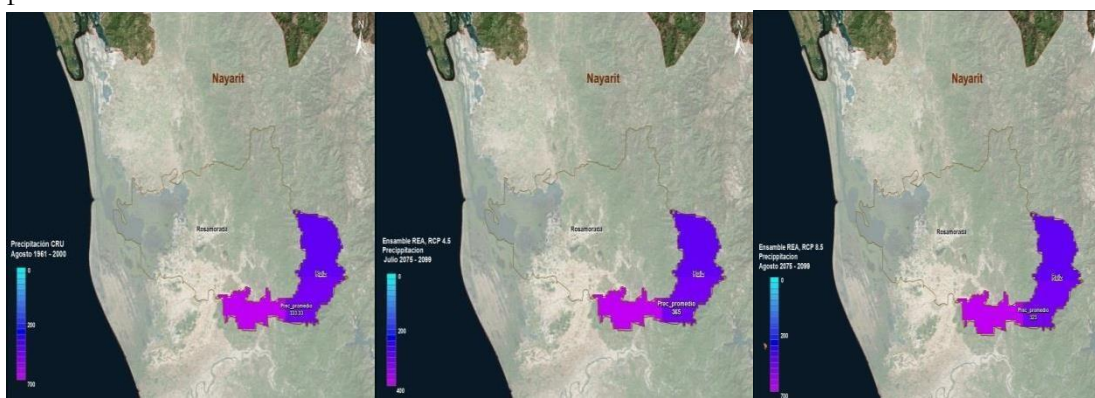


Figura 22. Precipitación agosto CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5

Asimismo, se presenta a continuación los mapas que se realizaron, para ello, se eligieron los meses con temperaturas y precipitaciones extremas, en este caso se corresponden al mes de julio para la temperatura y de agosto para la precipitación. En la figura 22, se puede observar la precipitación con datos del CRU y las proyecciones para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5, si bien en la figura no se observa un cambio, si existe y puede ser significativo en el ciclo del agua.

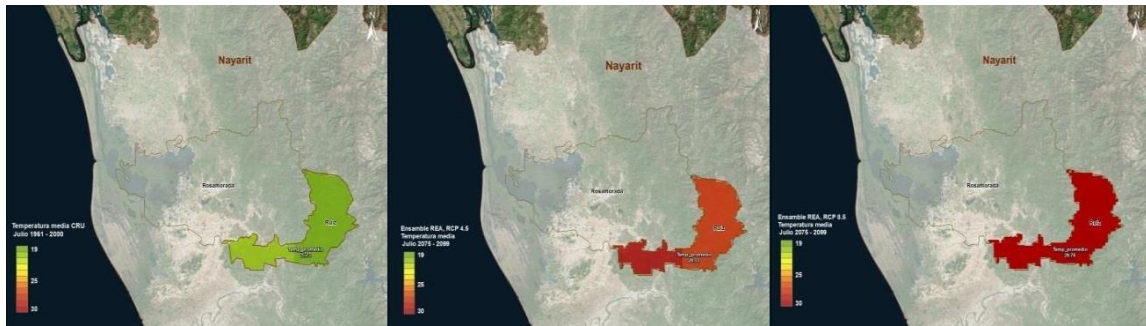


Figura 23. Temperatura para el mes de julio CRU, RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte 2075-2099

En la figura 23 se puede observar la temperatura para el CRU y para los escenarios futuros, donde se aprecia un aumento significativo para los escenarios de cambio climático.

Como ya se mencionó anteriormente, existe una diferencia entre las cuatro estaciones meteorológicas analizadas, sin embargo, el comportamiento entre ellas es similar en cuanto a los meses más cálidos y fríos, así como en los meses donde se presenta mayor precipitación. Los escenarios de cambio climático muestran que se podría presentar un cambio en las dos variables analizadas, lo que podría tener un impacto en la disponibilidad de agua en la zona de estudio.

Es importante mencionar que en este informe solo se presentan los mapas con los meses más extremos tanto para la temperatura como para la precipitación, sin embargo, se entrega en archivos adjuntos todos los shapes files con todos los datos de las variables para todos los meses.

6. Información complementaria

En esta sección se presentan datos, que pueden apoyar al desarrollo de la modelación hídrica en el río San Pedro Mezquital. Estos datos incluyen el cálculo de la evapotranspiración para las estaciones climatológicas analizadas para las condiciones actuales y futuras, también se presenta información y datos históricos relacionados a los acuíferos, las presas y las estaciones hidrométricas de la cuenca del Río San Pedro.

6.1 Evapotranspiración

Para estimar la evapotranspiración del sitio de estudio, se seleccionó el método de evapotranspiración de Turc (Aparicio, 1997), debido a que éste relaciona los datos disponibles en las estaciones meteorológicas (temperatura y precipitación). Éste es un método sencillo basado en la temperatura y la precipitación. La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$ET = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde

P es la precipitación media anual (mm), L es una función de la temperatura ($T^{\circ}\text{C}$), y se calcula con:

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

Los resultados del cálculo de la evapotranspiración, se puede consultar en el archivo Excel (Evaporacion estaciones.xlsx).

6.2 Acuíferos

El agua subterránea es uno de los principales recursos para el desarrollo de esta región, lo que ha provocado que se intensifique su extracción. El aumento de la demanda se ha tenido que satisfacer, incrementando el número de obras subterráneas, lo que dificulta mantener una contabilidad adecuada de ellas, por lo que es necesario actualizar el inventario de dichas obras, para conocer sus volúmenes de extracción y su distribución, clasificando y estimando estos volúmenes por usos, para estar en posibilidades de aplicar criterios apropiados para la administración del agua del subsuelo. Es importante señalar que esta cuenca es sumamente dependiente de las aguas subterráneas para el servicio público urbano y la agricultura.

De acuerdo con DOF (2015b y 2014) la condición de los acuíferos de la subregión hidrológica Río San Pedro, y su clasificación es la que se presenta en la tabla 11.

Cuadro 11. Acuíferos de la subregión hidrológica del Río San Pedro.

Clave	Unidad hidrogeológica (acuífero)	Área de estudio (km ²)	Tipo de acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	Déficit
				Millones de metros cúbicos anuales ,(hm ³)					
1001	VALLE DE SANTIAGUILLO	2528	Libre	50.7	8.0	43.4	60.0	0.0	-0.75
1002	VALLE DE CANATLÁN	2569	Libre	47.1	6.5	41.2	48.0	0.0	-0.64
1003	VALLE DEL GUADIANA	4866	Libre	133.1	6.0	132.4	148.3	0.0	-5.3
1004	VICENTE GUERRERO-POANAS	3780	Libre	95.2	8.1	92.4	93.2	0.0	-5.3
1005	MADERO-VICTORIA	1724	Libre	22.5	0.8	26.9	22.6	0.0	-4.9
1017	VALLE DEL MEZQUITAL	274	Libre	1.1	0.0	0.2	1.1	0.9	0.0
1802	SAN PEDRO-TUXPAN	2844	Libre	167.6	131.5	20.8	4.9	15.3	0.0

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

En las páginas siguientes se describen algunas características de estos acuíferos.

6.2.1 Acuífero San Pedro-Tuxpan

El Acuífero San Pedro-Tuxpan, se localiza, aproximadamente a 50 km al noroeste de la ciudad de Tepic, este acuífero se extiende desde el municipio de Tuxpan hasta el municipio de Ruiz, Rosamorada y Santiago Ixcuintla, también comprende el valle o llanura costera, en donde se encuentra su porción más favorable para la captación y almacenamiento de agua y la zona montañosa de la cuenca, que constituye la principal porción receptora y transmisora de recarga; su superficie aproximada es de 9032 km². Está representado por la clave 1802 del Sistema de Información Geográfica (SIGMAS) de la CONAGUA. Limita al norte con el acuífero Valle Acaponeta Cañas, al este y sur con el acuífero Valle Santiago-San Blas, en el estado de Nayarit, y al oeste con el Océano Pacífico, ver figura 24 (DOF,2015).

Elevación del nivel estático (2006)

Para el caso de la elevación del nivel estático (2006) los valores varían de 2 a 5 metros sobre el nivel del mar (msnm), en los alrededores de los poblados El Tamarindo, Coamiles, Valle Morelos, El Novillero y Amapa, en dirección hacia las zonas de lagunas y bermas; incrementándose a 10 msnm en la zona de Peñitas, Ruíz, Paredones y La Presa, hasta valores entre 20 y 30 msnm Puerta Azul y San Lorenzo. Las elevaciones más grandes se registran hacia las estribaciones de las sierras que limitan al oriente el acuífero, identificando de esta manera la dirección preferencial del flujo subterráneo. La elevación fluctúa de 2 a 30 msnm, las entradas de flujo se presentan entre las elevaciones 20 y 30, 15 y 20 msnm; las salidas entre las elevaciones 3 y 2 msnm.

Evolución del nivel estático en m (2005-2006)

Según lo reportado por DOF (2015), la configuración de la elevación del nivel estático para el periodo 2005-2006 sólo muestra variaciones pequeñas de tipo puntual, tanto positivas como negativas, y no se presentan alteraciones del flujo natural del agua subterránea que indiquen la presencia de conos de abatimiento causados por la concentración de pozos, también se menciona que el volumen de extracción es muy inferior a la recarga más conservadora que pudiera estimarse. En ese mismo documento se concluye que las variaciones en el nivel del agua subterránea no sufren alteraciones importantes en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo y que los abatimientos se incrementan conforme avanzan los meses en la temporada de estiaje, mismos que se recuperan al infiltrarse parte de los escurrimientos originados en la temporada de lluvias.

En relación a los aprovechamientos del acuífero, hasta 2005, se tiene registro de la existencia de 450 obras hidráulicas subterráneas, se llevó a cabo un censo de 365 de ellas, las cuales se consideran como representativas de toda el área que cubre el acuífero. Se determinó de acuerdo a DOF (2015), que el volumen de extracción estimado es del orden de los 4.9 hm³ anuales, de los cuales el 55.2 % (2.7 hm³) se destinan al uso agrícola, y el 44.55 % (2.2 hm³) para el abastecimiento de agua potable a los centros de población. El volumen destinado a otros usos es de 0.01 hm³ (DOF, 2015).

De acuerdo con el DOF (2015), la actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada para este acuífero, se presenta en la tabla 12.

Cuadro 12. Actualización de disponibilidad media anual de agua subterránea para el acuífero San Pedro- Tuxpan (DOF, 2015).

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTE T	DAS	Déficit
Cifras en millones de metros cúbicos anuales (hm ³)							
1802	SAN PEDRO-TUXPAN	167.6	131.5	20.8	4.9	15.3	0

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTE: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

6.2.2 Acuífero Valle del Mezquital

El acuífero Valle del Mezquital, clave 1017, se localiza en la porción sur del Estado de Durango, en la Región Hidrológica número 11, Presidio-San Pedro, dentro de la cuenca Río San Pedro; forma parte de la subcuenca Río Mezquital, cubre una superficie de 2,256 kilómetros cuadrados. Dentro de los límites del acuífero existe un gran número de corrientes superficiales, tanto intermitentes como ríos perennes, siendo las más importantes el Río Mezquital y El Arroyo Temoaya (DOF, 2015c).

Dentro de la superficie comprendida por el acuífero, existen 95 concesiones de aguas superficiales, con un volumen anual de 8.46 millones de metros cúbicos; de estas concesiones, 44 son bordos de almacenamiento, 66 manantiales y 25 tomas directas sobre los arroyos principales y sobre el Río Mezquital. El principal uso del agua superficial es el agrícola, que consume el 92.9 por ciento del volumen total concesionado (DOF, 2015c).

En relación a los niveles del agua subterránea, no existe información histórica que permita elaborar la configuración de la evolución de los niveles. Sin embargo, debido a que la extracción es inferior al volumen de recarga, se considera que la posición de los niveles del agua subterránea no muestra cambios significativos en el transcurso del tiempo; por lo que se considera que no existe cambio de almacenamiento en el acuífero (DOF, 2015c).

En el acuífero, se reportan 25 aprovechamientos de aguas subterráneas, cuyo volumen de extracción total estimada es de 1.1 millones de metros cúbicos anuales, el cual se destina para uso público-urbano. De acuerdo con el balance de agua subterránea, la recarga total media anual que recibe el acuífero es de 1.1 millones de metros cúbicos anuales, resultado de la suma de la recarga natural a partir de la infiltración del agua de lluvia y por entradas subterráneas, así como por recarga inducida debida a la aplicación de agua tanto de origen superficial como subterránea, en las actividades humanas. Las salidas del acuífero ocurren mediante la extracción a través de las captaciones de agua subterránea, de las que se extraen 1.1 millones de metros cúbicos anuales (DOF, 2015c).

En la tabla 13, se presenta la disponibilidad media anual del acuífero Valle del Mezquital, para lo que se consideró una recarga media anual de 1.1 millones de metros cúbicos anuales, una descarga natural comprometida nula, y el volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014 el que corresponde a 0.22 millones de metros cúbicos anuales, como resultado se obtuvo que la disponibilidad media anual de agua subterránea de 0.88 millones de metros cúbicos anuales (DOF, 2015c).

Cuadro 13. Disponibilidad media anual del acuífero Valle del Mezquital (DOF, 2015c).

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	Déficit
		Cifras en millones de metros cúbicos anuales, (hm ³)					
1017	VALLE DEL MEZQUITAL	1.1	0.0	0.22	1.1	0.88	0.0

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

Esta cifra indica que existe volumen disponible para otorgar concesiones o asignaciones en el acuífero y que el volumen máximo que puede extraerse del acuífero para mantenerlo en condiciones sustentables, es de 1.1 millones de metros cúbicos anuales, que corresponde al volumen de recarga media anual que recibe el acuífero, menos la descarga natural comprometida. En caso de que en el futuro el crecimiento de la población y el desarrollo de las actividades productivas de la región demanden un volumen mayor de agua subterránea al que recibe como recarga media anual, existe el riesgo potencial de sobreexplotar el acuífero. El acuífero se encuentra en una región con escasez natural de agua y un clima de seco estepario a templado, en el que se presenta una escasa precipitación media anual y alta evaporación lo que implica que el escurrimiento y la infiltración son reducidos; en el acuífero se encuentra provisionalmente suspendido el libre alumbramiento (DOF, 2015c).

6.2.3 Acuífero Valle de Santiago

La zona del acuífero abarca una superficie aproximada de 3,900 kilómetros cuadrados, que comprende los Valles de Canatlán y Santiago, en el estado de Durango. Políticamente abarca parcialmente a los municipios de Canatlán y Santiago Papasquiari, considerándose dentro de ella, como cuenca cerrada al Valle de Santiago. Para el aprovechamiento de aguas subterráneas, existe un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) establecido en 2005. No se tienen establecidos distritos de riego en la zona, únicamente unidades de riego, integrados por uno a más pozos que operan en forma independiente, regidos únicamente por sus propios reglamentos internos. Los usuarios que explotan el mayor volumen del agua son los agrícolas y público urbano. Está catalogado como un acuífero libre (CONAGUA, 2013). Para el cálculo de la Disponibilidad del Agua Subterránea, se aplica el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, cuyo resultado del estudio de la disponibilidad publicado en el DOF el 20 de abril de 2015, indica que existe un déficit de -0.7518 millones de metros cúbicos anuales (DOF, 2015b), ver tabla 14.

Cuadro 14. Disponibilidad media anual del acuífero Valle de Santiago (DOF, 2015b).

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	Déficit
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES, (hm ³)					
1001	VALLE DE SANTIAGUILLO	50.7	8	43.4518	60	0	-0.7518

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

6.2.4 Acuífero Valle de Canatlán

El acuífero Valle de Canatlán, se localiza en la parte central del estado de Durango, al norte de la ciudad del mismo nombre, ocupa una superficie de 1,352 kilómetros cuadrados, la altitud media del valle es 1,950 metros sobre el nivel del mar. El acuífero se encuentra emplazado en parte de los municipios de Durango y Canatlán. Para el aprovechamiento del agua subterránea, existe un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) establecido el 29 de abril de 2003. Dentro de la poligonal que conforma el acuífero se ubica el Distrito de Riego 052. Existen 48 unidades de riego con pozos profundos, así como tres unidades de riego de presas de almacenamiento, ya que dentro del valle existen cuatro presas de almacenamiento. Los usuarios mayores del agua subterránea dentro del acuífero son el agrícola y público urbano (CONAGUA, 2013).

El resultado del estudio de la disponibilidad publicado en el DOF el 20 de abril de 2015, indica que existe un déficit de -0.6465 millones de metros cúbicos anuales y por lo tanto no existe disponibilidad para nuevas concesiones en esta unidad hidrogeológica (DOF, 2015b), ver tabla 15.

Cuadro 15. Disponibilidad media anual del acuífero Valle de Canatlán (DOF, 2015b).

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	Déficit
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES, (hm ³)					
1002	VALLE DE CANATLÁN	47.1	6.5	41.2465	48	0	-0.6465

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

6.2.5 Acuífero Vicente Guerrero-Poanas

El Acuífero Vicente Guerrero-Poanas, se encuentra ubicado en la porción sur-oriental del estado de Durango, hacia los límites con el estado de Zacatecas, que comprende una extensa llanura. El acuífero se encuentra emplazado parcialmente en los municipios de Vicente Guerrero (20 %), Nombre de Dios (30 %), Poanas (42 %) y Súchil (8 %). Para el aprovechamiento del agua subterránea, existe un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) establecido el 4 de abril de 2003. El usuario mayor de aguas subterráneas dentro del acuífero es el uso agrícola (CONAGUA, 2013).

El resultado del estudio de la disponibilidad publicado en el DOF el 20 de abril de 2015, indica que existe un déficit de -5.3648 millones de metros cúbicos anuales (DOF, 2015b), ver tabla 16.

Cuadro 16. Disponibilidad media anual del acuífero Vicente Guerrero-Poanas (DOF, 2015b).

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	Déficit
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES, (hm ³)					
1004	VICENTE GUERRERO-POANAS	95.2	8.1	92.4648	93.2	0	-5.3648

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

En cuanto a infraestructura, el acuífero cuenta con 312 pozos, 29 norias, una galería filtrante y cuatro tomas de manantiales principalmente. También existen presas para el riego, operadas por la Asociación de Usuarios las cuales se muestran en la Tabla 17 (CONAGUA, 2013).

Cuadro 17. Presas en el Acuífero Vicente Guerrero-Poanas (CONAGUA, 2013).

Nombre oficial De la presa	Nombre común	Municipio	Nombre de la corriente	Organismo operador	Capacidad total (Mm ³)
Francisco Villa	El Bosque	Poanas	Río Poanas	Asociación de usuarios	78.7
Laguna Grande	Laguna del Mortero	Súchil	A. Hondo y manantial	Usuarios	0.51
Gerónimo Hernández	Santa Elena	Súchil	Río de Las Parras	Usuarios	15.1
San José		Nombre de Dios	Arroyo Purgatorio	Usuarios	0.08
Rancho Viejo		Nombre de Dios	Arroyo El Salitrillo	Usuarios	1.1
San Agustín		Nombre de Dios	Arroyo La Lobera	Usuarios	0.15
San Antonio		Nombre de Dios	Arroyo Amado Nervo	Usuarios	0.1
Total					95.66

6.2.6 Acuífero Madero-Victoria

El Acuífero Madero-Victoria, se ubica en la porción centro-oriental del estado de Durango. Ocupa parcialmente el territorio de los municipios de Guadalupe Victoria y Pánuco de Coronado. Para el aprovechamiento del agua subterránea, existe un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) establecido el 14 de enero de 2005. No se tienen establecidos Distritos de Riego en la zona, únicamente unidades de riego, integrados por uno a más pozos que operan en forma independiente, regidos únicamente por sus propios reglamentos internos. Los usuarios que explotan el mayor volumen del agua, son el agrícola y el público urbano con porcentajes de 88.16% y 11.56% respectivamente, con relación a los 13.06 millones de metros cúbicos que se estima se están extrayendo actualmente (CONAGUA, 2013). El resultado del estudio de la disponibilidad publicado en el DOF el 20 de abril de 2015, indica que existe un déficit de -4.9961 millones de metros cúbicos anuales y por lo tanto no existe disponibilidad para nuevas concesiones en esta unidad hidrogeológica (DOF, 2015b), ver tabla 18.

Cuadro 18. Disponibilidad media anual del acuífero Vicente Guerrero-Poanas (DOF, 2015b).

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	Déficit
		Cifras en millones de metros cúbicos anuales, (hm ³)					
1005	MADERO-VICTORIA	22.5	0.8	26.6961	22.6	0	-4.9961
R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.							

En la cuenca del acuífero Madero-Victoria, la infraestructura hidráulica superficial existente es muy reducida limitándose a pequeños almacenamientos que se utilizan para riego y abrevadero, organizada para la explotación del agua como Unidades de Riego Organizadas (URDERALES), cuenta con 179 pozos y 32 norias (CONAGUA, 2013).

6.2.7 Acuífero Valle del Guadiana

La totalidad de la superficie que conforma el Acuífero Valle del Guadiana se encuentra emplazada dentro del municipio de Durango, en la parte centro al sur-este del estado del mismo nombre; en la porción oriente que conforma la poligonal de la zona de explotación, se encuentra la ciudad de Durango capital del estado del mismo nombre (CONAGUA, 2013).

Se tiene establecida veda de control por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en una superficie de 714 kilómetros cuadrados, la cual cubre en forma parcial la cuenca acuífera del Valle del Guadiana, decreto, que fue publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 19 de diciembre de 1956. Para el aprovechamiento del agua subterránea, existe un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) establecido el 14 de octubre de 2003. Dentro de la poligonal que conforma el acuífero se ubica el Distrito de Riego No. 052, creado para el aprovechamiento del agua de las presas Guadalupe Victoria, Peña del Águila, Francisco Villa y Santiago Bayacora. Los usuarios mayores del agua subterránea dentro del acuífero son el público urbano y el agrícola. El acuífero de acuerdo a su composición geológica y comportamiento en pruebas de bombeo se determinó que es de tipo libre (CONAGUA, 2013). El resultado del estudio de la disponibilidad publicado en el DOF el 20 de abril de 2015, indica que existe un déficit de -5.3558 millones de metros cúbicos anuales (DOF, 2015b), ver tabla 19.

Cuadro 19. Disponibilidad media anual del acuífero Valle del Guadiana (DOF, 2015b).

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	Déficit
		Cifras en millones de metros cúbicos anuales, (hm ³)					
1003	VALLE DEL GUADIANA	133.1	6	132.45588 2	148.3	0	-5.3558

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

6.3 Presas

A continuación se presentan datos y características de las presas que se ubican en la cuenca del Río San Pedro.

6.3.1 Presa Bayacora

La Presa Santiago Bayacora está ubicada sobre el Río Santiago Bayacora, afluente del Río El Mezquital en el Valle del Guadiana, a unos 30 kilómetros al sur de la Ciudad de Durango. Fue construida con el doble objetivo de reducir al mínimo el riesgo de inundaciones del Valle del Guadiana e incorporar al riego una superficie de 2,914 hectáreas de terrenos ubicados en la zona sureste del propio valle. La obra está constituida por una cortina de materiales graduados y complementada con una sección de gravedad de concreto; una obra de excedencias formada por un vertedor de cresta libre de 25 metros de longitud y una obra de toma, ubicados ambos, en el lado derecho. La obra fue sobreelevada en el año 2010 y su capacidad de conservación inicialmente era de 100.3 millones de metros cúbicos y actualmente es de 130.05 millones de metros cúbicos (DOF, 2014b). Algunas de las características de la presa se describen en la tabla 20 (Sistema de Seguridad de Presas, consultado en línea en octubre de 2015 y disponible en <http://201.116.60.136/inventario/hinicio.aspx>).

Cuadro 20. Características de la presa Santiago Bayacora.

		Unidad
Nombre Oficial	Santiago Bayacora	
Nombre Común	Santiago Bayacora	
Estado	Durango	
Municipio	Durango	
Región CNA	Pacífico Norte	
Región hidrológica	Presidio-San Pedro	
Cuenca	Río Bayacora	
Área	736.20	
Latitud	23.8746	Grados
Longitud	- 104.676	Grados
Zona Sísmica	Baja Sísmicidad	
Propósito de la obra	Almacenamiento y control de avenidas	
Usos del agua <i>Zona de riego con un gasto máximo</i>	4	m ³ /s
Volumen máximo de escurrimiento anual	160900000.00	m ³ /año
Volumen medio de escurrimiento anual	51300000.00	m ³ /año
Corriente	R. Santiago Bayacora	
Afluente de	R San Pedro	
Capacidad acumulada en vertedores	1140.00	m ³ /s
Vertedor tipo	Cimacio	
Operación	Libre	
Capacidad	1140.00	m ³ /s
Longitud de la Cresta	32.25	m
Elevación de la Cresta	1959.01	msnm
Control de Compuertas Gasto Pico	388.00	m ³ /s
Elevación LSC	0.00	
Estructura Disipadora	Deflector o salto de esqui	
Altura de Agujas	0.00	m
Volumen al NAME	169.87	hm ³
NAME	1965.94	msnm
Volumen al NAMO	130.047	hm ³
NAMO	1959.01	msnm
Volumen al NAMINO	7.0	hm ³
NAMINO	1925.42	msnm
Volumen de azolves	7.0	hm ³
Volumen Útil	123.047	hm ³
Superalmacenamiento	39.8230	hm ³
Gasto Máximo Diseño	1140.00	m ³ /s
Periodo de retorno	10000	años
Volumen de avenida Diseño	0.000	hm ³
Volumen de avenida máxima registrada	0.000	hm ³
Gasto máximo registrado	450.00	m ³ /s

De acuerdo con el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS), consultado en línea en 15 de octubre 2015, y que se encuentra disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Portada%20BANDAS>, la presa Santiago Bayacora cuenta con 16 años de registros (1990-2006).

En la tabla 21, se presentan algunas características de la presa derivadora Santiago Bayacora (Sistema de Seguridad de Presas, consultado en línea 15 de octubre de 2015 y disponible en <http://201.116.60.136/inventario/hinicio.aspx>).

Cuadro 21. Características de la presa derivadora Santiago Bayacora.

		Unidad
Nombre Oficial	Der. Santiago Bayacora	
Nombre Común	Derivadora Santiago Bayacora	
Estado	Durango	
Municipio	Durango	
Región CNA	Pacífico Norte	
Región hidrológica	Presidio - San Pedro	
Cuenca	Río Santiago Bayacora	
Área	1.20	km ²
Volumen al NAMO		
Latitud	23.895	Grados
Longitud	- 104.626	Grados
Carta INEGI 1:50,000	F13 B12	
Zona Sísmica	Baja Sísmicidad	
Propósito de la obra	Derivación	
Usos del agua <i>Zona de riego</i> Abrevadero	3500	ha
Volumen máximo de escurrimiento anual	160009000.00	m ³ /año
Volumen medio de escurrimiento anual	0.00	m ³ /año
Corriente	Río Santiago Bayacora	
Afluente de		
Capacidad acumulada en vertedores	9190.00	m ³ /s
Vertedor tipo	Cresta recta	
Operación	Libre	
Capacidad	9190.00	m ³ /s
Longitud de la Cresta	500.00	m
Elevación de la Cresta	1891.00	msnm
Volumen al NAME	0.10	hm ³
NAME	1892.00	msnm
Volumen al NAMO	0.10	hm ³
NAMO	1891.00	msnm
Volumen al NAMINO	0.00	hm ³
NAMINO	0.00	msnm
Volumen de azolves	0.00	hm ³
Volumen Útil	0.10	hm ³
Gasto Máximo Diseño	919.00	m ³ /s
Periodo de retorno	1000	años
Volumen de avenida Diseño	160009000.00	hm ³
Volumen de avenida máxima registrada	0.00	hm ³
Gasto máximo registrado	424.00	m ³ /s

6.3.2 Presa Guadalupe Victoria

La Presa "Guadalupe Victoria" (Río El Tunal), se ubica a 12 kilómetros al suroeste de la Ciudad de Durango, sobre el Río El Tunal, en la boquilla de El Pueblito, del Municipio de Durango, Durango. Fue construida con el propósito de regar como primera etapa 9,000 hectáreas del Valle del Guadiana, para el abastecimiento de agua para uso doméstico y otros usos secundarios, así como el control de avenidas para protección de zonas bajas. Esta presa consiste en una cortina del tipo de roca, provista por la margen derecha de la obra de toma y de la obra de excedencias auxiliar y control de avenidas. Por la margen izquierda cuenta con un vertedor de cresta libre que funciona en combinación con la obra de excedencias auxiliar y de control. La obra fue sobreelevada en el año 2006 (DOF, 2014b). En la tabla 22 se presenta algunas de las características de la presa (Sistema de Seguridad de Presas, consultado en línea en octubre de 2015 y disponible en <http://201.116.60.136/inventario/hinicio.aspx>).

Cuadro 22. Características de la presa Guadalupe Victoria.

		Unidad
Nombre Oficial	Presidente Guadalupe Victoria	
Nombre Común	El Tunal	
Organismo responsable	DR#52	
Estado	Durango	
Municipio	Durango	
Región CNA	Pacífico Norte	
Región hidrológica	Presidio - San Pedro	
Cuenca	Río El Tunal	
Área	11834.00	km ²
Latitud	23.96	Grados
Longitud	- 104.75	Grados
Carta INEGI 1:50,000	F13B11	
Zona Sísmica	Baja Sísmica	
Propósito de la obra	Almacenamiento y control de avenidas	
Usos del agua <i>Zona de riego</i>	9361	ha
Volumen máximo de escurrimiento anual	336000000.00	m ³ /año
Volumen medio de escurrimiento anual	114000000.00	m ³ /año
Corriente	R. Tunal	
Afluente de	R. Mezquital	
Capacidad acumulada en vertedores	1820.00	m ³ /s
Vertedor tipo	Conducto cerrado	
Operación	Controlado	
Capacidad	900.00	m ³ /s
Longitud de la Cresta	16.80	m
Elevación de la Cresta	1924.00	msnm
Control de Compuertas Gasto Pico	1195.00	m ³ /s
Elevación LSC	1933.00	msnm
Volumen al NAME	87.55	hm ³
NAME	1933.11	msnm
Volumen al NAMO	75.903	hm ³
NAMO	1930.53	msnm
Volumen al NAMINO	3.752	hm ³
NAMINO	1902.00	msnm
Volumen de azolves	15.00	hm ³
Volumen Útil	0.00	hm ³

Superalmacenamiento	0.00	hm ³
Gasto Máximo Diseño	3829.00	m ³ /s
Periodo de retorno	10000	años
Volumen de avenida Diseño	0.00	hm ³
Volumen de avenida máxima registrada	0.00	hm ³
Gasto máximo registrado	1250.00	m ³ /s
Características cauce aguas abajo		
Capacidad del cauce	0.00	m ³ /s
Presas aguas abajo	1038 Derivadora La Ferrería, Dgo., SRH 4442 Derivadora Navacoyan o Daliál, Río Tunal, Dgo, Dgo., SRH 1042 Derivadora Francisco Villa, Río Tunal, Dgo.	

6.3.3 Peña del Águila

La Presa "Peña del Águila", se ubica a 25 kilómetros al norte de la Ciudad de Durango, y es alimentada por el Río La Saucedá. Se construyó para abastecer de agua al riego. Esta presa consiste esencialmente en una cortina de tierra, provista en su margen izquierda de una obra de toma y en su margen derecha con un vertedor de excedencias del tipo de cresta libre, provisto de un puente carretero (DOF, 2014b). Algunas de las características de la presa se describen en la tabla 23 (Sistema de Seguridad de Presas, consultado en línea en octubre de 2015 y disponible en <http://201.116.60.136/inventario/hinicio.aspx>).

De acuerdo con el BANDAS, consultado en línea en 15 de octubre 2015, y que se encuentra disponible en

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Portada%20BANDAS>, la presa Santiago Bayacora cuenta con 53 años de registros (1954-2006).

Cuadro 23. Características de la presa Peña del Águila.

		Unidad
Nombre Oficial	Peña del Águila	
Nombre Común	Peña del Águila	
Organismo Responsable	DR 052	
Estado	Durango	
Municipio	Durango	
Región CNA	Pacífico Norte	
Región hidrológica	Presidio - San Pedro	
Cuenca	Río La Sauceda	
Área	2644.00	km ²
Latitud	24.20	Grados
Longitud	- 104.65	Grados
Carta INEGI 1:50,000	G13D82	
Zona Sísmica	Baja Sísmicidad	
Propósito de la obra	Almacenamiento	
Usos del agua <i>Zona de riego</i>	2472	ha
Volumen máximo de escurrimiento anual	210500000.000	m ³ /año
Volumen medio de escurrimiento anual	65600000.000	m ³ /año
Corriente	R. La Sauceda	
Afluente de	R. San Pedro	
Capacidad acumulada en vertedores	1200.00	m ³ /s
Vertedor tipo	Cimacio	
Operación	Libre	
Capacidad	1200.00	m ³ /s
Longitud de la Cresta	129.00	m
Elevación de la Cresta	1892.50	msnm
Control de Compuertas Gasto Pico	429.00	m ³ /s
Volumen al NAME	54.7210	hm ³
NAME	1895.27	msnm
Volumen al NAMO	27.95	hm ³
NAMO	1892.50	msnm
Volumen al NAMINO	1.09	hm ³
NAMINO	1884.47	msnm
Volumen de azolves	1.92	hm ³
Volumen Útil	26.86	hm ³
Superalmacenamiento	26.77	hm ³
Gasto Máximo Diseño	1200.00	m ³ /s

6.3.4 Presa Francisco Villa

La Presa Francisco Villa (El Bosque), se ubica aproximadamente a 80 kilómetros al este de la Ciudad de Durango y a 15 kilómetros aguas arriba de la población de Villa Unión sobre el Río Poanas en el Municipio de Poanas, Durango. El propósito de esta presa es el riego de 5500 hectáreas, regulación de avenidas y otros usos secundarios, para el riego se aprovechan las aguas del Río Poanas. La presa está constituida esencialmente por una cortina del tipo de roca con corazón impermeable central, provista en su margen derecha, de una obra de toma del tipo de conducto en túnel con tubería de acero y de una obra de excedencias del tipo de vertedor de cresta libre con rápida convergente. En la misma margen derecha se localiza un dique de poca altura (DOF, 2014b). Algunas de las características de la presa se describen en la tabla 24 (Sistema de Seguridad de Presas, consultado en línea en octubre de 2015 y disponible en <http://201.116.60.136/inventario/hinicio.aspx>).

Cuadro 24. Características de la presa Francisco Villa.

		Unidad
Nombre Oficial	Francisco Villa	
Nombre Común	El Bosque	
Estado	Durango	
Municipio	Poanas	
Región CNA	Pacífico Norte	
Región hidrológica	Presidio - San Pedro	
Cuenca	Río Poanas	
Área	1386.00	km ²
Latitud	24.00	Grados
Longitud	- 103.96	Grados
Carta INEGI 1:50,000	G13D84	
Zona Sísmica	Asísmica	
Propósito de la obra	Almacenamiento y Control de avenidas	
Usos del agua <i>Zona de riego</i>	3279	ha
Volumen máximo de escurrimiento anual	82700000.000	m ³ /año
Volumen medio de escurrimiento anual	32600000.000	m ³ /año
Corriente	R. Poanas	
Afluente de	R. Mezquital	
Capacidad acumulada en vertedores	894.00	m ³ /s
Vertedor tipo	Cresta curva	
Operación	Libre	
Capacidad	894.00	m ³ /s
Longitud de la Cresta	100.00	m
Elevación de la Cresta	1993.00	msnm
Volumen al NAME	96.5650	hm ³
NAME	1996.13	msnm
Volumen al NAMO	73.2630	hm ³
NAMO	1993.00	msnm
Volumen al NAMINO	1.86	hm ³
NAMINO	1970.62	msnm
Volumen de azolves	3.00	hm ³
Volumen Útil	71.40	hm ³
Superalmacenamiento	23.3020	hm ³
Gasto Máximo Diseño	1800.00	m ³ /s

6.3.5 Presa J. Jerónimo Hernández (Santa Elena)

La Presa J. Jerónimo Hernández (Santa Elena), se localiza en el Municipio de SÚchil, en el estado de Durango, sobre el Río Graseros (afluente del Río SÚchil y este a su vez del Río San Pedro). Tiene una capacidad de 15.10 millones de metros cúbicos y su propósito es el abastecimiento para el riego de 1575 hectáreas. La presa está formada por una cortina de sección de gravedad de mampostería, con una longitud de 223 metros, una altura máxima de 31.75 metros; una obra de toma tipo tubería a presión ubicada en la izquierda de la cortina, su capacidad de diseño es de 3.00 metros cúbicos por segundo; tiene un vertedor de excedencias de descarga libre, localizado en la parte central de la presa, su capacidad de diseño es de 390 metros cúbicos por segundo. Para cerrar el embalse se construyeron dos diques, uno a la izquierda y otro a la derecha de la cortina, con longitudes de 810 y 229 metros respectivamente (DOF, 2014b). En la tabla 25 se presentan algunas de las características de la presa (Sistema de Seguridad de Presas, consultado en línea en noviembre de 2015 y disponible en <http://201.116.60.136/inventario/hinicio.aspx>).

Cuadro 25. Características de la presa J. Jerónimo Hernández (Santa Elena).

		Unidad
Nombre Oficial	José Jerónimo Hernández	
Nombre Común	Santa Elena	
Estado	Durango	
Municipio	Suchil	
Región CNA	Pacífico Norte	
Región hidrológica	Presidio - San Pedro	
Cuenca	Río Graseros	
Área	450.00	km ²
Latitud	23.62	Grados
Longitud	- 104.05	Grados
Carta INEGI 1:50,000	F13B23	
Zona Sísmica	Baja Sísmica	
Propósito de la obra	Almacenamiento	
Usos del agua <i>Zona de riego</i>	1575	ha
Volumen máximo de escurrimiento anual		
Volumen medio de escurrimiento anual	8030000.000	m ³ /año
Corriente	R. Graseros	
Afluente de		
Capacidad acumulada en vertedores	390.00	m ³ /s
Vertedor tipo		
Operación	Libre	
Capacidad	390.00	m ³ /s
Longitud de la Cresta	80.00	m
Elevación de la Cresta	1999.80	msnm
Volumen al NAME	18.9000	Hm ³
NAME	2001.6100	msnm
Volumen al NAMO	15.1000	Hm ³
NAMO	1999.7300	msnm
Volumen al NAMINO	1.0000	Hm ³
NAMINO	1987.8500	msnm
Volumen de azolves	1.00	Hm ³
Volumen Útil	14.10	Hm ³
Super-almacenamiento	3.80	Hm ³

6.3.6 Presa Caboraca (Canoas)

La Presa Caboraca (Canoas), se ubica sobre el Río La Saucedá formador y afluente del Río San Pedro, a unos 5 kilómetros aguas arriba del poblado de Canatlán, en el municipio del mismo nombre, en el Estado de Durango. Esta presa tiene una capacidad de 45 millones de metros cúbicos y sus aguas se destinan al riego de 2660 hectáreas de terrenos inmediatos al poblado de Canatlán y situados en ambas márgenes del Río. La presa consiste en una cortina del tipo de materiales graduados de 810 metros de longitud en planta quebrada, 37 metros de altura máxima y corona de 8 metros de ancho; la elevación 2001.28 metros sobre el nivel del mar; una obra de toma del tipo de torre de operación y galería, situada en la ladera izquierda, con capacidad para un gasto de 5 metros cúbicos por segundo y una obra de excedencias consisten en un vertedor de tipo cresta libre en un puerto bajo ubicado a la derecha de la cortina con capacidad para un gasto de 1700 millones de metros cúbicos por segundo (DOF, 2014b). En la tabla 26 se presentan algunas de las características de la presa (Sistema de Seguridad de Presas, consultado en línea en noviembre de 2015 y disponible en <http://201.116.60.136/inventario/hinicio.aspx>).

Cuadro 26. Características de la presa Caboraca (Canoas).

		Unidad
Nombre Oficial	Caboraca	
Nombre Común	Canoas	
Estado	Durango	
Municipio	Canatlán	
Región CNA	Pacífico Norte	
Región hidrológica	Presidio - San Pedro	
Cuenca		
Área	630.00	km ²
Latitud	24.54	Grados
Longitud	- 104.81	Grados
Carta INEGI 1:50,000	G13D61	
Zona Sísmica	Baja Sísmicidad	
Propósito de la obra	Almacenamiento	
Usos del agua: Zona de riego	1800	ha
Abrevadero	23.60	m ³ /s
Acuacultura y pesca		s
Gasto máximo de riego		
Volumen máximo de escurrimiento anual	191.00	m ³ /año
Corriente	Río La Sauceda	
Capacidad acumulada en vertedores	1700.00	m ³ /s
Vertedor tipo	Lavadero	
Operación	Libre	
Capacidad	1700.00	m ³ /s
Longitud de la Cresta	200.00	m
Elevación de la Cresta	1998.25	msnm
Gasto Pico	420.00	m ³ /s
Estructura Disipadora	No tiene	
Volumen al NAME	60.00	hm ³
NAME	2001.28	msnm
Volumen al NAMO	45.00	hm ³
NAMO	1998.25	hm ³
Volumen al NAMINO	5.50	hm ³
NAMINO	1983.00	hm ³
Volumen de azolves	2.50	hm ³
Volumen Útil	39.50	hm ³
Superalmacenamiento	15.00	hm ³
Gasto Máximo Diseño	1830.00	m ³ /s
Periodo de retorno	10000	años
Gasto máximo registrado	612.00	m ³ /s

Para las presas Bayacora y Peña del Águila, se presentan en un archivo de Excel los valores reportados en el BANDAS para: lluvia (mm), evaporación (mm), elevación o nivel del agua

(m), almacenamiento (miles de m^3), variación de almacenamiento (miles de m^3), volumen de lluvia (miles de m^3), suma de entradas por ríos (miles de m^3), suma de entradas totales (miles de m^3), suma de tomas (miles de m^3), desfogues (miles de m^3), filtraciones (miles de m^3), derrames (miles de m^3), volumen de evaporación (miles de m^3), suma de salidas totales (miles de m^3), entradas totales por ríos (miles de m^3), entradas netas por ríos (miles de m^3).

6.3.7 Estaciones hidrométricas

En la región del Río San Pedro se encuentran las estaciones hidrométricas San Pedro (11012), Santiago Bayacora (11017), Caboraca (11015), Vicente Guerrero (11040), de las cuales se presentan los caudales medios diarios (m^3/s) registrados en estas estaciones, en un archivo en Excel (ESTACIONES HIDROMETRICAS.xml).

7. Conclusiones

Este proyecto cumplió su objetivo, ya que se conformó una base de datos para que alimente un estudio de modelación hídrica actual y bajo escenarios de cambio climático en el río San Pedro Mezquital, para contar con información las variables climáticas y ambientales que se requieren para la realización de dicha modelación actual y futura.

El comportamiento de la temperatura histórica media presenta valores con poca variación durante el año, de 21 a 30° C. Las oscilaciones de temperatura media, entre los meses más cálidos y fríos, llegan a alcanzar hasta 8° C; las temperaturas máximas pueden llegar a alcanzar los 42° C y las mínimas 7° C, particularmente, en los meses de enero, febrero y diciembre.

Las precipitaciones históricas en la zona de estudio tienen un ciclo anual bien definido. Se inician en el mes de junio hasta alcanzar valores máximos en agosto. Los meses de máximas precipitaciones son julio, agosto y septiembre. En octubre ocurre una disminución abrupta, y alcanzan los valores mínimos de diciembre a marzo. Alrededor del 80% de la precipitación anual tiene lugar entre los meses de junio a septiembre. La precipitación anual alcanza los 1300 mm/año.

Finalmente, se concluye que la base de datos que se presenta en este proyecto, constituye una herramienta de gran valor considerando que es un material que cuenta con las variables de precipitación y temperatura en un periodo de 1960-2009. Asimismo, los datos de los escenarios de cambio climático muestran los cambios que habrá para el horizonte lejano 2075-2099, donde se encontró que la temperatura podría incrementarse hasta 2.4 °C y la precipitación podría disminuir en hasta 26 % con respecto a la línea base. Es importante mencionar que si bien dicha disminución pareciera ser poca, es significativa, ya que podría impactar en todo el ciclo del agua, por lo que la disponibilidad de agua en la zona se podría ver fuertemente afectada.

8. Referencias

- Base de Datos Climatológica Nacional (CLICOM). 2015, Consultado en línea en: [<http://clicom-mex.cicese.mx/>] el 30 de julio de 2015.
- Brunet-India, M. y López-Bonillo, D. (EDS). 2001: Detecting and Modeling Regional Climate Change, Springer, Berlin-Heidelberg-New York. 650 pp.
- CONAGUA (2013). Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía. Consejo de Cuenca Ríos Presidio al San Pedro. 1a Versión. Diciembre 2013
- CONAGUA (2012). Atlas del agua en México 2012, Comisión Nacional del Agua. Pag 132. ISBN: 978- 607-8246-29-8. Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- DOF (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero San Pedro-Tuxpan (1802), Estado de Nayarit. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. Subgerencia de Evaluación y ordenamiento de Acuíferos. Diario Oficial de la Federación. 20 de abril de 2015.
- DOF (2015b). ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican. 20 de abril de 2015.
- DOF (2015c). Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero Valle del Mezquital, clave 1017, en el Estado de Durango, Región Hidrológico-Administrativa Pacífico Norte. Diario Oficial de la Federación. 23 de septiembre de 2015.
- DOF (2014). Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas superficiales en las Cuencas Hidrológicas Laguna de Santiaguillo, La Taponá, Río La Saucedá, Río El Tunal, Río Santiago Bayacora, Río Durango, Río Poanas, Río Súchil, Río Graseros, Río San Pedro-Mezquital y Río San Pedro-Desembocadura de la Subregión Hidrológica Río San Pedro de la Región Hidrológica número 11 Presidio-San Pedro. Diario Oficial de la Federación. 9 de julio 2014.
- DOF (2014b). Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas superficiales en las Cuencas Hidrológicas Laguna de Santiaguillo, La Taponá, Río La Saucedá, Río El Tunal, Río Santiago Bayacora, Río Durango, Río Poanas, Río Súchil, Río Graseros, Río San Pedro-Mezquital y Río San Pedro-Desembocadura de la Subregión Hidrológica Río San Pedro de la Región Hidrológica número 11 Presidio-San Pedro. Diario Oficial de la Federación. 9 de julio de 2014.
- Gómez A.R (2010). La cuenca alta del río San Pedro Mezquital. Fundación Río Arronte y WWF.
- INECC, 2015. Escenarios de Cambio Climático. Consultado en línea en: [<http://atlasclimatico.unam.mx/AECC/servmapas>] el 2 de agosto de 2015.

Servicio Meteorológico Nacional. 2015. Consultado en línea en:
[<http://smn.cna.gob.mx/>] el 26 de julio de 2015.

Rojas M. C. (2011) “Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (P.H. Las Cruces) en Nayarit, México”. Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco.

WWF, 2012. La Cuenca del Río San Pedro Mezquital. Consultado en línea el 08/09/2015 en
http://awsassets.panda.org/downloads/fichatecnica_sanpedromezquital.pdf.

WWF, 2012. El río San Pedro Mezquital, el gran desconocido.



Plataforma de colaboración sobre
**CAMBIO CLIMÁTICO
Y CRECIMIENTO VERDE**
entre Canadá y México

Este documento fue desarrollado en el marco de la Plataforma de
Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y
México, todos los derechos reservados

Derechos reservados © 2018
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
Montes Urales 440, Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CDMX C.P. 11000
www.mx.undp.org

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CDMX CP. 14210
www.gob.mx/inecc



Environment
Canada

Environnement
Canada

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO



El pueblo
de los países
y las naciones